



HAL
open science

Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du Cameroun : caractérisation physico-chimique et fonctionnelle

Armand Abdou Bouba

► **To cite this version:**

Armand Abdou Bouba. Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du Cameroun : caractérisation physico-chimique et fonctionnelle. Alimentation et Nutrition. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2009. Français. NNT : 2009INPL006N . tel-01747196

HAL Id: tel-01747196

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01747196>

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires

Laboratoire d'Ingénierie des Biomolécules

UNIVERSITE DE NGAOUNDERE

Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro - Industrielles

Laboratoire de Biophysique, de Biochimie Alimentaire et Nutrition

THESE

Présentée devant l'institut National Polytechnique de Lorraine et l'Université de Ngaoundéré

Pour obtenir le grade de

Docteur de L'INPL et Docteur Ph D de l'Université de Ngaoundéré

Spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires

Par

ABDOU BOUBA ARMAND

**Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base
d'épices du Cameroun : Caractérisation physico-chimique et fonctionnelle**

Thèse soutenue publiquement à l'ENSAI le 20 janvier 2009.

Rapporteurs :

Didier Montet

Docteur HDR, CIRAD Montpellier

Ballaam Facho

Professeur, Université de Ndjama

Examineurs :

Nicolas Njintang Y.

Docteur HDR, Université de Ngaoundéré

Carl Moses Mbofung

Professeur, ENSAI, Ngaoundéré (Directeur de Thèse)

Michel Parmentier

Professeur, LIBio, ENSAI-INPL de Nancy

Joël Scher

Professeur, LIBio, ENSAI-INPL de Nancy (Directeur de thèse)

Invité

Robert Ndjouenkeu

Professeur, ENSAI, Ngaoundéré

:

AVANT PROPOS

Cette thèse a été réalisée grâce au soutien infailible d'un certain nombre de personnes. Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux là qui de près ou de loin ont toujours su m'accorder leur assistance me manifestant par la même occasion l'attachement pour ma modeste personne.

Je tiens à remercier Le Seigneur Dieu tout puissant qui m'a accordé la force nécessaire pour la réalisation de ce travail.

Au Professeur Joël SCHER directeur de thèse qui m'a accueilli et donné l'opportunité et les moyens de mener à bien une partie de ce projet de recherche au sein du Laboratoire des Biomolécules (ENSAIA), qu'il trouve ici le témoignage de mon respectueux attachement,

Au Professeur Carl MBOFUNG à qui je suis redevable de l'essentiel de ma formation, qui m'a soutenu de part ses conseils et ses encouragements. Malgré ses multiples occupations, il n'a ménagé aucun effort pour la direction de ce travail avec la gentillesse qui le caractérise et l'ambiance qu'il a toujours su entretenir autour de lui.

Nos sincères remerciements à L'IFS (International Foundation for Science) et à la Coopération Française qui ont financé une partie de ce travail.

Nos remerciements au Laboratoire de Biophysique, de Biochimie Alimentaire et Nutrition (LBBAN) de l'ENSAI/Université de Ngaoundéré, au Laboratoire de Biocmie de l'Université de Yaoundé 1, au Laboratoire des Biomolécules (LIBIO) de l'ENSAIA/INPL de Nancy et au Laboratoire de Chimie du CIRAD de Montpellier.

J'exprime ma profonde gratitude au Docteur NJINTANG Nicolas co-directeur de thèse, à l'Université de Ngaoundéré, pour sa patience, son aide tout au long de ce travail et qui a guidé mes premiers pas dans la recherche,

Egalement au Professeur Didier Montet qui nous a permis de faire l'analyse du sélénium au CIRAD de Montpellier qu'il trouve ici notre sincère reconnaissance

J'adresse mes sincères remerciements à tous les enseignants de l'unité de formation Doctorale de l'ENSAI qui ont tout mis en œuvre pour parfaire notre formation. Il s'agit des Pr Robert NDJOUENKEU Chef de Département SAN, Pr Clergé TCHIEGANG, Pr Dzudie TENIN,

Pr Martin NGASSOUM, Pr Richard KAMGA, Dr Jean-Bosco TCHATCHUENG, Dr Laurent BITJOKA, Dr Richard EJOH, Dr FOMBANG Edith,

Toute ma sincère reconnaissance aux Pr STEPHANE Désobry, MICHEL Linder, MILLIERE Jean Bernard, HARDY Jöel et SAIBOU Issa, aux Docteurs Léopold TATSADJIEU, Pierre Michel JAZET, MOHAMADOU, DJOULDE Darman, NOUMI Guy, Albert NGAKOU, ZOUYANE Gilbert, BRING Christophe, NGONE Bernard, et à Mme Marie-Noël MAUCOURT, Cédric PARIS et TAÏWE Sotoing Germain pour leurs aides, multiples conseils et encouragements,

A mes Sœurs et Frères MAPILI Bouba Pauline, HAOUA Bouba Fidoline, MASSOOU Bouba Sylvie, Yewoné Yves, SEIBOU Bouba Alexis, SINGDIE Bouba Marius, FOUKA Bouba René, PAGOU Bouba Christian, HAMAN Bouba Léonard, CHERIF Misba Aïdara, ainsi que mes tantes et oncles pour les sacrifices et les peines consenties pour mon éducation.

A Monsieur ABDOU Baba, OUMAROU Baba, BOUBAKARI Yassifou et toute leur famille pour tout le soutien qu'ils ont su m'apporter durant mon séjour universitaire à Ngaoundéré.

A mes Amis et frères Feu YAYA Abba Zazou, LEKPA Sahadio Emilie, DIGUIMAL, YATOUKE Yolande, MADAOUE Patience, AICHA Ozon, CAREEN Doudet, YATHIA Carine, MAKANDA Hugette, HALIMATOU dont les multiples encouragements n'ont eu de pareil,

A Mr KAPTSO KUATE Giscard compagnon de galère pendant tout le séjour à l'Université de Ngaoundéré,

A tous les Stagiaires du LIBIO (Nancy) et plus particulièrement : Dr Kassem, Dr Charbel, MBOUGUENG Désiré, Elie Baudelaire DJANTOU, ABOUBAKAR, Leila, Mireille et Dr Edima Carole pour l'ambiance amicale durant notre séjour académique à Nancy.

Tous les étudiants en Thèse de Doctorat au Laboratoire de Biophysique et Biochimie Alimentaires-Nutrition (LABBAN) et plus particulièrement DJORET Viviane, Kembang Stella, BEKA Robert, NGUIMBOU Richard, Mimbo'o Pascal.

A tous mes amis: Lamtamou Dieudonné, Feue Matékam Pado, Noubououssi MANKO Armelle, TAGNE Soter, TCHOUKOU DJEU David, Nyam Ahmed, Hamandjoda

A tous ceux là qui n'ont pas été cités nommément et dont le soutien moral et la présence à mes côtés ont été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail.

ABSTRACT

Increasing evidences from current research point to the fact that certain disease conditions can be prevented through the consumption of antioxidant rich foods. The present work was carried out to evaluate the antioxidant potentials of twenty Cameroonian spices commonly used in some Cameroonian cuisine. The nutritional properties of spices (mineral composition, protein, amino acids, fats, lipids, phenolics compounds contents and their characterization), the *in vitro* antioxidant potential of their methanolic extracts as well as the *in vivo* antioxidant potential of the methanolic extracts of some selected samples were determined. The antioxidant activity brought about by N' N-diphenyl-N'-picrylhydrazyl (DPPH), «trolox antioxidant equivalent capacity» (TEAC) and the total reduction power (PRT) methods have revealed that *Z. leprieurii* and *D. glomerata* presented the highest activities. The extracts of the two spices were used to prepare a mixture whose effect was tested on male rats with induced inflammation. The results obtained indicate that the individual spices and their mixture at 100 mg/kg and 150 mg/kg present an important anti-inflammatory activity comparable to that of commercial anti-inflammatory like indomethacin, dexamethasone and celecoxib. The variation of malondialdehyde content (a lipidic oxidant marker) revealed the *in vivo* antioxidant action of extracts, thus demonstrating their potential for the development of functional foods with anti-stress effect.

Key words: spices, Antioxidant properties, biochemical composition, phenolic compounds, anti-inflammatory.

TABLE DES MATIERES

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES PHOTOS	ix
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES ABBREVIATIONS	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	5
I – GENERALITES SUR LES ANTIOXYDANTS.....	5
I-1- Définition	5
I-2- Différents types d'antioxydant.....	6
I-2-1- Les antioxydants de type I.....	6
I-2-2- Les antioxydants de type II	12
I-2-3- Les antioxydants de type III.....	14
I-2-4- Les agents synergiques.....	14
I-2-5- Autres types d'antioxydants.....	14
I-3- Importance des antioxydants.....	21
II- GENERALITES SUR LES RADICAUX LIBRES.....	23
I-1- Définition	23
II-2- Sources des radicaux libres.....	23
II-2-1- Les radicaux libres d'origine interne	23
II-2-2- Les radicaux libres d'origine externe.....	24
II-3- Principaux types de radicaux libres	24
II-3-1- Le radical hydroxyl (OH°)	25
II-3-2- Le radical superoxyde (O_2^-)	25
II-3-3- Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).....	26
II-3-4- L'oxyde nitrique (NO)	26
III- LE STRESS OXYDATIF.....	27

IV- GENERALITE SUR LES EPICES	28
IV-1- Définition	28
IV-2- Historique	28
IV-3- Particularité des épices	29
IV-4- Epices et santé	29
V- GENERALITES SUR LES PLANTES UTILISEES	30
V-1- FAMILLE DES ANNONACEES	30
V-1-1- <i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	30
V-1-2- <i>Xylopia aethiopica</i> A. Richard	32
V-2- FAMILLE DES CAPPARIDACEES	33
V-2-1- <i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baill., Bull. Soc. Linn.	33
V-3- FAMILLE DES PIPERRACEES	34
V-3-1- <i>Piper guineense</i> Schum. Et Thonn	34
V-3-2- <i>Piper umbellatum</i> L.	35
V-4- FAMILLE DES ZINZIBERACEES	36
V-4-1- <i>Aframomum daniellii</i> (Hook. F) k. Schum	37
V-5- FAMILLE DES RUTACEES.....	38
V-5-1- Genre <i>Zanthoxylum</i>	39
V-6- FAMILLE DES SOLANACEES	43
V-6-1- <i>Solanum melongena</i> Lam	43
V-6-2- <i>Capsicum frutescens</i> Mill.	45
V-7- FAMILLE DES MIMOSACEAE	46
V-7-1- <i>Tetrapleura tetraptera</i> Schum et Thonn.....	46
V-8-2- <i>Dichrostachys glomerata</i> (Forssk.) Hutch.....	47
V-8- FAMILLE DES CESALPINACEAE.....	48
V-8-1- <i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	48
V-9- FAMILLE DES MORACEAE	49
V-9-1- <i>Dorstenia psilurus</i> Welw	49
V-10-FAMILLE DES ASTERACEAE	50

V-10-1- <i>Echinops giganteus</i> Var Lelleyi C. D. Adams	50
V-11-FAMILLE DES PERIPLOCACEAE	51
V-11-1- <i>Mondia whitei</i> (Hook.f.) Skeels.....	51
V-12-FAMILLE DES HUACACEAE.....	53
V-12-1- <i>Hua gabonii</i>	53
V-13- FAMILLE DES CYPERACEAE	53
V-13-1- <i>Scleria striatinux</i> De Wild.....	53
VI- GENERALITES SUR LES ALIMENTS FONCTIONNELS.....	54
VI-1- Définition	54
VI-2- Les fonctions des aliments fonctionnels.....	55
VI-3- Le concept d'aliment fonctionnel.....	56
VI-4- Pôles géographiques de développement.....	57
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES	59
I- MATERIEL.....	59
I-1- Fiche d'enquête	59
I-2- Matériel végétal.....	59
I-3- Matériel biologique	59
II- METHODES.....	60
II-1- Teneur en eau.....	60
II-2- Teneur en cendres totales.....	60
II-3- Dosage des minéraux	62
II-5- Caractérisation des acides aminés.....	64
II-6- Indice chimique.....	64
II-7- Teneur en lipides.....	65
II-8- Caractérisation des acides gras par chromatographie en phase gazeuse.....	66
II-9- Méthode d'extraction	67
II-10- Polyphénols totaux.....	67
II-11-Les flavonoïdes	68
II-12-Les proanthocyanidines	68

II-13-Détermination de la teneur en tannins	69
II-14- Dosage de la vitamine A et la vitamine E.....	69
II-15- La vitamine C.....	69
II-16- Caractérisation des phénols par HPLC	70
II-17- Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse	70
II-18- Détermination de l'activité antioxydante.....	71
II-18-1- Pouvoir réducteur total.....	71
II-18-2- Méthode utilisant le radical stable ABTS (2,2'azion-bis (3-éthylbenzothizoline-6-acide sulfonique)).....	71
II-18-3- Méthode utilisant le suivi de la dégradation du 2-désoxyribose.....	72
II-18-4- Méthode utilisant le DPPH	73
II-19- Analyse de la couleur.....	74
II-20- Préparation des extraits méthanoliques pour les tests anti-inflammatoire et anti-stress.	75
II-21- Préparation de substances chimiques utilisées.....	75
II-21-1- Solution de Carragénine (1 %)......	75
II-21-2- Solution d'Indométacine	76
II-21-3- Solution de Célécoxib	76
II-21-4- solution de Dexaméthasone	76
II-22- Détermination des propriétés anti-inflammatoires	76
II-23- Dispositif expérimental pour analyses des tests anti-inflammatoire et anti-stress.	76
II-24-Dosage d'un paramètre marqueur du stress oxydatif : cas du malondialdéhyde (MDA).....	78
II-26- ANALYSES STATISTIQUES.....	79
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	80
I- Enquêtes exploratoires	80
II- Composition chimique proximale.....	93

III- Activité antioxydante.....	136
IV- Les coordonnées L*, a*, b* de la couleur	140
V- Analyses multivariées.....	142
VI-Activité anti-inflammatoire	182
VII-Taux du MDA dans les tissus	188
CONCLUSION GENERALE	190
PERSPECTIVES	192
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	193
ANNEXES.....	I

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

1. Publications dans les revues à comité de lecture :

Abdou Bouba A, Njintang Y. N, Scher J, and Mbofung C. M. F (2008). Phenolic compounds and radical scavenging potential of twenty Cameroonian spices. Acceptor avec corrections mineures dans Journal of Food chemistry.

Abdou Bouba A, Njintang Y N, Scher J, & Mbofung CMF. (2007). Selenium and some others minerals contents of twenty herbs and spices consumed in Cameroon. Soumis dans Journal of Food Chemistry.

N.Y. Njintang, **A.A. Bouba**, C.M.F. Mbofung, Aboubakar, R.N. Bennett, M. Parker, C.M. Faulds, A. Smith and W.R. Waldron. (2007). Biochemical characteristics of taro (*Colocasia esculenta*) flour as determinant factors of the extend of browning during achu preparation. American Journal of Food Technology. ISSN 1557-4571

Mbofung, C.M.F., Aboubakar, N.Y. Njintang, **A. Abdou. Bouba**, and Facho Balaam. (2006). Physiochemical and functional properties of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour. Journal of Food Technology 4 (2): 135-142

2. Communications écrites et actes:

Abdou Bouba Armand, Njintang Yanou N, Joël Scher and Mbofung Carl M (2008). Radical scavenging potential of twenty Cameroonian spices. Conférence Internationale sur le theme: “Développement d l’agro-alimentaire et création des richesses à l’université de Ngaoundéré du 09 au 11 juillet 2008 au Cameroun.

Abdou Bouba Armand, Njintang Yanou N, Joël Scher and Mbofung Carl M (2008). Phenolic compound and antioxidant activity of twenty spices used in Cameroon Work of post graduate school of INPL, January 2008 in Nancy, France.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Structure chimique de 4 tocophérols (Lindsay et Astley, 2002)	8
Figure 2: Structure de quelques composés phénoliques synthétiques.....	9
Figure 3: La catéchine	10
Figure 4: Les flavonoïdes	11
Figure 5: Dérivés glycosylés d'anthocyanidines.....	11
Figure 6 : Structure du bêta carotène	15
Figure 7: Structure du lycopène	16
Figure 8: Réactions impliquées dans les transformations de l'anion superoxyde	17
Figure 9 : Structure chimique des formes réduites (Ubiquinol-10), radicalaire (radical Ubisemiquinone) et oxydée (ubiquinone) du CoQ	18
Figure 10: Schéma général du travail.....	61
Figure 11 : Espace chromatique CIE $L^*a^*b^*$	75
Figure 12: Connaissance culinaire de la sauce jaune en fonction de l'âge	84
Figure 13: Cartographie de représentation des provinces sur les axes F1 x F2	87
Figure 14: Cartographie de représentation des provinces sur les axes F1 x F3	87
Figure 15: Barycentre des différentes classes d'épices.....	89
Figure 16 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (270 nm)	118
Figure 17 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (325 nm)	119
Figure 18 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (370 nm)	119
Figure 19: Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (somme des trois fractions)	120
Figure 20: Spectre de masse de la fraction a.....	121
Figure 21: Spectre de masse de la fraction b.....	122
Figure 22: Chromatogramme de la fraction a	123
Figure 23 : Spectre de masse de la fraction a	123
Figure 24: Chromatogramme de la fraction b	124
Figure 25: Spectre de masse de la fraction X.....	124
Figure 26: Spectre de masse de la fraction Y.....	125
Figure 27 : Spectre de masse de la fraction Z	125
Figure 28: Chromatogramme de l'acide cinnamique de <i>Z. leprieurii</i> (270 nm)	127
Figure 29: Chromatogramme de l'acide cinnamique de <i>Z. leprieurii</i> (325 nm).....	128

Figure 30: Chromatogramme de l'acide cinnamique de <i>Z. leprieurii</i> (370 nm).....	128
Figure 31: Chromatogramme de <i>Z. leprieurii</i> (270 nm + 325 nm+ 370 nm).....	129
Figure 32: Spectre de masse de la fraction a'	130
Figure 33: Spectre de masse de la fraction b'	131
Figure 34: Spectre de masse de la fraction c'	132
Figure 35: Chromatogramme de la fraction d	132
Figure 36: Spectre de masse de la fraction X'	133
Figure 37: Spectre de masse de la fraction Y'	134
Figure 38: Spectre de masse de la fraction Z'	135
Figure 39: Spectre de masse de la fraction e.....	136
Figure 40: Cartographie de la représentation des épices sur le plan d'axe F1xF2.....	143
Figure 41: Cartographie de la représentation des épices sur le plan d'axe F1xF3.....	144
Figure 42: Cercle de corrélation des variables sur le plan d'axe F1xF2.....	145
Figure 43: Courbe de l'effet des produits tests sur les rats en fonction du temps.....	186
Figure 44: Histogramme de l'effet des produits tests sur le malondialdéhyde	189
Figure a: Chromatogramme de <i>Z. xanthoxyloïdes</i> (1, 2) et <i>M. withei</i> (3, 4).....	I
Figure b: Chromatogramme de <i>S. melongena</i> (1, 2) et <i>P. guineense</i> (3, 4).....	II
Figure c: Chromatogramme de <i>P. brazzeana</i> (1, 2) et <i>A. daniellii</i> (3, 4).....	III
Figure d: Chromatogramme de <i>S. striatinux</i> (1, 2) et <i>X. aethiopica</i> (3, 4).....	IV
Figure e: Chromatogramme de <i>H. gabonii</i> (1, 2) et <i>D. psilurus</i> (3, 4).....	V
Figure f: Chromatogramme de <i>Z. leprieurii</i> (1, 2) et <i>P. umbellatum</i> (3, 4).....	VI
Figure g : Chromatogramme de <i>S. zenkeri</i> « fruit » (1, 2) et <i>M. myristica</i> (3, 4).....	VII
Figure h : Chromatogramme de <i>D. glomerata</i> (1, 2) et <i>S. zenkeri</i> « écorce » (3, 4).....	VIII
Figure i : Chromatogramme de <i>C. frutescens</i> (1, 2) et <i>T. tetraptera</i> (3, 4).....	VIII
Figure j : Chromatogramme de <i>H. gabonii</i> (1, 2) et <i>E. giganteus</i> (3, 4).....	IX

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Plante de <i>M. myristica</i>	31
Photo 2 : Graine de <i>M. myristica</i>	32
Photo 3 : Plante de <i>X. aethiopica</i>	33
Photo 4 : Fruit de <i>X. aethiopica</i>	33
Photo 5: Racine de <i>Pentadiplandra brazzeana</i>	34
Photo 6: Fruit de <i>Piper guineense</i>	35
Photo 7: Fruit de <i>Piper umbellatum</i>	36
Photo 8 : Plante de <i>Aframomum daniellii</i>	38
Photo 9 : Fruit de <i>A. daniellii</i>	38
Photo 10 : Plante de <i>Zanthoxylum leprieurii</i>	41
Photo 11 : Fruit de <i>Zanthoxylum leprieurii</i>	41
Photo 12: Fruit de <i>Zanthoxylum xanthoxyloides</i>	43
Photo 13 : Fruit de <i>Solanum melongena</i>	45
Photo 14: Plante de <i>Capsicum frutescens</i>	46
Photo 15 : Fruit de <i>C. frutescens</i>	46
Photo 16 : Fruit de <i>Tetrapleura tetraptera</i>	47
Photo 17 : Plante <i>D. glomerata</i>	48
Photo 18 : Fruit de <i>D. glomerata</i>	48
Photo 19: Ecorce de <i>S. zenkeri</i>	49
Photo 20: Fruit de <i>S. zenkeri</i>	49
Photo 21 : Plante de <i>Dorstenia psilurus</i>	50
Photo 22 : Racines de <i>D. psilurus</i>	50
Photo 23: Plante <i>E. giganteus</i>	51
Photo 24 : Racines <i>E. giganteus</i>	52
Photo 25 : Plante de <i>Mondia whitei</i>	52
Photo 26 : Racines de <i>Mondia whitei</i>	53
Photo 27: Fruit de <i>Hua gabonii</i>	53
Photo 28: Ecorce de <i>Hua gabonii</i>	538
Photo 29 : Racines de <i>Scleria striatinux</i>	54
Photo 30 : Pléthysmomètre électrique (model 7150 UGO BASILE, Italie).....	78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Paramètres du gradient de l'HPLC pour analyse des acides aminés.....	65
Tableau 2 : Identification des épices utilisées.....	81
Tableau 3: Fréquence de connaissance et d'utilisation des épices en fonction des provinces .	86
Tableau 4: Classification de K-means.....	88
Tableau 5 : Corrélation entre les différentes épices	92
Tableau 6: Teneur en eau, cendre et en éléments minéraux majeures des épices.....	98
Tableau 7 : Teneur en éléments minéraux mineurs des épices	99
Tableau 8: Teneur en matière protéique et acide aminé essentiel des épices	101
Tableau 9: Composition en acide aminé essentiel des épices	104
Tableau 10: Composition en acide aminé non essentiel des épices	106
Tableau 11: Indice chimique des épices.....	108
Tableau 12: Teneurs en huile et composition centidésimale des acides gras des huiles extraites de différentes épices	110
Tableau 13 : Teneurs en huile et composition centidésimale des acides gras des huiles extraites de différentes épices	113
Tableau 14 : Composés phénoliques et vitamines (A, E, C).....	117
Tableau 15: Activité antioxydante des différentes épices.....	139
Tableau 16: Caractéristiques de la couleur des poudres d'épices	141
Tableau 17: Contribution des épices sur les différents axes principaux	144
Tableau 18: Contribution des variables sur les axes principaux	146
Tableau 19: Classification K-means	146
Tableau 20: Corrélation de Pearson entre les éléments à potentiel antioxydant et l'activité antioxydante	149
Tableau 21: Variation des volumes moyens des pattes de rats traitées avec l'indométacine, dexaméthasone, célécoxib et l'extrait méthanolique de <i>Dichrotachys glomerata</i> , <i>Zanthoxylum leprieurii</i> et le mélange des deux (1/1).....	187

LISTE DES ABBREVIATIONS

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

MESRES: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ADN : Acide Désoxyribose Nucléique

DPPH : N, N'-diphényl-N'-picrylhydrazyl

SOD : Superoxyde dismutase

GPO : Glutathion peroxydase

BHA : Butyl hydroxyanisole

BHT : Butyl hydroxytoluène

POC : Oligomères ProCyanidoliques

H : Hydrogène

OH° : Radical Hydroxyl

O₂ : Anion superoxyde

CO₂: Dioxyde de Carbone

H₂O₂: Peroxyde d'Hydrogène

Mn: Manganèse

Mg: Magnésium

Zn : Zinc

Na : Sodium

K : Potassium

Fe : Fer

Al : Aluminium

Se : Sélénium

Cu : Cuivre

Ca : Calcium

RSH : radical soufré

NADPH : Nicotiamide Adénine Dinucléotide Phosphate (forme réduite)

ROOH : Peroxyde Lipidique

GPx : Glutathion peroxydase

Se-GPx : Sélénoenzyme

GSH : Glutathion réduit

NAC : N-acétylcystéine

VIH : Virus Immunodéficience Humain

NFkB : Nuclear Factor-kB

SIDA : Syndrôme ImmunoDéficience Acquise

ROL : Radicaux Oxygénés Libres

DRO : Dérivés Réactifs de l'Oxygène

ROS : Reactive Oxygen Species

ROI : Reactive Oxygen Intermediates

ROM: Reactive Oxygen Metabolites

NO°: Oxyde Nitrique

NO°₂: Dioxyde du Radical de l'Azote

N₂O₃ : Trioxyde du Nitrogène

cGMP : Guanosine 3',5'-monophosphate cyclique

EOA : Espèces d'Oxygène Actives

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

LC MS : Liquid Chromatography and Mass Spectrography

LDL: Low Density Lipoprotein

LRA: Leatherhead Research Association

AAC: Agriculture et Agro-alimentaire Canada

CP : Composante Principale

ACP : Analyse en Composante Principale

P₂O₅ : Pentaoxyde de phosphore

ICP-AES: Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

ICP-CCC: Inductively Coupled Plasma- Coupled Charge Chromatography

H₂SO₄ : Acide Sulfurique

(NH₄)₂SO₄ : Sulfate d'Ammonium

NaOH: Hydroxyde de Sodium

CaSO₄: Sulfate de calcium

ANP : Azote Non Protéique

pH : Potentiel d'Hydrogène

NH₄OH : Hydroxyde d'Ammonium

(NH₄)₃BO₃ : Borate d'Ammonium

PITC : Phényl IsoThioCyanate

FAO : Fond Alimentaire Mondial

WHO : World Health Organization

IC : Indice Chimique

ARN: Acide RiboNucléique

BF₃: Trifluorure de Bore

MetOH: Méthanol

PUFA1 : PolyUnsaturated Fatty Acid 1

ANOVA : Analyse des Variances

C8 :0 : Acide caprylique

C10 :0 : Acide caprique

C12 :0 : Acide Laurique

C14 :0 : Acide myristique

C16 :0 : Acide palmitique

C17 :0 : Acide n-heptadécanoïque

C18 :0 : Acide Stéarique

C20 :0 : Acide Arachidique

C22 :0 : Acide béhénique

C16 : 1n9C : Acide palmitique

C18:1n9C : Acide palmitoléique

C18 :2n6C : Acide linoléique

C18 :3n3C : Acide linoléique

C22 :1n9C : Acide béhénique

C22 :6n3 : Acide docosahexaénoïque

C24 :1n9 : Acide lignocérique

TROLOX : (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid)

ABTS : 2,2' Azion-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-acide Sulfonique)

$K_2S_2O_8$: Persulfate de Potassium

$FeCl_3$: Trichlorure Ferrique

$K_3Fe(CN)_6$: Hexacyanoferrate de Potassium

TCA : Acide Trichloroacétique

DO : Densité Optique

EDTA : Acide éthylènediaminetetraacétique

AA : Activité Antioxydante

A : Absorbance

TBA : Acide Thiobarbiturique

PRT : Pouvoir Réducteur Total

TEAC : Trolox Equivalent Activity Capacity

HRSA : Hydroxyl Radical Scavenging Activity

Na_2CO_3 : Carbonate de Sodium

PDA: Personal Digital Assistance

ENSAIA: Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agricole et des Industries Alimentaires

Ad : *Aframomum daniellii*

Cf : *Capsicum frutescens*

Dg: *Dichrostachys glomerata*

Dp : *Dorstenia psilurus*

Eg: *Echinops giganteus*

Zl: *Zanthoxylum leprieurii*

Zx : *Zanthoxylum xanthoxyloïdes*

Hg (f) : *Hua gabonii* (fruit)

Hg (é) : *Hua gabonii* (écorce)

Mm : *Monodora myristica*

Mw : *Mondia whitei*

Pb: *Pentadiplandra brazzeana*

Pg : *Piper guineense*

Pu: *Piper umbellatum*

Sm : *Solanum melongena*

Ss : *Scleria striatinux*

Sz (f): *Scorodophloeus zenkeri* (fruit)

Sz (é): *Scorodophloeus zenkeri* (écorce)

Tt : *Tetrapleura tetraptera*

Xa : *Xylopiya aethiopica*

CIRAD: Centre International de Recherche Agricole et de Développement

IFS : Internatioanl Foundation of Sciences

LIBIO : Laboratoire des Biomolécules

ENSAI : Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles

LBBN : Laboratoire de Biophysique et Biochimie Alimentaires

INPL : Institue Nationale et Polytechnique de Lorraine

AGPI : Acide Gras Polyinsaturés

AGS : Acide Gras Saturé

CAMHEF : Cameroon Heart Foundation

Glu: Acide glutamique

Gln: Glutamine

Asp: Acide aspartique

Asn:Asparagine

INTRODUCTION GENERALE

Environ 25 millions de personnes meurent chaque année dans le monde de maladies dégénératives. Encore appelées maladies de civilisation, ce sont des maladies dites non infectieuses et non transmissibles caractérisées par le dérèglement progressif des fonctions normales du corps (OMS, 2005). Celles-ci sont le résultat d'un déséquilibre ou d'une surcharge inhérent à l'effet des éléments néfastes tels que les toxines, le stress, les substances polluantes à l'instar de la fumée de cigarette, ou alors une carence alimentaire. Sur une période assez longue, ce déséquilibre affecte le fonctionnement de certains tissus cellulaires de l'organisme et conduit à des maladies chroniques connues dont les principales sont le cancer, l'insuffisance cardiaque, l'emphysème, l'artériosclérose, l'infarctus, la maladie d'Alzheimer, la maladie de parkinson, l'arthrite, la dystrophie musculaire, le diabète, les dégénérescences oculaires et nerveuses, la fibromyalgie, les différentes allergies et bien d'autres (OMS, 2005). Ces maladies sont responsables d'au moins 40 % de la totalité des décès dans les pays en développement et de 75 % dans les pays industrialisés. D'après l'OMS (1998), d'ici 2020, environ trois quarts des décès survenant dans les pays en développement seront imputables à ces maladies non transmissibles. Le plus lourd fardeau ne sera donc plus celui des maladies infectieuses qui ont été plus ou moins maîtrisées par l'avancée de la science, mais celui des maladies non transmissibles. En fait, le cancer à lui seul, constitue la première cause de mortalité dans le monde. L'OMS estime que si aucune mesure n'est prise, le cancer aura fait 84 millions de morts entre 2005 et 2015. Au Cameroun, 12000 cas de cancer sont déclarés chaque année (Mamadou *et al.*, 2006) et 4 millions d'hypertendus ont été signalés en 2007 (CAMHEF).

Si sensibiliser les populations à cette menace, afin qu'elles l'intègrent dans leur manière de vivre est l'un des plus grands défis auxquels est aujourd'hui confrontée la communauté sanitaire mondiale, y trouver des solutions constitue un challenge encore plus grand. Face à cet état de choses, la communauté internationale, les médecins et chercheurs, appuyés par de nombreuses études, soutiennent que la principale cause de ces maladies découle du « stress oxydatif » (Halliwell et Gutteridge, 1984 ; Muramatsu *et al.*, 1995).

Le stress oxydatif se caractérise par une rupture de l'équilibre cellulaire entre oxydants et antioxydants (Lattier et Delfiris, 2001). Ce stress croît avec la déficience du système de défense de l'organisme en antioxydants. Il est observé lorsque l'activité des

radicaux libres surpasse la capacité d'autodéfense du corps (Shamsi, 2006). Ceci conduit à des dégâts structuraux et fonctionnels des cellules à cause de leur très haute réactivité.

Les radicaux libres sont des espèces chimiques neutres ou chargées qui possèdent un électron non apparié sur leur couche externe. Cette configuration confère à ces radicaux une réactivité élevée qui se traduit par une tendance à équilibrer leur couche électronique externe en arrachant un électron aux molécules avec qui elles se trouvent en contact (protéines, lipides, ADN et hydrates de carbone) (Kristiina et Marika, 2003); d'où l'oxydation de ces dernières. Toutefois l'organisme possède un système de défense constitué d'antioxydants endogènes qui luttent contre l'action des radicaux libres. Il peut cependant arriver que l'organisme ne dispose pas de ces substances antioxydantes en quantité suffisante pour combattre les radicaux libres, d'où la nécessité d'un apport exogène d'antioxydants par l'alimentation comme solution alternative. Au cours de ces dernières années, il a été clairement établi le lien entre la santé de l'Homme et la nutrition (Rice-Evan *et al.*, 1996 ; Zheng et Wang, 2001 ; Duyff, 2002). Dans cette perspective, on sait désormais que plusieurs aliments (fruits, légumes et épices) contiennent des nutriments et des composés bioactifs qui influencent le fonctionnement de l'organisme (Bellisle *et al.*, 1998 ; Riedl *et al.*, 2002). Cette propriété tient à leur teneur en antioxydants, notamment la vitamine C, la vitamine E, les caroténoïdes et les polyphénols (flavonoïdes, catéchines, isoflavones, glucosinolate) (Laguerre *et al.*, 2007). Ainsi en est-il des épices produites et utilisées de part le monde et connues pour leurs qualités organoleptiques et leurs vertus thérapeutiques. Ces vertus seraient probablement liées aux propriétés antioxydantes qu'on leur attribue (Carla *et al.*, 2007; Stoilova *et al.*, 2007; Amin et Razieh, 2007; Elzbieta *et al.*, 2008;).

De part leur popularité ancestrale, les aliments qui dérivent des épices ont non seulement de valeurs sensorielles, mais sont aussi porteuses, dans plusieurs contrées, des valeurs culturelles des populations qui les utilisent. La sauce jaune apparaît comme un exemple de cette valeur culinaire, sociale et culturelle des épices. Elle est consommée traditionnellement dans l'ouest du Cameroun et sa préparation intègre un complexe de 6 à 18 épices. La valeur culturelle et sociale de la sauce jaune tient à son utilisation comme symbole de reconnaissance et d'estime lors des réceptions de hautes personnalités et invités de marque. Sur le plan de la santé, on lui attribue un rôle d'induction de la lactation, de revitalisant, d'aphrodisiaque, d'agent bactéricide et de détoxifiant. Cette valeur

thérapeutique viendrait des épices qui entrent dans sa composition. Ce lien a été prouvé dans de nombreux cas.

Malgré l'importance socioculturelle et thérapeutique des épices de la sauce jaune, les études sur le potentiel antioxydant de celles-ci restent très peu menées. On peut toutefois relever dans la limite de nos connaissances, les travaux de Agbor *et al.* (2005) qui ont montré l'effet antioxydant de: *Piper guineense*, *Piper umbellatum*, *Scorodophloeus zenkeri* (écorce et fruit) récoltées au Cameroun. D'autre part Howard *et al.* (2000) ont révélé le potentiel antioxydant de *Capsicum frutescens* du Texas. En 2001, les travaux menés sur *Dorstenia psilurus* récolté au Cameroun par Dimo *et al* ont montré son effet anti hypertensif sur des rats. Des études faites par Jung-Yi *et al.* (2006), Kiminori *et al.* (2005) et Françoise *et al.* (2004) sur *Solanum melongena* récolté respectivement en Taïwan, au Japon et au Brésil, présentent les effets antioxydants de l'extrait de cette plante. Les résultats des travaux abordés par Somova *et al.* (2001) indiquent que l'extrait alcoolique de *Xylopiya aethiopica* possède des propriétés antioxydantes. Or, aujourd'hui la découverte de l'utilité des antioxydants dans l'organisme transforme notre perception. Ils sont devenus des produits-vedettes parmi les produits fonctionnels, c'est-à-dire des aliments ayant des composantes alimentaires qui présentent des avantages physiologiques dépassant leurs fonctions nutritionnelles de base, ou qui réduisent les risques de maladies chroniques (IFIC, 1995).

De ce qui précède découlent un certain nombre de questionnements à savoir : quelles sont les épices responsables de l'activité antioxydante de la sauce jaune? Les épices à activité antioxydante suffisent-elles seules pour restituer le pouvoir antioxydant des mélanges de façon à mettre au point un mélange à haut potentiel antioxydant ? Autrement dit y-a-t'il une action antagoniste ou synergique des épices ? Les réponses à ces questions demandent une exploration des activités antioxydantes des épices, la sélection des épices à fort pouvoir antioxydant, la maîtrise de leurs activités à travers la connaissance des différents constituants. Toutes ces études restent encore très peu explorées dans la littérature, particulièrement pour ce qui concerne les épices de la sauce jaune. Aussi l'élaboration du projet portant sur le développement d'un aliment fonctionnel à base de quelques épices locales couramment utilisées se présente dès lors comme l'une des voies de lutte contre l'insécurité alimentaire et sanitaire dans les pays en développement.

L'objectif général :

L'objectif général de ce travail est de déterminer la caractérisation physico-chimique et fonctionnelle des épices de la sauce jaune en vue de la formulation d'un aliment/ingrédient fonctionnel à partir de la sélection des épices présentant une meilleure activité antioxydante. Ceci permettra non seulement d'améliorer la consommation des bio-ressources mais aussi de contribuer à l'amélioration du statut antioxydant des populations. Cette étude, devra de ce fait, contribuer à réduire les risques de l'incidence accrue des maladies dégénératives et du VIH/SIDA.

Les objectifs spécifiques :

- 1- Evaluer la qualité et le nombre des épices entrant dans la composition de la préparation de la sauce jaune;
- 2- Etudier l'activité antioxydante *in vitro* des extraits méthanoliques des différentes épices ;
- 3- Evaluer la teneur en composés antioxydants et leur implication sur l'activité antioxydante ;
- 4- Etudier l'effet de la consommation d'un mélange d'extrait méthanolique d'épices à fort pouvoir antioxydant sur le stress oxydatif chez les rats.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs hypothèses seront testées:

Hypothèse 1 : La valeur socioculturelle et thérapeutique des épices varie en fonction des régions ;

Hypothèse 2 : L'activité antioxydante et la composition biochimique varient d'une épice à une autre;

Hypothèse 3 : Les méthodes de détermination de l'activité anti oxydante (DPPH, Trolox, Pouvoir réducteur total) sont inter corrélées ;

Hypothèse 4 : Il existe une corrélation positive entre les composés antioxydants et le pouvoir antioxydant ;

Hypothèse 5 : Les épices et leur mélange ont un effet antioxydant chez des rats.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I – GENERALITES SUR LES ANTIOXYDANTS

L'être humain est un organisme aérobie, ce qui signifie qu'il a besoin d'oxygène pour sa subsistance. L'oxydation est à l'origine d'un grand nombre de réactions chimiques qui prennent place dans le corps humain, y compris la transformation des aliments en énergie et en chaleur, et la destruction des pathogènes (microbes responsables de maladies) par les cellules du système immunitaire (Mc Cord, 2000). Le processus de l'oxydation, cependant, génère aussi des radicaux libres qui sont des molécules susceptibles d'endommager les membranes cellulaires, les protéines et l'ADN (Sharififar *et al.*, 2007). S'il est vrai que certains radicaux libres sont indispensables, notamment pour l'immunité, il est tout aussi important de protéger les structures cellulaires de l'endommagement par oxydation (Halliwell et Gutteridge, 1999). À cette fin, l'organisme a élaboré un système antioxydant complexe qui est constitué d'un large éventail de composés destructeurs de ces radicaux libres.

I-1- Définition

Comme leur nom l'indique, les antioxydants protègent l'organisme de l'oxydation. Ce sont des substances qui sont capables de supprimer, retarder ou empêcher les processus d'oxydation au stade de l'initiation ou de la propagation (Pszczola, 2001; Klein et Kurilich, 2000; Velioglu *et al.*, 1998). Les antioxydants sont aussi définis comme des substances présentes dans les aliments et qui agissent sur les fonctions physiologiques de l'Homme en diminuant de façon significative les effets néfastes des espèces réactives de l'oxygène, des espèces oxygénées azotées, ou des deux (Food and Nutrition Board of the National Academy of Science, 1998). Shahidi (2002) les définit comme des composés possédant des fonctions capables de complexer les radicaux libres en leur donnant un électron ou un atome d'hydrogène ou en désactivant les ions métalliques et l'oxygène singulet empêchant ainsi leur action pro-oxydante. Les antioxydants sont également considérés comme des substances dont le rôle premier est de prévenir la dégradation induite par la réaction des radicaux libres (Morello *et al.*, 2002). Les antioxydants sont aussi perçus comme des

substances capables de retarder l'oxydation des lipides permettant ainsi de prolonger la durée de conservation de certains aliments (Nyegue, 2006).

I-2- Différents types d'antioxydant

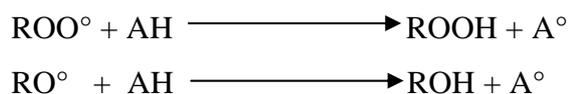
Pour se protéger des effets toxiques de l'oxygène, l'organisme a développé des systèmes de défense contre ces toxiques ou acquiert les antioxydants de l'alimentation. Il existe deux types d'antioxydants : les antioxydants enzymatiques naturellement fabriqués par notre organisme ou antioxydants endogènes et les antioxydants d'origine alimentaire ou antioxydants exogènes. Les antioxydants enzymatiques sont produits par notre corps et sont représentés par trois systèmes enzymatiques, à savoir la SOD (Superoxyde Dismutase), la GPO (Glutathion Peroxydase) et la Catalase. Ces systèmes enzymatiques nécessitent des cofacteurs d'origine alimentaire tels que le cuivre, le manganèse, le magnésium, le zinc et le sélénium ; mais aussi certaines vitamines (C, E, A) ou des molécules comme le glutathion (Pincemail et Defraigne, 2003).

En outre, on distingue les antioxydants synthétiques. Ce sont des composés ayant des structures phénoliques avec de degrés variés de substitution des groupements alkyls. Ils sont généralement utilisés pour limiter l'oxydation des denrées alimentaires à l'instar du butyl hydroxyanisole (BHA) et le butyl hydroxytoluène (BHT) qui ont été utilisés longtemps depuis le début du vingtième siècle (Kortenska *et al.*, 2002). Cependant ces antioxydants de synthèse sont de moins en moins utilisés dans les denrées alimentaires, les antioxydants naturels leur étant préférés (Manfred *et al.*, 1998) en raison de leur effet carcinogène (Ito *et al.*, 1983; Branen, 1975).

Les antioxydants peuvent également être classés en fonction de leur mécanisme d'action. On distinguera ainsi les inhibiteurs des radicaux libres, les décomposeurs des peroxydes, les désactivateurs des ions métalliques, ou les piègeurs d'oxygènes (Dziezak, 1986; Yagi, 1970).

I-2-1- Les antioxydants de type I

Encore appelés « antiradicalaires » les antioxydants de type I sont des composés qui transforment les radicaux très réactifs en molécules stables. Ils peuvent stopper complètement une réaction jusqu'à ce que les radicaux soient totalement consommés : il y a donc un effet quantitatif déterminant (Demanze et Karliskind, 1980). Cette réaction s'effectue selon les équations suivantes :



(AH : antioxydant et A°: radical de l'antioxydant, ROO°: radical libre hautement réactif)

Les radicaux A° sont des composés stables et ne possèdent pas l'énergie suffisante pour arracher un hydrogène à une autre molécule, chez les lipides par exemple ces réactions vont permettre l'arrêt de la propagation pendant le phénomène d'oxydation.

Les composés appartenant à cette classe d'antioxydants sont les composés phénoliques naturels ou de synthèse (Kortenska *et al.*, 2002). Ces composés phénoliques sont considérés comme les métabolites secondaires, synthétisés à partir des plantes qui ont subi un développement normal (Harborne et Mabry, 1982).

Parmi ces composés on peut citer :

- Les tocophérols naturels ou de synthèse

Ils existent naturellement sous forme de quatre isomères : α , β , δ et γ . Leur efficacité antioxydant peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange de ses isomères. Parmi ces isomères, l' α -tocophérol naturel ou de synthèse reste l'antioxydant le plus utilisé.

*Encore appelés vitamine E, les tocophérols sont liposolubles et jouent un rôle important dans la protection des membranes cellulaires et la santé des humains (Regina et Kelvin, 2007; Wills *et al.*, 2007; Yuan *et al.*, 2007; Yihua *et al.*, 2006). La vitamine E réduit le taux de cholestérol et les risques de maladies cardiaques, et favorise le bon développement du fœtus. En outre, elle protège les membranes cellulaires des dommages causés par les radicaux libres et sert de "capteur" et d'antioxydant (Cahoon, 2003). Cette vitamine est importante pour la fonction pulmonaire, la circulation du sang, la protection de l'organisme contre les radicaux libres (oxydation) et la fonction des membranes. Un supplément en vitamine E est particulièrement important chez les personnes qui consomment beaucoup de graisses polyinsaturées. Cette vitamine est disponible sous plusieurs formes. La vitamine E est un antioxydant majeur des structures lipidiques; sa réactivité réside dans sa capacité à capter les radicaux peroxydes formés lors du phénomène de peroxydation lipidique, donc à interrompre la chaîne de propagation de ce processus. L'oxydation de l' α -tocophérol conduit à un radical tocophéryl relativement stable du fait du

noyau chromanol. La vitamine E peut être secondairement régénérée en présence de vitamine C ou d'autres réducteurs.

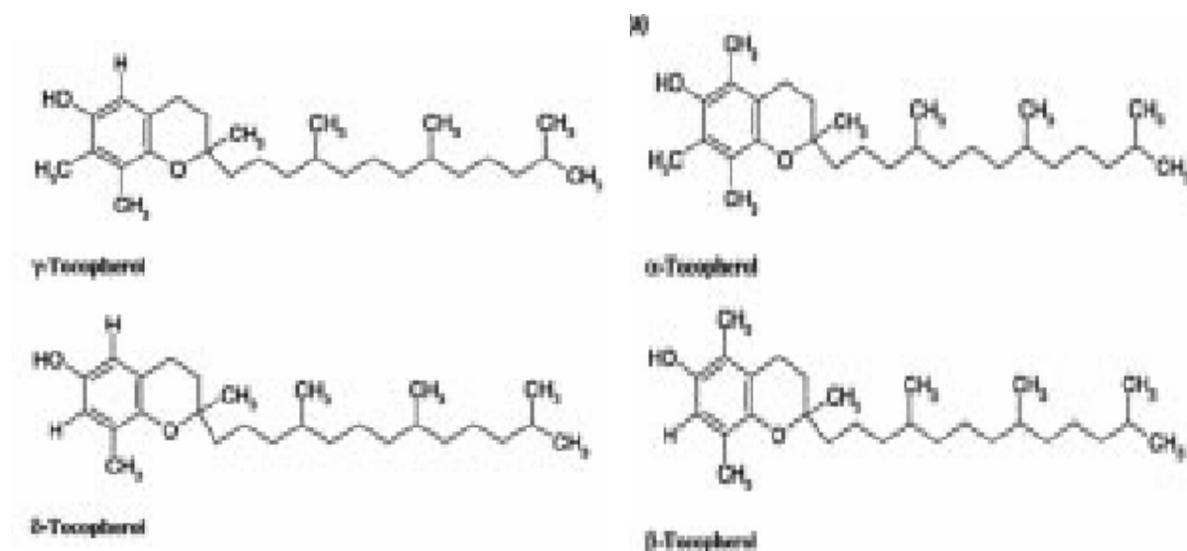


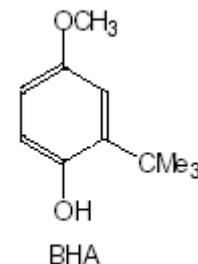
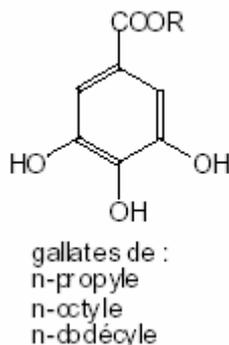
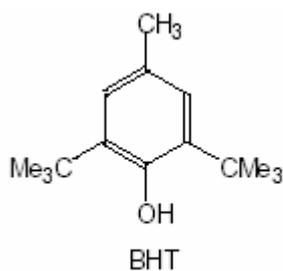
Figure 1: Structure chimique de 4 tocophérols (Lindsay et Astley, 2002)

- Les polyphénols

Les polyphénols suscitent depuis une dizaine d'années un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des industriels de l'agro-alimentaire et des consommateurs. Une des raisons principales est la reconnaissance de leurs propriétés antioxydantes et, par ricochet leur implication probable dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydant. Un très grand nombre de données expérimentales plaident aujourd'hui en faveur de leur implication dans la prévention des maladies dégénératives telles que les cancers, les maladies cardio-vasculaires, l'ostéoporose ou les maladies inflammatoires (Wei *et al.*, 2007; Nijveldt *et al.*, 2001; Duthl et Crozier 2000; Nakatani, 2000).

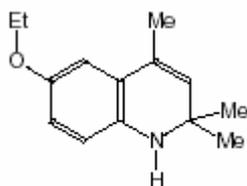
*Les composés phénoliques de synthèse

Ils sont aussi appelés neutralisateurs synthétiques (Le Butylhydroxyanisole : BHA, le Butylhydroxytoluène : BHT, Gallate et l'éthoxyquine). Ils sont utilisés très largement par l'industrie alimentaire, avec de plus en plus de controverses (éthoxyquine notamment).

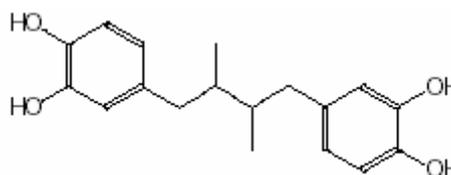


Gallate de propyle (R = C₃H₇)

Gallate d'octyle (R = C₈H₁₇)



**éthoxyquine (6-éthoxy-1,2-dihydro
2,2,4-triméthyl quinoléine)**



NDGA (acide nordihydroguaiarétique)

Figure 2: Structure de quelques composés phénoliques synthétiques

***Quelques composés phénoliques naturels**

Les composés phénoliques sont regroupés au moins en 10 classes sur la base de leur structure chimique. Les flavonoïdes constituent le groupe le plus important et contiennent plus de 5000 composés. Ils peuvent être subdivisés en six groupes: les flavonols (constitués de la catéchine et les proanthocyanines), les flavones, les isoflavones, les flavonones et les anthocyanines (Francesco et Tory, 2007). Les composés phénoliques que l'on trouve dans les plantes sont, entre-autres, les anthocyanines, les proanthocyanidines, les flavonoïdes, les tanins (Naczka et Shahidi, 2004).

• Les proanthocyanidines

Ce sont des oligomères que l'on retrouve essentiellement chez les végétaux. L'hétérocycle des flavan-3-ols est très réactif et les catéchines vont facilement se lier et conduire à des dimères (condensation de deux unités), à des oligomères (condensation de quelques unités) et même à des polymères (grand nombre d'unités). Les oligomères ou OPC (Oligomères ProCyanidoliques) sont les procyanidines ou proanthocyanidines (deux

à dix unités) très courantes chez les plantes à tannins. Les études menées par plusieurs auteurs ont montré que ces oligomères jouent un rôle antioxydant et, de ce fait, ont un effet bénéfique pour la santé humaine (Yihua *et al.*, 2006; Amitabye *et al.*, 2005; Amitabye *et al.*, 2002).

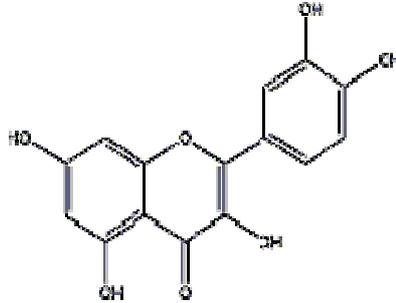


Figure 3: La catéchine

● Les tannins

Ce sont des polymères que l'on retrouve dans les végétaux en particulier. Grâce à leur structure, ils ont la capacité de jouer un rôle antioxydant intéressant (Perumal et Sellamuthu, 2007; José, Leonardo et Luis, 2007; Perumal et Klaus, 2007). On en trouve beaucoup plus dans les vins rouges (1 à 5g/L) que dans les vins blancs (quelques dizaines de mg/L). Parfois associés aux anthocyanes, ils donnent leur couleur au vin rouge et permettent son bon vieillissement.

● Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des métabolites végétaux avec des propriétés antioxydantes efficaces. Ces dix dernières années, des recherches intensives ont été menées sur les effets sanitaires des flavonoïdes (Mohamed *et al.*, 2005; John *et al.*, 2007; Wei *et al.*, 2007; Subramani et Casimir, 2002; Yanping *et al.*, 2004; Jun *et al.*, 2005). Il a été démontré que les flavonoïdes joueraient un rôle protecteur contre les dommages causés par le cholestérol dans les vaisseaux sanguins, mais des recherches supplémentaires sont encore nécessaires. Les flavonoïdes sont présents dans la plupart des légumes, des fruits, des baies et des boissons (thé, vin et jus de fruits). La recherche des plantes riches en flavonoïdes est d'actualité (Quillien, 2002).

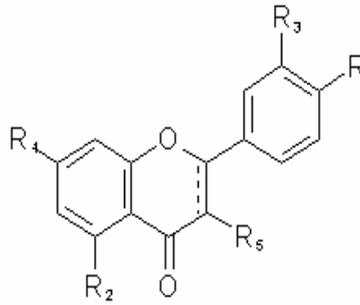


Figure 4: Les flavonoïdes

• **Les anthocyanines**

Les anthocyanes sont des hétérosides oxygénés, un ou plusieurs oses (glucose, galactose, rhamnose, arabinose) liés par leur fonction réductrice à une molécule non glucidique dite aglycone dont la partie aglycone est appelée anthocyanidine. On peut aussi, en ne les rattachant qu'à leur partie aglycone, les qualifier de flavonoïdes. Les anthocyanidines sont les matières colorantes des feuilles, des fleurs, des fruits et des racines de beaucoup de plantes terrestres (Naczki et Shahidi, 2004). Ce sont des pigments présents notamment dans les feuilles de vigne, la pellicule des raisins noirs, la pulpe des cépages teinturiers mais aussi dans les prunes, les œillets. Les anthocyanidines (encore appelés anthocyanidols) ont pour structure de base l'ion flavylum (Gomez, 2007) et leur effet antioxydant a été prouvé (Silvia et Luisa, 2006).

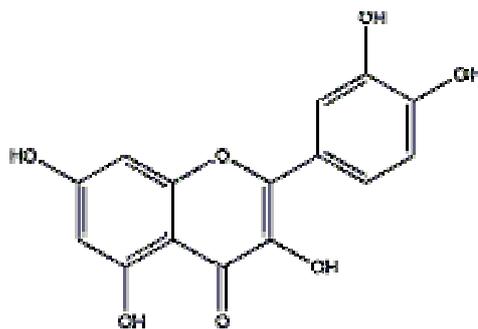


Figure 5: Dérivés glycosylés d'anthocyanidines

- Palmitate d'ascorbyle

C'est l'antioxydant de choix en cosmétique (Bourgeois, 1981). En effet, l'acide ascorbique, dont l'activité antioxydante s'exerce à la fois comme capteur d'oxygène et comme antioxydant de rupture de chaîne, n'est utilisable qu'en solution aqueuse. L'estérification de la fonction alcool primaire en C6 par l'acide palmitique confère au palmitate d'ascorbyle une certaine solubilité dans les graisses qui, quoique faible (500 ppm) lui donne son efficacité. Celle-ci s'exerce surtout en présence des tocophérols par un mécanisme de régénération de ces derniers. La chaîne palmitique en soi n'a pas d'effet antioxydant et le palmitate d'ascorbyle ou l'acide 5,6-diacétyl ascorbique (E 303) ont pratiquement la même activité antioxydante que l'acide ascorbique sur une base moléculaire. Le palmitate d'ascorbyle s'utilise en général à la dose de 0,01 à 0,05 % (100 à 500 ppm).

I-2-2- Les antioxydants de type II

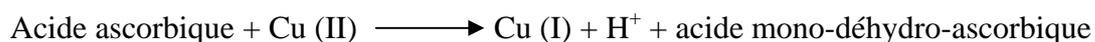
Ce type d'antioxydant prévient la formation des radicaux libres et peut intervenir par différents mécanismes. Certains chélatent les ions métalliques réduisant l'effet pro-oxydant des ions, c'est le cas des acides phosphorique et citrique. Cette activité antioxydante est attribuée à la propriété que possèdent ces biopolymères à former des complexes avec les métaux de transition (Kamil *et al.*, 2002).

***L'acide ascorbique**

La vitamine C est aussi connue sous le nom d'acide ascorbique ou d'ascorbate. De tous les antioxydants hydrosolubles (soluble dans l'eau), la vitamine C est la plus importante, ayant un rôle primordial à jouer dans la lutte contre le stress (Kadkhodace *et al.*, 2007; Elizabeth *et al.*, 2007; Xavier *et al.*, 2007; Inga *et al.*, 2007; Myers, 1997). La vitamine C est nécessaire au système immunitaire et aide à conserver les réserves d'autres antioxydants comme la vitamine E et le glutathion. Certaines cellules du système immunitaire ont besoin de 150 fois plus d'acide ascorbique que d'autres parties de l'organisme (Myers, 1997). On en trouve dans les fruits frais, les légumes et les légumes verts à feuilles. L'industrie agroalimentaire utilise l'acide L-ascorbique comme antioxydant sous la référence E300. C'est un réducteur qui réagit avec le dioxygène de l'air. Il empêche ainsi le dioxygène d'oxyder d'autres molécules organiques, ce qui provoquerait un rancissement (mauvais goût) ou un changement de couleur (brunissement peu appétissant).

La vitamine C peut être considérée comme un dérivé cyclique des hexoses. Sa caractéristique essentielle est d'exister sous trois degrés d'oxydoréduction différents : la forme réduite ou acide ascorbique, la forme semi-réduite ou mono-oxydée, appelée acide mono-déhydro-ascorbique, et la forme oxydée ou acide déhydro-ascorbique. L'acide mono-déhydro-ascorbique est un radical anion relativement inerte, ne réagissant pas avec l'oxygène car il est stabilisé par résonance (effet mésomère) avec formation d'une liaison hydrogène intramoléculaire. L'agent oxydant habituel est l'oxygène, dont l'activité est catalysée par des traces de métaux comme le cuivre et le fer. La vitamine C (acide ascorbique) est un nutriment essentiel ; les êtres humains sont incapables de la synthétiser ; doit être obtenue à partir de l'alimentation. Les principales sources de vitamine C sont les fruits (en particulier les baies) et les légumes feuilles. On peut exceptionnellement trouver de fortes concentrations de vitamine C dans le cassis, les agrumes, les kiwis, les poivrons, les brocolis, le chou et le persil. La vitamine C est souvent utilisée comme additif dans la transformation des aliments (Kristiina et Marika, 2003).

La vitamine C interagit avec les radicaux libres : Elle peut agir comme antioxydant et parfois comme pro-oxydant. Elle a une activité antioxydante à des concentrations supérieures à 0,5 % tandis qu'elle possède un effet pro-oxydant à faible concentration : 0,02-0,03 % (Decker et Xu, 1998). L'acide ascorbique est un donneur d'atome d'hydrogène qui réagit avec les radicaux libres OH, O₂⁻ et les transforme en molécules non toxiques. En présence de cuivre et de fer, il favorise la formation du radical superoxyde et a un effet pro-oxydant.



Le cuivre I réagit ensuite avec l'eau oxygénée pour donner un radical OH°



L'association de vitamine C et de cuivre a un effet anticancéreux dans les mélanomes qui accumulent les ions du cuivre. Elle régénère la vitamine E qui est le principal antioxydant membranaire et interagit avec le fer. La vitamine C favorise l'absorption digestive du fer non héminique en transformant le fer ferrique en fer ferreux et peut-être en chélatant le fer ferrique.

I-2-3- Les antioxydants de type III

Ils regroupent les facteurs de l'environnement qui ont une action antioxydante en agissant sur le potentiel redox du milieu, la température, la pression en oxygène, la lumière. L'emballage des produits permet ainsi de minimiser l'exposition à l'air et à la lumière. La mise sous vide permet de limiter les réactions d'oxydation et donc de prolonger la durée de vie des produits. L'emballage peut également être réalisé sous atmosphère modifiée (azote ou CO₂), méthode efficace mais peu utilisée (Eymard, 2003).

I-2-4- Les agents synergiques

Ce sont des molécules qui améliorent l'action de certains antioxydants, ce qui se traduit souvent par un accroissement de la période de protection. Parmi eux se trouvent : les acides lactiques, tartriques et ortho phosphoriques et leurs sels de sodium, potassium ou calcium. L'efficacité des antioxydants peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange d'antioxydants de type I et II. L'association de ces deux types d'antioxydants permet d'inhiber les phases d'initiation et de propagation de l'oxydation des lipides (Frankel, 1998).

- La lécithine

La lécithine, notamment celle qui est riche en phosphatidylcholine, maintient la fonction des membranes. L'huile de soja et les jaunes d'œuf cuits sont deux bonnes sources de lécithine; toutefois, les jaunes d'œufs crus sont à éviter car ils peuvent héberger des organismes dangereux.

I-2-5- Autres types d'antioxydants

Certains composés protéiques possèdent une activité antioxydante. C'est le cas par exemple de la carnosine (Kansci *et al.*, 1997), des concentrés protéiques obtenus à partir du lait qui sont susceptibles de complexer le fer.

- Les désactivateurs d'oxygène

Ces molécules réduisent la puissance oxydante des molécules d'oxygène.

***Les caroténoïdes**

Les caroténoïdes font partie des micronutriments qui participent à la défense de l'organisme contre les espèces oxygénées réactives et, par conséquent, contribuent à prévenir diverses pathologies. Ce sont essentiellement des piègeurs de l'oxygène singulet; mais ils peuvent également neutraliser les radicaux libres. Le piègeur d'oxygène singulet

le plus efficace est le lycopène (plus du double de l'activité du β -carotène) suivi par le γ -carotène, l'astaxanthine, la canthaxanthine, l' α -carotène, le β -carotène, la zéaxanthine, la lutéine et la β -cryptoxanthine (cinq fois moins active que le lycopène) (Edmond, 2003). Une seule molécule de β -carotène peut neutraliser plusieurs centaines de molécules d'oxygène instable. Les effets protecteurs de la consommation de caroténoïdes contre le stress oxydant se traduisent également par une diminution des teneurs en peroxydes lipidiques dans le plasma et en 8-hydroxydeoxyguanosine lymphocytaires qui sont respectivement des produits d'oxydation des lipides et des acides nucléiques (Edmond, 2003). Les mécanismes par lesquels les caroténoïdes protègent les systèmes biologiques des dommages dus à l'oxygène singulet consistent en un ensemble de réactions physiques et chimiques entre les caroténoïdes et la molécule d'oxygène "excitée": l'énergie d'excitation de l'oxygène singulet est transférée vers le pigment, elle est ensuite dissipée au niveau des doubles liaisons conjuguées (Edmond, 2003). L'inhibition des processus oxydatifs serait particulièrement active aux faibles pressions d'oxygène (2%) et compléterait ainsi l'activité antioxydante de la vitamine E aux fortes pressions d'oxygène (20%). Les légumes oranges ou jaunes comme la carotte ainsi que les légumes verts à feuilles sont les meilleures sources de cet antioxydant essentiel. S'il est pris sous forme de supplément, les informations actuelles indiquent qu'un mélange de caroténoïdes de source naturelle est préférable au bêta carotène synthétique (Myers, 1997). Les caroténoïdes sont des composés pigmentés présents dans les fruits et les légumes.

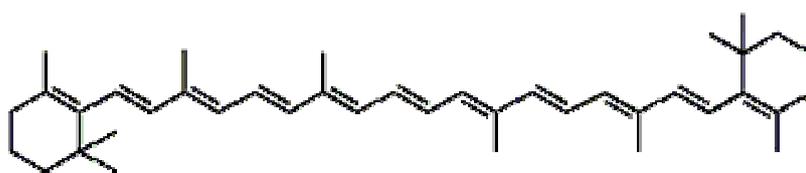


Figure 6 : Structure du bêta carotène

* Le lycopène

Le lycopène, membre de la famille des caroténoïdes, est le plus petit de la famille, mais certainement pas le moindre, puisqu'il est l'un des plus puissants antioxydants naturels connus à ce jour (Bernier et Daniel, 2001). Retrouvé principalement dans la tomate, le lycopène est agréable à consommer. Ce pigment rouge est prometteur pour la santé des plantes mais est malheureusement peu présent dans les aliments (Clinton, 1998; Shi et Le Maguer, 2000).

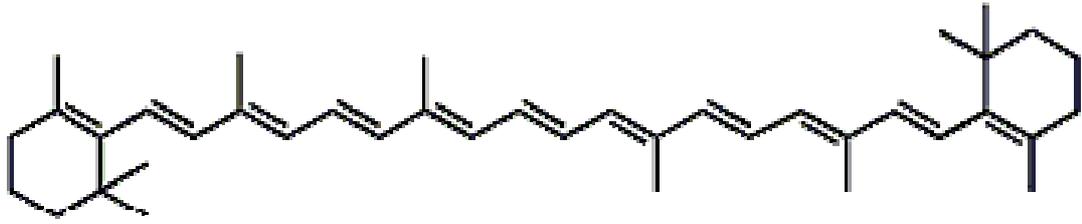
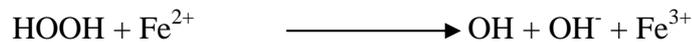


Figure 7: Structure du lycopène

*** Superoxide-dismutase (SOD)**

Le superoxyde dismutase (SOD) est un enzyme qui diminue la durée de vie de l'anion superoxyde O_2^- . Il en existe trois types : une SOD contenant du cuivre et du zinc (CuZnSOD), localisée dans le cytosol des cellules eucaryotes et dans les globules rouges; une SOD contenant du manganèse (Mn), située dans les mitochondries, et un facteur de haut poids moléculaire à activité SOD (EC-SOD) situé dans le plasma et les poumons humains (Pincemail, 1998).

Le superoxyde dismutase a un effet protecteur contre les réactions radicalaires dans la mesure où la catalase et la glutathion peroxydase sont suffisantes pour détruire le H_2O_2 formé. Dans le cas contraire, l'excès de H_2O_2 , surtout en présence de métaux, conduit à la formation des radicaux OH, extrêmement toxiques, selon la réaction :



La consommation de glutathion réduit provoquée par le fonctionnement de la glutathion peroxydase lorsqu'il n'est pas compensé par la glutathion réductase crée un déficit cellulaire en glutathion et en groupe R-SH. Ce déficit en groupe R-SH est à l'origine d'une augmentation du calcium intracellulaire par inhibition de sa sortie hors de la cellule et de son repompage par le réticulum sarcoplasmique (Figure 8).

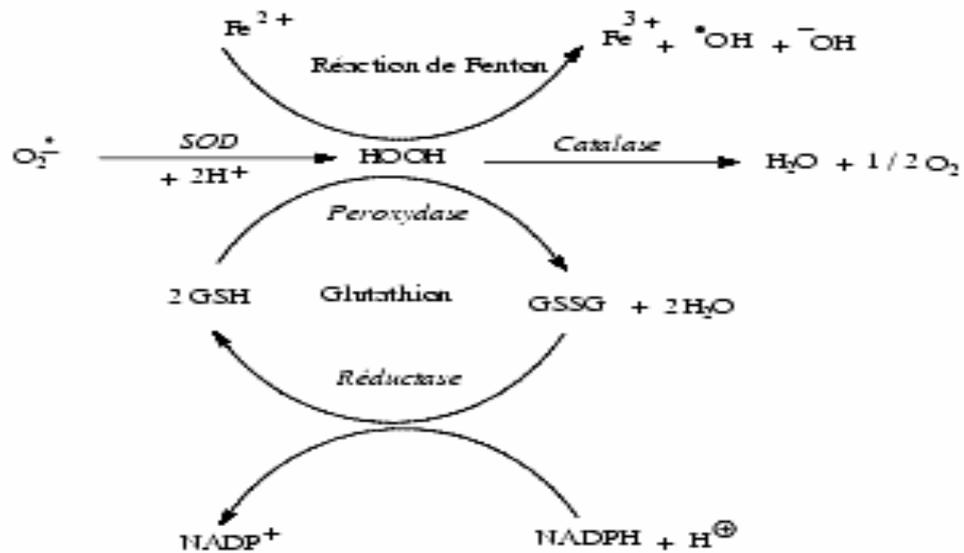


Figure 8: Réactions impliquées dans les transformations de l'anion superoxyde

* Coenzyme Q₁₀

Découvert en Angleterre par Morton, le coenzyme Q, aussi appelé ubiquinone en raison de son ubiquité dans les cellules, est une molécule antioxydante qui se singularise par un comportement particulier (Pincemail et Defraigne, 2003). Il s'agit d'un dérivé benzoquinonique avec une longue chaîne latérale isoprénique. Dans la majorité des tissus des mammifères, cette chaîne possède dix unités isoprénoïdes (d'où le nom de CoQ₁₀) mais, dans d'autres organismes, elle n'est formée que de six (CoQ₆) ou huit (CoQ₈) unités. Cette chaîne latérale confère à la molécule un caractère lipophile important qui lui permet de s'insérer dans toutes les membranes cellulaires, subcellulaires et les lipoprotéines sériques (Pincemail et Defraigne, 2003).

Le coenzyme Q₁₀ (ubiquinone) et le germanium, un métal antioxydant, soutiennent le système immunitaire. Une alimentation équilibrée fournit habituellement ces deux substances, mais on peut aussi les prendre en suppléments. Le CoQ₁₀ est une molécule importante dans la production d'énergie par la mitochondrie et possède en plus des propriétés antioxydantes particulièrement complexes (Pincemail et Defraigne, 2003). Le CoQ₁₀ agit en synergie très étroite avec la vitamine E dans la protection des membranes cellulaires contre le stress oxydant. Ces deux propriétés étroitement liées font que le coenzyme Q₁₀ est considéré comme un agent thérapeutique intéressant dans diverses

pathologies caractérisées par des altérations mitochondriales et/ou par la présence d'un stress oxydant (Pincemail et Defraigne, 2003).

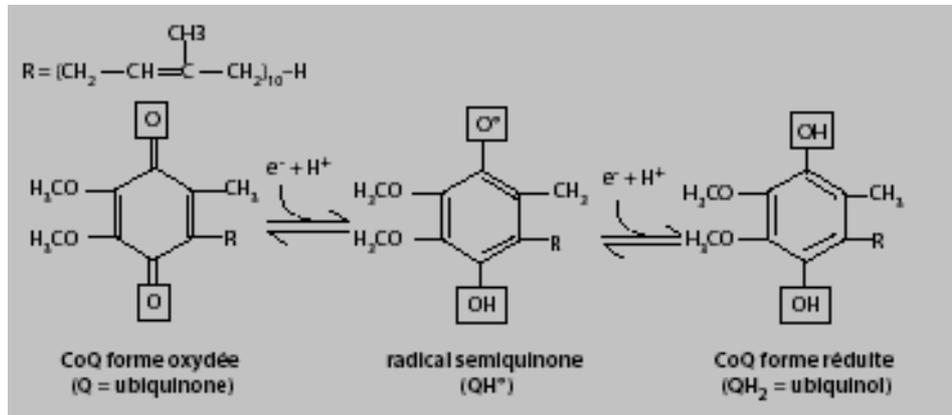


Figure 9 : Structure chimique des formes réduites (Ubiquinol-10), radicalaire (radical Ubisemiquinone) et oxydée (ubiquinone) du CoQ

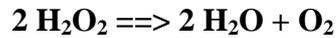
* Le glutathion

Le glutathion est un antioxydant important composé de trois acides aminés, dont la cystéine (Myers, 1997). Il joue un rôle essentiel dans la lutte contre les infections et le stress oxydatif (réaction de SOD). Il contribue également, mais indirectement, à la régénération de la vitamine C. Le glutathion peroxydase (GPx) qui détruit le peroxyde d'hydrogène, mais aussi tous les peroxydes lipidiques ROOH (où R représente un acide gras polyinsaturé), est un sélénoenzyme (Se-GPx) utilisant le glutathion réduit (GSH) comme cofacteur et localisé dans le cytosol et les mitochondries des cellules (Pincemail, 1998).

* La catalase

La catalase intervient dans la décomposition du peroxyde d'hydrogène H₂O₂ en H₂O et O₂. On trouve la catalase dans les peroxysomes, à l'intérieur desquels les réactions d'oxydations produisent H₂O₂, un puissant oxydant, toxique pour la cellule : la catalase détruit H₂O₂ au fur et à mesure de sa formation. Cette enzyme existe chez tous les organismes aérobies où elle participe, comme la peroxydase, à la défense contre les dérivés toxiques de l'oxygène. Elle agit pour des concentrations plus élevées en peroxyde que la peroxydase. C'est une enzyme extrêmement active. Une seule molécule de cette enzyme

est capable de décomposer plusieurs millions de molécules de peroxyde par minute. Les produits de la réaction sont de l'eau et de l'oxygène qui se dégage sous forme gazeuse. La catalase, contrairement aux autres peroxydases, ne produit pas de radicaux libres. Elle réagit suivant l'équation :



La catalase est présente dans les peroxysomes des tissus à métabolisme élevé : foie, cœur, rein, rate, poumons, ainsi que dans les cellules endothéliales de l'artère pulmonaire. On la retrouve également dans les plaquettes et le stroma des érythrocytes (Pincemail, 1998).

***Sélénium**

Le sélénium est un oligo-élément, largement distribué à des concentrations relativement faibles dans la chaîne alimentaire humaine. Il est un nutriment essentiel en ce sens qu'il joue un rôle majeur dans le système de défense antioxydant. La viande, les produits laitiers, les œufs, les noix du Brésil et les produits à base de blé constituent de bonnes sources de ce nutriment. La dose recommandée de 55 µg/jour est facilement atteinte avec un régime alimentaire sain et équilibré, contenant une bonne variété de légumes, de produits céréaliers, de viande maigre, de poisson, de produits laitiers et de fruits (Kristiina et Marika, 2003). Plusieurs études importantes ont montré que des concentrations sériques en sélénium inférieures à 45 – 50 µg/L sont associées avec l'apparition de pathologies coronariennes (Pucheu *et al.*, 1995; Cenac *et al.*, 1996). Le sélénium exerce son action à l'intérieur des cellules conjointement avec le glutathion. Les carences en sélénium sont très fréquentes, surtout dans le cas d'une basse numération de CD₄⁺, sans doute en raison d'une assimilation plus rapide que la normale.

La carence en sélénium a été liée à un risque 20 fois plus grand de décès. Pour prévenir ou corriger une carence, la prise de 100 à 200 microgrammes (µg) par jour représente une dose raisonnable et sans danger.

*** Le zinc**

Le zinc est un puissant antioxydant qui joue un rôle de premier plan dans l'immunité et la croissance. Les carences sont fréquentes et elles ont été liées à une progression plus rapide de la maladie et à un risque accru de décès. Des études ont toutefois montré qu'un apport élevé en zinc peut réduire les fonctions immunitaires et

accélérer la progression de la maladie. La quantité de zinc qu'on retrouve dans les préparations multi vitaminiques est considérée comme raisonnable et sans danger. Le zinc est important pour les mécanismes de défense de l'organisme contre les maladies inflammatoires. Cet oligo-élément est un des co-facteurs essentiels de la SOD. La prise de zinc conduit à long terme à l'induction de protéines antioxydantes comme les métallothioneines. Le zinc protège également les groupements thiols des protéines. Il peut inhiber partiellement les réactions de formation d'espèces oxygénées induites par le fer ou le cuivre. A ce titre, l'analyse du rapport sanguin cuivre/zinc peut donner des indications intéressantes sur l'état de stress oxydant d'un individu. Un déficit en zinc résulte généralement d'une sensibilité plus accrue au stress oxydant. Une étude récente a montré que les personnes âgées atteintes de maladies dégénératives ont un rapport cuivre/zinc plus élevé que des personnes âgées en bonne santé (Mezzetti *et al.*, 1998). Un régime équilibré est le meilleur moyen de garantir un apport de zinc adéquat. Les principales sources alimentaires du zinc sont les céréales, les produits laitiers et les produits carnés (Kristiina et Marika, 2003).

*** Le cuivre**

Le cuivre est un oligo-élément qui participe au maintien des systèmes de défense anti-oxydante de l'organisme. Cet oligo-élément est un des co-facteurs essentiels de la SOD. (Del Corso *et al.*, 2000). Les céréales, les légumes et les produits laitiers constituent les principales sources de ce nutriment, et un régime alimentaire normal, équilibré satisfait aisément à la dose nécessaire de 1 à 2 mg /jour (Kristiina et Marika, 2003).

*** Magnésium**

Ce minéral joue un rôle physiologique important; ceci se confirme par les désordres physiologiques que sa déficience entraîne. Il est d'une importance particulière dans le fonctionnement normal des cellules, dans la transmission de l'influx nerveux et dans la stimulation de la formation des anticorps. Le magnésium est nécessaire dans beaucoup de systèmes comme enzyme, spécialement dans la production d'énergie et la régulation du rythme cardiaque. Il intervient également comme co-facteur dans le maintien des systèmes de défense antioxydante de l'organisme.

*** Manganèse**

Il est cofacteur de plusieurs enzymes du métabolisme lipidique et glucidique, et joue également un rôle dans la détoxification des cellules des radicaux libres.

*** L'acide alpha-lipoïque**

C'est un puissant antioxydant qui contribue à la régénération du glutathion et d'autres antioxydants et qui ralentit la réplication virale en éprouvettes par blocage de la voie NFkB. Un corps sain en produit habituellement les quantités dont il a besoin.

***La N-acétylcystéine (NAC)**

Élément constitutif du glutathion, la cystéine a fait l'objet de nombreuses études visant à déterminer si la prise de fortes doses peut avoir pour effet d'élever le taux de glutathion. Les résultats se sont révélés prometteurs à des doses très élevées (2000 à 8000 mg), mais celles-ci ne sont pas pratiques et peuvent causer des dangers à long terme. La cystéine est un acide aminé qui s'observe généralement à un taux faible chez les personnes vivant avec le VIH. Dans des études en éprouvettes, la NAC a permis de réduire la réplication virale et de bloquer la voie NFkB (Fei *et al.*, 2001). On n'a pas encore établi la dose thérapeutique de NAC qui offrirait le maximum de bienfaits.

I-3- Importance des antioxydants

Depuis plusieurs années, les antioxydants sont ultra-médiatisés. Ils semblent être la panacée en matière de santé : on leur prête toutes les vertus, de la protection contre les maladies cardiovasculaires à la prévention de certains cancers. Dès lors, les recherches sur les antioxydants se sont multipliées. De nombreuses études ont démontré un effet protecteur face à certaines pathologies.

Dans les circonstances où les défenses naturelles se trouvent débordées par l'attaque accrue des radicaux libres, l'organisme a besoin des antioxydants exogènes venant des aliments ou des agents thérapeutiques reconnus pour leur effet bénéfique sur la santé. Plusieurs travaux *in vivo* ont mis en évidence le pouvoir antioxydant des composés naturels et synthétiques ou leur effet sur le statut antioxydant des espèces biologiques (Niki et Noguchi, 2000).

Dans cette perspective, plusieurs études ont été menées pour isoler et caractériser les constituants des plantes naturelles (Morello *et al.*, 2002). Ceux-ci, dans la vie normale d'une plante, la protègent contre le stress oxydatif et des attaques externes telles que les herbivores, les rayons ultra violets et les agents destructeurs. C'est dans cette optique de défense pour la plante que ces constituants sont produits, et deviennent par conséquent bénéfiques pour ceux qui les consomment (Reidl *et al.*, 2002). Parmi ces constituants, les

composés phénoliques sont essentiels pour la croissance de la plante et servent aussi d'agents protecteurs (Shahidi et Naczki, 1995).

Il a été démontré qu'une alimentation riche en composés phénoliques est corrélée à une espérance de vie plus longue (Hertog et Hollman, 1996). Ces composés possèdent plusieurs propriétés salutaires pour la santé à l'instar des activités anticancéreuses, antivirales et anti-inflammatoires (Benaveto-Garcisa *et al.*, 1997). Bien plus, divers travaux ont révélé que les composés polyphénoliques sont en majorité les flavonols (Salah *et al.*, 1995), les flavonoïdes (Comis, 2000 ; McBride, 1999; McBride, 1996), les zeaxanthines (Stelljes, 2001), les anthraquinones, les xanthones, les proanthocyanines et les acides phénoliques.

Les résultats récents ont montré que le mélange des complexes phytochimiques dans l'alimentation procure les effets protecteurs comparés aux composés individuels à travers des actions additives et/ou synergiques (Eberhardt *et al.*, 2000). L'importance des constituants antioxydants est de préserver la santé par la prévention des maladies cardiovasculaires et le cancer, la conservation des aliments manufacturés, et de ce fait, la protection des consommateurs (Robards *et al.*, 1999; Velioglu *et al.*, 1998). Hormis leur bonne connaissance et l'utilisation traditionnelle des antioxydants naturels du thé, du vin rouge, des fruits, des légumes et des épices (Fogliano *et al.*, 1999; Velioglu *et al.*, 1998; Cao *et al.*, 1996; Madisen et Bertelsen, 1995) plusieurs autres espèces de plantes ont été recensées pour leurs effets antioxydants (Kim *et al.*, 1994; Economou *et al.*, 1991). Par ailleurs beaucoup d'antioxydants naturels (rosemary et sage) sont déjà exploités commercialement comme additifs alimentaires ou comme suppléments nutritionnels (Schuler, 1990). Les antioxydants sont incorporés dans les graisses et les huiles ou dans les aliments contenant les graisses et les huiles pour retarder l'oxydation des lipides. Yen et Duh (1994) ont mentionné que la détérioration oxydative survient spontanément quand le matériau contenant les lipides (ou les aliments possédant les lipides) sont exposés à l'oxygène de l'air. Ceci interfère sérieusement avec l'efficacité du processus, et peut même entraîner la dégradation de la qualité organoleptique par rancidité du produit, diminuant par conséquent son acceptabilité par les consommateurs. L'oxydation peut aussi entraîner la dégradation des vitamines, la perte des nutriments, voire la perte de la couleur de l'aliment (Sherwin, 1990).

II- GENERALITES SUR LES RADICAUX LIBRES

I-1- Définition

Les radicaux libres sont des atomes ou un groupe d'atomes, avec un nombre impair d'électrons sur la loge extérieure. Ils peuvent se former quand l'oxygène interagit avec certaines molécules (Kristiina et Marika, 2003). Les radicaux libres sont très instables et réagissent rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité. Une «réaction en chaîne» débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui «volant» son électron, et «la molécule attaquée» devient alors elle-même un radical libre. Leur principal danger vient des dommages qu'ils peuvent provoquer lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants tels que l'ADN ou la membrane cellulaire. Suite à une exposition aux radicaux libres, il peut se produire une prolifération (multiplication anormale) de cellules, entraînant un cancer, un dysfonctionnement cellulaire ou la mort des cellules (Quillien, 2002). A une certaine quantité, les radicaux libres protègent notre corps de certaines bactéries, mais leur production en excès provoque des dommages pour l'organisme. Les radicaux libres peuvent avoir une origine externe et une origine interne (Halliwell, 1999). Il est établi qu'il existe une association étroite entre l'altération des systèmes de défense antioxydants et le développement de plus de 200 pathophysiologies différentes allant de l'athérosclérose au cancer en passant par le SIDA, les maladies inflammatoires, le diabète et le vieillissement (De Goursac, 2006).

II-2- Sources des radicaux libres

La première source de radicaux libres est tout à fait normale et naturelle. Elle est produite par une activité interne que déploient nos cellules pour nous apporter de l'énergie. Chaque fois que nos cellules utilisent de l'oxygène, des radicaux libres se forment. La seconde source de radicaux libres est externe. Ils apparaissent lors des expositions au soleil, à la pollution et aux radiations, lors des ingestions d'aliments traités, et des fumées de cigarettes.

II-2-1- Les radicaux libres d'origine interne

En dehors de toutes pathologies, une première origine des phénomènes radicalaires est la formation initiale de l'anion superoxyde O_2^- , le plus courant des radicaux oxygénés libres (ROL). Cet anion superoxyde peut alors dismuter soit spontanément, soit de façon

enzymatique, pour donner de l'eau oxygénée (H_2O_2) qui peut à son tour se transformer en radical hydroxyle $^{\circ}OH$, le plus réactif des ROL. Les radicaux oxygénés libres sont aussi appelés « dérivés réactifs de l'oxygène » (DRO) ou, pour les Anglo-saxons, « reactive oxygen species » (ROS), « reactive oxygen intermediates » (ROI) ou encore « reactive oxygen metabolites » (ROM). Les sources internes sont intensifiées par la présence des aliments qui intègrent des substances nocives comme certains pesticides ou détergents. Le mode de cuisson est aussi important car il crée des acides aminés pyrolysés et des acides gras oxydés. L'eau quant à elle contient des nitrates, des sels d'aluminium, des hydrocarbures et des métaux lourds. En plus, les allergies, les inflammations, les infections peuvent générer des radicaux libres mais aussi ceux liés aux divers mécanismes physiologiques. C'est le cas des phénomènes de catabolisme musculaire (l'effort physique), de détoxification ou de la respiration mitochondriale (production d'énergie); cette dernière étant la résultante de la combustion des sucres et des graisses alimentaires, absorbées pour fournir de l'énergie et qui produit en moyenne 5 % des radicaux libres.

II-2-2- Les radicaux libres d'origine externe

Notre environnement et notre mode de vie sont également à l'origine d'une augmentation du stress oxydant dans notre organisme. Les expositions prolongées au soleil et aux radiations, contacts avec des agents cancérigènes et tabagisme, prise de médicaments (dont la pilule contraceptive), pratique intense ou mal gérée d'un sport, consommation excessive d'alcool, stress intellectuel ou thermique, pollution, agents infectieux. Tous ces éléments renforcent la production d'éléments pro-oxydants et favorisent le débordement des défenses, puis la survenue d'un stress oxydant (De Goursac, 2006).

II-3- Principaux types de radicaux libres

Les espèces réactives de l'oxygène sont des radicaux libres ou des entités chimiques ayant au moins un atome d'oxygène et possédant un ou plusieurs électron (s) libre (s) les rendant instables (Halliwell, 1999). Les espèces réactives de l'oxygène les plus couramment rencontrées sont: le radical hydroxyl (OH°), le radical superoxyde (O_2°), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et l'oxyde nitrique (NO°).

II-3-1- Le radical hydroxyl (OH^\bullet)

C'est le plus réactif des RLO. Il attaque presque toutes les molécules dans le corps. À cause de sa réactivité, il ne diffuse pas loin de son point de synthèse. Ce radical est à l'origine du début de la peroxydation des lipides des membranes cellulaires (Halliwell et Gutteridge, 1985; Halliwell, 1991). Les produits de cette peroxydation sont mutagéniques et cancérigènes (Miyake *et al.*, 1999). Le radical hydroxyl est formé *in vivo* par des irradiations à grande énergie qui catalysent le processus de retrait de l'eau hémolytique ou dans un métal (Fenton et réaction Haber-Weiss) (Halliwell, 1991 ; Halliwell et Gutteridge, 1987). Ce radical réagit réciproquement avec les bases puriques et pyrimidiques de l'acide désoxyribonucléique (ADN) et provoque la destruction de ce dernier. Cette espèce de l'oxygène réactive peut complexer les atomes d'hydrogène des molécules biologiques, comme les thiols pour former des radicaux soufrés capables de se lier à l'oxygène pour produire des radicaux de l'oxysulfure qui causent la dégradation de ces molécules biologiques (Halliwell, 1991).

II-3-2- Le radical superoxyde (O_2^-)

Les radicaux superoxydes sont formés lorsque l'oxygène est réduit en acceptant un seul électron sur sa couche externe. Dans l'organisme, les superoxydes sont produits par les flavoenzymes tels que la xanthine oxydase activée pendant la reperfusion de l'ischémie (Gülçin *et al.*, 2004). Les substances exogènes telles certaines peptides de l'opioïde ont été rapportées pour simuler la production de ce radical par les leucocytes du polymorphonucléaire humain et macrophage (Blaszczyk *et al.*, 1994). Le radical superoxyde est relativement bénin. Il ne réagit pas avec la plupart des molécules biologiques qu'il désactive pourtant aisément. Les protéines sulfuro-ferriques peuvent engendrer les produits secondaires tels que les radicaux de l'hydroxyl et peroxydites qui sont des actionnaires majeurs à la fabrication de O_2^- (Halliwell et Gutteridge, 1989). Le radical superoxyde est aussi produit lorsque la destruction oxydative des neutrophiles et des phagocytes survient pendant qu'ils utilisent le NADPH oxydase. La xanthine oxydase produit également ce radical libre pendant la décomposition de l'hypoxanthine qui est fabriqué lorsque l'ischémie dégrade l'adénosine diphosphate (ADP). Le radical superoxyde n'est pas liposoluble, donc ne peut pas diffuser loin de son point de synthèse.

II-3-3- Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

Le peroxyde d'hydrogène, qui n'est pourtant pas un radical libre, est considéré comme un RLO à cause de sa capacité à produire le radical hydroxyl qui est extrêmement réactif (Aruoma *et al.*, 1991). Il est généré à partir de superoxyde dismutase, enzyme qui élimine le radical superoxyde (Leeuwenburg et Heinecke, 2001). Ce radical est également fabriqué quand la vitamine C réagit avec le radical superoxyde. Il est produit en grande quantité lorsque la bêta oxydation des longues chaînes des acides gras a lieu. À cause de son état ionique nul et sa charge trop faible, ce radical diffuse facilement dans de l'eau et des lipides et réagit rapidement avec le radical superoxyde pour produire le radical hydroxyl (Yu, 1994).

II-3-4- L'oxyde nitrique (NO)

L'oxyde nitrique est une molécule lipophile non chargée possédant un seul électron impair (NO[•]) lui permettant de réagir avec les autres molécules. A ce titre, l'oxyde nitrique pourrait fonctionner comme un donateur d'électron (oxydant) ou accepteur d'électron (antioxydant). Il réagit avec des complexes métalliques, l'oxygène moléculaire ou le radical superoxyde pour former l'espèce réactive de l'azote alors que la réaction directe de NO[•] avec les thiols est trop lente pour avoir un effet biologique (Radi *et al.*, 1991). Il y a trois types de mécanisme majeurs impliquant le NO[•] avec le dioxygène métallique:

- réaction directe avec le cœur du métal;
- réaction redox avec les complexes du dioxygène métallique;
- réaction avec les hautes valences oxocomplexes.

Ce radical est instable en présence de l'oxygène moléculaire. Il réagit avec celui-ci pour produire le nitrite et le nitrate qui sont des cancérigènes potentiels. Dans les solutions aqueuses, il engendre le trioxyde du dinitrogène qui subit l'hydrolyse du nitrite, alors que dans l'environnement hydrophobe, l'auto-oxydation de ce radical forme le dioxyde du radical de l'azote (NO₂[•]) et trioxyde du dinitrogène (N₂O₃). Quand NO[•] est produit par les espèces oxygénées azotées (EOA), il diffuse à travers la membrane cellulaire et dans les cellules adjacentes, il forme des liaisons covalentes avec le cyclase du guanylate soluble pour convertir le guanosine 5'-triphosphate en guanosine 3',5'-monophosphate cyclique (cGMP). L'augmentation subséquente du cGMP change l'activité de plusieurs protéines de la cible principale comme la kinase de la protéine cGMP – dépendant. Le cGMP

régularise l'action du phosphodiesterase (Zagotta et Siegelbaum, 1996). L'oxyde nitrique (NO^o) est un radical libre qui se trouve dans plusieurs cellules vasculaires (Mertres et Holvoet, 2001).

III- LE STRESS OXYDATIF

Le stress oxydant peut être défini comme un déséquilibre de la balance entre les antioxydants et les espèces oxygénées pro-oxydantes en faveur de ces derniers, avec comme conséquences de nombreux impacts sur le fonctionnement cellulaires causant ainsi des maladies chroniques (Amin et Razieh, 2007 ; Bushra *et al.*, 2007). Ce déséquilibre est fonction de plusieurs paramètres tels que l'âge, l'alimentation et l'état sanitaire de l'individu (Chun *et al.*, 2003). *In vivo*, plusieurs systèmes biochimiques peuvent être à l'origine d'une production accrue d'espèces oxygénées actives (EOA). L'altération de la chaîne de transport des électrons dans la mitochondrie est une première cause de l'augmentation du stress oxydant. Ce phénomène se produit lors du processus de vieillissement ou de toute situation caractérisée par un phénomène d'ischémie-greffage (lors de la transplantation d'organes par exemple). L'activation des globules blancs est également une source très importante de production d'EOA. Sous l'action d'agents étrangers, ces cellules passent d'un état quiescent à un état activé, ce qui se traduit par une augmentation de 400% de la consommation en oxygène. Divers systèmes enzymatiques transforment la quasi-totalité de l'oxygène en EOA qui peut alors s'attaquer à des tissus sains: c'est le phénomène de l'inflammation. D'autres systèmes entrent en ligne de compte dans la production massive d'EOA comme l'activation de la xanthine oxydase, l'oxydation de l'hémoglobine, la libération de fer libre, le métabolisme accru des prostaglandines ou encore l'activation des cellules endothéliales. Il a été démontré que le stress oxydatif est plus marqué dans les cas d'infection au VIH, en partie dû au fait que le système immunitaire est l'un des plus grands producteurs de radicaux libres. Outre l'endommagement usuel des structures cellulaires, le stress oxydatif a pour effet d'intensifier la réplication virale par la voie NfκB, de déclencher la mort programmée (ou apoptose) des cellules immunitaires (phénomène d'auto-destruction) et de renforcer la réponse inflammatoire laquelle, en retour, accroît la production de cytokines potentiellement nocives. Cela se complique du fait que l'infection au VIH épuise les réserves d'antioxydants que fabrique l'organisme (Owuor et Kong, 2002).

Afin de maintenir l'équilibre entre antioxydant et pro-oxydant dans l'organisme, il est important de se procurer des antioxydants supplémentaires par l'alimentation (Yu *et al.*,

2002). Par ailleurs les résultats de nombreuses études montrent que les sources d'antioxydants naturels sont plusieurs et variées: extraits d'herbes, poudre de miel, extraits de fruits, de légumes, de thé, extraits d'épices (Kyung *et al.*, 2008; Elzbiéta *et al.*, 2008; Sharififar *et al.*, 2007; Laguerre *et al.*, 2007; Agbor *et al.*, 2005; Pszczola, 2001).

IV- GENERALITE SUR LES EPICES

A l'exception du sel, substance minérale, les épices et les aromates sont des substances d'origine végétale, ayant pour fonction essentielle d'assaisonner les mets. La popularité dont jouissent encore les épices de nos jours est liée aux propriétés et vertus qui leur sont attribuées. L'existence de la pluralité des mets dans le monde est en partie due au simple fait que l'homme dans sa perpétuelle recherche de nouvelles saveurs fait recours aux épices traditionnelles. Celles-ci incorporées aux aliments relèvent la saveur et modifient certains caractères sensoriels, améliorant leur appétence (Navellier et Jolivet, 1965).

IV-1- Définition

Le mot " épice " provient du mot latin " species ", signifiant espèce ou substance. Les épices sont des parties séchées des plantes aromatiques : feuilles, boutons floraux, baies, graines, écorces, fruits, racines. Utilisées seules ou mélangées, elles sont destinées à relever, à parfumer, à colorer tout en communiquant une saveur particulière (Bertrand Simon, 2003). D'après Navellier et Jolivet (1965) le terme «épice» s'applique aux produits naturels végétaux ou mélange de ceux-ci, sans matières étrangères qui sont utilisés soit en entier, soit en poudre pour donner de la saveur et de l'arôme et pour assaisonner les aliments. Cette définition s'accorde avec celle du petit Larousse (2005) qui définit l'épice comme une substance aromatique d'origine végétale utilisée pour assaisonner les mets.

IV-2- Historique

D'histoires tragiques en épopées extraordinaires, les épices ont de tout temps suscité convoitise et fascination : que de fortunes fabuleuses, d'expéditions à travers les continents, de crimes et de conquêtes ont été initiés par et pour ces substances autrefois plus précieuses que l'or. C'est presque l'histoire de l'humanité qui défile à travers la quête des épices : Grecs, Romains, Arabes, Vénitiens, Portugais, Hollandais, Français, Anglais se sont succédé tour à tour pour obtenir le privilège de parsemer leur cuisine de parfums

incomparables et remplir leurs coffres grâce à cette manne providentielle. Aujourd'hui, ces richesses sont à la portée de tous, pour notre grand bonheur. Quand les épices ont été découvertes, elles étaient beaucoup utilisées et c'était la mode « de manger un plat très épicé ». Au XVII^e siècle, les épices étaient moins chères, plus accessibles et de ce fait moins utilisées par les riches car elles n'étaient plus considérées comme un objet de noblesse. A la fin du XVII^e siècle, des épices, des fruits et de l'ail étaient mis en bouteille avec du vinaigre pour améliorer leur préservation. Aujourd'hui les épices font partie de notre vie quotidienne.

IV-3- Particularité des épices

Quelles différences entre épices, condiments et aromates ? Les épices sont souvent obtenues après séchage de la plante et/ou transformation (fermentation, blanchiment, stabilisation), contrairement aux aromates, qui sont généralement consommés tels quels sans aucune transformation afin de parfumer les aliments. L'assaisonnement « aromatique » est souvent plus doux, le goût est alors beaucoup moins relevé que celui des épices au caractère plus affirmé. Quant aux condiments, ils servent également à accompagner les plats, la différence essentielle tenant au traitement culinaire préalable à l'usage : ils peuvent se présenter en conserve, sous leur forme naturelle, ou préparées en pâte ou sauce (ketchup, moutarde).

IV-4- Epices et santé

Depuis longtemps, les épices représentent une part importante de la nourriture humaine. A côté des fibres alimentaires et des vitamines, on a récemment identifié, dans les fruits, légumes et épices, d'autres composés comme les phénols et les flavonoïdes qui pourraient avoir des bénéfices pour la santé (Groff et Gropper, 2000). En effet, à côté de leurs fonctions dans la plante comme protecteurs contre les agresseurs de l'environnement, on attribue à ces composés des fonctions salutaires pour l'homme, comme la réduction du risque de maladies vasculaires et cardiaques (Hertog *et al.*, 1993). C'est pourquoi ces dernières années ont été marquées par la recherche d'antioxydants naturels ou d'extraits. C'est ainsi que furent passées en revue une série de plantes et en particulier les épices. Dans cette optique, de nombreux composés responsables du pouvoir antioxydant ont été identifiés.

V- GENERALITES SUR LES PLANTES UTILISEES

V-1- FAMILLE DES ANNONACEES

La famille des Annonacées est constituée d'arbres, d'arbustes ou des lianes reconnaissables à leur odeur aromatique spéciale que l'on retrouve particulièrement dans les écorces, les fleurs et les fruits de la plupart des espèces. Elle comporte une trentaine de genres, en général peu importants, bien que certains dénombrent une vingtaine d'espèces. Les espèces analysées sont des arbres dont les fruits sont utilisés couramment en cuisine comme épices. Ces espèces sont bien connues; il s'agit de *Monodora myristica* et de *Xylopi aethiopica*.

V-1-1- *Monodora myristica* (Gaertn.) Dunal

***Synonymes :** *Annona myristica* Gaertn, *Monodora grandifolia* Benth, *Monodora borealis* Sc.Elliott, *Monodora classensii* De Wild

***Nom vulgaire:** Fausse noix de muscade

***Noms vernaculaires :** Mdjock, Mendack (Bamiléké), Hikoma (Bassa), Pebe (Douala), Nding (Ewondo), Pépé (Maka), Opep (Bamvele).

***Botanique et utilisations**

C'est un arbre très irrégulier pouvant atteindre 25 à 30 mètres de hauteur et 60 cm de diamètre, souvent plus bas quand il est cultivé. Les feuilles sont entières, coriaces, atteignant 30 à 50 cm de longueur, oblongues, ovoïdes. Elles sont pourpres lors de leur formation, vertes par la suite. Les fleurs sont pendantes au bout de longs pédicules, dioïques, tachetées et sont enveloppées d'un périanthe trilobé de forme singulière. Les nombreuses étamines sont soudées et forment une colonne. Le carpelle unique, enveloppe un ovule basal. Les fruits sont ovoïdes, plus ou moins coniques et peuvent atteindre un diamètre de 12 cm. Ces fruits également cannelés ressemblent à des baies dans lesquelles la chair, avec ses nombreuses graines lisses et brunes, est enfermée dans un péricarpe ligneux. Cet arbre est assez répandu comme arbre ornemental depuis son lieu d'origine en Afrique occidentale, du Libéria jusqu'en Angola et Sao Tomé. Les graines à senteur de noix sont utilisées comme épice dans différentes préparations culinaires et l'écorce comme vermifuge. En médecine traditionnelle, les graines grillées et broyées sont appliquées sur des blessures, bues après dilution dans de l'eau pour lutter contre la constipation et les gastrites en général, enduites sur la tête avec de l'huile de palme pour soulager des

migraines; enfin, ces mêmes graines broyées, saupoudrées sur les cheveux permettent l'élimination des poux (Vivien et Faure, 1996; Noumi, 1984).

* Travaux antérieurs

Les extraits des graines de cette plante ont déjà fait l'objet de plusieurs travaux dont les plus récentes sont ceux de:

Tchiégang et Mbougueng (2005) qui ont permis de déterminer la composition chimique de cette épice récoltée au Cameroun;

Anastasia *et al.* (2004) ont étudié la composition et l'activité antioxydante des huiles essentielles des graines de cette plante du Ghana;

Okpekon *et al.* (2004) ont évalué l'activité antiparasitaire des huiles essentielles des plantes médicinales utilisées en Côte d'Ivoire.

Les études de Nguéack *et al.* (2004) ont permis d'évaluer les effets de son huile essentielle sur la croissance des moisissures et la production des mycotoxines.

Tatsadjieu *et al.* (2003) ont déterminé l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de *Xylopiya aethiopica*, *Monodora myristica*, *Zanthoxylum xanthoxyloïdes* et *Zanthoxylum leprieurii* récoltés au Cameroun.

Omobuwajo *et al.* (2003) ont étudié les propriétés physiques des graines *M. myristica* du Nigéria.

Kouamé *et al.* (2004), ont évalué l'activité antibactérienne des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire parmi lesquelles *M. myristica*.

Cimanga *et al.* (2002) ont mis en évidence la relation linéaire entre la composition chimique et l'activité antibactérienne des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et médicinales de la république démocratique du Congo.

Kayode *et al.* (2000) ont rapporté la teneur en constituants insaponifiables des graines tropicales sous exploitées comme *M. myristica* récolté au Nigéria.



Photo 1 : Plante de *M. myristica*



Photo 2 : Graine de *M. myristica*

V-1-2- *Xylopi aethiopia* A. Richard

***Nom usuel :** Poivre d’Ethiopie

***Synonymes :** *Unona aethiopia* Dunal, *Uvaria aethiopia* (Dunal) A. Rich, *Habzelia aethiopia* (Dunal) Kuntze, *Xylopi eminii* Engler, *Xylopi dekeyzeriana* De Wild, *Xylopi gillettii* De Wild.

***Noms vernaculaires:** Nkimba (foulfoudé: Nord-Cameroun), Ekui (Ewondo).

*** Botanique et utilisations**

C’est un arbre à fût droit pouvant atteindre 20 mètres de hauteur. Les feuilles sont oblongues-lancéolées, obtuses ou arrondies à la base, acuminées, glabres, glauques en dessous, de 4 à 10 cm de longueur, de 2 à 4 cm de largeur. Les fleurs sont de couleur blanc-verdâtre, parfumées. Les fruits cylindriques, linéaires, sont disposés en capitules et forment des bouquets de 12 à 20 capsules bacciformes. C’est une espèce de la zone guinéenne localisée dans les sols humides ou marécageux, connue du Sénégal au Gabon. Le fruit rentre dans la composition de très nombreuses préparations médicamenteuses et surtout comme épice en cuisine sous forme de poudre ou en entier (Kerharo et Adam, 1974).

*** Travaux antérieurs**

De nombreuses études ont déjà été menées sur *Xylopi aethiopia* dont les plus récentes sont celles de:

Tchiégang et Mbougoueng (2005) ont étudié la composition chimique de cette épice récoltée au Cameroun;

Fandohan *et al.* (2005) quant à eux, ont déterminé l’effet des huiles essentielles de *Xylopi aethiopia* sur la croissance de *Fusarium verticillioides* et la production de la *Fumonisine* qui contamine le maïs au Bénin;

Asekun et Adeniyi (2004) ont montré dans leurs travaux l’activité antimicrobienne et cytologique des huiles essentielles issues des fruits de *Xylopi aethiopia* du Nigeria.

Konning *et al.* (2004) ont évalué l’activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Xylopi aethiopia* au Ghana;

Fekam *et al.* (2003), ont étudié la composition et l’activité anti-plasmodial des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Cameroun parmi lesquelles *Xylopi aethiopia*;

Mevy *et al.* (2002) ont caractérisé et déterminé quelques activités biologiques des huiles essentielles de cette plante au Burkina Faso;

Igwe *et al.* (2003) ont montré l'effet de l'extrait éthanolique de cette plante sur l'activité visuelle des volontaires au Nigéria;

Somova *et al.* (2001) ont évalué l'activité cardiovasculaire et diurétique de cette épice récoltée en Afrique du Sud.



Photo 3 : Plante de *X. aethiopica*



Photo 4 : Fruit de *X. aethiopica*

V-2- FAMILLE DES CAPPARIDACEES

Appartenant autrefois à la famille des Pentadiplandracées, *Pentadiplandra brazzeana* a été reclassé dans la famille des Capparidacées (Mabberley, 1997).

V-2-1- *Pentadiplandra brazzeana* Baill., Bull. Soc. Linn.

***Noms vernaculaires :** Kiémo (Kako), Tchiem si (Mezime), Tcham (Bangantou)

*** Botanique et utilisations**

Arbuste ou liane glabre de 3 à 20 m de haut. Les feuilles sont longuement elliptiques, oblongues, obovales à lancéolées, aiguës ou arrondies à la base, obtuses et longuement acuminées. Elles mesurent 5 à 15 cm de long, 1 à 7 cm de large et possèdent entre 6 et 11 paires de nervures latérales. Les inflorescences en grappes atteignent 2 cm de long. Les fleurs sont blanches et tachetées de rouge ou de bleu. Les fruits sont de baies globuleuses, de 2 à 4 cm de diamètre, rouges tachetées de blanc à maturité. C'est une espèce localisée en Afrique Centrale, assez commune, dans les forêts primaires. On la retrouve au Cameroun, au Gabon, en République Centrafricaine et en République Démocratique du Congo (ex Zaïre) (Ake Assi *et al.*, 1978).

Pour ce qui est des utilisations, le macéré de racines mélangées avec du piment et pris en boisson soigne la toux. Aussi, pour arrêter l'hémorragie chez les femmes en gestation, on lui fait consommer une sauce à base d'écorces de racines pilées.

***Travaux antérieurs**

Peu de travaux ont fait l'objet d'étude sur cette plante et on peut retenir ceux de Tchiégang et Mbougueng (2005) qui ont évalué quelques paramètres de la composition chimique ; on peut également relever ceux qui ont porté sur la brazzéine, protéine sucrée thermostable, riche en lysine, isolée de *Pentadiplandra brazzeana*. Elle est constituée de 54 acides aminés, avec 4 ponts disulfures dont la localisation est inconnue (Hohmura *et al.*, 1996), qui contribuent à sa thermostabilité. La brazzéine a été reproduite après clonage et pour une utilisation avec d'autres édulcorants.



Photo 5: Racine de *Pentadiplandra brazzeana*

V-3- FAMILLE DES PIPERRACEES

C'est une famille essentiellement constituée d'herbes et d'arbustes dressés ou grimpants, voire lianescents.

V-3-1- *Piper guineense* Schum. Et Thonn

***Synonymes :** *Piper leonense* C.DC, *Piper famechonii* C.DC

***Noms usuels :** Poivre de Guinée, poivre noir d'Afrique tropicale.

***Noms vernaculaires :** Abomedjan Nkol (Ewondo), Ndonkol (Bamvele, Maka, Bangantou, Mezime).

***Botanique et utilisations**

C'est une liane à rameaux noueux, à nombreuses tiges frêles, flexibles, qui s'enroule en hélice autour des arbustes, pouvant ainsi atteindre 20 m de haut au moyen de racine-crampons. Elle produit de petits fruits sphériques qui, en murissant, sont d'abord jaunes, puis oranges et rouges et finissent par noircir. Les feuilles sont ovales à base élargie et arrondie, à sommet courtement acuminé. C'est une espèce de forêt dense et humide, répandue de la Guinée au Cameroun et à l'Angola.

A l'Est et à l'Ouest du Cameroun, *Piper guineense* est régulièrement utilisé pour relever les différents mets en remplacement du piment. En République Centrafricaine, le macéré de feuilles est utilisé contre les maux de poitrine, les jeunes feuilles pilées sont utilisées en friction et en cataplasme contre les entorses. Enfin, la poudre des racines et des graines, consommée dans les aliments, serait aphrodisiaque (Kerharo et Adam, 1974).

***Travaux antérieurs**

Quelques travaux seulement portent sur l'espèce *Piper guineense* :

Agbor *et al.* (2005), ont évalué la capacité antioxydante de quelques herbes/épices du Cameroun parmi lesquelles *Piper guineense* en comparant deux méthodes d'analyse ;

Les études de Scott *et al.*(2005), ont porté sur l'isolation et l'identification des amides insaturés des *Piper spp* récoltés à Ottawa au Canada par HPLC et LCMS ;

Tchiégang et Mbougoueng (2005) quant à eux ont déterminé quelques paramètres de la composition chimique ;

Ntonifor *et al.* (2002) eux, ont apprécié l'avantage de la Soxhlo extraction pour les analyses phytochimiques et le screening de l'étude biologique des terpenoïdes de cette plante.



Photo 6: Fruit de *Piper guineense*

V-3-2- *Piper umbellatum* L.

***Synonyme :** *Piper subpelatum* Wild

***Noms vernaculaires:** Abomedzan (Ewondo), Tsé (Bamiléké)

***Botanique et utilisations**

C'est une plante vivace rhizomateuse dont les tiges forment des touffes glabres. Les feuilles sont pétiolées, à limbe arrondi, de consistance membraneuse et à ponctuation transparente. Les fleurs sont en ombelles, les fruits verdâtres sont des baies turbinées,

trigones. *Piper umbellatum* serait originaire de Malaisie et introduite en Afrique où on la retrouve, de la Guinée au Cameroun, dans les galeries forestières.

Les feuilles de *Piper umbellatum* sont largement consommées comme légume par les populations du Centre, de l'Ouest et du Sud du Cameroun. Les usages médicaux sont des plus nombreux et permettent de soigner différentes affections : la décoction de feuilles en boisson tue les vers intestinaux, prévient l'avortement, favorise la cicatrisation des plaies dues à la circoncision (Mapi, 1988).

***Travaux antérieurs**

Les travaux récents menés sur cette plante se limitent à ceux de:

Vitelbina *et al.* (2005) qui ont étudié l'activité inhibitrice des extraits de *Piper umbellatum* et *Piper peltatum* récoltés au Costa-Rica face à la myotoxique phospholipase A₂ provenant du venin du serpent. De ces plantes ils ont testé le 4-nérolidylcathécol comme molécule active.

Agbor *et al.* (2005), ont évalué la capacité antioxydante de quelques herbes/épices du Cameroun parmi lesquelles *Piper umbellatum* en comparant deux méthodes d'analyse.



Photo 7: Fruit de *Piper umbellatum*

V-4- FAMILLE DES ZINZIBERACEES

Elles constituent une famille de plantes à fleur composée d'herbes aromatiques vivaces rampantes horizontales avec les rhizomes ou tubercules. Elle est généralement à reproduction bisexuelle symétrique ou asymétrique. Elle comporte environ 53 genres et 1300 espèces (Mabberley, 1987). La plupart d'entre elles sont très utilisées en médecine traditionnelle et comme épices. Deux sous familles sont connues (Mabberley, 1987) : les costideae avec quatre genres et les zingiberroïdeae subdivisées en quatre sous tribus (les Hedychieae, les Zingibereae, les Alpinieae et les Globbeae).

V-4-1- *Aframomum daniellii* (Hook. F) k. Schum

***Synonymes:** *Aframomum daniellii* Hook Fil, *Aframomum afzelii* Hook Fil, *Aframomum angustifolium*

***Noms vernaculaires:** Esson (Beti), Besak (Bangwa), Atsoo (Foto), Kichione (Yambassa), Mandjiba, bason (Bassa), Etutu (Douala)

L'Afrique compte une cinquantaine d'espèces dont plus de la moitié se situe au Cameroun et au Gabon (Mabberley, 1987).

Description botanique de *Aframomum daniellii

Aframomum daniellii est une plante pérenne, de longueur comprise entre 3-4 m. Les feuilles ont une longueur de 7-10 cm et une largeur de 30-50 cm ; les fleurs ont 2 cm de large et de couleur rouge orangée, encombrées et bractées. Les fruits sont de couleur rouge et de forme ovoïde, avec des capsules arrondies à la base et pointées à l'apex dans des bouquets dressés. L'intérieur de la capsule possède une pulpe blanche qui protège les graines. Ces dernières ont une longueur de 4 à 6 mm, de forme pyramidale avec une surface lisse ; ces graines ont un parfum aromatique et une saveur acide. Cette famille de grandes herbes à larges feuilles est bien représentée dans la zone de forêt dense humide, moins bien en savane. Ce sont des plantes qui, par froissement des feuilles ou par des rhizomes, dégagent une odeur aromatique très particulière. Pour certaines espèces notamment *C. longa*, *Z. officinale*, les tiges se développent verticalement sur des rhizomes souterrains. Les Zingiberacées portent parfois des inflorescences compactes aux extrémités de tiges feuillées, mais fréquemment ces inflorescences naissent directement sur le rhizome et se dressent verticalement en épi ou en panicule peu branchu. Le fruit est charnu et indéhiscent, de teinte rouge à maturité, avec des graines enfermées dans une pulpe acidulée (*Aframomum*). Les *Aframomum* sont des espèces africaines endémiques dont certaines graines sont utilisées comme condiments, alors que le *C. longa* dont le rhizome fournit la poudre de curry est originaire d'Asie et le *Z. officinale* vient d'Asie et du Pacifique. En général c'est une plante qu'on retrouve en Afrique de l'Ouest (Guinée, Sud du Nigéria, Equatoriale, Cameroun, Gabon etc...).

***Ethnobotanique et utilisations**

Les feuilles sont utilisées comme aromates dans les repas. Les tiges et les feuilles sont utilisées pour la construction des huttes chez les pygmées. Les fruits sont mangeables et peuvent avoir les propriétés laxatives. Les graines servent d'une part comme épices au Cameroun, d'autre part comme appâts dans la pêche (Noumi, 1984). Au Congo, elles sont

employées comme laxatif et antihelminthiques (Bouquet, 1969). Des rhizomes sont utilisés au Congo comme purgatifs (Bouquet, 1969).

***Travaux antérieurs**

Les travaux de Fasoyiro et Adegoke (2007) montrent que les fractions des graines obtenues par extraction avec l'éther de pétrole et analysées par la chromatographie liquide sous vide expriment une activité antimicrobienne avec une concentration minimale d'inhibition se trouvant dans l'intervalle 100-800µg/ml. Les travaux menés par d'autres auteurs présentent la composition chimique des graines et des huiles essentielles de *Aframomum daniellii* prélevées dans les zones de Balengou, Fouban, Yaoundé, Bafia, à Douala, Bafoussam et Fontem au Cameroun entre 1990-1992 (Jirovetz et Buchbauer, 2005, Tchiégang et Mbougoueng, 2005). Ceux de Odukoya *et al.* (1999) montrent que les huiles essentielles des graines de *A. daniellii* ont une action inhibitrice sur l'enzyme 5-lipoxygénase du soja et met ainsi en exergue son activité anti-inflammatoire.



Photo 8 : Plante de *A. daniellii*.



Photo 9 : Fruit de *A. daniellii*

V-5- FAMILLE DES RUTACEES

Cette famille doit son nom à la rue (*Ruta graveolens*), un petit arbuste aromatique rustique qui a été cultivé durant les siècles dans les jardins comme plante médicinale. Les rutacées sont une famille aromatique comptant plus de 1600 espèces cultivées dans les pays chauds (Afrique, Asie, Amérique centrale et du sud). Les rutacées peuvent être divisés en sept sous familles : les rutoïdées, les toddaliodées, les aurantiodées, les flindersiosidées, les dictyolomatoidées, les spathélioidées et les rhabdodendroidées (Price, 1963). Les espèces identifiées sont réparties entre 150 genres (Ayfor, 1978). Ce sont souvent des arbres et arbustes dont certains sont épineux tant sur leurs rameaux que sur

leur tronc. Les feuilles sont alternes et exhalent après froissement ou sectionnement de l'écorce, une odeur particulière semblable à celle des agrumes. Les glandules oléifères des feuilles fournissent des huiles volatiles qui sont perceptibles à la lumière translucide comme des petits points ou des petites verrues (pour celles des fruits). Ils sont principalement rencontrés dans les régions tropicales et subtropicales ainsi que sous les latitudes à climat chaud (Afrique, Asie, Amérique centrale et du sud).

V-5-1- Genre *Zanthoxylum*

Certaines plantes du genre *Zanthoxylum* sont appelées *Fagara*. Ce genre regroupe 500 espèces qui sont des arbrisseaux. Cependant on trouve parmi elles des arbres élancés pouvant atteindre 30 à 35 mètres de hauteur. Leurs feuilles alternes, à folioles très fines, sont odorantes. Elles présentent des intérêts grâce à leurs propriétés aromatiques, stimulantes ou condimentaires. Certaines espèces telles que *Z. gillettii*, *Z. tesmanii*, *Z. lemairei* et *Z. leprieurii* (Dalziel, 1937; Oliver-Bever, 1982) présentent un intérêt économique considérable. En effet, leurs bois sont utilisés pour les constructions des maisons et bateaux, pour la fabrication des tambours et tam-tams, en boiserie décorative, en menuiserie et en papeterie. Les racines, l'écorce et les feuilles de diverses espèces sont utilisées pour différentes préparations médicinales destinées à soulager les maux de dents, les toux, les maladies urinaires et vénériennes, les ulcères, la lèpre, les rhumatismes, les lombagos (Jazet, 1993). Elles sont aussi des constituants des préparations antiseptiques, antiparasitaires et analgésiques. Les racines et les écorces du tronc sont des poisons pour certaines espèces de souris, puce, poisson, et paramécie. Ces racines sont par conséquent utilisées comme vermifuge, fébrifuge et pesticide (Noumi, 1984). L'usage domestique le plus connu est l'utilisation des racines sous forme de bâton à mâcher servant à nettoyer la bouche, elles procurent une chaleur piquante ou épicée, un goût aromatique sur le palais.

V-5-1-1-*Zanthoxylum leprieurii* Guill. Et Perr.

***Synonymes :** *Fagara angolensis* Engl, *Fagara leprieurii* Engl, *Fagara polyacantha* Engl, *Zanthoxylum nitens* Hiern

***Noms vernaculaires :** Melan, Djamelang, Manyandje (Bamiléké), Oksanda (Bassa), Bongo (Boulou), Elongo (Douala), Bobili (Nom-dong), Ata (Yoruba).

Description botanique de *Zanthoxylum leprieurii

C'est un petit arbre de 8 à 10 m, à fût droit mais court, à cime ovoïde claire, écorce profondément striée, foncée. Les branches ont de nombreuses épines crochues, et sont

élargies à la base. Les feuilles sont alternes, composées et imparipennées, rachis épineux dessous, long de 20 cm avec 5 à 8 paires de folioles ovales, oblongues, de 7 sur 4 cm, cunéiformes à la base, longuement acuminées au sommet, finement crénelées sur les bords et à nombreuses cellules translucides. Panicules axillaires ou terminales lâches, très fleuries, de petites fleurs blanches parfumées (Noumi, 1984; Jirovetz *et al.*, 1997). Capsules sphériques de 5 à 6 mm, orangées à maturité, avec de nombreuses glandes dorées.

***Origine, phytogéographie et écologie**

Cette espèce peuple couramment les limites de forêt dense humide semi-décidue, mais on la retrouve cependant çà et là dans les régions plus humides. Elle se rencontre aussi dans les fourrés littoraux, dans les savanes boisées soudano-guinéennes, ainsi que dans les boqueteaux de la forêt dense humide, semi-décidue en terrain aride (Noumi, 1984).

***Ethnobotanique et utilisations**

Les fruits de cette espèce sont utilisés comme épices dans le N’kui et le Nah-poh (sauce jaune) (Noumi, 1984). Cette espèce est très estimée par les guérisseurs. Ainsi, elle est largement utilisée en Afrique de l’ouest et en Afrique centrale en médecine traditionnelle (Reish *et al.*, 1985). Les décoctions des racines et des écorces auraient une excellente activité diurétique et purgative, d’où leur emploi dans les gonococcies, les maux de ventre et surtout le déparasitage intestinal et quelquefois le traitement de la stérilité (Kherharo et Adam, 1974). Elles sont également utilisées comme analgésiques et contre les palpitations cardiaques (Jirovetz *et al.*, 1997).

En usage externe, *Zanthoxylum leprieurii* soulagerait de manière efficace les maux de reins, les douleurs articulaires et celles du bas ventre, soit, tout simplement en lotion ou en bain de vapeurs. Ces bains de vapeurs sont également recommandés dans les cas de fluxions dentaires (Kherharo et Adam, 1974). Le bois est utilisé pour la construction, pour chauffage et comme ustensile domestique. L’écorce et les racines sont utilisées en médecine pour combattre les rhumatismes et divers maux du corps.

***Travaux antérieurs**

Jazet *et al.* (2008) ont évalué le potentiel antioxydant et anti-inflammatoire des huiles essentielles de quelques *Zanthoxylum* (Rutacées) du Cameroun

Tchiégang et Mbougueng (2005) ont évalué la composition chimique des épices entrant dans la préparation de la sauce et du N’kui parmi lesquelles *Fagara leprieurii*.

Tatsadjieu (2003) quant à lui, a mené une étude sur l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de quatre plantes utilisées comme épices dans l'alimentation locale camerounaise parmi lesquelles *Z. leprieurii*.

Amvam *et al* (2000) ont entrepris une recherche sur l'activité antifongique des extraits de *Z. leprieurii*. Les résultats obtenus ont indiqué une inhibition d'ampleur variable de la croissance *in vitro* de *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et sept autres champignons filamenteux.

Lamaty *et al* (1989) ont mené une étude sur les huiles essentielles extraites à partir des fruits de *Z. leprieurii* et d'une espèce voisine *Z. tesmanii*.



Photo 10 : Plante de *Z. leprieurii*



Photo 11 : Fruit de *Z. leprieurii*

V-5-1-2- *Zanthoxylum xanthoxyloides* (Lam) P.G Waterman

***Synonymes :** *Zanthoxylum polyganum* Schum, *Zanthoxylum sénégalense* A. Chev, *Fagara sénégalensis* A. Chev, *Fagara xanthoxyloides*.

***Noms vernaculaires:** Nna shu (Bamiléké) qui signifie bouche ouverte.

Description botanique de *Z. xanthoxyloides

Arbuste de 6 à 7 m de haut et ramifié près de la base ; les branches possèdent de nombreuses épines crochues. Les feuilles alternes de 10 à 15 cm sont épineuses avec tris à cinq paires de folioles donc la nervure médiane est également épineuse à la face inférieure. Les folioles sont ovales, elliptiques, plus ou moins cunées à la base, obtuses et courtement acuminées au sommet, entièrement ou très finement crénelées sur les bords (Noumi, 1984).

***Origine, phytogéographie et écologie**

Z. xanthoxyloides se rencontre dans les limites des forêts denses humides semi-décidues et dans les régions plus humides. On la retrouve aussi dans les fourrés littoraux et dans les savanes boisées soudano-guinéennes (Noumi, 1984).

***Ethnobotanique et utilisations**

Les fruits de *Z xanthoxyloides* sont des épices indispensables pour la préparation du Nkui et la sauce jaune. C'est une plante qui est considérée comme un parasiticide polyvalent interne (vermifuge) et externe (pian, plaie suppurante) d'une activité indéniable (Noumi, 1984).

Pour le traitement des entérites (inflammation de l'intestin grêle), des dysenteries, les diarrhées profuses, les vers intestinaux et les urétérites ; les wolofs (Sénégal) en font un grand usage. Les préparations des racines sont très utiles en usage externe pour les plaies suppurantes, les morsures de serpents, le pian. L'écorce des racines à saveur piquante est sialagogue (augmente la production de la salive) et est prescrite comme anti-odontalgique (Noumi, 1984). Les feuilles sont également recommandées pour les stomatites (inflammation de la muqueuse buccale), les gingivites (inflammation des gencives), les caries. En aromathérapie contre les migraines et les névralgies (douleurs au niveau des nerfs) selon diverses modalités (applications sur la tête ou le front) les feuilles, les écorces des tiges et surtout des racines sont utilisées après qu'elles soient fractionnées et plus ou moins froissées (Kerharo et Adam, 1974). Selon le professeur Sofowora (Jazet, 1993), la plante empêcherait l'hémolyse des globules rouges et plus de trente publications ont précisé l'action anti-drépanocytaire de celle-ci, c'est-à-dire le pouvoir important qu'elle possède de redonner aux globules rouges des malades leur forme ronde et de permettre un meilleur apport d'oxygène. Le principe actif de la plante a été isolé et des comprimés préparés au Nigéria. D'après les travaux d'Issac *et al.*(1975) sur la toxicité de cette plante, il n'existe aucune toxicité par voie orale mais une faible toxicité par les autres voies.

***Travaux antérieurs**

Les travaux de Ngono (1999) ont montré que l'extrait aqueux des racines et des écorces de cette plante inhibe la croissance *in vitro* de *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et celle de sept champignons filamenteux à des concentrations minimales inhibitrices respectives de 0,5 et de 0,125 pour 1 mg / mL. Tchoumboungang (2005) quant à lui a montré non seulement une caractérisation de l'huile essentielle mais aussi une activité moyenne vis-à-vis des isolats de *Plasmodium falciparum* en culture *in vitro* (CI50

de 18 µg/mL) sur la même plante récoltée à Bandjoun (Cameroun). Tchiégang et Mbougoung (2005) ont évalué la composition chimique des épices entrant dans la préparation de la sauce et du N'kui parmi lesquelles *Fagara leprieurii*. L'analyse des huiles essentielles des fruits ont montré une prédominance de alpha-pinène (38,2 %) (Tatsadjieu *et al.*, 2003).



Photo 12: Fruit de *Zanthoxylum xanthoxyloïdes*

V-6- FAMILLE DES SOLANACEES

Ce sont les aubergines en général. Elles ont un port branchu et dense. Les branches sont dressées ou prostrées. La hauteur des plantes ne dépasse pas habituellement un mètre de haut. Les feuilles sont entières, souvent légèrement lobées et rarement dentelées. Elles ont des tailles variables allant de 10 à 30 cm de longueur. La tige de certaines variétés est épineuse.

Il existe au moins trois espèce d'aubergine fréquemment cultivées, qu'on distingue aisément par les caractéristiques des fleurs et des fruits : l'aubergine amère à fruits allongés (*Solanum esculentum*), l'aubergine amère à fruits sphériques (*Solanum incanum*), et l'aubergine douce (*Solanum melongena*).

V-6-1- *Solanum melongena* Lam

***Noms vernaculaires:** Kwitagjé (Fufuldé foulbé), Njakatou (Bangangté), Hissinge (Bassa), Mpianda (Maka).

***Botanique et utilisations**

Ce sont des plantes à fleurs violettes, aux pétales soudés, de 3 à 5 cm de diamètre, avec des fruits allongés, de couleur violette, parfois rougeâtre, de 10 à 20 cm de long, souvent solitaires. Les aubergines sont des plantes de soleil mais elles supportent un

ombrage léger. Elles résistent assez facilement à la sécheresse mais, lorsque l'eau manque, leur production est faible. Les aubergines se conservent après cuisson à l'eau et séchage, entières ou découpées en lamelles. Les feuilles se conservent parfois aussi après séchage. Les feuilles et les fruits se consomment cuits à l'eau ou frits, comme condiments dans la sauce ou comme légume d'accompagnement (Hugues et De Leener, 1987).

***Travaux antérieurs.**

Jung-Yi *et al.* (2006), ont évalué dans leurs travaux l'activité antioxydante et l'effet inhibitrice sur les oxydes nitriques de quelques plantes communes telle que *Solanum melongena* de Taïwan ;

Devanand et Sudarsan (2006) ont étudié l'influence de la préparation des échantillons sur les acides phénoliques de cette plante en Amérique ;

Chang-Kui *et al.* (1998), eux, ont purifié et étudié les propriétés des polyphénols oxydases issus des fruits de cette plante au Japon ;

Koo et Suhaila (2001) ont déterminé la teneur en certains flavonoïdes (la myricétine, la quercétine, le kaempferol, la luteoline et l'apigénine) des plantes tropicales y compris *Solanum melongena* de la Malaisie

Bruce et John (2003) quant à eux ont analysé la distribution des acides hydroxycinnamique conjugués des fruits des cultivars de *Solanum melongena* commercialisés en Amérique.

Les travaux menés par Kiminori *et al.* (2005), ont révélé que la pulpe de ce fruit récolté au Japon possède une activité antiangiogénique de la nasunine qui est un antioxydant anthocyanidine. Françoise *et al.* (2004) quant à eux ont montré les effets de *Solanum melongena* du Brésil sur l'athérogénèse et le stress oxydatif sur les récepteurs LDL des souris. Igwe *et al.* (2003) ont évalué les effets de cette plante sur les fonctions visuelles au Nigéria. Jani *et al.* (2007) ont déterminé la teneur en anthocyanidine et ellagitannines de cette épice consommé en Finlande pendant que les études de Analýa *et al.* (2004) déterminent la caractérisation et le changement des polyphénols oxydase de ce fruit pendant le stockage à faible température en Argentine.



Photo 13 : Fruit de *Solanum melongena*

V-6-2-Capsicum frutescens Mill.

***Noms vernaculaires:** Tchitta (Fufuldé foulbé), Kondré sôg (Bangangté), Hilôba massai (Bassa), A bibia (Maka), Sog (Mifi), Ndongo njsadi (Douala), Ondongo belo (Ewondo).

***Botanique et utilisations**

Encore appelés piments, ce sont des arbrisseaux branchus qui se développent jusqu'à une hauteur de 1 à 1,2 mètre, ou plus. Il en existe une multitude de variétés, que l'on regroupe généralement en deux catégories : les petits et les gros piments. Les premiers ont en général des fruits très piquants et les seconds sont plus doux. Les fleurs blanches du piment ont de 1 à 2 cm de diamètre. Elles peuvent être seules ou groupées par 2 ou 3 à l'aisselle des feuilles. Leur fécondation se fait par les insectes, notamment par les fourmis et les abeilles. Les piments sont des plantes qui poussent aussi bien en plein soleil qu'à l'ombre, dans les cours d'habitation, les jardins, ou les grands champs. Les petits piments interviennent comme condiments dans la préparation de nombreuses sauces. On les consomme en poudre sèche, en macération dans l'huile ou sous forme de pâte humide ou huileuse (Hugues et De Leener, 1987).

***Travaux antérieurs.**

Les études menées par Antonio *et al.* (2007) ont présenté les effets des pratiques agricoles sur la couleur, la composition en caroténoïdes et la teneur en minéraux de ce fruit en Espagne. Tchiégang et Mbougueng (2005) ont mené leurs travaux sur la composition chimique de ce fruit. Robert *et al.* (1996) quant à eux, ont analysé les propriétés antimicrobiennes de cette plante et ces utilisations en médecine chez les Mayan en Amérique. Les travaux de Howard *et al.* (2000) sur les cultivars sélectionnés de *Capsicum spp* au Texas ont montré que la maturité de ce fruit influence les paramètres phytochimiques et l'activité antioxydante. Ana *et al.* (2006), ont isolé la capsaïne et la

dihydrocapsaïne du fruit de cette plante par chromatographie et par spectrométrie de masse en Espagne.



Photo 14: Plante de *Capsicum frutescens*



Photo 15 : Fruit de *C. frutescens*

V-7- FAMILLE DES MIMOSACEAE

V-7-1-*Tetrapleura tetraptera* Schum et Thonn

***Noms vernaculaires:** Sepan (Bangangté), Sasâs, lege-lege (Bassa), Chicha (Maka), Tchitcho ou kakaem (Mifi), Essèssé (Douala), Akwa (Ewondo).

***Botanique et utilisations**

Tetrapleura est un arbre forestier. Ses fruits sont utilisés comme condiments. Ses feuilles sont doublement composées, les folioles étant disposées sur les pétioles secondaires. Ces feuilles ont de 25 à 30 cm de longueur, alors que les folioles, aplaties à leurs extrémités, ont de 3 à 4 cm. Le feuillage est relativement peu ombrageant. Les fleurs sont très petites, roses à oranges, et sont groupées en épis (Hugues et De Leener, 1987).

Les fruits ont une longueur de 10 à 30 cm. Ils ont quatre côtés saillants ; vert foncé au moment de leur formation, ils deviennent brun foncé et brillants à maturité. *Tetrapleura* perd de son feuillage en saison sèche. Les fruits mûrs de *T. tetraptera* sont utilisés comme condiments, ainsi que pour leurs propriétés médicinales dans les maladies de la digestion et contre l'obésité. L'odeur forte du fruit a la réputation de chasser les serpents des habitations.

***Travaux antérieurs**

Okokon *et al.* (2007) dans leurs études, ont déterminé l'activité antimalaria de l'extrait éthanolique du fruit de cette plante. Les travaux de Tchiégang et Mbougoung (2005) et ceux de Adebisi *et al.* (1986) ont déterminé la composition chimique de celle-ci.

John et Clement (2004) quant à eux ont montré l'effet anti inflammatoire et hypoglycémique des extraits de ce fruit sur des rats au Nigéria.



Photo 16 : Fruit de *Tetrapleura tetraptera*

V-8-2- *Dichrostachys glomerata* (Forssk.) Hutch.

***Synonymes:** *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn, *Dichrostachys nutans* (Pers.) Benth, *Dichrostachys platycarpa* Welw. ex Oliv, *Dichrostachys arborea* N.E Br, *Mimosa glomerata* Forssk, *Mimosa nutans*, Pers, *Mimosa cinerea* L, *Cailliea dichrostachys* Guill. Et Perrott.

***Noms vernaculaires:** Kakada (Soudan), Tek-lapin (Bamiléke)

***Botanique et utilisation**

C'est un petit arbre épineux de 3-7 m de hauteur. Ses écorces sont épaisses avec des fissures verticales et très fibreuses. Les feuilles sont semblables à celles de l'acacia de 4-8 cm de long possédant les prospectus. Ces prospectus ont 6-8 mm de long et 2,5 mm de large. Très caractéristiques, les fleurs sont bicolores, pétiolées et cylindriques. Les gousses sont de couleur marron ou jaune à environ 10 cm de long (Arbonnier, 2000). Les gousses de cette plante sont utilisées comme source de protéines en Tanzanie centrale. La lourdeur et la dureté de son bois font à ce qu'il est plus utilisé dans la fabrication des ponts, dans la construction des maisons comme poteaux, poudres. Les fleurs sont beaucoup appréciées par les abeilles. Dans la phytothérapie traditionnelle, les extraits de l'écorce servent à soigner la dysenterie amibienne, le mal de dents, l'éléphantiasis, la morsure de serpent, la léprosie, la syphilis, la gonorrhée. La poudre de cette écorce joue le rôle de laxatif et duiérique (Arbonnier, 2000).

***Travaux antérieurs**

Cette plante à fait l'objet de très peu d'études. Celles effectuées se limitent aux travaux de Tchiégang et Mbougoung (2005) qui ont déterminé la composition chimique de

Dichrostachys glomerata. Dans le cadre de son Diplôme d'Etudes Approfondies Akiki (2008) à montré l'effet anti inflammatoire et anti douleur de l'extrait de cette plante sur des rats.



Photo 17 : Plante *D. glomerata*



Photo 18 : Fruit de *D. glomerata*

V-8- FAMILLE DES CESALPINACEAE

V-8-1- *Scorodophloeus zenkeri* Harms

***Noms vernaculaires:** Kub dum, dum nkag (Bangangté), Ngô hiômi, mang hiômi (Bassa), Mba (Maka), Lelem kwôp, lelem kak (Mifi), Bobimbi (Douala), Olom, mbang olom (Ewondo).

***Botanique et utilisations**

Encore appelé arbre à ail, *Scorodophloeus* est un arbre forestier pouvant atteindre 25 m de hauteur, ou plus. Il porte des feuilles composées de 10 à 20 petites folioles, de forme oblongue, et terminées en pointe. Elles sont brillantes au dessus, mates, et plus claires en dessous ; la nervure principale ressort de façon marquante à la face inférieure des folioles. Normalement, les feuilles tombent pendant la saison sèche. Les fruits sont des gousses plates, d'une dizaine de centimètres de longueur, noires lorsqu'elles sont sèches. Elles ne comportent qu'une seule graine de couleur foncée et de forme aplatie d'environ 2 cm de diamètre. En saison sèche, les gousses éclatent et projettent leurs graines (Hugues D et De Leener P, 1987).

L'écorce et les graines débarrassées de leur enveloppe sont utilisées comme condiment dans les sauces. Elles ont une saveur d'ail caractéristique. Parfois, on les passe à la flamme ou dans la braise avant de les râper ; elles donnent alors à la sauce une couleur noire. L'arbre à ail se rencontre en milieu forestier ; il pousse bien dans des sols légers, mal dans les sols qui s'engorgent d'eau, même temporairement.

***Travaux antérieurs**

Agbor *et al* (2005) dans leurs travaux ont montré le potentiel antioxydant de l'écorce et du fruit de cette plante récoltée au Cameroun en utilisant deux méthodes différentes. Tchiégang et Mbougoueng (2005) quant à eux ont analysé la composition chimique du fruit et de l'écorce de *Scorodophloeus zenkeri* du Cameroun. Kouokam *et al.* (2002) eux, ont analysé les composés oxygénés riches en sulfure de l'écorce de cette plante.



Photo 19: Ecorce de *S. zenkeri*



Photo 20: Fruit de *S. zenkeri*

V-9- FAMILLE DES MORACEAE

V-9-1- *Dorstenia psilurus* Welw

***Noms vernaculaires:** Ngweneu (Bafoussam)

***Botanique et utilisation**

C'est une herbe haute de 25 à 80 cm, à rhizomes rampantes, cylindriques et parfois tubéreux, de 5 à 7 cm de diamètre. Les tiges de cette plantes sont dressées ou ascendantes, parfois ramifiées avec une base ligneuse et des parties feuillées possédant de court poils blancs uncinés assez denses. Ses inflorescences sont solitaires ou groupées par paires, verticales et verdâtres. Son noyau est ovale à elliptique, de 2,5 – 4 x 2 – 4 mm, lisse ou parfois légèrement tuberculé contenant des restes d'albumen avec des cotylédons inégaux, La partie externe assez mince enveloppant un plus petit, plus épais (MESRES, 1985). Les racines de cette plante sont utilisées pour aromatiser les sauces au Cameroun (Noumi, 1984) et la décoction de ses feuilles est un antivénimeux.

***Travaux antérieurs**

Tchiégang et Mbougoueng (2005), Bonaventure *et al.* (1999) et Ngadju *et al.* (1998) ont analysé la composition chimique de *Dorstenia psilurus* du Cameroun. Les travaux de

Dimo *et al* (2001) ont montré que les extraits de cette plante ont des effets anti hypertensives sur des rats.



Photo 21 : Plante de *Dorstenia psilurus*



Photo 22 : Racines de *D. psilurus*

V-10-FAMILLE DES ASTERACEAE

V-10-1- *Echinops giganteus* Var *Lellyi* C. D. Adams

***Noms vernaculaires :** Tchémgang (Bafoussam), Kankan (Haoussa)

***Botanique et utilisations**

Echinops giganteus est une herbe robuste, subligneuse à la base, annuelle ou biennale, pubescente, atteignant 1 à 1,20 m de hauteur totale. Les feuilles sont alternes, oblongues, lancéolées, pennatilobées, avec un acumen très pointu terminant chaque lobe, avec la face de dessous grisâtre. Les capitules sont en boules hérissées de bractées et d'écailles, fleurons blanchâtres, style pointu ; akènes trapus, pubescents avec une maigre touffe de soies blanchâtres au sommet. Son habitat est dans les prairies d'altitude ou de savane soudano-sahélienne. (Michel Biholong, 1986). Les racines de cette plante sont utilisées pour épicer les sauces au Cameroun et servent de vermifuge (Noumi, 1984).

***Travaux antérieurs.**

Peu de travaux ont fait l'objet d'étude de cette plante. Les quelques rares, se limitent à ceux de la composition chimique (Tchiégang et Mbougoueng, 2005; Tene *et al.*, 2004).



Photo 23: Plante *E. giganteus*



Photo 24 : Racines *E. giganteus*

V-11-FAMILLE DES PERIPLOCACEAE

V-11-1- *Mondia whitei* (Hook.f.) Skeels

C'est une plante de la famille des Périplacées. Elle est largement distribuée en Afrique Tropicale (Hutchinson *et al.*, 1963). En Afrique du Sud elle est connue sous le nom de gingembre blanc.

***Noms vernaculaires :** Nkang-si (Ewondo), Lim-te, Dim-te, Nga lomsî (Bamiléké), Kindé (Peul).

***Noms communs :** Racine sucrée, Gingembre blanc.

***Botanique et utilisations**

Le port végétatif de *Mondia whitei* est constitué d'une liane semi ligneuse à latex blanc atteignant 5m de long. Sa tige en anneau est volubile, lenticulée avec des stipules persistantes (Kerharo et Adam, 1974). Les feuilles sont glabres et pubescentes en dessous. Leurs longueurs varient entre 15 et 10cm, elles sont accumulées au sommet et cordées à la base (Hutchinson *et al.*, 1963). Les fleurs d'environ 5 à 8 m de long présentent des corolles épanouies. Elles ont une coloration crème ou blanc verdâtre. Elles sont soutenues par des racines axillaires de 5 à 8cm de longueur et leurs pédicelles vont jusqu'à 2 cm de diamètre (Hutchinson *et al.*, 1963). Les follicules saccouplés sont fusiformes. Elles sont striées, longitudinales et renferment de nombreuses graines munies d'une aigrette soyeuse (Kerharo et Adam, 1974). L'utilisation des racines séchées ou fraîches de *Mondia whitei* se justifie pour diverses raisons :

- Sur le plan culinaire *Mondia whitei* est une épice ou un condiment qui s'utilise au Cameroun pour aromatiser diverses sauces : « Nkui »; « Nah-Pôh » auxquelles elles donnent une saveur sucrée et un parfum de vanille (Noumi, 1984).
- Sur le plan cosmétique, c'est une souche vivace à parfum agréable de vanille. Ainsi par distillation à la vapeur d'eau à partir de ses racines, un isomère aromatique de vanilline et d'aldéhyde p-méthoxy salicylique a été isolé (kubo *et al.*, 1999).
- Sur le plan pharmacologique, *Mondia whitei* est connu des tradipraticiens de la forêt tropicale pour ses nombreuses vertus (Noumi ,1984). *Mondia whitei* est une plante aphrodisiaque dont les vieillards raffolent les racines pour ses propriétés revigorantes et excitantes. Les racines de *Mondia whitei* possèdent des vertus médicinales. Elles contiennent l'aldéhyde P-methoxysalicylique qui serait impliqué dans la prévention des maladies cardiovasculaires (artériosclérose) et les cancers. La plante est utilisée comme anti diarrhéique au Sénégal.

***Les travaux antérieurs**

Les travaux récents effectués sur cette plante et dont les résultats ont présenté la composition chimique de *Mondia whitei* ont été menés par Tchiégang et Mbougoung (2005). Ramesh *et al.* (2005) dans leurs travaux, ont extrait un acide phénolique de cette plante médicinale Africaine. L'étude de l'effet du gingembre blanc sur certains paramètres reproducteurs chez les rats masculins a montré que l'extrait des racines de *Mondia whitei* possède une propriété androgène (Watcho *et al.*, 2004).



Photo 25 : Plante de *Mondia whitei*



Photo 26 : Racines de *Mondia whitei*

V-12-FAMILLE DES HUACACEAE

V-12-1- *Hua gabonii*

***Noms vernaculaires:** Leum tom (Bafoussam)

***Botanique et utilisation**

C'est un petit arbre du sous-bois des forêts hygrophiles, assez commun. Les fleurs de cet arbre se développent sur le tronc et sur les grosses branches. Les fruits renferment des graines du volume d'une grosse cerise de café « Libéria ». L'écorce et les graines à saveur d'ail servent de condiment dans les sauces. La tisane d'écorce, additionnée de pigment et de petites aubergines amères sert à combattre les rhumes. On en fait aussi usage en fumigations contre les rhumatismes ou les maux de tête. (Raponda et Sillans, 1961).

***Travaux antérieurs**

Les seuls travaux effectués sont ceux de Tchiégang et Mbougueng (2005) sur la composition chimique.



Photo 27: Fruit de *Hua gabonii*



Photo 28: Ecorce de *Hua gabonii*

V-13- FAMILLE DES CYPERACEAE

V-13-1-*Scleria striatinux* De Wild

***Noms vernaculaires:**

***Travaux antérieurs**

Très peu d'études ont été menées sur cette plante. Ndip *et al* (2007) dans leurs travaux ont montré l'activité antihélicobacter de pylori *in vitro* de l'extrait de cette plante

récoltée au Nord-Ouest du Cameroun. Tchiégang et Mbougoueng (2005) eux, ont fait une caractérisation chimique.



Photo 29 : Racines de *Scleria striatinux*

VI- GENERALITES SUR LES ALIMENTS FONCTIONNELS

La science nutritionnelle a évolué d'une approche préventive des déficiences alimentaires, qui a conduit à l'établissement de standard et recommandations nutritionnelles inscrites dans des directives, vers la promotion du rôle de l'alimentation, dans le maintien d'un état de bien être et de santé ou la réduction du risque de maladies. Ce contexte est très favorable au développement de la demande en aliments fonctionnels, dont le rôle est plus préventif que curatif (Weststrate *et al.*, 2002). Autant que de procurer du plaisir, nous attendons maintenant de la nourriture qu'elle puisse améliorer notre santé et notre bien être. Depuis à peine quelques années, les aliments dits « fonctionnels » ont fait leur apparition dans l'offre alimentaire mondiale. Ils constituent à ce titre une réponse du secteur agroalimentaire aux nouvelles préoccupations des consommateurs en matière d'alimentation, notamment en ce qui a trait à l'importance grandissante accordée à l'aspect santé. Ces produits présentent une nouvelle promesse santé en ce sens qu'ils produisent un effet précis et documenté (Saher *et al.*, 2004). Les aliments fonctionnels représentent à cet égard une nouvelle voix dans l'expression de cette conscience santé de plus en plus présente chez le consommateur occidental (Saher *et al.*, 2004).

VI-1- Définition

« L'aliment fonctionnel » est une expression dont les définitions varient selon les auteurs s'y référant. L'absence d'une définition unique des aliments fonctionnels amène certains auteurs à intégrer dans leurs recherches des produits ayant tout simplement fait l'objet d'un repositionnement marketing, dans le but de bénéficier de l'effet d'attraction des aliments fonctionnels.

Ces définitions sont soit simple comme :

- « aliment qui fournit des bénéfices santé au-delà de la nutrition de base » (IFIC, 1995) ;
- « aliment ou produit alimentaire commercialisé avec un message de bénéfice pour la santé » (Riemersma, 1996) ;
- « aliment de tous les jours transformé en saveur de vie potentiel par l'addition d'un ingrédient magique » (Coghlan, 1996) ;

Soit plus élaborées :

- « aliment ou boisson dérivée de substances naturelles et consommée comme partie de la nourriture quotidienne et qui, s'il est ingéré, a des effets physiologiques ;
- « aliment ressemblant en apparence à un aliment traditionnel et qui est consommé dans le cadre de la nourriture habituelle, mais qui est capable d'exercer des effets physiologiques démontrés ou de réduire le risque d'une maladie chronique au-delà de la fonction nutritionnelle de base (Federal Register, 1994) ;
- « aliment semblable en apparence à un aliment traditionnel et qui est destiné à être consommé dans le cadre de la nourriture habituelle mais qui a été modifié de façon à exercer un rôle physiologique au-delà de ce qui est attendu des nutriments usuels » ;
- « un aliment qui contient des composants potentiellement bénéfiques incluant tout produit, composant ou mode alimentaire qui peut fournir un bénéfice pour la santé au-delà de ceux dépendant des nutriments traditionnels qu'il contient » (Food et Nutrition Board, 1994).

VI-2- Les fonctions des aliments fonctionnels

Plusieurs des produits actuellement développés ont un rôle de renforcement sur le système immunitaire, les capacités intellectuelles et physiques. De l'étude de la situation de la santé publique et épidémiologique actuelle, il ressort que la gestion des maladies du système cardio-vasculaire et le cancer constitue un défi de taille pour les populations et les services de santé publique de plusieurs pays. Plusieurs des aliments fonctionnels présents sur le marché concernent donc ce risque. Ce sont des aliments fonctionnels contenant des probiotiques, des prébiotiques, des nutriments antioxydants ou des folates. Des risques plus généraux comme ceux liés à la vieillesse sont également concernés. Les excès et les déficiences alimentaires constituent un des défis des chercheurs et de l'industrie des aliments fonctionnels. Pour Lajolo (2002), il existe un besoin et une opportunité pour des

aliments fonctionnels traitant des déficiences cliniques classiques comme celles émergeant dans des sous-groupes particuliers. Ainsi, des aliments riches en micronutriments doivent être disponibles afin de répondre aux besoins des consommateurs et des responsables de la santé publique. Les aliments fonctionnels peuvent faciliter le rétablissement de certaines maladies. Il s'agit principalement des produits de la sphère colo-rectale qui aident à rétablir la flore intestinale suivant une gastro-entérite (probiotiques). La santé aura un rôle grandissant sur l'alimentation et dans ce cadre, les aliments fonctionnels sont appelés à jouer un rôle prépondérant. Les probiotiques et les prébiotiques, du fait de leurs multiples effets positifs, continueront de constituer un pôle de développement capital. La littérature indique également que les Omega-3 occuperont une place importante dans les années à venir en raison de l'importance du contrôle individuel et collectif de la prévalence des maladies cardio-vasculaires. Le défi pour les chercheurs et les responsables corporatifs de ce groupe de produits sera cependant d'affiner sa connaissance, afin de spécifier les bénéfices attendus de chaque type de produits. Par ailleurs, les produits riches en substances minérales et en micronutriments occuperont une place de choix. La croissance de ce type de produits sera favorisée par le vieillissement de la population, mais surtout la nécessité de cibler les carences du groupe formé par les enfants et adolescents (Doyon *et al.*, 2006).

VI-3- Le concept d'aliment fonctionnel

Ces dernières décennies, le développement des aliments possédant des composés capables d'influencer positivement notre santé et notre bien être est en plein essor. Le Japon a été le berceau du terme aliment fonctionnel et à l'avant-garde de leur développement. Durant la même période, mais surtout depuis les années 1990, une grande variété de termes plus ou moins inspirés de l'approche japonaise, ont vu le jour. En plus du terme « aliment fonctionnel » ces termes incluent les mots et les expressions plus exotiques tels que : « nutraceutique », « designer food », « f(ph)armafood », « medifood », « vitafood » aux quels il faut ajouter des termes plus traditionnels comme « supplément alimentaire », « aliment diététique » et « aliment enrichi ou fortifié ». Ces termes et expressions sont destinés à décrire des « substances alimentaires qui fournissent des bénéfices médicaux et ou de santé incluant la prévention et le traitement d'une maladie ». Quelque soit la définition choisie, l'expression « aliment fonctionnel se révèle comme un concept unique qui justifie une catégorie à part, différente des nutraceutiques

(nutraceutical), f(ph)armafood, vitafood, medifood et qui n'inclut pas le supplément alimentaire. C'est un concept qui relève de la nutrition et pas de la pharmacologie (Lavoisier, 2002). Les aliments fonctionnels sont des aliments et pas des médicaments, ils n'ont pas d'effet thérapeutique. Leur rôle vis-à-vis de la maladie sera, dans la majorité des cas, d'en réduire des risques et non pas de la guérir. L'apparition des aliments fonctionnels a généré une révolution au sein de l'industrie agroalimentaire qui s'est déroulée en deux phases. La première phase s'est échelonnée du début à la fin des années 1990. Durant cette phase, stimulé par des innovations (des années 80) en provenance essentiellement du Japon, le développement des aliments fonctionnels a été réalisé selon trois principales stratégies soit :

- (i) le recyclage de certains produits auxquels le statut d'aliments fonctionnels est attribué;
- (ii) la création de nouvelles catégories de produits sur de nouveaux marchés et;
- (iii) la mise d'un accent particulier sur certaines des propriétés nutritionnelles des aliments fonctionnels (Lavoisier, 2002).

La deuxième phase qui a débuté au début des années 2000 ne diffère de la phase précédente que par un élément : la tentative de consolidation de leur marché par les principales industries du secteur des aliments fonctionnels.

VI-4- Pôles géographiques de développement

De l'avis de plusieurs auteurs, le Japon représente le principal marché des aliments fonctionnels dans le monde. Ainsi, la *Leatherhead Research Association* (LRA) (Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Hilliam et Young, 2000) évaluaient ce marché à plus de 20 milliards de US\$ en 1999. Le marché japonais est considéré comme étant un marché à fort potentiel de croissance et à développement rapide (Mark-Herbert, 2002 ; Weststrate *et al.*, 2002) et cela malgré qu'il soit l'un des plus anciens. Les produits locomotives de la demande japonaise en aliments fonctionnels sont les boissons, suivies de près par les produits laitiers fermentés et des probiotiques. La paternité du concept d'« aliments fonctionnels » revient par ailleurs à ce pays, pour lequel il s'est doté d'une définition stricte. Au début des années 1980, le gouvernement nippon reconnaît déjà les bienfaits potentiels de ce type d'aliments en raison d'une population vieillissante et d'un système de santé onéreux (Mark-Herbert, 2002).

Selon Hilliam et Young (2000), le marché européen des aliments fonctionnels se chiffrait en 1999 à 18 milliards US\$. Le taux de croissance de la demande européenne est de 7 à 10 % (Castellini *et al.*, 2002 ; Weststrate *et al.*, 2002). La Grande-Bretagne, la France et l'Allemagne représentent plus de la moitié de la demande européenne totale. Les produits laitiers représentent à ce titre la majeure partie de la demande en aliments fonctionnels. Ce type de produits a effectivement connu une forte croissance. D'après Frewer *et al.* (2003), les aliments fonctionnels représentaient au Royaume-Uni en 1999, 3,7 % des ventes de produits laitiers et 4,3 % des boissons. Globalement, Menrad (2003) estime que le marché des aliments fonctionnels représente moins de 1% du marché alimentaire en Europe.

Les différentes évaluations du marché des aliments fonctionnels aux États-Unis oscillent autour de 18 milliards de US\$ (Hilliam et Young, 2000). Les estimations du taux de croissance de la demande d'aliments fonctionnels en Amérique du Nord sont assez semblables à celles effectuées pour l'Europe. Ces taux de croissance varient sur une base annuelle entre 7 et 10 % (Milner, 2002 ; Weststrate *et al.*, 2002). Les produits les plus demandés sont les boissons et les produits laitiers. Le marché des aliments fonctionnels représente ainsi environ 2% du marché agro-alimentaire aux États-Unis (Menrad, 2003).

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

I- MATERIEL

I-1- Fiche d'enquête

Une préenquête a été menée, afin d'évaluer et élaborer la pertinence du questionnaire. L'enquête proprement dite a été conduite à l'aide d'une fiche de questionnaires (voir annexe) dans 13 villes (les chefs lieux des 10 provinces que compte le Cameroun, plus la ville de Mbouda, Dschang et Bafang dans l'Ouest-Cameroun). Au total 1300 personnes ont été enquêtées.

I-2- Matériel végétal

Les épices ont été soit récoltées à l'Ouest du Cameroun, soit achetées dans les marchés locaux des villes Bafoussam et Douala au Cameroun au mois de février 2006, puis transportées à Ngaoundéré. Au total vingt différentes épices ont été récoltées et achetées (voir tableau 2). Une fois arrivées au laboratoire, les épices ont été nettoyées, puis séchées à l'aide d'un séchoir solaire à coquille pendant sept jours. Les épices séchées ont été ensuite réduites en poudre à l'aide d'un broyeur à marteau de type culatti (Polymix, France) à travers un tamis de maille 500 µm. Les poudres obtenues ont été scellées dans les emballages en polyéthylène et conservées à 4°C dans un réfrigérateur jusqu'à différentes analyses (figure 10).

I-3- Matériel biologique

Les sujets d'expérimentation utilisés sont des rats albinos de souche wistar, mâles et femelles. Le poids des rats est compris entre 101 g et 152 g. Les animaux sont âgés de 60 jours. Les animaux ont été élevés à l'animalerie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Ils étaient enfermés dans des cages collectives à raison de cinq rats par cage, dans les conditions de température ambiante, une aération suffisante, un cycle lumineux naturel (12 h de lumière, 12 h d'obscurité), et avaient libre accès à l'eau et à l'aliment. L'aliment était préparé à base de la provende (Démarrage chair société Nkam),

La teneur en énergie métabolisable était de 3000 Kcal/Kg, 22 % protéines brutes, 6,5 % de matières grasses, 4,5 % celluloses brutes maximales, 6 % matières minérales maximales et 11 % d'humidité maximale.

L'alimentation a été supprimée à la veille de la manipulation en fonction des besoins de l'expérimentation.

II- METHODES

II-1- Teneur en eau

La matière sèche a été déterminée par la méthode AOAC 925.10 (1990). En bref, une coupelle vide a été nettoyée, séchée et pesée (M_0). A cette coupelle 5 g d'échantillon ont été ajoutés et l'ensemble (M_1) placée dans une étuve à 105°C pendant 24 heures. Après ce temps de séchage, la coupelle a été sortie de l'étuve, puis refroidie dans un dessiccateur (P_2O_5) avant d'être pesée (M_2) à nouveau. La teneur en eau est donnée par la formule suivante :

$$TE = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

II-2- Teneur en cendres totales

La teneur en cendres brutes a été déterminée suivant la méthode AOAC 920.87 (1990). Elle consiste à minéraliser 3 à 5 g de poudre contenus dans des creusets en porcelaine dans un four à moufle. Le creuset de minéralisation à vide a été nettoyé, séché et pesé (M_0). Le creuset contenant la poudre d'épice (3 à 5 g) a été de nouveau pesé (M_1) puis placé à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.

Après séchage, le creuset a été sorti de l'étuve, puis refroidi dans un dessiccateur (P_2O_5) avant d'être pesé (M_2). Une fois pesé, le creuset a été introduit dans le four à 550 °C pendant environ 6 heures, refroidi dans le dessiccateur et pesé à nouveau. La teneur en cendres est la masse de produit restant dans le creuset après minéralisation rapportée à la masse sèche totale du produit. Les résultats exprimés représentent la moyenne de quatre essais.



Séchage solaire pendant sept jours



Broyage à travers un tamis 500 μm



Emballage des poudres d'épices dans des plastiques en polyéthylène



Stockage des poudres d'épices pour analyses

- Récolte des épices en champ à Bangangté et achats des épices au marché de Bafoussam et Douala
- Nettoyage (dépoussièrage)

Figure 10:Schéma général du travail

II-3- Dosage des minéraux

Les échantillons de poudres d'épice (2,5 g) ont été pesés dans un creuset puis introduit dans un four à moufle pendant 6 heures. La cendre obtenue a été dissoute dans 4 ml d'acide hydrochlorique concentré et la solution filtrée dans un flacon de 10 ml. Le volume a été complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, avant de servir à l'analyse des minéraux:

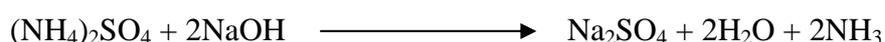
Le fer a été déterminé par spectrométrie d'émission atomique couplé, d'après la méthode de Skujins (1998). Les conditions de travail de l'ICP-AES étaient: équipement ICP-AES (Varian-Vista), RF de puissance 0,7-1,5 kw (1,2-1,3 kw pour l'Axial), le taux du débit du plasma de gaz (Ar) 10,5-15 l/min (radial), 15 l/min (axial), le taux du débit du gaz de secours (Ar) 1,5 l/min, Envisager la hauteur 5-12 mm, copie et lire le temps 1-5s (maximum 60s), fréquence de lecture 1-5s (temps total de lecture 60s). Les autres éléments tels que l'aluminium (Al), le sodium (Na), le potassium (K), le manganèse (Mn), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu) ont été déterminés par spectroscopie d'absorption atomique (biotech Pharmacia Ultraspec 4000) suivant la méthode AACC (1995).

La détermination du sélénium (Se) a été faite d'après la méthode Skujins (1998) avec quelques modifications. La minéralisation des échantillons a été faite dans un système fermé par digestion à l'acide ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$) dans un four à micro-onde. Les solutions obtenues ont été utilisées pour la détermination du sélénium par l'ICP-CCC (Varian-Vista) muni d'un détecteur CCC « Coupled Charge Device » lequel permet la détermination simultanée, avec plusieurs longueurs d'onde, de tous les éléments de la classification périodique à l'exception des éléments gazeux. Le standard a été fait à partir de concentrations connues de sélénium.

II-4- Détermination des protéines

La détermination de la matière azotée a été effectuée selon la méthode de Kjeldahl (Norme AOAC 960,52, 1997). Cette méthode est basée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous une forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur. Environ 0,1 g de poudre d'épice a été introduit dans des matras (tubes de minéralisation) puis 2 mL de H_2SO_4 , 1 mL de peroxyde d'hydrogène et une pincée de catalyseur ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{Se}$) ont été ajoutés. Ensuite, le tout a été minéralisé sur une rampe

(Kjeldatherm, Gerhardt, Les Essarts le Roi, France) à 400°C pendant 2 heures. Le sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄ est le produit essentiel de la minéralisation, obtenu par l'ajout d'acide sulfurique (H₂SO₄). Ensuite une forte base a été ajoutée (NaOH) en volume égal au volume de H₂SO₄ à l'aide d'un système de type microanalyse (Vapodest 50, Gerhardt, Les Essarts le Roi, France) selon la réaction suivante :



ANP = azote non protéique.

L'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) formé au cours de la distillation est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans une solution d'acide borique. La formation du borate d'ammonium ((NH₄)₃BO₃) fait augmenter le pH de la solution. La solution a été ensuite titrée par l'acide sulfurique. Le volume d'acide sulfurique ajouté correspond à l'ammonium contenu dans l'échantillon de départ.

***La teneur en azote total (Nt)** est alors calculée pour 100 g d'échantillon selon la formule suivante :

$$\text{Nt} = \frac{(V_1 - V_0) \times \text{MN}_2 \times \text{N}(\text{H}_2\text{SO}_4) \times 100}{(1000 \times m_\epsilon)}$$

Avec Nt: azote total pour 100 g d'échantillon.

V₁ : Volume de H₂SO₄ en mL nécessaire à la titration de l'échantillon,

V₀ : Volume de H₂SO₄ en mL nécessaire à la titration du blanc,

MN₂ : Masse moléculaire de l'azote soit 14 g/mole,

N (H₂SO₄) : Normalité de l'acide sulfurique,

m_ε : Masse de l'échantillon de départ en g.

* **Azote non protéique (ANP) :**

Dans une fiole de 50 mL, 0,5 g de poudre a été introduit, puis 20 mL de TCA 24 %. Le contenu a été agité pendant 1 heure et complété jusqu'au trait de jauge avec du TCA 12

%. Ensuite le mélange a été filtré et 2 mL du filtrat ont été minéralisés comme indiquée en II-2-4

$$\text{ANP} = \frac{(V1 - V0) \times 0,14 \times 50 \times 100}{(\text{mé} \times 2 \times 1000)}$$

Le pourcentage de protéines totales a été déterminé de la manière suivante :

$$\text{Pt} = (\text{Nt} - \text{ANP}) \times 6,25$$

II-5- Caractérisation des acides aminés

Les échantillons ont été hydrolysés sous vide à 150°C pendant 60 min dans un appareil Pico-Tag (Waters, Milford, MA, USA) en présence de HCl 6 N avec 1 % de Phénol, puis récupérés par de l'eau ultra pure et déposés sur un « auto dérivateur-analyseur-420a » de marque Applied Biosystems (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). La dérivation au phényl isothiocyanate (PITC) a été faite en pré colonne. La séparation des acides aminés a été faite sur une chaîne HPLC (Applied Biosystems model 172A : Corp, Foster City, CA, USA) avec une colonne de phase inverse PTC RP-18 (2,1*220mm) série 238638, lot N° 02M9-40531 Brownlee (Applied Biosystems model 172A : Corp, Foster City, CA, USA). Les solvants utilisés pour cette analyse sont l'acétate de Na 45 mM pH 5,90 (A) et 30 % acétate de Na 105 mM pH 4,60 et 70 % acétonitrile (B), et la détection a été faite à 254 nm. L'acquisition et l'exploitation des résultats ont été faites par le logiciel Model 600 Data Analysis System (Applied Biosystems, Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). Les paramètres du gradient sont consignés dans le tableau 1.

II-6- Indice chimique

Cet indice est l'un des paramètres d'évaluation de la valeur nutritionnelle. L'indice chimique a été calculé selon la méthode utilisée par Chavan, Mackenzie et Shahidi (2001) d'après l'équation suivante :

$$\text{Indice chimique (IC)} = \frac{(\text{mg acide aminé} : \text{g protéines})}{\text{mg acide aminé} : \text{g acide aminé standard (FAO :WHO)}}$$

Valeurs des acides aminés standards (FAO/WHO) utilisées

Isoleucine = 4,00 ; Leucine = 7,04 ; Lysine = 5,44 ; Méthionine + cystéine = 3,52 ; Phénylalanine + tyrosine = 6,88 ; Thréonine = 4,00 ; Tryptophane = 0,96 ; et Valine = 4,96.

Tableau 1: Paramètres du gradient de l'HPLC pour analyse des acides aminés

Intervalle de temps	Temps de contrainte (min)	%	Flux ($\mu\text{l}/\text{min}$)	Evénements	Unique
Pression de référence	2000 PSI	50	1000		
Temps de référence	0,1	5	300		
Temps d'équilibre	0			1:C 2:C 3:O	
Temps 1	0,1			1:C 2:Ô 3:C	Y
Temps 2	0,2			1:C 2:Ô 3:O	Y
Temps 3	10	38	300	1:C 2:Ô 3:O	N
Temps 4	20	60	300	1:C 2:Ô 3:O	N
Temps 5	25	100	300	1:C 2:Ô 3:O	N
Temps 6	30	100	300	1:C 2:Ô 3:O	N
Temps 7	31	100	300	1:C 2:Ô 3:O	N
Temps 8	0	5	300	1:C 2:Ô 3:O	N

II-7- Teneur en lipides

* Lyophilisation

La technique de lyophilisation est un procédé qui permet d'assécher un matériau par sublimation, c'est-à-dire un processus qui initie le passage direct de l'eau congelée à l'état de vapeur sans passer par la phase liquide. Les poudres d'épices ont été congelés à -18°C dans des ballons durant 12 h avant d'être lyophilisés dans un lyophilisateur à plateau (Christ[®], alpha 1-2 LD) pendant 24 h à une pression $< 0,1$ mbar, à -60°C . Les lyophilisats obtenus ont ensuite été conservés dans un dessiccateur jusqu'à leur utilisation pour la détermination de la teneur en lipides.

* Dosage des lipides

L'extraction des lipides totaux a été effectuée par la méthode de Folch *et al.* (1957). Environ 50g de poudre d'épice lyophilisée ont été pesés dans un ballon et 300 mL du solvant d'extraction ont été ajoutés (200 mL de chloroforme et 100 mL de méthanol). Le tout a été mélangé à l'aide d'un mixeur pendant 20 min. Le mélange a été filtré sous aspiration à travers un verre fritté n°3 en présence d'azote pour éviter toute oxydation

éventuelle. 200 mL environ de solvant d'extraction (Chloroforme/méthanol : 2/1, V/V) ont été ensuite ajoutés sur le résidu pour maximiser l'extraction des lipides.

Le filtrat a été transféré dans une ampoule à décanter avec ajout de 0,2 mL de solution de NaCl à 0,7 %. Après séparation des deux phases, la phase inférieure a été récupérée dans un ballon taré (M_0), puis le solvant a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous azote à 50°C. Après évaporation, le ballon a été pesé à nouveau (M_1) et la différence de poids constitue la masse des lipides (M). Les résultats obtenus ont été exprimés en pourcentage (%) de la matière lyophilisée.

$$M (\%) = (M_1 - M_0) \times 100$$

II-8- Caractérisation des acides gras par chromatographie en phase gazeuse

Les esters méthyliques d'acides gras ont été préparés par la méthode de Ackman (1998) utilisant le réactif au trifluorure de bore à la concentration de 8 % dans du méthanol (BF_3/MetOH). Environ 100 mg d'échantillon d'huile ont été pesés dans un tube à essai à vis de 10 mL. Puis 1,5 mL d'hexane et 1,5 mL de BF_3/MetOH y ont été ajoutés. Ensuite le tube a été hermétiquement fermé sous azote et a été agité énergiquement, puis chauffé à 100°C pendant 1 h. Après refroidissement à température ambiante, 1 mL d'hexane et 2 mL d'eau distillée ont été ajoutés et le tout agité sous azote. Après repos, la phase supérieure a été récupérée dans un tube sous azote. L'extraction de la phase inférieure a été répétée deux fois de suite à l'aide de 1 mL d'hexane. Les phases hexaniques (esters méthyliques) ont été collectées et lavées avec 2 mL d'eau distillée, puis séchées sur du sulfate de sodium anhydre. Le solvant a été évaporé sous azote. De l'hexane a été rajouté pour emmener la concentration des esters méthyliques à une concentration adaptée (5mg/mL) à l'analyse par chromatographie en phase gazeuse. Cette analyse a été réalisée sur un chromatogramme Péri 2000 (Périchrom, Saulx-lès-Chartreux, France) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. La séparation a été faite sur une colonne capillaire (25 m de longueur, 0,25 mm de diamètre, épaisseur du film est de 0,5 μm) garnie de polyéthylène glycol dopé à l'acide téréphtalique (Périchrom). Les températures du détecteur et de l'injecteur ont été fixées à 260°C. Le programme utilisé pour l'analyse a été le suivant : maintenue au départ à 70°C pendant 2 min, la colonne a été portée à 180°C (39,9 °C/min) et maintenue durant 8 min à cette température, puis elle a subi une seconde phase de réchauffement jusqu'à 220 °C (3

°C/min) pendant 45 min. Le refroidissement s'est effectué à raison de 39,9 °C/min. L'identification des pics a été réalisée à l'aide d'un standard d'acide gras fournis par la société Supelco (Bellefonte, USA) : PUFA 1 (source végétale). Le logiciel Winlab 3 (Périchrom, Saulx-lès-Chartreux, France) a permis l'intégration des chromatogrammes.

II-9- Méthode d'extraction

L'efficacité d'extraction est un facteur très important pour la comparaison de l'activité antioxydante. Les études antérieures ont révélé que l'extrait méthanolique donne des meilleurs résultats comparés à ceux obtenus avec d'autres solvants tels que le n-hexane, l'éther diéthylique, l'acétate d'éthyle, l'acétone et l'eau (Oki *et al.*, 2002; Sosulski *et al.*, 1982; Zielinski et Kozłowska, 2000).

Nos travaux préliminaires ont montré que les extraits au méthanol donnent une activité supérieure à l'extrait à l'éthanol. Pour cette raison, le méthanol a été utilisé comme solvant de choix pour l'extraction dans cette étude. Pour l'obtention de l'extrait, environ 250 mg de poudre d'épice ont été mélangées dans 25 mL de méthanol à température ambiante (20°C) pendant deux heures et filtrées à travers un papier filtre de type Whatman N°1 (Maidstone, Angleterre). Le résidu a été extrait de nouveau avec 25 mL de méthanol pendant deux heures et filtré comme décrit précédemment. Le mélange des deux volumes d'extrait a été ensuite évaporé à l'aide d'un rotavapor jusqu'à réduction de l'extrait à 25 mL. Cet extrait obtenu a été récupéré dans des tubes scellés et conservés à 4°C jusqu'à utilisation.

II-10- Polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été évalués suivant la méthode spectrophotométrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu décrite par Gao *et al.* (2000). Les extraits méthanoliques d'épices ont fait l'objet de cette analyse. Environ 0,02 mL d'extrait méthanolique a été introduit dans un tube à essai de 10 mL, ensuite 1,38 mL d'eau distillée et 0,2 mL de réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés. Après 3 min de repos, 0,4 mL de carbonate de sodium (Na₂CO₃ 20%) y ont été ajoutés. Les tubes ont été bien agités à l'aide d'un vortex, et incubés pendant 2 heures dans un bain-marie à 40°C et l'absorbance lue contre un blanc à 760 nm. L'étalonnage a été réalisé à l'aide d'une solution aqueuse fraîchement préparée d'acide gallique (0,2 g/L) et les résultats exprimés en g d'acide gallique/100g de matières sèches.

II-11-Les flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes dans les différentes épices a été évaluée par la méthode décrite par Mimica-Dukic (1992). Pour l'analyse, 1g de poudre de chaque épice a été bien homogénéisé avec 20 mL du mélange de solvant d'extraction méthanol-eau distillée-acide acétique (140:50:10, V/V). Le mélange a été filtré dans des béchers de 100 mL à l'aide du papier filtre Watmann n°1 et le volume ajusté jusqu'au trait de jauge par le solvant d'extraction. Ensuite 2,5 mL ont été transférés dans un erlen de 50 mL et le volume complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, ce qui a constitué la solution d'analyse. Puis, à 10 mL de solution d'analyse, 2 mL d'eau distillée et 5 mL du réactif de chlorure d'aluminium (AlCl_3) (formé de 133 mg des cristaux de chlorure d'aluminium et 400 mg de cristaux d'acétate de sodium dissout dans 100 mL du solvant d'extraction) y ont été ajoutés et l'ensemble bien mélangé à l'aide du vortex et l'absorbance a été lue contre un blanc à 430 nm. Le blanc a été préparé avec 10 mL de la solution d'analyse et 5 mL d'eau distillée. La quantité des épices en flavonoïdes a été calculée à l'aide d'une solution standard de rutine et les résultats ont été exprimés en mg de rutine/100g de matière sèche.

II-12-Les proanthocyanidines

La teneur en proanthocyanidine a été déterminée par la méthode au Butanol-HCl telle que décrite par Hagerman *et al.* (2000b). Pour l'extraction, environ 1g de poudre a été pesé dans un bécher et solubilisé avec 5 mL d'acétone aqueux 70 % pendant 30 min à l'aide d'un agitateur mécanique puis centrifugé à température ambiante pendant 1 heure et le mélange a été filtré par la suite à travers un papier filtre whatman n° 1. Pour le dosage 0,5 mL de l'extrait a été introduit dans un tube à essai et 3,0 mL du réactif butanol-HCl (butanol-HCl, 95:5 v/v) ont été ajoutés, puis 0,1 mL du réactif ferrique 2% (sulfate d'ammonium ferrique 2% dans l'acide chlorhydrique 2M). Les tubes ont été bien mélangés à l'aide d'un vortex, et mis au bain-marie bouillant pendant 60 min. Après refroidissement à température ambiante, l'absorbance a été lue à 550 nm contre un blanc constitué de 0,5 mL de solvant à la place de l'extrait. Les proanthocyanidines ont été exprimés en mg de leucoanthocyanidines/100g de matière sèche. La valeur de l'absorbance spécifique de la leucoanthocyanidine utilisée est de 550 nm.

II-13-Détermination de la teneur en tannins

La teneur en tannins des différentes épices a été évaluée par la méthode décrite par Bainbridge, Tomlins, Wellings et Westby (1996). Pour l'extraction des tannins suivant cette méthode, 1g de poudre de chaque épice a été pesé dans un bécher de 50 mL et 25 mL de HCl 1% (dans le méthanol) ont été ajoutés. Après 30 min d'agitation, le mélange a été centrifugé à 4000 trs/min durant 10 min et le surnageant a été collecté dans un autre bécher. Le résidu a été repris et extrait deux fois de suite. Environ, 1 mL de l'extrait collecté a été mélangé à 5 mL de la solution réactive (50g de vanilline et 4 mL d'acide chlorhydrique dans 100 mL d'eau distillée) et l'ensemble incubé à 30°C pendant 20 min. L'absorbance a été lue à 500 nm contre un blanc. La teneur en tannins dans les épices a été calculée à l'aide d'un standard fait de solutions d'acide tannique. Les résultats ont été exprimés en mg d'acide tannique/100 g de matière sèche.

II-14- Dosage de la vitamine A et la vitamine E

Les teneurs en vitamines A et E ont été évaluées par la méthode spectrophotométrique telle que décrite par De Leenheer *et al.* (1988) et Milne et Botnen (1986) respectivement avec quelques modifications. Les extraits d'huile obtenus dans le chapitre III ont été utilisés à cet effet. 0,1 g de ces huiles a été dilué dans un mélange hexane-acétone (30/70; v/v), transféré dans des cuves et ont été soumises à la lecture au spectrophotomètre 450 nm pour la vitamine A et 270 nm pour la vitamine E contre un blanc. Des gammes d'étalonnage formées par la vitamine A et la vitamine E pure ont été utilisées pour la mesure.

II-15- La vitamine C

La teneur en acide ascorbique (vitamine C) a été déterminée par titrimétrie suivant la méthode décrite par Pelletier (1985) avec quelques modifications. Environ 2g ont été pesés dans un bécher de 25 mL et dissouts dans 20 mL d'eau distillée. Le tout a été bien mélangé à l'aide d'un barreau aimanté sur agitateur magnétique. L'acide ascorbique total a été évalué par la mesure de l'acide déhydroascorbique issu de l'oxydation de l'acide ascorbique réduit par le 2,6-dichloro-indophénol. La phénophtaléine a été utilisée comme indicateur coloré. La fin de la titration est marquée par la décoloration de la couleur rose violette en incolore. Les résultats ont été exprimés en mg d'acide ascorbique/100 g de matière sèche.

II-16- Caractérisation des phénols par HPLC

La caractérisation des différents extraits méthanoliques des épices a été faite par HPLC. Elle a été faite essentiellement en utilisant les mêmes gradients pour permettre de garder intact les substances glycosylées. En général, cette méthode a été développée au Laboratoire de biochimie de l'ENSAIA de Nancy pour séparer la large gamme des métabolites secondaires (les composés hydrophobiques supérieurs, tels que les substances glycosylées et poly-glycosylées, les composés hydrophobiques/lipophiliques comme les acides phénoliques, les flavonoïdes, et les anthocyanidines). La caractérisation des pics a été faite en fonction de leur amplitude. Le mélange des solvants utilisés est composé de : Solvant A : eau distillée avec 0,1 % de l'acide trifluoroacétique : v/v et Solvant B : méthanol pour HPLC contenant l'acide trifluoroacétique 0,1 % : v/v. Le temps d'élution est de 1,0 mL/min, avec un gradient tel que : Gradient : 0 min (100 % A), 10 min (80 % A, 20 % B), 25 min (50 % A, 50 % B), 30 min (100 % B), 35 min (100 % B), 40 min (100 % B). La détection des solvants à la sortie de la colonne est faite par l'ultra violet/visible à différentes longueurs d'ondes : 227 nm (pour les composés phénoliques en général) ; 270 nm (les indoles et la plupart des composés aromatiques simples : les phénoliques) ; 325 nm (les acides cinnamiques et dérivés et les flavones), 370 nm (les flavonoïdes glycosidés) ; 520 nm (seulement les anthocyanidines).

II-17- Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse

Cette analyse a été menée pour contribuer à la purification et la recherche de la masse moléculaire de la substance qui pourrait être responsable de l'activité antioxydante des pics qui ont présenté une amplitude importante des acides cinnamiques de deux épices ayant une teneur élevée en composés phénoliques totaux (*D. glomerata* et *Z. leprieurii*). La chromatographie en phase liquide a permis la séparation des extraits dans la colonne, la première détection (PDA) s'est matérialisée par le traçage du chromatogramme de l'intensité des pics en fonction du temps et le spectre d'absorbance ($200 < \lambda < 800$ nm) et suivi d'une deuxième détection par le spectromètre de masse (m/z) avec un spectre de charge (m/z) qui varie entre 50 et 2000 en fonction du temps.

Les bases de la détection sélectionnées ont été les suivantes :

PDA = basé sur l'absorbance UV, les conditions obligatoires = molécules possèdent des sites d'absorbance

SM = on ne voit que les molécules chargées = ions + (mode positif) ou ion - (mode négatif)

La condition obligatoire = molécule s'ionise positivement ou négativement

Source = formation des ions par « electrospray » (ESI) à l'aide d'une sonde

Analyseur = trappe ionique.

II-18- Détermination de l'activité antioxydante

II-18-1- Pouvoir réducteur total

La capacité antioxydante des différents extraits des épices a été évaluée en déterminant leur habilité à réduire le fer (III) en fer (II) par la méthode de Oyaizu (1986). En bref, dans un tube à essai, 1 mL de chaque extrait a été mélangé avec 2,5 mL d'une solution tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 mL de solution de l'hexacyanoferrate de potassium [$K_3Fe(CN)_6$] à 1%. Le tout a été incubé pendant 30 minutes à 50°C dans un bain-marie. Ensuite, 2,5 mL d'acide trichloroacétique 10 % ont été ajoutés et le mélange centrifugé pendant 10 minutes à l'aide d'une centrifugeuse (Firlabo, France). Puis 2,5 mL du surnageant ont été prélevés et mélangés à 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%. L'absorbance a été lue à 700 nm. Une courbe d'étalonnage a été tracée à partir de la droite obtenue avec l'acide ascorbique utilisé comme référence à différentes concentrations. Le pouvoir réducteur total a été exprimé en équivalent d'acide ascorbique (mg d'acide ascorbique/g de poudre).

II-18-2- Méthode utilisant le radical stable ABTS (2,2'azion-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-acide sulfonique))

C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour la détermination de l'activité antioxydante des extraits des végétaux. Elle consiste à suivre la cinétique de décoloration de l'ion ABTS telle que décrite par Re *et al* (1999). La synthèse de l'ABTS radicalaire ($ABTS^+$) a été obtenue comme suit : dans un erlenmeyer 10 mL, 0,0384 g d'ABTS et 0,00662 g de persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) ont été pesés, puis de l'eau distillée y a été ajouté jusqu'au trait de jauge. Le mélange a été ensuite solubilisé pendant 5 min et incubé pendant 16 h à température ambiante (20 °C) à l'abri de la lumière avant utilisation. Dans ces conditions et sous cette forme, le radical peut être stable pendant plus de deux jours. Dans un autre erlenmeyer de 25 mL, une solution de TROLOX à 0,625 g/L d'éthanol a été préparée et utilisée comme référence d'antioxydant. Pour l'analyse proprement dite, la

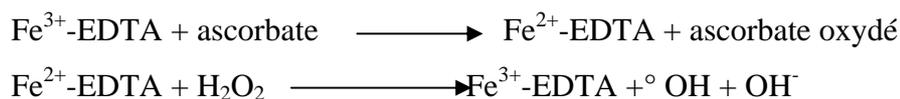
solution d'ABTS⁺ a été diluée avec de l'éthanol jusqu'à l'obtention d'une absorbance de 0,700 (±0,02) à 734 nm et stable à 30°C (DO_{initiale}). Puis dans un tube à essai, 3,0 mL de cette solution ABTS⁺ diluée et 30 µl de l'extrait ont été introduits et bien agités. La lecture de l'absorbance a été effectuée et les valeurs considérées étaient celles qui restaient stables à température ambiante pendant environ 1 min. Les résultats ont été obtenus à partir du traçage de la droite issue de la courbe d'étalonnage des différentes concentrations de trolox (1,25 mM, 0,833 mM, 0,625 mM, 0,500 mM) utilisées à la place de l'extrait et les résultats des extraits obtenus ont été exprimés en mg trolox équivalent/100 g de matière sèche. Le pourcentage d'inhibition ou de l'activité antioxydante (AA) a été calculé en utilisant l'équation :

$$A.A.(%) = \frac{A_{\text{initial}} - A_{\text{assay}}}{A_{\text{initial}}} \times 100$$

II-18-3- Méthode utilisant le suivi de la dégradation du 2-désoxyribose

L'activité antioxydante des extraits peut aussi être évaluée en déterminant leur habilité à inhiber la peroxydation du radical hydroxyle des sites non spécifiques suivant la méthode de Halliwell, Gutteridge et Aruoma (1987) avec quelques modifications.

Le principe de la méthode est basé sur la réaction de Fenton selon les équations suivantes :



Ce dosage consiste à réaliser la réaction de Fenton en présence de deux espèces favorisant cette réaction :

- l'acide éthylènediaminetetraacétique (EDTA) qui stabilise l'intermédiaire en présence d'H₂O₂
- et l'acide ascorbique



Le radical °OH généré réagit alors avec le désoxyribose qui génère un résidu qui forme avec l'acide thiobarbiturique une solution rose qui a une absorbance maximale à la longueur d'onde de 532 nm.

Fragments de sucres + acide thiobarbiturique (TBA) $\xrightarrow{\text{pH acide}}$ solution rosée (dosée à 532 nm)

Suivant cette méthode, dans un tube à essai, 100 µL d'extrait, 500 µL de 2-désoxyribose à 5,6 mM (préparée dans une solution tampon phosphate KH₂PO₄-NaOH à 50mM, pH 7,4), 200 µL d'un mélange d'une solution de 100 µM de FeCl₃ et de 100 mM EDTA (1 :1 v/v), 100 µL de 1,0 mM H₂O₂; et 100 µL de solution aqueuse d'acide ascorbique à 1,0 mM ont été introduits. Les tubes ont été bien agités à l'aide d'un vortex et incubés à 50°C pendant 30 min. Puis, 1 mL d'acide trichloroacétique (2,8 %) et 1 mL de l'acide thiobarbiturique (1,0 %) ont été ajoutés dans chaque tube et le tout bien agité et chauffé dans un bain-marie à 50°C pendant 30 min. Le suivi de l'oxydation (ou de la dégradation de désoxyribose) a été estimé par la mesure de l'absorbance de la solution à 532nm. La valeur du pourcentage d'inhibition a été calculée à partir de l'absorbance du contrôle (A_{contrôle}) et l'absorbance de l'échantillon (A_{échantillon}). Le contrôle est composé de tous les réactifs excepté l'extrait. Une courbe d'étalonnage du pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration du mannitol (1,25 mM, 0,833 mM, 0,625 mM, 0,500mM) pris comme référence a été tracée. L'activité antioxydante des extraits a été exprimée en équivalent mannitol (mg manniol/g de poudre) selon l'équation suivante :

$$A.A(\%) = \frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{échantillon}}}{A_{\text{contrôle}}} \times 100$$

II-18-4- Méthode utilisant le DPPH

Le pouvoir antioxydant se détermine aussi par la capacité d'un antioxydant donné à piéger un radical libre ou à donner un atome d'hydrogène selon la méthode de Zhang et Hamazu (2004) avec quelques modifications. La méthode au DPPH (N,N-diphenyl-N'-picrylhydrazyl) peut être utilisée dans toutes les matrices alimentaires (liquide ou solide), elle n'est pas spécifique à une classe de composés particuliers (hydro ou liposolubles). Le mécanisme réactionnel est le suivant :



Le DPPH radicalaire présente une absorbance élevée à 517 nm (pourpre) avec une chute d'absorbance au cours de la réaction, le résultat de décoloration est stœchiométrique par rapport au nombre d'électrons capturés par l'antioxydant. Dans le protocole d'analyse, 2mL de DPPH (0,1 mM préparé dans le méthanol) ont été introduit dans un tube à essai contenant 0,5 mL d'extrait. Ensuite le mélange a été bien agité pendant 5 min et incubé à l'obscurité pendant 60 min à température ambiante (20°C). Pour le tube contrôle, le méthanol a été utilisé à la place de l'extrait. La référence utilisée a été le trolox à des concentrations variables. Une courbe a été tracée à partir de cette référence. L'absorbance a été lue à 517 nm. L'activité antioxydante des extraits a été exprimée en équivalent trolox (mg trolox/100 g de poudre) selon l'équation suivante :

$$A.A(\%) = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

II-19- Analyse de la couleur

La couleur est un attribut perceptif subjectif élaboré par le système visuel, à partir de la lumière renvoyée par les objets et par leur environnement. La colorimétrie consiste en un ensemble de données et de méthodes permettant de quantifier la couleur de manière objective. L'espace chromatique CIE $L^*a^*b^*$, défini par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, 1976), est un espace à trois dimensions uniforme du point de vue des éclats chromatiques. Les 3 coordonnées de CIE $L^*a^*b^*$ sont des correspondants de la luminance (L^*), de la balance rouge-vert (a^*) et de la balance jaune-bleu (b^*) (Figure 39). La couleur a été mesurée à l'aide d'un colorimètre (Lovibond RT Colour Measurement Kit V 2,28) avec une fenêtre d'observation de 10° et une source de lumière D65. L'instrument a été calibré avec un standard blanc ($L^* = 93,87$, $a^* = 0,18$, $b^* = 2,71$).

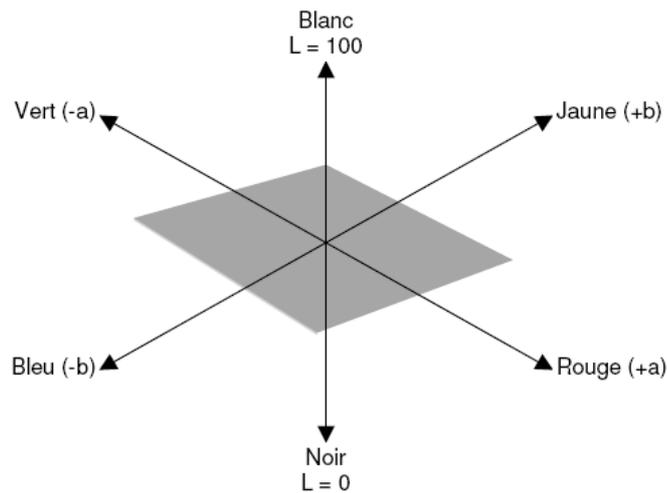


Figure 11 : Espace chromatique CIE $L^*a^*b^*$

II-20- Préparation des extraits méthanoliques pour les tests anti-inflammatoire et anti-stress.

A 100 g de poudre contenu dans un bécher recouvert avec du papier aluminium, 300 ml de méthanol y ont été introduites. Le mélange a été agité pendant 72 h avec un agitateur magnétique à l'aide d'un barreau aimanté à l'obscurité. Pour le mélange des deux épices 100 g (1/1) de poudre ont été utilisés. Chaque mélange a été ensuite filtré sous vide à travers un verre frité N°1 et le solvant évaporé sous pression réduite à l'aide d'un rotavapor à 45°C. L'extrait sinepeux a été obtenu avec des rendements de 22,61 %, 32,70 % et 14,78 % pour *Dichrostachys glomerta*, *Zanthoxylum leprieurii* et le mélange (1/1) respectivement.

II-21- Préparation de substances chimiques utilisées

II-21-1- Solution de Carragénine (1 %)

La solution de Carragénine 1% utilisée a été préparée, en dissolvant 1 g de carragénine pure dans une solution de NaCl 0,9 %, en quantité suffisante pour obtenir 100 mL de solution finale.

II-21-2- Solution d'Indométacine

La solution d'Indométacine (1 mg/mL) a été préparée, en dissolvant une gélule de 25 mg d'Indométacine (INDOCID^R, Laboratoire Merck et Dohme-Chibret, Paris) dans une solution de NaCl 0,9 %, en quantité suffisante pour obtenir 25 mL de solution finale.

II-21-3- Solution de Célécoxib

Une solution de Célécoxib (1,8 mg/mL) a été préparée, par dissolution d'une gélule de 200 mg de célécoxib (CélébrexTM, Laboratoire Pfizer) dans une solution de NaCl 0,9 %, en quantité suffisante pour obtenir 111 mL de solution finale.

II-21-4- solution de Dexaméthasone

Une solution de Dexaméthasone (1 mg/mL) a été préparée, par dissolution de 8 mg de Dexaméthasone (laboratoire Mepha, Suisse) dans une solution de NaCl 0,9 %, en quantité suffisante pour obtenir 8 mL de solution finale.

II-22- Détermination des propriétés anti-inflammatoires

L'activité anti-inflammatoire des extraits d'épices a été expérimentée chez les rats en provoquant un œdème par l'injection sous aponévrose plantaire de la carragénine. Le modèle d'inflammation induite par la carragénine a été choisi parce qu'il permet de déterminer l'action préventive et curative des composés pharmacologique (Whiteside *et al.*, 2005). Les animaux utilisés pour le test de l'inflammation aiguë ont été mis à jeûn la veille de l'expérimentation, avec accès *ad libitum* à l'eau de boisson. Le principe de cette méthode est basé sous le fait que l'injection de la carragénine, agent phlogogène, sous la face plantaire de la patte du rat, provoque la formation de l'œdème, localisé dans la région métatarsienne. La substance anti-inflammatoire administrée préventivement à l'animal inhibe la formation de cet œdème. La technique consiste à mesurer les variations volumiques de la patte au cours du temps et à comparer le développement de l'œdème chez les animaux témoins et tests.

II-23- Dispositif expérimental pour analyses des tests anti-inflammatoire et anti-stress.

L'appareil de mesure utilisé est un Pléthysmomètre électrique (model 7150 UGO BASIL, Italie). Il s'agit d'un volumètre constitué de quatre éléments suivants principaux (Photo 30) :

- un réservoir contenant une solution faiblement salée (NaCl), et de l'imbibite (5 mL/L) qui alimente une cellule perpex ;
- une cellule perpex, contenant le liquide dans laquelle la patte enflammée de l'animal est plongée jusqu'au trait de repère, précédemment tracé au niveau de la cheville ;
- un transducteur électrique qui enregistre toutes variations du volume de la patte enflammée ;
- une pédale manuelle, connectée au transducteur, permettant de stabiliser le volume mesuré de la patte enflammée ;

Afin d'étudier les propriétés anti-inflammatoires des extraits au méthanol de deux épices et leur mélange sur l'inflammation aiguë induite par la carragénine, cinquante rats ont été répartis au hasard en six groupes de 5 animaux chacun. Chaque groupe a été traité de la manière suivante pour chaque échantillon:

- un groupe contrôle neutre qui a reçu le NaCl 0,9 % ;
- trois groupes contrôles positifs qui ont reçu respectivement l'Indométacine (10 mg/kg), le Dexaméthasone (10 mg/kg) et le Célécoxib (18 mg/kg) ;
- six groupes tests ayant reçu des extraits au méthanol des épices aux doses 100 mg/kg et 150 mg/kg pour chaque épice et pour le mélange des deux épices (1 :1).

Les différents produits ont été administrés trente minutes avant l'induction de l'oedème qui a été provoquée par injection de la carragénine par voie sous-cutanée dans la voûte plantaire de la patte droite de l'animal, à raison de 0,1 mL par animal selon la méthode décrite par Omar *et al.* (2003). Le volume de la patte a été immédiatement mesuré à l'aide du Pléthysmomètre. Après injection de l'agent phlogogène, le volume de la patte enflée a été enregistré après des temps 0,5 h ; 1 h ; 2 h ; 3 h ; 4 h ; 5 h et 6 h. Ces mesures enregistrées par animal ont permis de calculer le pourcentage d'inflammation (PI) selon la formule suivante :

$$PI = (Vt - V_0) / V_0 \times 100$$

Où V_0 est le volume moyen de la patte mesuré avant tout traitement, et V_t , le volume moyen à un temps t .

Et le pourcentage d'inhibition a été calculé selon la formule suivante :

$$P_{In} = 100 - PI$$

Avec P_{In} : Pourcentage d'inhibition



Photo 30: Pléthysmomètre électrique (model 7150 UGO BASILE, Italie)

II-24-Dosage d'un paramètre marqueur du stress oxydatif : cas du malondialdéhyde (MDA)

La détermination du malondialdéhyde qui est un marqueur du stress oxydatif s'est faite selon la méthode de Wilbur *et al.* (1949). Cette méthode est basée sur le principe suivant lequel, au cours de la phase de l'oxydation (cellulaire/membranaire), les peroxydases se décomposent en divers composés volatiles responsables de l'odeur de rance. Ce dernier réagit avec l'acide thiobarbiturique (TBA) pour former un complexe coloré rose qui absorbe à 530 nm. Pour le dosage proprement dit, 3 g d'organe (patte postérieure non traité des rats) ont été broyés et centrifugés pendant 30 min à 4500 g. La phase supérieure (surnageant) a été recueillie dans un bécher. Puis, dans un tube à essai 1 mL de tampon Tris-HCl 150 mM pH 7,4 a été introduit (tube à essai blanc) et dans un autre tube à essai 1 mL de surnageant 10 % a été introduit (tube à essai test). Ensuite, 0,5 mL de TCA 20 % et 1 mL de TBA 0,67 % ont été successivement introduits dans les tubes qui, fermés ou bouchés à l'aide des billes de verres, ont été incubés à 90°C pendant 10 minutes dans un bain marie. Après refroidissement, sous un courant d'eau, les tubes ont été centrifugés à 1620 g pendant 15 minutes. La densité optique des surnageants a été lue à 530 nm contre un blanc.

La quantité de MDA est exprimée en nanomole de MDA/g d'organe ; selon la formule suivante :

$$MDA (nmole/g \text{ d'organe}) = \frac{DO V_t}{\varepsilon l, m_{organe}}$$

DO = $\varepsilon \cdot C \cdot l$ d'après la loi de Beer-Lambert

DO : est la densité optique mesurée à 530 nm

ε : est le coefficient d'extinction molaire = $1,56 \cdot 10^5 \text{ cm}^2/\text{mmol}$

C : est la concentration de MDA dans le tissu ou la cellule

l : est la longueur de la cuve et représente le trajet optique (1 cm)

V_t le volume total d'homogénat

m_{organe} la masse d'organe utilisé pour préparer l'homogénat.

II-26- ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel statistica. Certaines données ont été collectées puis rassemblées en fréquence. Le test de khi deux a permis de déterminer la dépendance entre deux variables. L'analyse en composante principale, la classification K-means et le barycentre des classes ont été exécutés à l'aide du logiciel statbox version 6.0 (Logiciels plus Menaçant, 1997-2002, Clignacourt, Paris). Toutes les autres mesures ont été effectuées en triple. Les résultats obtenus ont été exprimés en moyenne \pm écart type et les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA), du test de Duncan par le logiciel Statgraphics 5.0 (Manugistics, Rockville, Maryland, USA, 1997). Pour les résultats des tests anti-inflammatoires et anti-stress, la différence entre les contrôles et les groupes traités a été analysés statistiquement par la méthode de l'analyse de variance ANOVA suivie par le test de comparaison multiple de Dunnett, à l'aide du logiciel Graph Pad Instat. Les histogrammes et les courbes ont été faits avec le logiciel Sigmat plot.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I- Enquêtes exploratoires

*Récensement des épices entrant dans la préparation de la sauce jaune

Les enquêtes menées dans les 10 provinces que compte le Cameroun sur la connaissance et le procédé de préparation de la sauce jaune montrent que le nombre d'épices entrant dans la préparation de cette sauce varie considérablement d'une région à une autre, et parfois même dans la même région, d'un ménage à un autre. Au total un maximum de vingt épices est utilisé pour la préparation de cette sauce et au minimum six. Ces différentes épices sont: *Echinops giganteus*, *Solanum melongena*, *Scleria striatinux*, *Dichrostachys glomerata*, *Piper umbellatum*, *Piper guineense*, *Zanthoxylum leprieurii*, *Zanthoxylum xanthoxyloïdes*, *Hua gabonii* (écorce et fruit), *Scorodophloeus zenkeri* (écorce et fruit), *Monodora myristica*, *Xylopia aethiopica*, *Pentadiplandra brazzeana*, *Tetrapleura tetraptera*, *Aframomum daniellii*, *Dorstenia psilurus*, *Mondia whitei*, *Capsicum frutescens*. Les familles, les noms communs et les parties utilisées sont présentés au tableau 2.

*Connaissance de la sauce jaune

La sauce jaune est presque connue de tous. En effet la plupart des personnes enquêtées (95,42 %) la connaissent. Ce fort pourcentage de connaissance justifie sa notoriété à l'échelle nationale comme met traditionnel largement connu de tous. Ceci pourrait être dû au brassage interethnique, au déplacement des populations dans le pays et aussi à l'accroissement accru de la restauration de rue de nos jours. On peut toutefois relever qu'il y a une forte dépendance de la connaissance de la sauce et la province d'origine ($\chi^2 = 47,22$, $df = 10$, $p < 0,001$). La sauce au départ serait originaire des régions de l'Ouest et de là se serait répandue sur tout le territoire. Le pourcentage de connaissance varie en fonction des provinces. En effet on a observé par ordre de connaissance décroissante et par rapport aux personnes enquêtées dans ces différentes localités, les provinces de l'Ouest (100 %), le Nord-Ouest (100 %), le Sud-Ouest (100 %), le Littoral (100 %), l'Est (94,73%), l'Extrême-Nord (92,30 %), le Centre (90,90 %), le Nord (85,71%), l'Adamaoua (82,6 %), le Sud (82,23 %) et les Etrangers (54,54 %). Partiquement seuls les étrangers installés au Cameroun connaissent moins cette sauce épicée.

Tableau 2 : Identification des épices utilisées

Noms scientifiques	Noms communs	Famille	Partie utilisée
<i>Aframomum daniellii</i> (Ad)	Maniguette sucrée	Zingiberaceae	Fruit
<i>Capsicum frutescens</i> (Cf)	Petit pigment rouge	Solanaceae	Fruit
<i>Dichrostachys glomerata</i> (Dg)	Oreilles de souris	Mimosaceae	Fruit
<i>Dorstenia psilurus</i> (Dp)	Remèdes des	Moraceae	Racine
<i>Echinops giganteus</i> (Eg)	Racines tubéreuses	Asteraceae	Racine
<i>Zanthoxylum leprieurii</i> (Fl)	Grappe odoriférante	Rutaceae	Fruit
<i>Zanthoxylum xanthozyloïdes</i> (Fx)	Bouche béante	Rutaceae	Fruit
<i>Hua gabonii</i> (Hg «f»)	Fruit de l'arbre de l'ail	Huacaceae	Fruit
<i>Hua gabonii</i> (Hg «é»)	Ecorce de l'arbre	Huacaceae	Ecorce
<i>Mondia whitei</i> (Mw)	Racine sucrée	Periplocaceae	Racine
<i>Monodora myristica</i> (Mm)	Fausse noix de	Annonaceae	Amande
<i>Pentadiplandra brazzeana</i> (Pb)	Liane blanche	Pentadipandraceae	Racine
<i>Piper guineense</i> (Pg)	Poivre sauvage	Piperaceae	Fruit
<i>Piper umbellatum</i> (Pu)		Piperaceae	Infloraison
<i>Scleria striatinux</i> (Ss)	Racine de chaume	Cyperaceae	Racine
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (Sz "f")	Fruit de l'arbre à l'ail	Caesalpinaceae	Fruit
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (Sz "é")	Ecorce de l'arbre	Caesalpinaceae	Ecorce
<i>Solanum melongena</i> (Sm)	Aubergine	Solanaceae	Fruit
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Tt)	Fruit à 4 ailes	Mimosaceae	Fruit
<i>Xylopia aethiopica</i> (Xa)	Poivre d'Éthiopie	Annonaceae	Fruit

***Consommation de la sauce jaune.**

Tous ceux qui connaissent la sauce jaune ne la consomment forcément pas. Toutefois sur 95,42 % de personnes qui la connaissent, environ 86,2 % la consomment. A cet effet on comprend la forte dépendance entre la connaissance de la sauce jaune et sa consommation ($\chi^2 = 87,7837$, $df = 20$, $p < 0,001$). Les pourcentages obtenus par rapport aux personnes enquêtées dans chaque localité sont de 99 % pour l'Ouest, 100 % pour le Nord-Ouest, 100 % pour le Sud-Ouest, 90,90 % pour le Centre, 56,52 % pour l'Adamaoua, 100 % pour le Littoral, 94,75 % pour l'Est, 82,35 % pour le Sud, 69,23 % pour l'Extrême-

Nord, 54,54 % pour les Etrangers et 57,14 % pour le Nord. Ces résultats montrent qu'il existe un lien étroit entre la province d'origine et la consommation de la sauce jaune. Cette observation laisse croire que cette sauce tirerait son origine de l'Ouest du pays, et s'est par la suite étendue dans d'autres provinces. Toutefois il y a une forte dépendance d'une part entre le lieu de résidence et la consommation de la sauce ($\chi^2= 32,40$, $df = 3$, $p < 0,001$) et d'autre part entre la situation matrimoniale et la consommation de la sauce jaune ($\chi^2= 15,74673$, $df = 2$, $p < 0,001$) avec 62,5% des personnes mariées contre 37,5% des personnes célibataires.

La fréquence de consommation de la sauce jaune se fait de manières différentes en fonction des personnes. Soit 11,7 % la consomment plus de quatre fois par mois, 36,2 % quatre fois par mois, 2,9 % trois fois par mois, 13,7 % une fois par mois et 25,0 % autrement. Ces résultats montrent que la fréquence de la consommation est presque régulière. Toutefois on a noté une forte dépendance entre le rythme de consommation et le lieu de résidence des enquêtés ($\chi^2= 116,71$ $df = 35$, $p < 0,001$). Les personnes qui se trouvent dans les zones où la sauce jaune est considérée comme une nourriture de base la consomment plus.

Il est important de noter que la consommation de cette sauce s'effectue à plusieurs endroits différents et ceci selon les personnes. 40 % consomment la sauce jaune à la maison, 38,8 % dans les restaurants (gargotes) et 21,2 % la consomment ailleurs. Une forte dépendance du lieu de résidence de l'enquêté c'est-à-dire la région où se trouve l'enquêté et le lieu de consommation a été observé ($\chi^2= 31,94$ $df = 14$, $p < 0,01$).

*** Préparation de la sauce jaune**

La préparation de la sauce jaune est très délicate et complexe dans son procédé. Parmi les personnes enquêtées seules 37,5 % connaissent le procédé contre 45,4 % qui ne le connaissent pas. Parmi ceux qui connaissent la préparation 31,7 % l'ont appris par le biais de leur maman et 5,9 % par une autre connaissance. Ces résultats confirment le fait que la sauce jaune est un met ancestral dont la technique de préparation se transmet généralement des parents aux enfants. Cette sauce se prépare pendant diverses occasions. 25,8 % préparent la sauce jaune pour les repas familiaux, 2,5 % pour la réception d'une personnalité hôte, 5,4 % pendant la naissance et 5,4 % pour les autres événements. Par ailleurs il y a une dépendance entre le sexe et la connaissance de la préparation de la sauce jaune ($\chi^2= 21,397$ $df = 2$, $p < 0,001$) avec 8,75 % d'hommes qui la connaissent contre 28,75 % des femmes. Ceci montre que les femmes restent encore les principales actrices

dans la maîtrise de la technique de préparation. D'autre part, il y a une dépendance significative entre la province d'origine et la connaissance de la préparation de cette sauce des personnes enquêtées globalement ($\chi^2 = 174,29$ df = 20, $p < 0,001$), avec 23,75% originaires de la province de l'Ouest, 21,25 % de la province du Nord –Ouest, 12,5 % de la province du Sud-Ouest, 7,08 % du Centre, 0,4 % de l'Adamaoua, 8,75 % du Littoral, 7,08 % de l'Est, 7,08 % du Sud et 7,08 % du Nord.

La figure 10 représente la variation du pourcentage de la connaissance de la technique de préparation avec la tranche d'âge. Il en ressort que c'est la tranche d'âge située entre 30-40 ans qui connaît plus la technique (16,7 %), suivi de celle de 41-53 ans (10,8 %) et enfin celle de 19-29 ans avec un pourcentage de 10,0 %. Ces résultats s'expliqueraient peut être par le fait que le procédé de préparation a beaucoup de contraintes et qu'il faut du temps pour acquérir l'expérience.

*** Contraintes liées à la préparation de la sauce jaune**

Lors de la préparation de la sauce jaune l'on est confronté à plusieurs contraintes. Le nombre d'épices et leur proportion entrant dans la composition du mélange restent l'une des contraintes majeures. De plus la mouture du mélange d'épices reste une étape très fastidieuse. Parmi les personnes qui connaissent la technique de préparation 17,2 % ne savent pas composer le mélange. En plus il y a aussi le problème d'approvisionnement des épices qui se pose. 5 % se les procurent en champs, 24, 4 % au marché et 7,9 % chez les parents et connaissances. La non maîtrise de la composition du mélange oblige 15,2 % de personnes parmi ceux qui savent préparer à acheter les mélanges déjà composés par les vendeuses au marché.

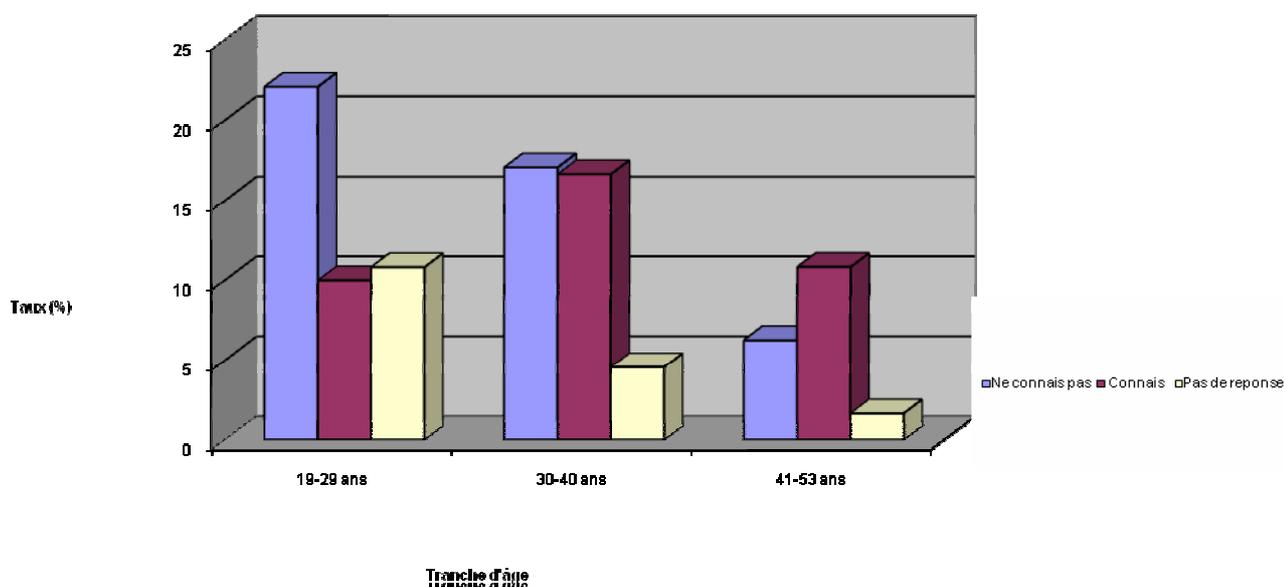


Figure 12: Connaissance culinaire de la sauce jaune en fonction de l'âge

* Connaissance et utilisation des épices entrant dans la préparation de la sauce jaune

La connaissance des différents épices qui entrent dans la préparation de la sauce jaune et leur utilisation comme ingrédients dans la cuisine varie en fonction des origines. Le tableau de contingence (Tableau 3) indique le pourcentage d'utilisation de ces différentes épices en fonction des provinces et ceci par rapport au nombre de personnes enquêtées dans ces différentes localités. Ce tableau justifie le fait que certaines régions se distinguent par l'utilisation d'une épice particulière par rapport à d'autres. C'est ainsi qu'on peut noter que seule la province de l'Ouest utilise à hauteur de 64 % par rapport aux personnes enquêtées l'épice *S. zenkeri* (fruit). La province de l'Adamaoua elle, se caractérise par le fait qu'elle n'utilise pas les épices *E. giganteus*, *S. melongena*, *H. gabonii* (fruit), *D. glomerata*, *Z. leprieurii*, *H. gabonii* (écorce), *P. umbellatum*, *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *S. striatinux*, *S. zenkeri* (fruit), *D. psilurus*, *Z. xanthoxyloïdes*. De ce tableau, il ressort également qu'un minimum de six épices (*P. brazzeana*, *X. aethiopica*, *S. zenkeri* (écorce), *P. guineense*, *T. tetraptera* et *M. whitei*) sont connues et utilisées parmi les vingt épices recensées qui entrent dans la préparation de la sauce jaune.

De plus l'analyse en composante principale (ACP) a permis de mieux visualiser cette distinction. La distribution des provinces sur les systèmes d'axes peut s'organiser en composantes principales (F1 et F2, F1 et F3). La figure 11 illustre la représentation des différentes localités de l'étude sur le système d'axe F1 x F2. Cette figure explique 95 % des variations existantes avec une contribution de 82 % pour l'axe F1 et 13 % pour l'axe F2. On peut également observer dans cette figure un regroupement des localités étudiées en trois grandes classes en fonction du rapprochement de leur connaissance et utilisation des différentes épices. C'est ainsi qu'on peut observer un groupe représenté par la province de l'Ouest, un autre par les provinces de du Nord-Ouest et du Sud-Ouest, et enfin le dernier formé par le reste des provinces. Pour mieux apprécier le dernier groupe qui paraît un peu touffus dans le système d'axe F1 x F2, le système d'axe F1 et F3 a été considéré et explique 84 % des résultats obtenus (figure 12).

Ce système d'axe a permis de réorganiser le troisième groupe précédent en deux à savoir : le groupe constitué des provinces du Littoral, Extrême-Nord et Sud et du groupe représenté par les provinces du Centre, du Nord, de l'Adamaoua et de l'Est.

Tableau 3: Fréquence de connaissance et d'utilisation des épices en fonction des provinces

Prov	Eg	Sm	Hg (é)	P b	Dg	Dp	Zl	Zx	Hg (f)	Xa	P u	Sz (é)	M m	Af d	C f	Pg	Tt	Ss	Mw	Sz (f)
Ad	0,00	0,00	0,00	9,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,52	0,00	4,76	0,00	0,00	0,00	9,52	9,52	0,00	4,76	0,00
Ce	4,55	9,09	0,00	13,64	0,00	0,00	13,64	4,55	9,09	9,09	0,00	9,09	0,00	0,00	9,09	13,64	13,64	13,64	4,55	0,00
Es	15,79	26,32	0,00	26,32	5,26	5,26	21,05	10,53	0,00	26,32	0,00	21,05	0,00	10,53	21,05	21,05	26,32	21,05	10,53	0,00
EN	15,38	15,38	15,38	23,08	0,00	7,69	23,08	15,38	15,38	23,08	7,69	15,38	7,69	15,38	23,08	23,08	23,08	23,08	15,38	0,00
Lt	15,00	15,00	15,00	25,00	10,00	5,00	25,00	15,00	20,00	20,00	15,00	20,00	20,00	20,00	25,00	20,00	20,00	25,00	25,00	0,00
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO	9,38	40,63	34,38	46,88	9,38	25,00	40,63	9,38	28,13	40,63	21,88	28,13	25,00	28,13	34,38	37,50	37,50	37,50	37,50	0,00
Ou	66,00	16,00	64,00	56,00	64,00	50,00	70,00	38,00	64,00	70,00	22,00	52,00	64,00	52,00	52,00	40,00	70,00	42,00	66,00	64,00
Su	11,76	11,76	5,88	11,76	5,88	5,88	11,76	11,76	5,88	11,76	5,88	11,76	0,00	5,88	11,76	11,76	11,76	11,76	5,88	0,00
SO	0,00	58,62	58,62	55,17	20,69	10,34	55,17	10,34	55,17	51,72	10,34	51,72	44,83	44,83	51,72	51,72	55,17	58,62	65,52	0,00

Prov: Province; **Ad:** Adamaoua; **Ce:** Centre; **Es:** Est; **EN:** Extrême-Nord; **Lt:** Littoral; **N:** Nord; **NO:** Nord-Ouest; **Ou:** Ouest; **Su:** Sud; **SO:** Sud-Ouest; **Eg:** *Echinops giganteus*; **Sm:** *Solanum melongena*; **Hg (é):** *Hua gabonii* (écorce); **Pb:** *Pentadiplandra brazzeana*; **Dp:** *Dorstenia psilurus*; **Zl:** *Zanthoxylum leprieurii*; **Zx:** *Zanthoxylum xanthoxyloides*; **Hg (f):** *Hua gabonii* (fruit); **Xa:** *Xylopiya aethiopica*; **Pu:** *Piper umbellatum*; **Sz (é):** *Scorodophloeus zenkri* (écorce); **Mm:** *Monodora myristica*; **Af d:** *Aframomum daniellii*; **Cf:** *Capsicum frutescens*; **Pg:** *Piper guineense*; **Tt:** *Tetrapleura tetraptera*; **Ss:** *Scleria striatinux*; **Mw:** *Mondia whitei*; **Sz (f):** *Scorodophloeus zenkeri* (fruit).

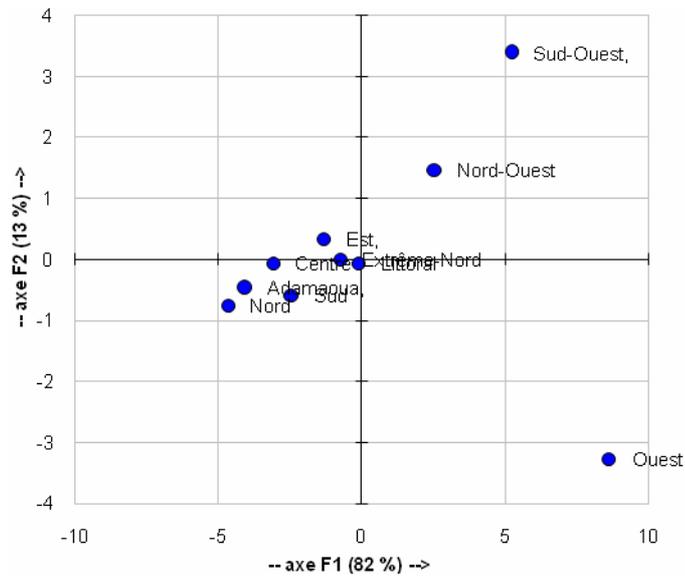


Figure 13:Cartographie de représentation des provinces sur les axes F1 x F2

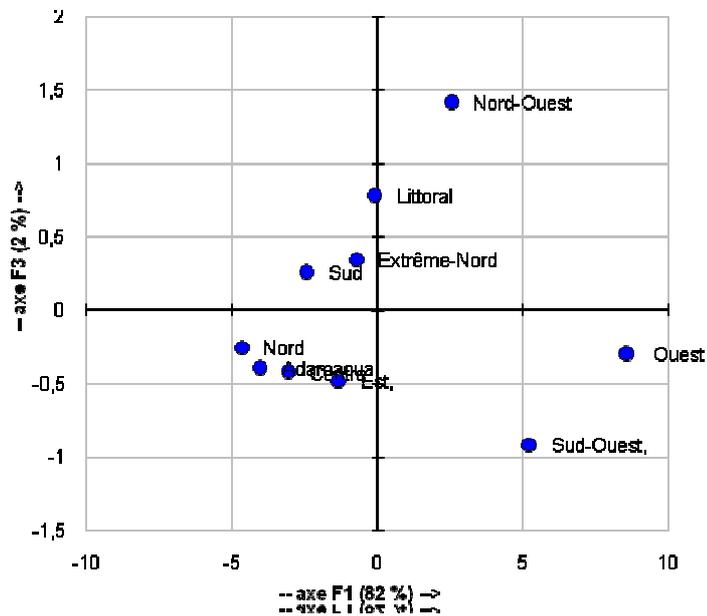


Figure 14:Cartographie de représentation des provinces sur les axes F1 x F3

Le tableau 4 matérialise la classification K-means qui a permis de regrouper les provinces en fonction de leur rapprochement par rapport à leur degré d'utilisation et de connaissance des différentes épices, il confirme de ce fait les différentes classes obtenues par l'analyse en composante principale observées plus haut. On constate dans ce tableau que ces différentes localités peuvent être organisées en quatre grandes classes: la classe 1 avec les provinces du Nord-Ouest et Sud-Ouest, la classe 2 avec la province de l'Ouest, la classe 3 avec les provinces de l'Adamaoua, du Centre, du Sud et du Nord et enfin la classe 4 constituée des provinces du Littoral, de l'Est et de l'Extrême-Nord.

Tableau 4: Classification de K-means

Classe	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Effectif	2	1	4	3
	Nord-Ouest	Ouest	Adamaoua	Est
	Sud-Ouest		Centre	Extrême-Nord
			Nord	Littoral
			Sud	

La figure 15 quant à elle présente le barycentre des différentes classes de province obtenues précédemment. Cette représentation a permis de mieux ressortir les épices qui ont permis de différencier les classes majeures. En général, le cercle issu de cette figure montre qu'au maximum les épices sont représentées avec un taux de 70 %. On remarque ici que seule la classe 2 utilise toutes les épices mais à des pourcentages très variés. Dans cette classe 2, les épices *X. aethiopica*, *F. leprieurii*, *T. tetraptera* ont un pourcentage de connaissance et d'utilisation de 70 %, suivies des épices *D. glomerata*, *H. gabonii* (écorce), *E. giganteus*, *S. zenkeri* (écorce), *M. whitei*, *M. myristica*, *H. gabonii* (fruit) avec un pourcentage de plus de 60 %.

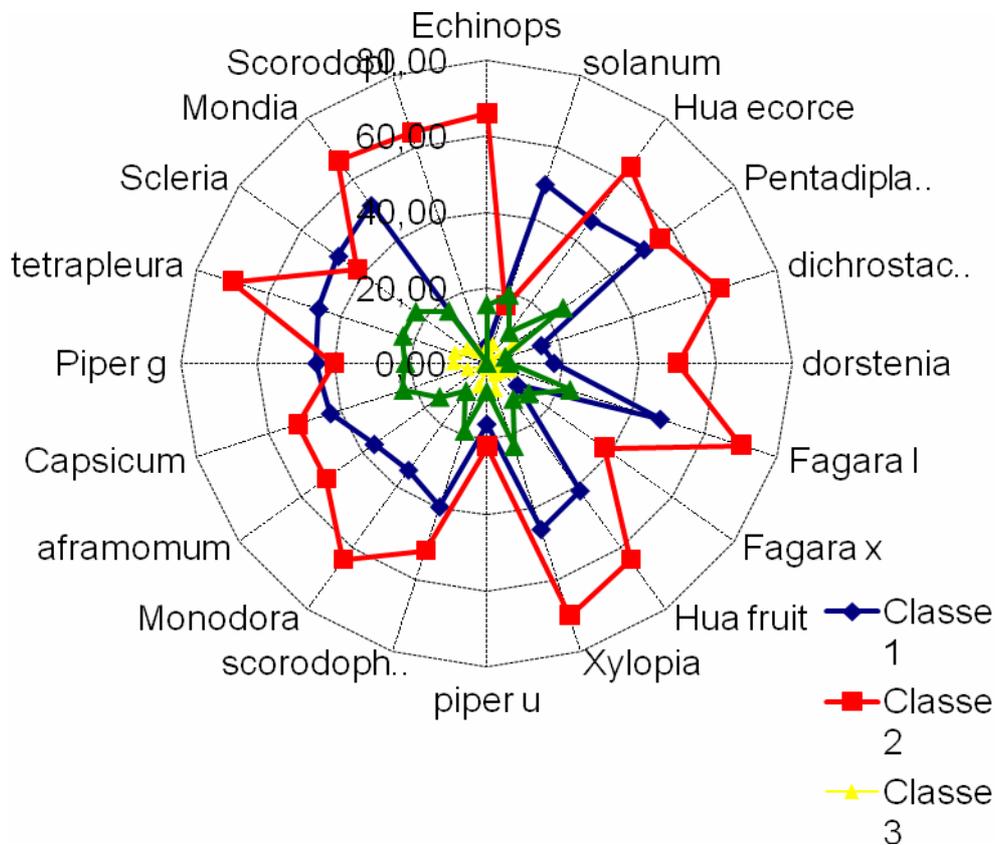


Figure 15: Barycentre des différentes classes d'épices

Contrairement aux autres épices de cette classe 2, les épices *S. melongena* et *P. umbellatum* une très faible représentation (moins de 20 %). La classe 1 elle, est illustrée par des épices avec un taux maximum de 50 % à savoir: *S. melongena*, *P. brazzeana*, *Z. leprieurii*, *M. whitei*, *S. striatinux*. Puis les épices avec un pourcentage de connaissance et d'utilisation de plus de 40 % constituées par: *H. gabonii* (fruit), *H. gabonii* (écorce), *S. zenkeri* (fruit), *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera* et *X. aethiopica*. Les épices faiblement représentées dans cette classe 1 sont: *Z. xanthoxyloïdes*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (écorce), *D. psilurus*, *D. glomerata* avec un pourcentage de moins de 20 %. Les classes 3 et 4 sont constituées des épices faiblement représentées en général. La classe 4 possède des épices ayant un taux maximum de connaissance et d'utilisation de moins de 30 % et la classe 3 un taux maximum de moins de 10%.

Cependant il est important de mentionner les épices qui permettent de différencier les différentes classes obtenues qui se rapprochent. Concernant la classe 1 et 2, les épices *S. melongena* et *E. giganteus* qui sont plus utilisées dans la classe 1 et *S. zenkeri* (écorce), *D. glomerata*, *D. psilurus* et *Z. leprieurii* qui sont plus connues et utilisées dans la classe 2 permettent d'expliquer les variations entre ces deux classes. Tandis que pour la classe 3 et 4, toutes les épices autres que *P. umbellatum*, *Z. leprieurii*, *D. psilurus*, *H. gabonii* (écorce), *S. zenkeri* (écorce) et *S. zenkeri* (fruit) expliquent les différences entre ces deux classes.

Le tableau 5 fait ressortir les différentes corrélations entre les différentes épices recensées. On note des corrélations positives et significatives au seuil de 5 % entre les épices. A partir de ce tableau on peut se permettre de simuler la composition en épices des différents mélanges possibles :

1) *H. gabonii* (écorce), *P. brazzeana*, *D. glomerata*, *D. psilurus*, *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

2) *P. brazzeana*, *D. glomerata*, *D. psilurus*, *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

3) *D. glomerata*, *D. psilurus*, *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

4) *D. psilurus*, *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

5) *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

6) *Z. xanthoxyloïdes*, *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *T. tetraptera*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

7) *H. gabonii* (fruit), *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

8) *X. aethiopica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

9) *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*;

10) *S. zenkeri* (fruit), *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*;

11) *M. myristica*, *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce);

12) *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce) ;

13) *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*;

14) *E. giganteus*, *D. glomerata*, *D. psilurus*, *Z. leprieurii*, *Z. xanthoxyloïdes*, *X. aethiopica*, *M. myristica*, *T. tetraptera*, *S. zenkeri* (écorce);

15) *S. melongena*, *H. gabonii* (écorce), *P. brazzeana*, *Z. leprieurii*, *X. aethiopica*, *S. zenkeri* (fruit), *A. daniellii*, *C. frutescens*, *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*;

16) *P. guineense*, *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*;

17) *T. tetraptera*, *S. striatinux*, *M. whitei*, *S. zenkeri* (écorce);

18) *S. striatinux et M. whitei*.

Tableau 5 : Corrélation entre les différentes épices

	Eg	Sm	Hg	Pb	Dg	Dp	Zl	Zx	Hg	X a	Pu	Sz (f)	Mm	Ad	Cf	Pg	Tt	Ss	Mm	Sz (é)
Eg	1																			
Sm	-0,05	1																		
Hg	0,56	0,66	1																	
Pb	0,52	0,79	0,93	1																
Dg	0,88	0,23	0,83	0,73	1															
Dp	0,87	0,28	0,80	0,77	0,91	1														
Zl	0,66	0,67	0,96	0,97	0,85	0,85	1													
Zx	0,95	0,17	0,70	0,66	0,89	0,86	0,79	1												
Hg(f)	0,60	0,60	0,99	0,91	0,85	0,79	0,96	0,73	1											
Xa	0,69	0,65	0,94	0,97	0,86	0,87	0,98	0,79	0,93	1										
P u	0,60	0,46	0,79	0,79	0,68	0,82	0,80	0,71	0,77	0,77	1									
Sz (f)	0,57	0,74	0,95	0,97	0,81	0,75	0,98	0,72	0,95	0,97	0,71	1								
M m	0,67	0,53	0,97	0,90	0,91	0,85	0,95	0,77	0,98	0,94	0,80	0,93	1							
Ad	0,62	0,67	0,98	0,96	0,84	0,82	0,98	0,76	0,97	0,97	0,81	0,97	0,97	1						
C f	0,56	0,77	0,94	0,98	0,76	0,75	0,98	0,74	0,94	0,96	0,78	0,98	0,92	0,98	1					
P g	0,37	0,87	0,91	0,98	0,62	0,65	0,93	0,56	0,88	0,92	0,71	0,95	0,84	0,92	0,96	1				
Tt	0,67	0,65	0,95	0,96	0,86	0,84	0,98	0,78	0,94	1,00	0,73	0,98	0,94	0,97	0,96	0,92	1			
Ss	0,36	0,88	0,90	0,96	0,61	0,61	0,93	0,57	0,89	0,89	0,71	0,95	0,84	0,92	0,97	0,98	0,90	1		
Mw	0,53	0,71	0,99	0,96	0,81	0,77	0,97	0,68	0,98	0,95	0,77	0,98	0,97	0,99	0,96	0,94	0,96	0,93	1	
Sz (é)	0,94	-0,06	0,64	0,52	0,94	0,88	0,67	0,86	0,67	0,70	0,55	0,60	0,75	0,64	0,55	0,38	0,70	0,35	0,60	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral); Eg: Echinops giganteus; Sm: Solanum melongena; Hg (é): Hua gabonii (écorce); Pb: Pentadiplandra brazzeana; Dp: Dorstenia psilurus; Zl: Zanthoxylum leprieurii; Zx: Zanthoxylum xanthoxyloides; Hg (f): Hua gabonii (fruit); Xa: Xylopi aethiopic a; Pu: Piper umbellatum; Sz (é): Scorodophloeus zenkri (écorce); Mm: Monodora myristica; Ad: Aframomum daniellii; Cf: Capsicum frutescens; Pg: Piper guineense; Tt: Tetrapleura tetraptera; Ss: Scleria striatinux; Mw: Mondia whitei; Sz (f): Scorodophloeus zenkeri (fruit).

***Vertus de la sauce jaune**

Les résultats des enquêtes montrent que la sauce jaune est reconnue pour ses vertus thérapeutiques par 27,5 % de personnes parmi lesquelles 1,25 % disent qu'elle traite le mal de ventre, 5 % que cette sauce permet d'anéantir leur état d'ivresse, 1,25 % qu'elle déconstate, 1,25 % qu'elle est digeste, 1,25 % qu'elle traite le mal d'estomac, 2,91 % disent qu'elle soignent la jaunisse, 5,41 % qu'elle favorise la production du lait par les femmes allaitantes, 4,58 % qu'elle favorise l'évacuation du sang des femmes pendant les accouchements, 5,85 % qu'elle possède les propriétés revitalisantes et aphrodisiaques. Toutes ces vertus et propriétés qui lui sont reconnues seraient liées à la composition des différentes épices qui entrent dans les mélanges.

II- Composition chimique proximale

Le tableau 6 présente les résultats du taux d'humidité des vingt épices étudiées. De ce tableau il ressort que le taux d'humidité des poudres d'épices varie considérablement ($p < 0,001$) entre les échantillons. Ces résultats montrent que les épices peuvent être rangées en deux grands groupes. Le groupe d'épices ayant une teneur en eau très basse avec des valeurs allant de 3,6 à 5 % composé de : *T. tetraptera*, *S. zenkeri* (écorce), *Z. xanthoxyloïdes* et *D. glomerata* et le groupe d'épices à basse teneur en eau avec des valeurs allant de 9 à 14,4% représenté par *A. daniellii*, *C. frutescens*, *M. myristica*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* (fruit), *M. whitei* et *Z. leprieurii*. Ces teneurs en eau relativement faibles confèrent aux poudres d'épices une plus grande stabilité et par conséquent un stockage assez long. Cette particularité est d'une importance capitale, due au fait que les épices sont très souvent utilisées sur une période longue d'où la non nécessité d'un traitement préalable. Les résultats similaires ont été obtenus par Tchiégang et Mbougoueng (2005) sur les épices vendues au marché au Cameroun.

La teneur en cendre varie entre 7,7% (*S. melongena*) et 10,5% (*Z. leprieurii*). Ces valeurs observées (tableau 6) sont supérieures à celles rapportées par Tchiégang et Mbougoueng (2005) qui ont trouvé des valeurs qui oscillent entre 2 et 9%. Cette forte teneur en cendre montre que les épices en général pourraient être une source alimentaire potentielle de minéraux. En fait aucune variation significative ($p < 0,001$) de teneur en cendre entre les épices n'a été observée. Ces résultats indiquent qu'environ 0,1g de minéral pourrait être fourni par la consommation de 1g d'épices.

***La teneur en minéraux**

Les résultats des minéraux rassemblés dans les tableaux 6 et 7 montrent qu'en général les teneurs en calcium, magnésium, potassium, aluminium, fer et sélénium sont élevées dans toutes les épices contrairement à celles du sodium, cuivre, zinc et manganèse qui se sont révélés faibles.

***Les minéraux majeurs**

Presque toutes les épices présentent une teneur élevée en calcium. Les moyennes varient significativement ($p < 0,001$) entre les épices et vont de 62 mg/100g (*A. daniellii*) à 1594 mg/100g (*H. gabonii* « écorce »). La valeur obtenue dans l'épice *H. gabonii* (écorce) reste cependant inférieur à celle rapporté par Tchiegang et Mbougueng (2005). Par ailleurs on peut classer les échantillons d'épices étudiées en cinq groupes, en fonction de leur composition en calcium. Le premier groupe d'épices avec des teneurs très basses allant de 62,3 mg/100g pour *A. daniellii* à 87,4 mg/100g pour *S. zenkeri* (fruit). Le deuxième groupe constitué des épices avec des valeurs oscillant entrent 155,9 mg/100g pour *P. brazzeana* et 188,4 mg/100g pour *Z. leprieurii*. Les épices *D. glomerata* (217,6 mg/100g), *D. psilurus* (233,0 mg/100g), *S. zenkeri* (écorce) (223,6 mg/100g) et *X. aethiopica* (228,3 mg/100g) représentent le troisième groupe. Ensuite le quatrième groupe composé des épices *M. myristica* (374,8 mg/100g) et *P. guineense* (465 mg/100g). Enfin, le cinquième groupe constitué par les épices *P. umbellatum* (845,3 mg/100g), *M. whitei* (1060,0 mg/100g), *H. gabonii* (écorce) (1594,5 mg/100g) possédant les plus grandes teneurs en calcium. Ces grandes variations en calcium trouvées dans nos épices ont été également rapportées sur les légumes au Bangladeshi avec des valeurs qui oscillent de 17 mg/100g à 2596 mg/100g (Hels *et al.*, 2004). Par ailleurs les teneurs en calcium élevées similaires mais moins variables ont été rapportées sur les épices en Turquie (633 mg/100g à 1236 mg/100g) par Özcan (2004). Il est important de rappeler que le calcium est le composant majeur des os, et joue un rôle remarquable dans la contraction musculaire (Brody, 1994). Une allocation diététique de 900 mg/jour est recommandée pour les adultes et les enfants (Akpanabiatu *et al.*, 1998). Une étude sur la consommation faite au Cameroun révèle que 10 g d'épice peuvent être ingérées quotidiennement par un être. Cela suggère qu'une épice peut contribuer entre 6,2 et 159 mg de prise du calcium et représenter par conséquent entre 0,7 et 17,7% de besoin journalier recommandé.

Les quantités en magnésium varient entre 72,0 mg/100g (*H. gabonii* "écorce") et 531,6 mg/100g (*P. umbellatum*). Ces valeurs se rapprochent de celles (121 – 573,8

mg/100g) rapportées pour les épices en Turquie (Özcan, 2004). Certaines de nos épices ont des valeurs supérieures à celles obtenues dans les légumineuses (le niébé) telles que relevées (230 mg/100g) par Deshpande et Damodaran (1990). En général les doses journalières recommandées de magnésium varient entre 80 et 480 mg pour le bon fonctionnement physiologique du corps.

La teneur en sodium des épices dans cette étude varie significativement ($p < 0,001$) et se situe entre 0,5 mg/100g (*S. melongena* et *Z. leprieurii*) et 31,1 mg/100g (*S. zenkeri* "fruit"). Ces valeurs ne sont pas trop différentes de celles rapportées par Deshpande et Damodaran (1990) sur le niébé et sont inférieures à celles rapportées par Guil *et al.* (1998) et Vivek et Garg (2006) respectivement sur les plantes comestibles d'Espagne (55 - 290 mg/100g) et de l'Inde (17 - 290 mg /100g). Ce minéral est le principal électrolyte extracellulaire il joue également un rôle important dans l'entretien de l'équilibre hydrique de l'organisme humain et en particulier dans la balance acido-basique. Il est aussi indispensable pour la transmission de l'influx nerveux et le transport du glucose dans les cellules.

Les épices analysées exhibent une variation considérable ($p < 0,01$) en teneur potassique. Les valeurs obtenues oscillent entre 69,9 mg/100g (*S. striatinux*) et 592,7 mg/100g (*M. whitei*). La relative teneur élevée en potassium comparée au sodium dans nos épices est important pour son efficacité sur la baisse de la pression sanguine (Osborne *et al.*, 1996; Zemel, 1997). En effet, les teneurs en sodium des épices sont 40 fois plus faibles que celles du potassium, Les études menées par Guil *et al.* (1998) sur les épices non domestiques en Espagne révèlent des moyennes légèrement supérieures à nos épices (280 - 670 mg/100g) alors que des valeurs très élevées (590,6 et 2481,1 mg/100g) ont été rapportées par Özcan (2004).

***Les minéraux mineurs**

La teneur en fer varie significativement ($p < 0,001$) entre les épices avec des teneurs comprises entre 5,9 mg/100g (*S. zenkeri* « écorce ») et 206,4 mg/100g (*E. giganteus*). Ces valeurs sont comparables à celles obtenues par Tchiégang et Mbougueng (2005) sur certaines épices camerounaises (0,4-41,9 mg/100g) et Hels *et al* (2004) sur les légumes du Bangladesh (3,5 - 49,4 mg/100g). Les mêmes observations ont été également faites sur le haricot blanc (30,6/100 mg) par Sangronis et Machado (2007). L'apport alimentaire en fer est estimée à 7-30 mg/jour ce qui peut nous permettre de suggérer que les épices en général ont une teneur suffisante pour couvrir les besoins alimentaires surtout

que les pays africains restent les plus vulnérables à ce manque dû à l'anémie causée en particulier par la malaria (FAO, 1998).

Dans cette étude, la teneur en manganèse varie significativement ($p < 0,001$) et se situent entre 0,7 mg/100g (*D. psilurus*) et 20,5 mg/100g (*S. zenkeri* « écorce »). Les résultats obtenus pour certaines de nos épices comparés à ceux rapportés par certains auteurs (Özcan, 2004 ; Guil, 1998) sur les épices en Turquie (1,06 - 11,7 mg/100g) et en Espagne (0,29 - 1,00 mg/100g) sont plus élevés. Ce minéral est le cofacteur de beaucoup d'enzymes du métabolisme lipidique et glucidique et intervient dans la désintoxication des cellules des radicaux libres très néfastes.

La teneur en cuivre varie significativement ($p < 0,001$) d'une épice à une autre. En général les valeurs observées sont faibles et varient entre 0,01 mg/100g (*P. brazzeana*) et 1,7 mg/100g (*X. aethiopica*). Ce minéral est indispensable à la synthèse de l'hémoglobine et à l'utilisation du fer. Il entre aussi dans la composition des plusieurs enzymes impliquées dans la respiration cellulaire, dans la défense cellulaire, l'activité du système nerveux, et la formation de la mélanine.

Le taux d'aluminium dans les épices varie significativement ($p < 0,001$) et oscille de 4,1 mg/100g pour *S. zenkeri* (écorce) à 411,9 mg/100g pour *E. giganteus*. Par contre des teneurs plus élevées en aluminium rapportées Özcan, 2004 pour le lavender (106,4 mg/100g) et Özcan *et al* (2008) pour *C. angustifolia* (22,771 mg/100g) sont inférieures à celles trouvées dans *E. giganteus*. La teneur en zinc des échantillons d'épices étudiées varie significativement ($p < 0,001$) et les valeurs fluctuent entre 0,7 mg/100g (*P. brazzeana*, *Z. xanthoxyloides*) et 6,7 mg/100g (*A. daniellii*, *S. zenkeri* « fruit »). La gamme de ces valeurs est similaire à celle observée pour les légumes du Bangladesh par Hels *et al.* (2004). A l'opposé, ces valeurs sont plus élevées, comparées à celles rapportées par Vivek et Garg (2006) sur les épices récoltées en Inde. En rapport avec la dose journalière recommandée (6-19 mg) (FAO, 1998), ces épices peuvent être considérées comme sources alimentaires supplémentaires en zinc, si elles sont consommées en mélange. La teneur en sélénium de nos échantillons varie de moins de 5 µg/100g (*E. giganteus*, *Z. leprieurii*, *M. whitei*, *S. melongena*) à 310 µg/100g (*S. zenkeri* « fruit »). De façon comparative, les études menées sur les aliments dans d'autres pays tel que la Mauritanie et en Tanzanie montrent des teneurs moins élevées avec des valeurs de 0,009 à 1,38 µg/100g et de 0,1 à 12,7 µg/100g respectivement (Subratty *et al.*, 2004; Prapaisri *et al.*, 2005). Les taux relativement élevés en sélénium dans ces échantillons comparés à ceux observés par d'autres auteurs seraient

probablement dus à la forte teneur en sélénium dans les sols des zones de récolte de nos différents échantillons. Les épices qui peuvent être considérées comme riches et source sélénium sont : *S. zenkeri* (fruit) avec une teneur de 310 µg/100 g, *H. gabonii* (fruit) avec une valeur de 160 µg/100 g, *D. glomerata* avec 110 µg /100 g, puis *S. striatinux* avec une teneur de 110 µg/100 g et enfin *S. zenkeri* (écorce) avec une valeur de 110 µg/100 g. En effet, l'apport journalier recommandé de sélénium est de 20-80 µg/jour (FAO, 1998).

Le zinc est indispensable à la croissance, et intervient comme cofacteur avec plus de 120 enzymes. Sa déficience a été signalée dans la plupart des pays en voie de développement. Il joue un rôle particulier dans le système immunitaire. Théoriquement les épices recensées pour notre étude pourraient jouer un rôle dans la gestion de quelques maladies chroniques surtout le cancer, les maladies cardiovasculaires grâce à leur teneur relativement élevée en certains minéraux.

***Teneurs en protéines et acides aminés**

Le tableau 8 indique les résultats des teneurs en matière azoté totale, de l'azote non protéique, des protéines totales et leurs différentes compositions en acides aminés essentiels. On remarque dans ce tableau que tous les paramètres analysés varient significativement ($p < 0,001$) entre les épices. On peut relever que les teneurs en matière azotée totale fluctuent entre 0,99 % (*D. psilurus*) et 2,16 % (*P. umbellatum*), tandis que celles de l'azote non protéique varient de 0,13 % (*H. gabonii* « fruit ») à 0,65 % (*P. brazzeana*), et les teneurs en protéines totales oscillent entre 4,82 % (*D. psilurus*) et 13,61 % (*M. myristica*). Jiyu, Xingqian, Jianchu, Donghong et Shaohuan (2007) ont observé des teneurs en protéines plus élevées dans les différents cultivars de *Myrica rubra* (27,64 % – 25,04 %) en Chine. Pour ce qui concerne les acides aminés essentiels totaux les quantités se situent entre 15,85 % (*T. tetraptera*) et 79,81 % (*S. zenkeri* « fruit »). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Jiyu *et al.* (2007) sur certains cultivars de *Myrica rubra* (27,83 % – 29,91 %) en Chine. On peut conclure à partir de ces valeurs que l'épice *S. zenkeri* (fruit) pourrait constituée une bonne source ou un supplément protéique et en acides aminés essentiels.

Tableau 1: Teneur en eau, cendre et en éléments minéraux majeures des épices

Epices	Teneur en eau (%)	Cendre (%)	Calcium (mg/100g)	Magnesium (mg/100g)	Sodium (mg/100g)	Potassium (mg/100g)
<i>Aframomum daniellii</i>	9,0 ± 0,7 ^h	9,7 ± 0,06 ^{fg}	62,3 ± 2,8 ^a	125,2 ± 4,7 ^{de}	7,7 ± 0,2 ^{abcd}	431,6 ± 21,6 ⁱ
<i>Capsicum frutescens</i>	9,2 ± 0,8 ^h	9,9 ± 0,07 ^h	173,0 ± 8,5 ^e	254,0 ± 9,9 ^k	8,0 ± 0,3 ^{abcd}	206,1 ± 9,9 ^{bc}
<i>Dichrostachys glomerata</i>	4,1 ± 0,6 ^b	9,3 ± 0,06 ^d	217,6 ± 10,8 ^e	161,8 ± 7,4 ^{ghi}	12,9 ± 0,5 ^{bcde}	404,2 ± 18,6 ^{hi}
<i>Dorstenia psilirus</i>	8,2 ± 0,8 ^g	9,6 ± 0,03 ^{fg}	233,0 ± 8,9 ^e	116,1 ± 5,8 ^{cde}	9,7 ± 0,4 ^{abcd}	340,4 ± 13,3 ^{fg}
<i>Echinops giganteus</i>	7,0 ± 0,9 ^{de}	9,5 ± 0,11 ^{ef}	176,4 ± 6,9 ^e	88,8 ± 3,5 ^{bc}	6,6 ± 0,2 ^{abc}	367,8 ± 15,8 ^{gh}
<i>Zanthoxylum leprierii</i>	14,4 ± 0,9 ^k	8,7 ± 0,05 ^b	182,3 ± 9,7 ^e	211,9 ± 10,0 ^j	< 0,5 ± 0,0 ^a	31,9 ± 1,2 ^a
<i>Zanthoxylum xanthoxyloïdes</i>	4,5 ± 1,4 ^b	9,3 ± 0,09 ^d	188,4 ± 6,5 ^e	142,9 ± 6,5 ^{fgh}	13,4 ± 0,6 ^{bcde}	517,5 ± 25,8 ^j
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	8,2 ± 1,2 ^f	10,5 ± 0,011 ^{fg}	74,5 ± 3,1 ^a	118,0 ± 5,8 ^{cde}	5,6 ± 0,2 ^{ab}	340,4 ± 13,3 ^{fg}
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	6,7 ± 0,8 ^l	9,7 ± 0,03 ^j	1594,5 ± 80,3 ^j	72,0 ± 2,9 ^b	0,5 ± 0,02 ^a	370,8 ± 17,5 ^{efg}
<i>Mondia whitei</i>	12,1 ± 0,6 ^j	10,4 ± 0,05 ^{de}	1060,0 ± 53,4 ⁱ	531,6 ± 27,1 ^l	21,4 ± 0,9 ^f	592,7 ± 23,1 ^k
<i>Monodora myristica</i>	9,1 ± 0,8 ^h	9,4 ± 0,15 ⁱ	374,8 ± 13,8 ^f	131,8 ± 6,1 ^{ef}	9,1 ± 0,4 ^{abcd}	431,6 ± 17,7 ⁱ
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	7,0 ± 0,7 ^d	8,9 ± 0,08 ^c	155,9 ± 6,1 ^{cde}	250,5 ± 11,8 ^k	9,9 ± 0,3 ^{abcd}	188,4 ± 7,2 ^b
<i>Piper guineense</i>	7 ± 0,5 ^{ef}	9,5 ± 0,11 ^{ef}	465,6 ± 20,1 ^g	296,4 ± 12,7 ^l	12,9 ± 0,6 ^{bcde}	316,7 ± 14,2 ^{efg}
<i>Piper umbellatum</i>	9,1 ± 0,9 ^h	9,6 ± 0,03 ^{fg}	845,3 ± 32,9 ^h	490,3 ± 23,1 ^l	28,1 ± 1,3 ^h	349,5 ± 13,2 ^a
<i>Scleria striatinux</i>	8,4 ± 1,1 ^f	9,8 ± 0,05 ^{ef}	82,1 ± 3,1 ^{bc}	175,07 ± 7,5 ⁱ	18,5 ± 0,7 ^{de}	69,9 ± 2,5 ^a
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	4,4 ± 1,2 ^b	9,5 ± 0,05 ^a	87,0 ± 3,4 ^e	145,2 ± 6,7 ^{fghi}	31,1 ± 1,4 ^g	288,8 ± 11,0 ^{def}
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	11,1 ± 1,1 ⁱ	9,2 ± 0,09 ^d	223,6 ± 10,3 ^{bc d}	22,5 ± 0,9 ^a	6,5 ± 0,2 ^{abc}	367,8 ± 14,7 ^{gh}
<i>Solanum melongena</i>	8,0 ± 0,6 ^g	7,7 ± 0,05 ^{gh}	155,9 ± 6,5 ^{cde}	250,5 ± 12,0 ^k	< 0,5 ± 0,0 ^a	319,1 ± 11,5 ^d
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	3,6 ± 0,8 ^a	9,6 ± 0,03 ^{fg}	166,7 ± 6,1 ^{de}	96,0 ± 3,9 ^{bcd}	10,1 ± 0,4 ^{abcd}	255,3 ± 7,9 ^{cd}
<i>Xylopia aethiopica</i>	6,5 ± 1,0 ^c	9,6 ± 0,12 ^f	228,3 ± 10,7 ^e	172,0 ± 6,7 ^{hi}	17,1 ± 0,7 ^{cde}	276,6 ± 8,8 ^{de}

Les valeurs ayant les lettres différentes dans une colonne sont significativement différents à 5 %; Moyenne ± écart type; n = 3

Tableau 2 : Teneur en éléments minéraux mineurs des épices

Epices	Sélénium ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Manganèse ($10^3 \mu\text{g}/100\text{g}$)	Zinc ($10^3 \mu\text{g}/100\text{g}$)	Cuivre ($10^3 \mu\text{g}/100\text{g}$)	Aluminium ($10^3 \mu\text{g}/100\text{g}$)	Fer ($10^3 \mu\text{g}/100\text{g}$)
<i>Aframomum daniellii</i>	70,0 \pm 3,5 ^{cd}	15,4 \pm 0,7 ^k	6,7 \pm 0,2 ^f	0,2 \pm 0,01 ^g	18,7 \pm 1,7 ^{bcd}	27,6 \pm 1,2 ^{defg}
<i>Capsicum frutescens</i>	80,0 \pm 4 ^{de}	9,1 \pm 0,4 ^h	3,7 \pm 0,1 ^d	0,2 \pm 0,01 ^g	4,2 \pm 0,2 ^a	6,4 \pm 0,2 ^a
<i>Dichrostachys glomerata</i>	110,0 \pm 5,5 ^g	2,2 \pm 0,07 ^{cde}	0,8 \pm 0,02 ^a	0,2 \pm 0,01 ^g	16,2 \pm 1,0 ^{bcd}	16,9 \pm 0,6 ^{abcd}
<i>Dorstenia psilurus</i>	50,0 \pm 2,5 ^b	0,7 \pm 0,03 ^a	5,8 \pm 0,2 ^e	0,03 \pm 0,01 ^b	63,5 \pm 3,3 ^f	60,4 \pm 2,8 ^j
<i>Echinops giganteus</i>	<50,0 \pm 0 ^a	13,0 \pm 0,6 ^j	1,1 \pm 0,07 ^g	0,1 \pm 0,01 ^d	411,9 \pm 18,6 ⁱ	206,4 \pm 10,7 ^l
<i>Zanthoxylum leprierii</i>	<50,0 \pm 0 ^a	2,7 \pm 0,06 ^{de}	1,5 \pm 0,08 ^b	0,25 \pm 0,01 ⁱ	18,7 \pm 1,4 ^{bcd}	18,3 \pm 0,8 ^{abcde}
<i>Zanthoxylum xanthoxyloïdes</i>	50,0 \pm 2,5 ^b	1,4 \pm 0,03 ^{bcd}	0,7 \pm 0,02 ^a	0,14 \pm 0,01 ^e	64,8 \pm 3,6 ^f	44,7 \pm 2,7 ^j
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	160,0 \pm 8 ^h	6,3 \pm 0,3 ^g	2,7 \pm 0,1 ^c	0,22 \pm 0,01 ^h	8,3 \pm 0,3 ^{ab}	13,0 \pm 0,5 ^{abc}
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	90,0 \pm 4,5 ^{ef}	2,9 \pm 0,1 ^e	0,8 \pm 0,08 ^a	0,19 \pm 0,01 ^g	5,5 \pm 0,2 ^a	8,5 \pm 0,4 ^{ab}
<i>Mondia whitei</i>	<50,0 \pm 0 ^a	6,6 \pm 0,3 ^g	3,9 \pm 0,1 ^d	0,16 \pm 0,01 ^f	154,0 \pm 7,8 ^h	102,1 \pm 5,3 ^k
<i>Monodora myristica</i>	80,0 \pm 4 ^{de}	10,9 \pm 0,2 ⁱ	1,4 \pm 0,05 ^b	0,2 \pm 0,01 ^g	38,9 \pm 1,6 ^e	36,7 \pm 1,4 ^{gh}
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	80,0 \pm 4 ^{de}	2,8 \pm 0,1 ^e	0,7 \pm 0,01 ^a	0,01 \pm 0,00 ^a	22,8 \pm 0,8 ^{cd}	22,7 \pm 0,9 ^{cdef}
<i>Piper guineense</i>	50,0 \pm 2,5 ^b	1,8 \pm 0,1 ^{bcd}	5,2 \pm 0,2 ^e	0,24 \pm 0,01 ⁱ	12,7 \pm 0,6 ^{bc}	21,8 \pm 1,1 ^{bcd}
<i>Piper umbellatum</i>	60,0 \pm 3 ^{bc}	4,4 \pm 0,2 ^f	2,4 \pm 0,1 ^c	0,13 \pm 0,01 ^e	93,6 \pm 5,7 ^g	97,8 \pm 4,7 ^k
<i>Scleria striatinux</i>	110,0 \pm 5,5 ^g	6,5 \pm 0,3 ^g	1,5 \pm 0,06 ^b	0,06 \pm 0,00 ^c	29,9 \pm 1,4 ^{de}	28,7 \pm 1,3 ^{defg}
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	310,0 \pm 15,5 ⁱ	10,1 \pm 0,5 ^{hi}	6,7 \pm 0,3 ^f	0,25 \pm 0,01 ⁱ	10,1 \pm 0,4 ^{ab}	44,8 \pm 2,1 ^j
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	110,0 \pm 5,5 ^g	20,5 \pm 1,1 ^l	0,8 \pm 0,05 ^a	0,07 \pm 0,00 ^c	4,1 \pm 0,2 ^a	5,9 \pm 0,3 ^a
<i>Solanum melongena</i>	<50,0 \pm 0 ^a	0,9 \pm 0,03 ^{bc}	5,5 \pm 0,2 ^e	0,33 \pm 0,01 ^j	13,2 \pm 0,6 ^{bc}	38,2 \pm 1,6 ^{hi}
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	50,0 \pm 2,5 ^b	1,8 \pm 0,01 ^{bcd}	0,8 \pm 0,06 ^{efg}	0,09 \pm 0,00 ^d	17,6 \pm 1,1 ^{bcd}	30,9 \pm 0,9 ^{efg}
<i>Xylopia aethiopica</i>	60,0 \pm 3 ^b	11,0 \pm 0,7 ⁱ	3,8 \pm 0,2 ^{fgh}	1,37 \pm 0,03 ^k	10,4 \pm 0,5 ^{ab}	34,7 \pm 1,4 ^{fgh}

Les valeurs ayant les lettres différentes dans une colonne sont significativement différents à 5 %; Moyenne \pm écart type; n = 3

Le tableau 8 permet également de distinguer les épices sur la base de leur teneur en acides aminés essentiels totaux à savoir :

- les épices avec une très forte teneur en acides aminés totaux ayant une valeur de 79,81 % (*S. zenkeri* « fruit »),

- les épices à acides aminés essentiels totaux relativement élevées avec *P. brazzeana* (57,94 %), *M. whitei* (50,46 %) et *S. zenkeri* (écorce),

- les épices avec des teneurs intermédiaires représentées *Z. xanthoxyloïdes* (42,63 %), *S. melongena* (41,51 %), *M. myristica* (41,67 %), *H. gabonii* « écorce » (41,31%), *C. frutescens* (40,27 %), *D. glomerata* (40,33 %), *A. daniellii* (37,35 %), *P. umbellatum* (35,42 %) et *Z. leprieurii* (35,33 %),

- les épices ayant des teneurs moyennes composées de *D. psilurus* (32 %), *P. guineense* (31,93 %), *H. gabonii* (fruit) (30,84 %), *X. aethiopica* (30,96 %) et *S. striatinux* (27,05 %), et enfin,

- les épices à faibles teneurs en acides aminés essentiels établies par *E. giganteus* (17,85 %) et *T. tetraptera* (15,85 %). Lorsqu'on compare les teneurs à celle des sources de protéines végétales comme le pois (42,18 % et 41,3 %) et les noyaux de *Myrica rubra* (27,83 % - 29,21 %) obtenues par Jiyu *et al.*, 2007 et Chavan, Mckenzie et Shahidi, 2001, on se rend compte que certaines teneurs en protéines de nos épices ont des pourcentages en acides aminés essentiels moins élevés et d'autres supérieurs.

Le tableau 9 présente les teneurs en acides aminés essentiels des différentes épices étudiées. Exceptée la lysine, les autres n'ont pas pu être détectés dans certaines épices à cause de la sensibilité moindre de l'appareil utilisé à cet effet. L'histidine n'a pas pu être détecté dans les épices *A. daniellii*, *D. glomerata*, *T. Tetraptera*, *H. gabonii* « fruit », *E. giganteus* et *P. umbellatum*, la valine dans *D. glomerata*, *E. giganteus*, *Z. leprieurii*, *P. umbellatum*, *S. zenkeri* « fruit et écorce » et *T. tetraptera*, la méthionine et la cystéine dans *D. glomerata*, *D. psilurus*, *P. umbellatum*, *S. melongena*, *S. zenkeri* « fruit », *T. tetraptera* et *X. aethiopica*, la thréonine dans *D. glomerata*, *Z. leprieurii*, *H. gabonii* « fruit », *M. myristica*, *P. brazzeana*, *S. melongena*, *S. zenkeri* « fruit », *T. tetraptera* et *X. aethiopica*, l'isoleucine dans *E. giganteus*, *T. tetraptera* et *X. aethiopica*, la leucine dans *A. daniellii*, *D. psilurus*, et *P. brazzeana*, la phénylalanine et la tyrosine dans *A. daniellii*, *Z. leprieurii* et *E. giganteus*, *P. guineense*, *S. zenkeri* « écorce » et *T. tetraptera*.

Tableau 3: Teneur en matière protéique et acide aminé essentiel des épices

Epices	Azote total (%)	Protéine azoté (%)	Protéine non azoté (%)	Protéine totale (N X)	A A E (%)
<i>Aframomum daniellii</i>	1,68±0,09 ^{def}	0,31±0,07 ^h	8,53±0,99 ^{cd}	37,35±50,18 ^g	
<i>Capsicum frutescens</i>	1,92±0,09 ^{ghi}	0,41±0,03 ^j	9,44±0,75 ^{def}	40,27±0,14 ^h	
<i>Dichrotachys glomerata</i>	1,81±0,09 ^{ghi}	0,43±0,02 ⁱ	8,61±0,44 ^{cde}	40,33±0,28 ^h	
<i>Dorstenia psilurus</i>	0,99±0,005 ^{bc}	0,22±0,03 ^a	4,82±0,15 ^a	32±0,05 ^e	
<i>Echinops giganteus</i>	1,29±0,01 ^{efg}	0,35±0,04 ^e	5,88±0,31 ^b	17,85±0,02 ^b	
<i>Zanthoxylum leprieurii</i>	1,43±0,01 ^{fghi}	0,40±0,02 ^f	6,41±0,25 ^b	35,33±0,14 ^f	
<i>Zanthoxylum xanthoxyloïdes</i>	1,72±0,003 ^{ghi}	0,44±0,02 ^h	7,98±0,10 ^c	42,63±0,07 ^k	
<i>Hua gabonii (fruit)</i>	1,11±0,07 ^a	0,13±0,03 ^{bc}	6,15±0,65 ^b	30,84±0,13 ^d	
<i>Hua gabonii (écorce)</i>	2,08±0,02 ^{hi}	0,46±0,04 ^k	10,16±0,40 ^f	41,31±0,14 ⁱ	
<i>Monodora myristica</i>	2,33±0,01 ^{ab}	0,15±0,03 ^l	13,61±0,16 ^h	41,67±0,31 ^j	
<i>Mondia whitei</i>	1,23±0,02 ^{hi}	0,47±0,01 ^{de}	4,73±0,05 ^a	50,46±0,07 ^m	
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	2,45±0,06 ^j	0,65±0,04 ^m	11,27±0,14 ^g	57,94±0,06 ⁿ	
<i>Piper guineense</i>	1,85±0,002 ⁱ	0,49±0,03 ^{ij}	8,52±0,23 ^{cd}	31,93±0,08 ^e	
<i>Piper umbellatum</i>	2,16±0,005 ^{efg}	0,35±0,01 ^k	11,29±0,06 ^g	35,42±0,28 ^f	
<i>Solanum melongena</i>	1,87±0,01 ^{efg}	0,35±0,02 ^{ij}	9,50±0,21 ^{ef}	41,51±0,14 ^{ij}	
<i>Scleria striatinux</i>	1,03±0,003 ^{cd}	0,24±0,03 ^{ab}	4,93±0,21 ^a	27,05±0,11 ^c	
<i>S. zenkeri (écorce)</i>	2,34±0,04 ^{fgh}	0,39±0,08 ^l	12,17±0,74 ^g	45,62±0,28 ^l	
<i>S. zenkeri (fruit)</i>	3,30±0,005 ^k	1,07±0,02 ⁿ	13,97±0,12 ^h	79,81±0,14 ^o	
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	1,16±0,02 ^{efg}	0,36±0,07 ^{cd}	4,96±0,28 ^a	15,85±0,07 ^a	
<i>Xylopia aethiopica</i>	1,56±0,03 ^{cde}	0,29±0,02 ^g	7,92±0,30 ^c	30,96±0,02 ^d	

Les valeurs ayant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5% ;

A A E = acide aminé essentiel ; Moyenne ± écart type ; n = 3.

Toutefois les valeurs de l'histidine dans les différentes autres épices varient de 0,72 % (*Z. lepreurii*) à 10,7 % (*S. zenkeri* « fruit »). L'histidine est utilisée dans le traitement des maladies cardio-vasculaires grâce au rôle antioxydant physiologique qu'il joue sur les radicaux libres (le radical hydroxyl et l'oxygène singulet) (Michael et Hugh, 1998). De l'avis de l'OMS les besoins journaliers en cet acide aminé est 12 mg/Kg soit 840 mg pour 70 Kg de poids corporel. La méthionine plus la cystéine, ont des valeurs qui se situent entre 0,15 % (*M. myristica*) et 36,22 % (*P. brazzeana*). Il est important de mentionner cependant que la méthionine est un acide antioxydant à forte teneur en soufre (Triantis, Yannakopoulou, Nikokavoura, Dimotikali et Papadopoulos, 2007), qui permet d'empêcher les carences en cellules indispensables pour les cheveux, la peau, et les ongles. Elle lutte contre les amas graisseux autour du foie et des artères qui pourraient provoquer des obstructions. Elle favorise la détoxification des agents nocifs comme le plomb et d'autres métaux lourds que nous ingérons. La cystéine quant à elle, fonctionne comme un puissant antioxydant pour éliminer les toxines nocives (Triantis *et al.*, 2007). Donc, une carence en ces deux acides aminés soufrés entraînerait des perturbations physiologiques, voire des risques de contracter les maladies dégénératives (Yoshinori et Mizue, 1998). Les valeurs de la valine oscillent entre 0,09 % (*S. melongena*) et 9,81 % (*A. daniellii*). Cet acide aminé en médecine, est utilisé dans le traitement les maladies de foie, de vésicule biliaire et favorise la vivacité intellectuelle. La thréonine présente des valeurs de 1,94 % (*A. daniellii*) à 39,41 % (*S. zenkeri* « écorce »). Elle maintient un apport équilibré des protéines dans le corps et occupe également, une part importante dans la formation de l'émail dentaire, le collagène et l'élastine. Les quantités d'isoleucine dans nos épices varient de 0,14 % (*P. umbellatum*) à 13,59 % (*S. zenkeri* « écorce »). En cas de déficience, l'isoleucine provoque des troubles physiques et mentaux. Pour la leucine, les valeurs sont comprises entre de 0,08 % (*P. umbellatum*) et 11,83 % (*D. glomerata*). La leucine évolue avec l'isoleucine et la valine pour favoriser le fonctionnement musculaire, de la peau et des os. La phénylalanine plus la tyrosine quant à elles ont des valeurs qui fluctuent entre 0,53 % (*S. melongena*) et 17,31 % (*P. umbellatum*). Il est reconnu que la phénylalanine est utilisée par le cerveau pour produire la norépinephrine, un produit chimique qui transmet des signaux entre les cellules nerveuses. Elle favorise la vigilance et la vitalité, régule notre humeur et diminue la douleur. Cet acide est également utilisé dans le traitement de l'arthrite, la dépression, les règles douloureuses, les migraines, l'obésité, la maladie de Parkinson et la Schizophrénie. Les teneurs en lysine qui est un acide aminé limitant dans les différentes

épices se situent entre 0,08 % (*A. daniellii*) et 15,32 % (*D. glomerata*). De ces résultats on remarque que les acides aminés essentiels individuels varient en général de 10,7 % (histidinine) à 39,41 % (Thréonine).

Le tableau 10 quant à lui présente les résultats des acides aminés non essentiels (Aspartate + Asparagine, Glutamate + Glutamine, Serine, Alanine, Proline, Arginine et Glycine). Il ressort de celui-ci que la sérine dans les épices *E. giganteus*, *M. myristica*, et *S. zenkeri* « écorce », l'alanine dans les épices *E. giganteus*, *S. zenkeri* « fruit » et *T. tetraptera*, la proline dans *Z. Leprieurii* et *P. umbellatum*, l'argine dans *Z. leprieurii*, *P. umbellatum*, *P. brazzeana* et *T. tetraptera* n'ont pas pu atteindre la limite de détection. Par ailleurs, les valeurs de l'aspartate et l'asparagine varient de 0,88 % (*S. zenkeri* « fruit ») à 17,65 % (*S. melongena*). L'acide aspartique joue un rôle dans l'augmentation de la tolérance à la fatigue, facilite la neutralisation puis l'élimination de l'ammoniaque de l'organisme et est utilisé dans les médicaments comme agent protecteur du foie. Cet acide aminé fournit l'azote aux précurseurs de l'ADN et de l'ARN.

L'asparagine lui, fournit l'amine pour un type particulier de transamination dans le foie et participe au contrôle des fonctions métaboliques des cellules de cerveau et du système nerveux central et au traitement de ceux-ci. Le glutamate et la glutamine se sont montrés les plus abondants dans toutes les épices étudiées. Cette même observation a été faite par Delphin *et al.*(1999) sur neuf échantillons de soja en Chine. Dans nos échantillons analysés les teneurs se situent entre 0,31 % (*S. zenkeri* « écorce ») et 27,73 % (*E. giganteus*). L'acide glutamique est un neurotransmetteur excitant pour le système nerveux central, le cerveau et le cordon médullaire. Il sert de carburant pour le cerveau et aide à corriger les déséquilibres physiologiques de l'organisme. La glutamine est l'acide aminé le plus abondant dans les muscles; sa présence permet de construire et de maintenir le tissu musculaire. Elle lutte contre l'hypertrophie musculaire qui peut apparaître après une période de repos prolongé ou lors de maladies comme le cancer et le Sida (Judith, Charmaine, Janet et Douglas, 1999). La teneur en serine, dans d'autres épices varie de 3,32 % (*S. zenkeri* « fruit ») à 14,59 % (*D. glomerata*). C'est un acide aminé nécessaire pour le développement des muscles et l'entretien du système immunitaire. Elle est importante dans la formation de l'ARN et de l'ADN des cellules.

Tableau 4: Composition en acides aminés essentiels des épices

Epices	Histidine	Valine	Mét + Cys	Thréonine	Isoleucine	Leucine	Phé + Tyr	Lysine
<i>Aframomum daniellii</i>	ND	9,81±0,04 ^m	20,69±0,04 ^l	1,94±0,04 ^a	4,83±0,04 ^d	ND	ND	0,08±0,01 ^a
<i>Capsicum frutescens</i>	2,06±0,01 ^e	2,23±0,04 ^h	4,38±0,07 ^e	6,39±0,04 ^f	6,82±0,06 ⁱ	7,68±0,07 ⁱ	5,63±0,04 ^h	5,08±0,06 ^f
<i>Dichrostachys glomerata</i>	ND	ND	ND	ND	9,73±0,03 ^m	3,89±0,06 ^d	11,45±0,04 ^l	15,32±0,06 ^q
<i>Dorstenia psilurus</i>	0,86±0,03 ^c	7,92±0,04 ^l	ND	5,95±0,01 ^e	8,8±0,07 ^l	ND	3,92±0,06 ^c	4,55±0,03 ^e
<i>Echinops giganteus</i>	ND	ND	6,72±0,06 ^f	2,35±0,03 ^b	ND	ND	ND	8,78±0,03 ⁿ
<i>Zanthoxylum leprieurii</i>	0,72±0,01 ^b	ND	7,18±0,03 ^g	ND	12,9±0,01 ^o	4,83±0,03 ^e	ND	9,8±0,03 ^o
<i>Z. xanthoxyloides</i>	1,61±0,04 ^d	0,83±0,04 ^f	7,72±0,07 ⁱ	3,14±0,04 ^c	6,69±0,04 ^g	11,83±0,03 ^o	5,33±0,04 ^g	5,47±0,04 ^g
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	ND ^a	2,57±0,03 ⁱ	0,73±0,04 ^b	ND	6,07±0,03 ^e	7,84±0,06 ^j	5,77±0,08 ⁱ	7,91±0,04 ^l
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	4,54±0,04 ⁱ	0,65±0,06 ^e	3,31±0,01 ^d	9,56±0,07 ^h	7,7±0,04 ^k	3,27±0,03 ^c	5,1±0,03 ^f	7,08±0,07 ^k
<i>Monodora myristica</i>	9,55±0,06 ^k	2,15±0,03 ^g	0,15±0,01 ^a	ND	6,51±0,03 ^h	7,89±0,01 ^j	8,9±0,03 ^k	6,49±0,06 ⁱ
<i>Mondia whitei</i>	1,58±0,05 ^d	0,22±0,03 ^c	0,22±0,01 ^a	6,44±0,07 ^f	4,06±0,01 ^c	6,4±0,07 ^f	14,44±0,04 ^m	17,1±0,04 ^r
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	7,55±0,06 ^j	0,41±0,04 ^d	36,22±0,04 ⁿ	ND	10,45±0,03 ⁿ	ND	2,46±0,07 ^b	0,85±0,03 ^b
<i>Piper guineense</i>	0,08±0,01 ^a	6,09±0,06 ^j	0,98±0,04 ^c	4,16±0,03 ^d	6,45±0,04 ^h	8,08±0,04 ^k	ND	5,4±0,06 ^g
<i>Piper umbellatum</i>	ND	ND	7,28±0,03 ^h	6,79±0,06 ^g	0,14±0,01 ^a	0,085±0,01 ^a	17,31±0,03 ⁿ	3,81±0,07 ^d
<i>Scleria striatinux</i>	2,43±0,03 ^f	0,13±0,04 ^b	20,33±0,03 ^k	2,31±0,03 ^b	3,92±0,04 ^b	2,85±0,03 ^b	7,45±0,04 ^j	2,09±0,04 ^c
<i>Solanum melongena</i>	3,73±0,04 ^h	0,09±0,01 ^{ab}	ND	ND	7,24±0,04 ^j	9,68±0,04 ^m	0,53±0,03 ^a	5,78±0,06 ^h
<i>S. zenkeri</i> (fruit)	10,7±0,06 ^l	ND	ND	ND	8,76±0,03 ^l	9,79±0,03 ⁿ	4,04±0,03 ^d	12,33±0,06 ^p
<i>S. zenkeri</i> (écorce)	3,18±0,04 ^g	ND	11,11±0,03 ^j	39,41±0,04 ⁱ	13,59±0,04 ^p	6,64±0,04 ^g	ND	5,88±0,06 ^h
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	ND	ND	ND	ND	ND	7,23±0,03 ^h	ND	8,62±0,04 ^m
<i>Xylopia aethiopica</i>	3,17±0,03 ^g	7,27±0,08 ^k	ND	ND	ND	9,1±0,04 ^l	4,45±0,06 ^e	6,97±0,07 ^j

Les valeurs ayant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5% ; Mét = méthionine ; Cys = cystéine, Phé = phénylalanine ; Tyr = tyrosine ; Moyenne ± écart type ; n = 3.

Les valeurs de l'alanine oscillent entre 0,77 % (*P. brazzeana*) et 13,17 % (*D. glomerata*). Elle joue un rôle important dans le transfert d'azote dans l'organisme; dans le glucose que le corps utilise comme énergie et renforce le système immunitaire en produisant des anticorps. Elle régule aussi les substances toxiques déchargées dans les muscles inhérentes à leur besoin énergétique important. Les pourcentage en proline fluctuent entre 0,24 % (*T. tetraptera*) de 8,78 % (*S. melongena*). Cet acide aminé a pour fonction d'améliorer la texture de la peau en facilitant la production de collagène et ralentissant le processus de vieillissement et est utilisé en traitement curatif pour éviter les problèmes de cartilage, de tendons, du muscle du cœur. L'arginine varie avec des teneurs qui se situent entre 0,17 % (*S. melongena*) et 14,17 % (*S. zenkeri* « fruit »). L'arginine est considérée comme le " Viagra naturel" qui augmente l'afflux de sang dans le pénis. Cet acide retarde également la croissance des tumeurs cancéreuses en augmentant le système immunitaire et aide à la désintoxication du foie en neutralisant l'ammoniaque et réduit les effets de la toxicité de l'alcool. Aussi, est fréquemment utilisé dans le traitement de la stérilité chez les hommes. La teneur en glycine dans les épices varie de 3,64 % (*S. zenkeri* « fruit ») à 42,34 % (*T. tetraptera*). La glycine retarde la dégénération des muscles, elle améliore le stockage du glycogène et de ce fait, libère le glucose pour couvrir les besoins énergétiques. Elle développe également une excellente fonction cicatrisante. Contrairement aux résultats obtenus par Chavan, Mckenzie et Shahidi (2001) sur les pois de plage au Canada (54,1 % à 51,7 %) on note que nos valeurs se trouvent être plus faibles en général.

***L'indice chimique**

L'indice chimique se révèle être un outil performant pour évaluer la qualité nutritionnelle d'une protéine car il traduit l'aptitude de la protéine analysée ou de l'aliment protéique à contenir l'ensemble des acides aminés indispensables, c'est à dire non synthétisables par l'homme. Du tableau 11 on remarque que cet indice varie significativement ($p < 0,001$) entre les différents acides aminés essentiels pour chacune des épices. L'indice chimique de l'histidine de nos épices varie de 0,57 (*A. daniellii*) à 545,55 (*S. zenkeri* « fruit »). Celle de la valine oscille entre 0,00 (*D. glomerata*) et 203,75 (*A. daniellii*), pour la méthionine plus cystéine, elle fluctue entre 0,20 (*S. zenkeri* « fruit ») à 564,44 (*P. brazzeana*), ensuite pour la thréonine, avec des valeurs qui se situent entre 0,22 (*S. zenkeri* « fruit ») et 537,92 (*S. zenkeri* « écorce »).

Tableau 5: Composition en acides aminés non essentiels des épices

Epices	Aspartate + asparagine	Glutamine +	Serine	Alanine	Proline	Arginine	Glycine
<i>Aframomum daniellii</i>	11,62±0,04 ^e	19,51±0,03 ^p	6,92±0,03 ^f	6,00±0,06 ^d	4,53±0,03 ^l	3,46±0,04 ⁱ	10,6±0,07 ^k
<i>Capsicum frutescens</i>	14,98±0,04 ^k	11,47±0,03 ^d	6,39±0,08 ^d	8,33±0,03 ^g	7,85±0,03 ^p	1,51±0,06 ^d	9,20±0,04 ^h
<i>Dichrostachys glomerata</i>	0,89±0,03 ^a	1,28±0,06 ^b	14,59±0,06 ⁿ	13,17±0,04 ⁿ	4,11±0,03 ^h	6,96±0,03 ^m	18,67±0,04 ^o
<i>Dorstenia psilurus</i>	15,70±0,06 ^l	21,37±0,06 ^f	7,13±0,04 ^h	7,47±0,03 ^e	3,19±0,03 ^g	1,36±0,07 ^c	11,78±0,03 ^l
<i>Echinops giganteus</i>	15,02±0,01 ^k	27,73±0,04 ^s	ND	ND	0,44±0,03 ^b	0,23±0,04 ^a	38,71±0,08 ^r
<i>Z. leprieurii</i>	13,86±0,03 ⁱ	20,82±0,08 ^q	8,57±0,04 ^l	ND	ND	ND	21,32±0,04 ^p
<i>Z. xanthoxyloïdes</i>	9,17±0,01 ^b	13,29±0,04 ^g	5,55±0,04 ^c	9,93±0,01 ^l	8,25±0,03 ^q	2,70±0,06 ^g	8,50±0,06 ^f
<i>Hua gabonii (fruit)</i>	17,06±0,03 ^m	16,44±0,04 ^l	7,30±0,03 ^h	8,23±0,04 ^f	7,35±0,03 ⁿ	2,43±0,04 ^e	10,31±0,06 ^j
<i>Hua gabonii (écorce)</i>	12,85±0,01 ^h	12,99±0,06 ^e	7,25±0,03 ^h	9,28±0,04 ^j	2,53±0,03 ^f	4,60±0,04 ^l	9,28±0,06 ^h
<i>Monodora myristica</i>	15,69±0,04 ^l	18,49±0,03 ^o	ND	6,93±0,03 ^c	5,90±0,06 ^k	4,05±0,03 ^k	7,30±0,06 ^c
<i>Mondia whitei</i>	11,13±0,03 ^d	7,16±0,03 ^c	4,18±0,07 ^b	8,69±0,03 ⁱ	7,58±0,06 ^o	3,09±0,03 ^h	7,72±0,04 ^d
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	9,32±0,04 ^c	14,75±0,04 ⁱ	9,86±0,03 ^m	0,77±0,03 ^a	1,10±0,03 ^d	ND	7,17±0,04 ^b
<i>Piper gunineense</i>	15,05±0,04 ^k	16,86±0,03 ⁿ	7,06±0,03 ^g	9,68±0,08 ^k	6,82±0,03 ^l	3,64±0,04 ^j	9,66±0,03 ⁱ
<i>Piper umbellatum</i>	11,68±0,03 ^e	17,31±0,06 ⁿ	6,56±0,03 ^e	1,16±0,04 ^b	ND	ND	27,87±0,03 ^q
<i>Scleria striatinux</i>	12,01±0,06 ^f	14,19±0,06 ^h	6,62±0,04 ^e	8,55±0,06 ^h	7,03±0,03 ^m	1,11±0,04 ^b	8,99±0,03 ^g
<i>Solanum melongena</i>	17,65±0,06 ^o	16,33±0,03 ^k	8,48±0,06 ^k	8,37±0,04 ^g	8,78±0,03 ^r	0,17±0,03 ^a	13,18±0,06 ⁿ
<i>S. zenkeri (fruit)</i>	12,25±0,03 ^g	15,82±0,01 ^j	3,32±0,03 ^a	ND	0,73±0,01 ^c	14,17±0,03 ⁿ	8,09±0,04 ^e
<i>S. zenkeri (écorce)</i>	0,88±0,01 ^a	0,31±0,03 ^a	ND	12,93±0,04 ^m	1,36±0,01 ^e	1,06±0,03 ^b	3,64±0,04 ^a
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	14,47±0,04 ^j	19,46±0,03 ^p	7,64±0,04 ⁱ	ND	0,24±0,04 ^a	ND	42,34±0,04 ^s
<i>Xylopiya aethiopica</i>	17,52±0,04 ⁿ	16,78±0,03 ^m	8,11±0,03 ^j	6,98±0,01 ^c	4,79±0,06 ^j	2,60±0,07 ^f	12,25±0,06 ^m

Les valeurs ayant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5% ; Moyenne ± écart type ; n = 3.

L'indice chimique de l'isoleucine varie de 0,25 (*X. aethiopica*) à 253,77 (*S. melongena*), pendant que celle de la leucine fluctue entre 0,10 (*P. brazzeana*) et 271,57 (*S. zenkeri* « écorce ») et pareil pour celle de la phénylalanine plus tyrosine qui oscille aussi de 0,06 (*S. zenkeri* « écorce ») à 268,97 (*P. umbellatum*) et enfin l'indice de chimique de la lysine dont les valeurs se situent entre 1,56 (*A. daniellii*) et 397,78 (*T. tetraptera*).

***Teneur en lipide**

Le tableau 12 montre que la teneur en lipide des épices varie significativement ($p < 0,05$). Ces teneurs oscillent entre 53,36 % pour *M. myristica* et 1,95 % pour *S. zenkeri* (écorce). Les valeurs obtenues pour nos épices sont sensiblement supérieures à celles déterminées par Tchiégang et Mbougueng (2005), quasiment sur les mêmes épices achetées sur les marchés à l'Ouest du Cameroun. Cette différence pourrait être due en partie à la méthode d'extraction utilisée. En effet la méthode de Folch *et al.* (1957) utilise une technique d'extraction à froid au méthanol/chloroforme qui permet d'extraire les lipides totaux. Par conséquent, permet d'obtenir un rendement meilleur alors que l'extraction à l'hexane n'extrait que les lipides neutres.

Par ailleurs, Vallilo, Tavares, Aued, Campos et Moita (1999) ont trouvés des teneurs plus élevées sur des noix de *lecythis pisonis* Camb (61,3 %) à São Paulo au Brésil, de même Glew *et al.*(2004) ont trouvé des teneurs aussi fortes en lipides que dans certaines de nos épices étudiées comme dans les graines de *Scleocarya birrea* (47,0 %) au Niger. Tandis que Guohua *et al.*(2006) ont relevé des teneurs moyennes en lipides dans les graines de *Alluim tuberosum* de 15,8 % en Chine.

A partir des résultats obtenus dans cette étude, on peut penser que certaines épices pourraient être de bonnes sources en lipides végétales et de ce fait pourraient être davantage valorisées, si leur profil en acide gras présente de qualités nutritionnelles intéressantes qui méritent d'être investiguer.

Tableau 6: Indice chimique des épices

Epices	Histidine	Valine	Méth + Cys	Thréonine	Isoleucine	Leucine	Phé + Tyr	Lysine
<i>Aframomum daniellii</i>	0,57±0,01 ^a	181,98±0,79	519,68±1,06 ^m	53,21±0,59 ^b	100,73±0,88 ^e	0,16±0,01 ^a	0,14±0,01 ^a	1,72±0,30 ^a
<i>Capsicum frutescens</i>	109,58±0,75 ^h	38,37±0,73 ^f	102,04±1,65 ^f	163,81±1,10	131,92±1,09 ^g	111,41±1,02 ^h	71,30±0,54 ^h	101,33±1,13 ^f
<i>Dichrostachys glomerata</i>	0,53±0,01 ^a	0±0 ^a	0,23±0,01 ^a	0,25±0,01 ^a	187,93±0,55 ^m	56,35±0,82 ^c	144,80±0,54 ^l	305,14±1,13 ^q
<i>Dorstenia psilurus</i>	57,57±1,89 ^d	171,48±0,92	0,29±0,01 ^a	191,95±0,46	214,21±1,72 ^o	0,18±0,01 ^a	62,48±0,90 ^f	114,22±0,71 ^g
<i>Echinops giganteus</i>	1,20±0,01 ^a	0,39±0,01 ^a	353,18±2,97 ^k	135,91±1,63	0,43±0,01 ^a	0,33±0,01 ^a	0,28±0,01 ^a	394,45±1,27 ^r
<i>Z. leprieurii</i>	43,65±0,86 ^c	0,20±0,01 ^a	190,65±0,75 ⁱ	0,29±0,01 ^a	284,41±3,12 ^p	79,87±0,47 ^g	0,14±0,01 ^a	222,82±0,64 ^o
<i>Z. xanthoxyloides</i>	80,90±2,13 ^f	13,49±0,69 ^d	169,89±1,56 ^h	91,75±1,24 ^e	122,24±0,77 ^f	162,12±0,39 ^k	63,77±0,57 ^g	103,07±0,80 ^f
<i>Hua gabonii (fruit)</i>	0,69±0,01 ^a	57,74±0,63 ^g	22,21±1,29 ^c	0,33±0,01 ^a	153,31±0,71 ^k	148,51±1,07 ^j	95,42±1,40 ^j	206,03±1,10 ^m
<i>Hua gabonii (écorce)</i>	235,42±2,2 ^k	14,60±1,27 ^d	75,17±0,32 ^e	320,09±2,37	145,20±0,80 ⁱ	46,24±0,40 ^c	62,96±0,35 ^{fg}	137,67±1,37 ⁱ
<i>Monodora myristica</i>	490,93±2,91 ⁿ	36,06±0,47 ^e	3,38±0,32 ^b	0,25±0,01 ^a	121,70±0,53 ^f	110,62±0,20 ^h	108,93±0,35 ^k	125,11±1,09 ^h
<i>Mondia whitei</i>	67,07±2,40 ^e	3,6±0,47 ^b	4,09±0,26 ^b	160,93±1,77	62,67±0,22 ^c	74,10±0,82 ^f	145,95±0,43 ^m	272,22±0,67 ^p
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	279,13±2,09 ^l	5,6±30,6 ^c	586,46±0,69 ⁿ	0,18±0,01 ^a	140,50±0,38 ^h	0,10±0,01 ^a	21,65±0,62 ^c	11,78±0,40 ^b
<i>Piper guineense</i>	5,37±0,95 ^b	72,8±20,7 ^h	28,79±1,24 ^d	85,11±0,58 ^d	157,35±1,03 ^l	147,83±0,78 ^j	0,14±0,01 ^a	135,85±1,42 ⁱ
<i>Piper umbellatum</i>	0,60±0,01 ^a	0,2±0,01 ^a	192,82±0,75 ^j	120,98±1,01	3,08±0,31 ^b	1,40±0,12 ^a	249,18±0,51 ⁿ	86,41±1,60 ^c
<i>Scleria striatinux</i>	125,40±1,46 ⁱ	2,54±0,83 ^b	459,46±0,64 ^l	74,68±0,91 ^c	73,56±0,80 ^d	40,11±0,40 ^b	91,53±0,52 ⁱ	40,44±0,82 ^c
<i>Solanum melongena</i>	295,38±3,36 ^m	2,30±0,36 ^b	0,34±0,01 ^a	0,38±0,01 ^a	208,48±1,22 ⁿ	209,06±0,92 ^m	9,99±0,53 ^b	171,64±1,70 ^j
<i>S. zenkeri (fruit)</i>	502,42±2,66 ^o	0,15±0,01 ^a	0,20±0,01 ^a	0,22±0,01 ^a	149,57±0,48 ^j	125,37±0,36 ⁱ	45,17±0,31 ^d	217,11±0,99 ⁿ
<i>S. zenkeri (écorce)</i>	85,35±1,14 ^g	0,09±0,01 ^a	130,59±0,33 ^g	509,76±0,55	132,64±0,41 ^g	48,60±0,31 ^d	0,06±0,01 ^a	59,18±0,57 ^d
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	1,35±0,01 ^a	0,44±0,01 ^a	0,59±0,01 ^a	0,65±0,01 ^a	0,49±0,01 ^a	266,50±1,04 ⁿ	0,32±0,01 ^a	436,86±2,15 ^s
<i>Xylopiya aethiopica</i>	219,33±1,96 ^j	162,7±1,9 ⁱ	0,30±0,01 ^a	0,33±0,01 ^a	0,25±0,01 ^a	171,71±0,80 ^l	60,76±0,77 ^e	180,84±1,83 ^k

Les valeurs ayant les mêmes lettres dans une colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5% ; Mét = méthionine ; Cys = cystéine, Phé = phénylalanine ; Tyr = tyrosine ; Moyenne ± écart type ; n = 3.

***Composition en acides gras**

La caractérisation centésimale en acides gras des huiles des vingt épices étudiées est consignée dans les tableaux 12 et 13. Le tableau 12 montre que ces huiles sont constituées d'acides gras à chaîne variant de 8 à 24 carbones. Les acides gras saturés sont très rares dans nos épices (C8 :0, C12:0, C13:0, C16:0, C17:0, C18:0, C22:0). L'acide caprylique (C8), qualifié de partiellement volatil, est présent dans seulement deux épices avec un pourcentage de 18,74 % pour *E. giganteus* et 6,56 % pour *S. melongena*. Par contre, l'acide caprique C10 se trouve majoritaire dans l'épice *H. gabonii* (fruit) avec une teneur de 49,9%. La présence de ces acides gras à courte chaîne (C6 à C10) en quantité relativement élevée et le développement d'odeurs assez fortes a été démontrée sur *Morinda citrifolia* (Chunhieng *et al.*, 2004). En effet, ces acides à chaînes courtes sont très volatils et peuvent être libérés par les lipases intracellulaires lors des traitements technologiques.

L'acide n-heptadecanoïque C17 :0 est peu présent naturellement dans les huiles végétales même si des quantités ont été observées dans l'épice *S. striatinux*. L'acide laurique C12 :0 qui est trouvé essentiellement dans les graines dont les huiles sont appelées lauriques comme l'huile de coco ou de palmiste, se rencontre aussi dans très peu dans nos épices (*D. psilurus*, *M. myristica*, *P. umbellatum*).

Le tableau 13 montre de façon globale des teneurs élevées en acides gras insaturés à longue chaîne chez toutes les épices. C'est le cas de: C18:2n9C, C18:2n6C, C18:3n3 dont ces teneurs varient de manière significative ($p < 0,05$). Contrairement aux autres acides gras insaturés, les acides gras C18:1n9t, C22:1n9, C22 :6n3 et C24:1n9 sont très peu présents et ne se retrouvent pas dans toutes les épices. En général, les acides gras insaturés appartiennent sur le plan diététique à trois séries principales : les ω -3 et les ω -6 et les ω -9. Les ω -3 sont trouvés principalement dans les huiles de poissons et certaines huiles végétales alors que les ω -6 se retrouvent essentiellement dans les huiles végétales.

La teneur en acide palmitique (C16 :1n9) qui est un ω -9 varie considérablement entre les épices. La teneur la plus élevée est rencontrée dans *Z. leprieurii* (31,58 %) alors que les épices telles que *M. myristica* et *M. whitei* n'ont pas des quantités détectables. Par contre ces valeurs se sont avérées inférieures à celles trouvées dans l'huile d'olive qui est caractérisée par une grande teneur en acide gras C18 :1n9C (72%). Les acides gras monoinsaturés permettent la réduction du LDL cholestérol dans le sérum et joue de ce fait un rôle protecteur dans plusieurs maladies cardiovasculaires

Tableau 7: Teneurs en huile et composition centidésimale des acides gras des huiles extraites de différentes épices

Epices	Teneur en huile (%)	C8	C10	C12	C13	C14 1n9	C16	C16 1n9C	C17	C18
<i>A. d</i>	23,1 ± 0,43 ^l	ND	ND	ND	2,73±0,10 ^b	2,42±0,04 ^a	ND	17,52±0,12 ^f	ND	ND
<i>C. f</i>	11,09 ± 0,16 ^c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20,94±0,02 ⁱ	ND	ND
<i>D. g</i>	11,25 ± 0,35 ^c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17±0,08 ^{ef}	ND	ND
<i>D. p</i>	15,33±0,63 ^h	ND	ND	4,57±0,99 ^b	ND	5,37±0,46 ^b	ND	16,14±0,48 ^{cd}	ND	ND
<i>E. g</i>	12,24±0,28 ^f	18,74±0,28 ^b	1,39±0,28 ^a	ND	ND	ND	ND	12,34±0,25 ^b	ND	ND
<i>Z. l</i>	32,14±0,14 ^m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31,58±0,56 ^m	ND	ND
<i>Z. x</i>	19,21 ± 0,76 ^j	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19,86±0,28 ^h	ND	ND
<i>H. g (f)</i>	16,96 ± 0,23 ⁱ	ND	49,9±0,13 ^b	ND	ND	ND	ND	13±0,28 ^b	ND	3,83±0,14
<i>H. g (é)</i>	2,19 ± 0,21 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	26,21±0,28 ^l	ND	ND
<i>M. m</i>	53,36±0,14 ^o	ND	ND	2,21±0,15 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. w</i>	4,16 ± 0,14 ^b	ND	ND	ND	ND	ND	7,62±0,44 ^b	ND	ND	ND
<i>P. b</i>	6,15 ± 0,16 ^c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	26,7±0,21 ^l	ND	ND
<i>P. g</i>	20,31 ± 0,46 ^k	ND	ND	ND	ND	ND	ND	24,74±0,34 ^k	ND	ND
<i>P. u</i>	5,98 ± 0,26 ^c	ND	ND	5,89±0,41 ^b	ND	ND	ND	15,51±0,15 ^c	ND	ND
<i>S.m</i>	17,39±0,79 ⁱ	6,56±0,36 ^a	5,39±0,01 ^b	ND	ND	ND	ND	16,74±0,42 ^{de}	ND	ND
<i>S. s</i>	7,14±0,33 ^d	ND	7,24±0,28 ^c	ND	1,28±0,14 ^a	ND	ND	26,93±0,56 ^l	6,4±0,20	ND
<i>S. z (f)</i>	1,95 ± 0,24 ^a	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18,57±0,28 ^g	ND	ND
<i>S. z (é)</i>	3,65 ± 0,21 ^b	ND	ND	ND	ND	5,61±0,28 ^b	5,89±0,14 ^a	23,41±0,14 ^j	ND	ND
<i>T. t</i>	5,64 ± 0,32 ^c	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22,77±0,85 ^j	ND	ND
<i>X. a</i>	33,69±0,72 ⁿ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10,13±0,14 ^a	ND	ND

Les valeurs ayant les lettres différentes dans une colonne sont significativement différents à 5 %; Moyenne ± écart type; n = 3

L'acide gras C18:2n9C est présent dans toutes les épices exceptée *T tetraptera*. L'épice *D. psilurus* présente la teneur la plus élevée (49,29 %) avec *H. gabonii* « écorce » (47,91 %), *Z. xanthoxyloides* (43,79 %) et *P. guineense* (39,5 %). Ensuite la classe 2 possédant des teneurs moyennes avec les épices *E. giganteus* (36,38 %).

L'acide gras C24 :1n9 n'est pas courant. Il ne se trouve que dans *X. aethiopica* (22,81 %). Il peut être considéré non seulement comme un acide gras nutritionnel mais aussi nutraceutique de part sa structure à longue chaîne polyinsaturée. La consommation d'acide gras à longues chaînes comme l'acide arachidonique, précurseur des prostaglandines, a un effet antiagrégant plaquettaire (Schliender, 2001).

Les ω -3 sont de la série des acides gras qui jouent un rôle important dans le développement et dans la maintenance des différents organes en général, du cerveau en particulier et qui interviennent dans la prévention de diverses pathologies telles que les maladies cardiovasculaires, psychiatriques, neurologiques, dermatologiques et les troubles rhumatologiques (Maria *et al.*, 2008 ; Marianna *et al.*, 2007, Joseph et Jeffrey, 2006). Les acides gras ω -3 sont des nutriments essentiels pour l'homme car il ne peut les fabriquer et les doses journalières recommandées se situent entre 0,18 et 10,15 g/jour. Dans nos épices, les acides gras de la série ω -3 sont l'acide gras C18:3n3 et C22 :6n3. La teneur de l'acide gras C18:3n3 varie de manière significative ($p < 0,05$) entre les épices. Les épices particulièrement riches en ω -3 sont: *M. whitei* (54,77 %), *Z. leprieurii* (40,07 %), *P. umbellatum* (39,25 %), *S. zenkeri* « fruit » (35,65 %), *H. gabonii* (fruit) (34,84 %), *T. tetraptera* (33,64 %), *C. frutescens* (31,98 %). Tandis que l'acide gras C22:6n3 n'est présente que dans huit des épices analysées. La teneur la plus grande est dans *X. aethiopica* (30,1 %) et la teneur la plus petite dans l'épice *S. striatinux* (5,59 %). Il est important de rappeler que les principales sources alimentaires de ces acides gras sont généralement les poissons et les produits marins. Surtout que la consommation des acides gras (acide eicosapentaénoïque: C20: 5 ω -3 et acide docohexaénoïque: C22: 6 ω -3) induit une diminution des triglycérides due à une réduction de la production hépatique des LDL, et parfois, une augmentation du cholestérol HDL (Kratz *et al.*, 2002). Pour cela les épices riches en ω -3 pourraient être considérées comme une source alternative en ω -3 telles que *M. whitei*, *X. aethiopica*, *Z. leprieurii*, *P. umbellatum*, *T. tetraptera*, *S. zenkeri* (fruit), *H. gabonii* (fruit) pour compléter la consommation des ω -3 provenant du poisson et des produits marins. Ceci permettra ainsi de se procurer d'autres sources nouvelles en ω -3 dans notre alimentation (Kimberly *et al.*, 2004). En plus il a été montré une corrélation

positive entre les acides gras insaturés et la baisse de cholestérol dans le plasma (Abdulrahman *et al.*, 1997).

L'acide linoléique (C18:2n6C) encore appelé ω -6 est un acide gras essentiel, et sa teneur dans nos épices varie significativement ($p < 0,05$). Presque toutes les épices possèdent cet acide gras. Les teneurs les plus fortes se retrouvent dans les épices *D. psilurus* (49,29 %), *H. gabonii* (écorce) (47,91 %), *Z. xanthoxyloïdes* (43,79 %) et la valeur la plus faible se retrouve dans l'épice *S. zenkeri* (écorce) (13,03%). Ces valeurs sont similaires à celles retrouvées dans l'huile d'olive soit 53,0 % (Chunhieng *et al.*, 2004). Les huiles riches en acide linoléique sont importantes pour la santé humaine. Ces huiles réduisent l'athérosclérose par l'interaction avec les HDL dans le sang (Necmettin, Mehtap, Ibrahim et Mahfuz, 2006) et la cholestérolémie de 10 % environ avec un effet maximum pour un rapport de AGPI/AGS proche de 1 (Grundy et Denke, 1990). Certains acides gras polyinsaturés tels que l'acide linoléique, l'acide linoléique et l'acide arachidonique connu comme vitamine F sont nécessaires pour la croissance et la protection de la peau. Une déficience en ces acides gras essentiels entraînerait un problème cutané comme l'alopecie et les oedèmes. Cette vitamine F est incorporée, à environ 5%, dans certaines crèmes dermatologiques, spécialement dans les lotions de bronzage. Ce qui montre que certaines épices telles que *M. whitei*, *F. leprieurii*, *D. psilurus*, *H. gabonii* (écorce), *Z. xanthoxyloïdes* pourraient être utilisées en cosmétique (Ahmet Cakir, 2004).

Tableau 8 : Teneurs en huile et composition centidésimale des acides gras des huiles extraites de différentes épices

Epices	C18 1n9t	C18 2n9C	C18 2n6C	C18 3n3	C20	C20 : 1	C22	C22 1n9	C22 6n3	C24 1n9
<i>A. d</i>	ND	3,47±0,01 ^{bc}	25,69±0,65 ^e	9,37±0,26 ^b	ND	ND	ND	ND	8,29±0,14 ^b	ND
<i>C.f</i>	ND	4,94±0,04 ^{ef}	31,76±0,08 ^h	31,98±0,05 ^g	8,54±0,11 ^{gh}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>D.g</i>	ND	8,62±0,17 ^h	23,15±0,20 ^d	26,09±0,69 ^f	9,87±0,56 ⁱ	ND	6,23±0,17 ^c	6,68±0,66 ^c	ND	ND
<i>D. p</i>	ND	6,74±0,11 ^g	49,29±1,42 ⁿ	ND	5,95±1,27 ^{cd}	ND	ND	ND	13,5±0,42 ^d	ND
<i>E. g</i>	ND	3,62±0,28 ^{bc}	36,88±0,45 ^k	23,6±0,19 ^e	3,91±0,14 ^b	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Z. l</i>	ND	4,83±0,80 ^c	18,97±0,56 ^c	40,07±0,60 ^k	4,77±0,28 ^{bc}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Z. x</i>	ND	3,27±0,08 ^b	43,79±0,48 ^l	24,08±0,08 ^e	8,96±0,56 ^{hi}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>H. g (f)</i>	ND	5,59±0,28 ^f	17,93±0,07 ^b	34,84±0,76 ^{ij}	ND	ND	4,03±0,04 ^a	3,95±0,42 ^a	13,17±0,49 ^d	ND
<i>H. g (é)</i>	3,65±0,28 ^b	ND	47,91±0,28 ^m	16,42±0,14 ^d	6,26±0,14 ^d	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. m</i>	ND	ND	ND	ND	2,45±0,14 ^a	ND	ND	ND	ND	ND
<i>M. w</i>	ND	ND	32,9±0,56 ⁱ	54,77±0,99 ^l	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>P. b</i>	ND	3,98±0,28 ^d	35,97±0,1 ^j	26,96±0,28 ^f	6,39±0,28 ^{ef}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>P. g</i>	ND	2,45±0,35 ^a	39,5±0,70 ^k	14,74±0,08 ^c	5,8±0,28 ^{cd}	ND	ND	12,76±0,08 ^d	ND	ND
<i>P. u</i>	ND	3,84±0,05 ^{bc}	30,08±0,11 ^g	39,25±0,21 ^k	5,43±0,14 ^{cd}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>S. m</i>	ND	3,68±0,37 ^{bc}	28,26±0,28 ^f	34,23±0,14 ^{hi}	5,19±0,14 ^{cd}	ND	ND	ND	ND	ND
<i>S. s</i>	5,25±0,28 ^c	8,12±0,14 ^h	28,82±0,28 ^f	ND	7,59±0,28 ^{fg}	ND	4,85±0,28 ^b	ND	5,59±0,13 ^a	ND
<i>S. z (f)</i>	6,57±0,14 ^d	ND	18,18±0,14 ^{bc}	35,68±0,28 ^j	2,16±0,14 ^a	3,48±0,28	ND	5,19±0,11 ^b	11,29±0,15 ^c	ND
<i>S. z (é)</i>	2,27±0,07 ^a	ND	13,03±0,04 ^a	26,69±0,05 ^f	4,91±0,07 ^{bc}	ND	ND	ND	20,45±0,07 ^e	ND
<i>T. t</i>	ND	ND	ND	33,64±0,42 ^h	5,96±1,55 ^{cd}	ND	ND	ND	11,9±0,28 ^c	ND
<i>X. a</i>	ND	ND	17,55±0,42 ^{bc}	6,72±0,11 ^a	ND	ND	3,86±0,08 ^a	3,87±0,03 ^a	30,1±0,07 ^f	22,81±0,04

Les valeurs ayant les lettres semblables dans une colonne sont significativement différents à 5 %; Moyenne ± écart type; n = 3

***Teneurs en composés phénoliques**

Le tableau 14 présente les teneurs en phénol totaux contenues dans les épices. Ces teneurs varient considérablement ($p < 0,05$) d'une épice à l'autre avec des valeurs qui oscillent entre 1,05 (*S. melongena*) et 38,80 g d'équivalent d'acide gallique /100 g de matière sèche (*D. glomerata*). Comparées aux différentes teneurs obtenues généralement des plantes dans la littérature, les différentes épices analysées contiennent des teneurs variées. On distingue des épices très riches en polyphénols totaux comme *D. glomerata* (38,80 g/100 g) et *Z. leprieurii* (34,59 g/100 g). Les teneurs aussi élevées ont été observées par Amarowicz *et al.* (2004) sur les feuilles de *Artostaphylos uva-ursi* (31,2 g/100 g). *T. tetraptera* présente une teneur de 22,75 g/100 g qui la rapproche de *Equisetum spp* dont la teneur en phénol des parties supérieures est de 21,6 g/100 g (Amarowicz *et al.*, 2004). Des épices comme *E. giganteus* (14,93 g/100g), *S. zenkeri* « écorce » (13,44 g/10 g) et *X. aethiopica* (12,74 g/100 g) peuvent être considérées comme présentant des teneurs moyennes alors que les autres épices avec des teneurs variant entre 1,05 et 8,99 g/100g comme étant faibles en phénol totaux. Ces faibles teneurs ont été trouvées sur des parties aériennes de *Equisetum spp*, les racines de *Echinacea angustifolia*, *Polygala senega* et *Glycyrrhiza lepidota* avec les valeurs qui variaient entre 5,1 g/100 g et 7,2 g/100 g (Amarowicz *et al.*, 2004). Contrairement aux données existantes sur nos épices dans la littérature, Agbor *et al.*(2005) ont obtenu des valeurs relativement plus élevées que les nôtres sur *P. guineense* (20,94 mg d'équivalent catéchine/g de matière sèche), *P. umbellatum* (18,97 mg d'équivalent catéchine/g de matière sèche), *S. zenkeri* « fruit » (18,43 mg d'équivalent catéchine/g de matière sèche) et *S. zenkeri* « écorce » (15,12 mg d'équivalent catéchine/g de matière sèche). Ces différences pourraient être dues aux choix du composé phénolique utilisé comme standard. Par ailleurs, la méthode et/ou solvant d'extraction pourrait expliquer aussi cette différence car les études préliminaires menées dans le cadre de ce travail ont montré que l'extrait éthanolique a environ une fois et demi moins de polyphénols totaux que l'extrait méthanolique. Comparées à d'autres plantes, nos épices présentent des teneurs en général plus élevées en polyphénol totaux que celles signalées par Fulgencio et Isabel (2006) sur les plantes séchées (155 ± 20 mg/100 g), les fruits (538 ± 20 mg/100 g), les céréales (107 ± 9 mg/100 g) ou les noix de coco (890 ± 50 mg/100 g). Ces valeurs sont également supérieures à celles obtenues dans certains fruits (171 mg /100 g to 961 mg/100 g) par Richard *et al.* (2002).

Les flavonoïdes constituent l'un des groupes le plus important des composés phénoliques dans les plantes. Il convient cependant de rappeler que la méthode spectrophotométrique utilisée dans la présente étude pour la quantification des flavonoïdes est spécifique seulement des flavones et des flavonols (Chang *et al.*, 2002). La teneur en flavonoïdes des différentes épices varie de manière significative ($p < 0,05$) d'une épice à l'autre et se situe entre 0,00 g/100 g pour *H. gabonii* (fruit) et 5,94 g d'équivalent rutine/100 g pour *D. glomerata* (tableau 14). Les résultats des teneurs en flavonoïdes reportés dans la littérature se situent dans la gamme de ceux observés dans nos différentes épices. En effet Yuan-Chuen *et al.* (2008) ont trouvé dans les peaux de *Citrus spp* des valeurs fortes qui varient entre 3,27 g/100 g et 4,92 g/100 g. Les teneurs faibles quant à elles ont été trouvées dans les extraits de plantes amazoniennes avec des valeurs de 0,07 g/100 g à 1,62 g/100 g (Jesus *et al.*, 2008). Kyung *et al.* (2008) eux, ont observé des valeurs qui fluctuent entre 0,21 g/100 g et 0,49 g/100 g dans les herbes communes en Corée. Des quantités encore plus faibles (0,002 g à 0,082 g/100 g) que les nôtres ont été trouvées dans des variétés de fruits de dattes en Iran (Foroogh *et al.*, 2008). L'importance accordée aux flavonoïdes est multiple. Ils interviennent comme protecteurs des autres pigments vis-à-vis de la lumière et des U.V. Dans les feuilles par exemple, certains flavonoïdes (flavonols, flavanones et flavones) absorbent les UV lointains, dangereux pour les acides nucléiques et les protéines. Ils laissent sélectivement passer les longueurs d'ondes situées dans les bandes bleu-violet et rouge, importantes pour la photosynthèse. Ils interviennent aussi dans des réactions de résistance aux infestations virales, aux insectes et aux champignons. Dans le domaine médical, on leur reconnaît des propriétés anti-virales, anti-tumorales, anti-inflammatoires, anti-allergiques. La forte teneur en flavonoïdes observée dans certaines des épices étudiées pourrait leur conférer ces propriétés qui sont bénéfiques pour la santé du consommateur (Auquièrre, 2002).

La quantité en tannins varie de façon significative ($p < 0,05$) entre les épices avec des valeurs qui se situent entre 0,00 mg et 281,15 mg acide tannique/100 g de matière sèche. Les épices *D. glomerata* (281,15 mg/100 g), *Z. xanthoxyloïdes* (232,91 mg/100 g) et *H. gabonii* « fruit » (173,05 mg/100 g) se sont montrées être les plus riches en tannins tandis que les épices *S. melongena*, *H. gabonii* (écorce) et *M. myristica* ont présentées des valeurs nulles. Les teneurs en tannins des épices analysées dans cette étude présentent en général des quantités plus petites comparées à une variété de maïs hybride (638 – 2498 mg leucoanthocyanidins/100 g), aux graines de niébé (3,35 g /100 g to 12,31 g/100 g)

rapportées par Maksimovic *et al.* (2005) et Perumal et Klaus (2007) respectivement. En revanche les teneurs de nos épices sont élevées comparées à celles rapportées sur les cultivars de pecan (23 – 47 mg/100 g) et *Erica arborea* (0,23 – 27,0 mg/100 g) par José *et al.* (2007) et Mehmet *et al.* (2007) respectivement.

Les teneurs en proanthocyanidine oscillent entre 0,06 mg pour *S. melongena* et 156,44 mg équivalent leucoanthocyanidine/100 g de matière sèche pour *F. leprieurii*. Les épices *Z. leprieurii* (156,44 mg/100 g), *D. glomerata* (148,91 mg/100 g), *T. tetraptera* (143,55 mg/100 g) et *E. giganteus* (142,37 mg/100 g) ont des valeurs inférieures à celles observées par Ramirez-Coronel *et al.* (2004) dans les pulpes de café (1500-2000 mg/100 g). De même, les valeurs supérieures à celles de ces épices ont été signalées dans quelques plantes médicinales endémiques en Mauritanie (700 – 2100 mg équivalent chlorure de cyanidine/100 g de matière fraîche) par Soobrattee *et al.* (2007) et dans le maïs hybride (145 – 470 mg leucoanthocyanidins/100 g) par Maksimovi *et al.* (2005).

***Caractérisation des phénols par HPLC**

Les chromatogrammes issus de la séparation par HPLC des extraits méthanoliques des épices étudiées sont représentés en annexe. En général, on remarque que les seuls chromatogrammes qui ont montré des meilleurs pics sont ceux obtenus à des longueurs d'ondes de 270 nm et 325 nm. Ces longueurs d'ondes sont caractéristiques des indoles et de la plupart des composés aromatiques simples. Plus spécifiquement les composés phénoliques simples sont élués à la longueur d'onde de 270 nm ; tandis que les flavones, les acides cinnamiques et dérivés à la longueur d'onde de 325 nm. Pour ces deux longueurs d'ondes, on constate que les différents pics sortent à des temps de rétention situés entre 20 min et 30 min. Ces observations laissent penser que la majorité des composés aromatiques simples (phénoliques) présents dans nos épices sont principalement les flavones, les acides cinnamiques et dérivés mais à des intensités différentes. Les chromatogrammes des épices *A. daniellii*, *S. zenkeri* (fruit) et *H. gabonii* (écorce) présentent des pics de faibles amplitudes comparées aux pics des épices *S. melongena*, *Z. xanthoxyloïdes*, *D. psilurus*, *S. zenkeri* (écorce) et *D. glomerata* par ordre décroissant. Ceci indique que ces épices sont riches en flavones qui sont une classe importante des flavonoïdes. Ces composés sont les phénols phytochimiques les plus connus dans les végétaux (fruits et légumes) (Chi-tai et Gow-chin, 2005).

Tableau 9 : Composés phénoliques et vitamines (A, E, C)

Epices	Phénols ^t	Flavonoïdes ^u	Tannins ^v	Proanthocyanidines ^w	Vitamine A ^x	Vitamine E ^y	Vitamine C ^z
<i>Aframomum daniellii</i>	8,99±0,03 ^h	1,75±0,03 ^f	120,78±1,23 ^k	5,82±0,02 ^{cd}	11,01±0,09 ^j	3,64±0,12 ⁱ	0,94±0,02 ^{bc}
<i>Capsicum frutescens</i>	6,35±0,09 ^g	0,36±0,02 ^{bc}	99,03±0,31 ⁱ	8,10±0,74 ^{ef}	73,85±0,03 ^s	6,19±0,05 ^k	1,42±0,13 ^{efgh}
<i>Dichrostachys glomerata</i>	38,80±0,08 ⁿ	5,94±0,15 ^j	281,15±0,22 ^p	148,91±2,07 ^m	9,95±0,10 ⁱ	2,04±0,04 ^e	2,77±0,18 ^j
<i>Dorstenia psilurus</i>	8,53±0,09 ^h	1,45±0,03 ^e	131,41±1,50 ^m	43,51±0,63 ^j	11,98±0,05 ^l	4,05±0,03 ^j	1,33±0,04 ^{ef}
<i>Echinops giganteus</i>	14,93±1,00 ^k	2,33±0,08 ^g	80,19±0,77 ^f	142,37±1,26 ^l	8,67±0,04 ^g	2,89±0,04 ^h	1,26±0,02 ^{cdef}
<i>Z. lepreurii</i>	34,59±0,19 ^m	4,46±0,40 ⁱ	86,06±0,24 ^g	156,44±1,10 ⁿ	7,88±0,07 ^c	2,41±0,12 ^f	1,22±0,02 ^{bcde}
<i>Z. xanthoxyloïdes</i>	5,76±0,25 ^f	0,44±0,03 ^{cd}	232,91±1,05 ^o	12,35±0,39 ^h	26,66±0,14 ^o	10,02±0,11 ^o	3,29±0,11 ^k
<i>Hua gabonii (fruit)</i>	1,64±0,03 ^{bc}	0 ^a	173,05±0,36 ⁿ	58,18±0,80 ^k	27,53±0,07 ^p	8,10±0,04 ^m	0,22±0,02 ^a
<i>Hua gabonii (écorce)</i>	1,31±0,03 ^{ab}	0,025±0,02 ^a	0	3,08±0,11 ^b	13,35±0,02 ⁿ	1,55±0,04 ^d	1,56±0,05 ^{fgh}
<i>Mondia whitei</i>	6,40±0,11 ^g	2,99±0,01 ^h	73,03±0,30 ^e	0,12±0,00 ^a	2,86±0,02 ^b	1,18±0,02 ^c	0,98±0,14 ^{bcd}
<i>Monodora myristica</i>	1,89±0,04 ^{bc}	0,25±0,01 ^{bc}	0	12,11±0,48 ^h	8,41±0,07 ^f	3,61±0,14 ^l	0,39±0,03 ^a
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	2,19±0,11 ^{cd}	0,21±0,01 ^{ab}	27,43±0,08 ^b	11,06±0,09 ^{gh}	31,02±0,17 ^q	8,08±0,10 ^m	0,92±0,12 ^b
<i>Piper guineense</i>	4,45±0,13 ^e	0,25±0,01 ^{bc}	93,09±0,78 ^h	6,45±0,24 ^{cde}	9,29±0,18 ^h	2,70±0,08 ^g	0,91±0,04 ^b
<i>Piper umbellatum</i>	2,54±0,27 ^d	0,29±0,02 ^{bc}	36,01±1,11 ^c	4,58±0,29 ^{bc}	38,72±0,14 ^f	7,05±0,10 ^l	1,74±0,06 ^h
<i>Scleria striatinux</i>	6,93±0,05 ^g	0,59±0,05 ^d	54,65±0,82 ^d	30,31±0,44 ⁱ	12,61±0,08 ^m	8,37±0,07 ^m	0,93±0,02 ^b
<i>S. zenkeri (fruit)</i>	4,46±0,10 ^e	0,44±0,01 ^{cd}	101,69±0,79 ^j	9,21±0,25 ^{fg}	11,45±0,03 ^k	1,65±0,10 ^d	1,40±0,16 ^{efg}
<i>S. zenkeri (écorce)</i>	13,4±0,14 ^j	1,75±0,09 ^f	125,17±0,68 ^l	7,69±0,29 ^{def}	4,56±0,06 ^a	0,51±0,01 ^a	2,41±0,24 ⁱ
<i>Solanum melongena</i>	1,05±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0	0,06±0,00 ^a	2,08±0,01 ^c	0,39±0,02 ^a	3,75±0,54 ^l
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	22,75±0,32 ^l	2,38±0,08 ^g	26,21±0,57 ^b	143,55±3,01 ^l	11,02±0,08 ^j	6,98±0,04 ^k	1,70±0,08 ^{gh}
<i>Xylopi aethiopica</i>	12,74±0,22 ⁱ	1,94±0,03 ^f	6,56±0,46 ^a	44,26±0,19 ^j	5,72±0,04 ^d	0,81±0,03 ^b	1,29±0,02 ^{def}

t: exprimé en g d'acide gallique/100g; u: exprimé en mg rutine/100g; v: exprimé en mg d'acide tannique /100g; w: exprimé en mg leucoanthocyanidine/100g; x: exprimé en mg/100 g ; y: exprimé en mg/100g ; z: exprimé en g/100g. Les valeurs ayant une lettre identique dans une même colonne ne sont pas significativement différent au seuil de 5 % ; Moyenne ± Ecart type ; n = 3

*Chromatogramme en phase liquide couplée à la spectrographie de masse

L'analyse chromatographique couplée à la spectrographie de masse de l'extrait cinnamique de deux épices (*D. glomerata* et *Z. leprieurii*) en fonction du temps de rétention est représentée par les figures 25 à 48. Les chromatogrammes présentent un pic majeur à 31,69 min pour les longueurs d'onde 270 nm et 325nm et à 31,82 min pour la longueur d'onde 370 nm de l'épice *D. glomerata* (figure 15, 16, 17). Ces observations permettent de suggérer que l'acide cinnamique majoritaire dans cette épice sort au temps de rétention 31,69 min.

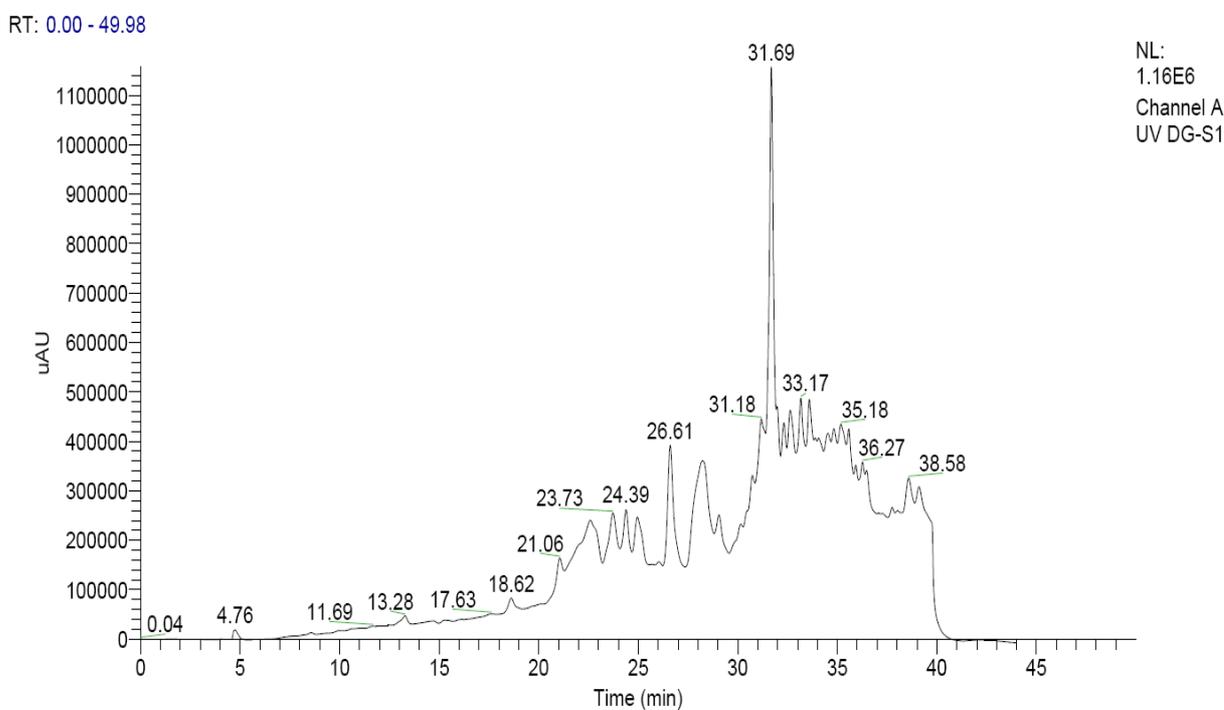


Figure 16 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (270 nm)

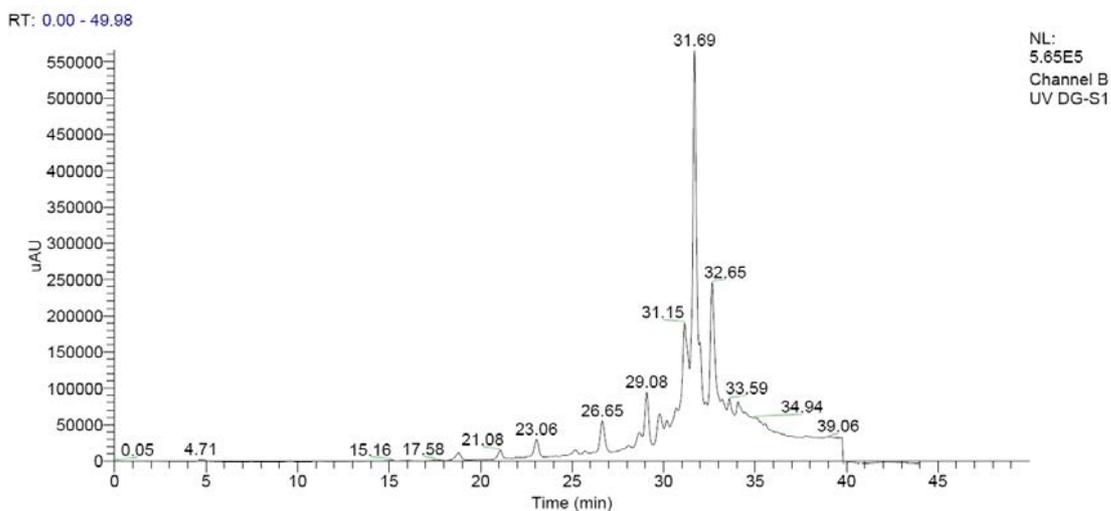


Figure 17 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (325 nm)

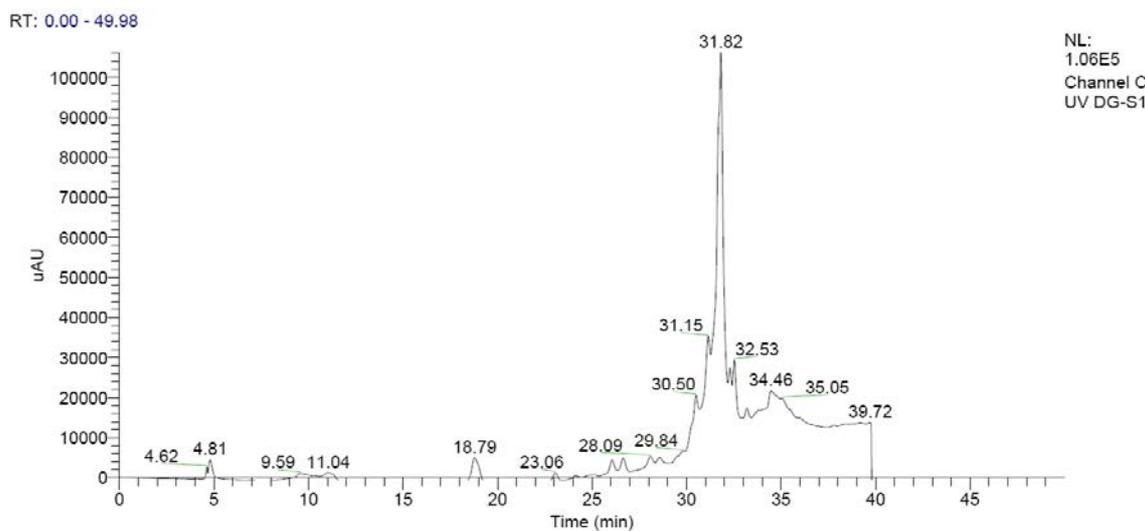


Figure 18 : Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (370 nm)

La figure 18 quant à elle, illustre le chromatogramme de la somme des trois absorbances pour vérifier l'intensité effective des pics et la superposition de ceux obtenus à des différentes longueurs d'onde (270nm, 325 nm et 370 nm). Ceci permet de constituer

une base pour une utilisation éventuelle comme référence pour la suite de l'identification. Ce chromatogramme présente deux pics intéressants à savoir le pic « a » avec un temps de rétention 26,61 min et « b » avec 31,69 min. Seuls ces deux pics serviront pour l'identification de la masse moléculaire de la substance majoritaire et commune aux deux épices analysées.

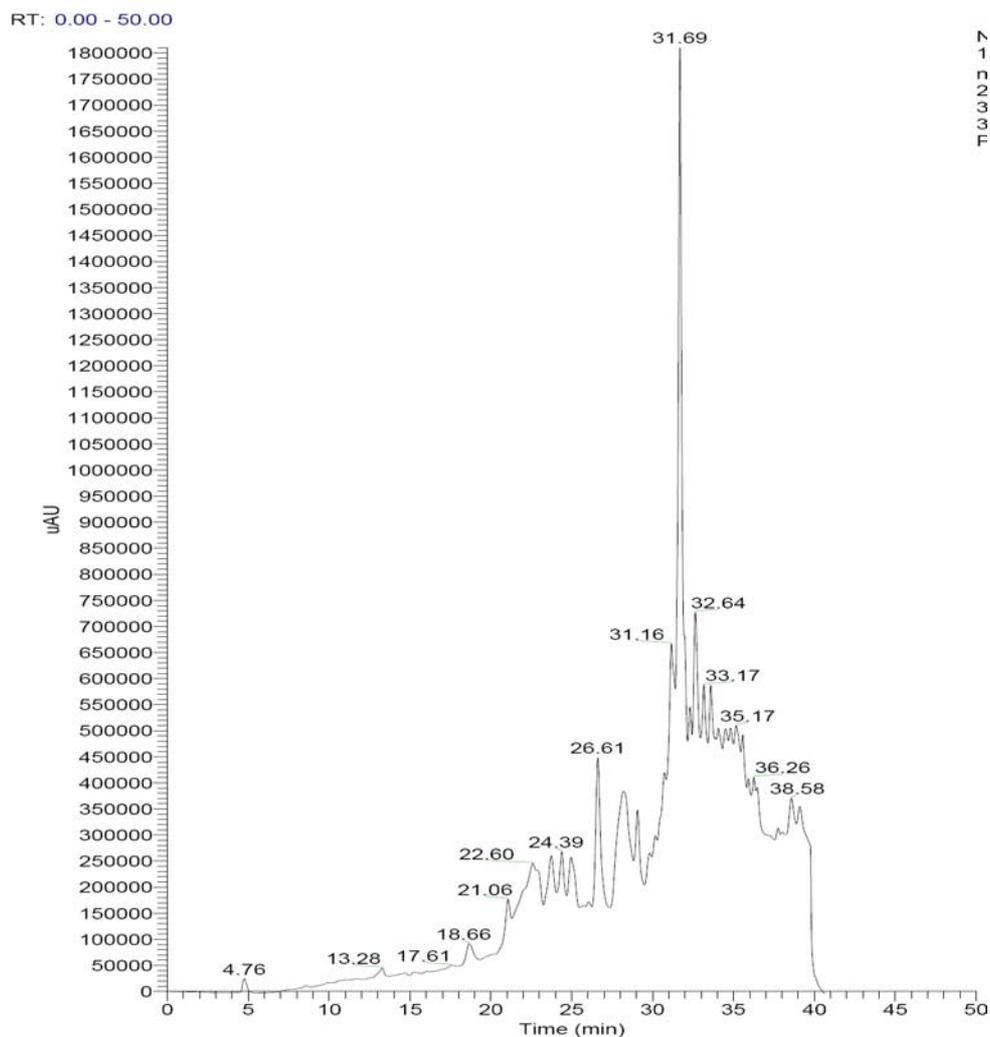


Figure 19: Chromatogramme de l'intensité en fonction du temps (somme des trois fractions)

La figure 19 montre le spectre de masse de la fraction « a » (26,61 min). Il ressort de celle-ci que la molécule majeure présente dans cette fraction est celle ayant un poids moléculaire de 481,63 g/mol. La fraction « b » présente un pic majeur de poids moléculaire 278,26 g/mol de charge positive suivi du pic de masse moléculaire 255,86 g/mol puis un

pic ayant pour masse moléculaire 186,36 g/mol et enfin le pic avec 164,34 g/mol pour masse moléculaire (figure 20).

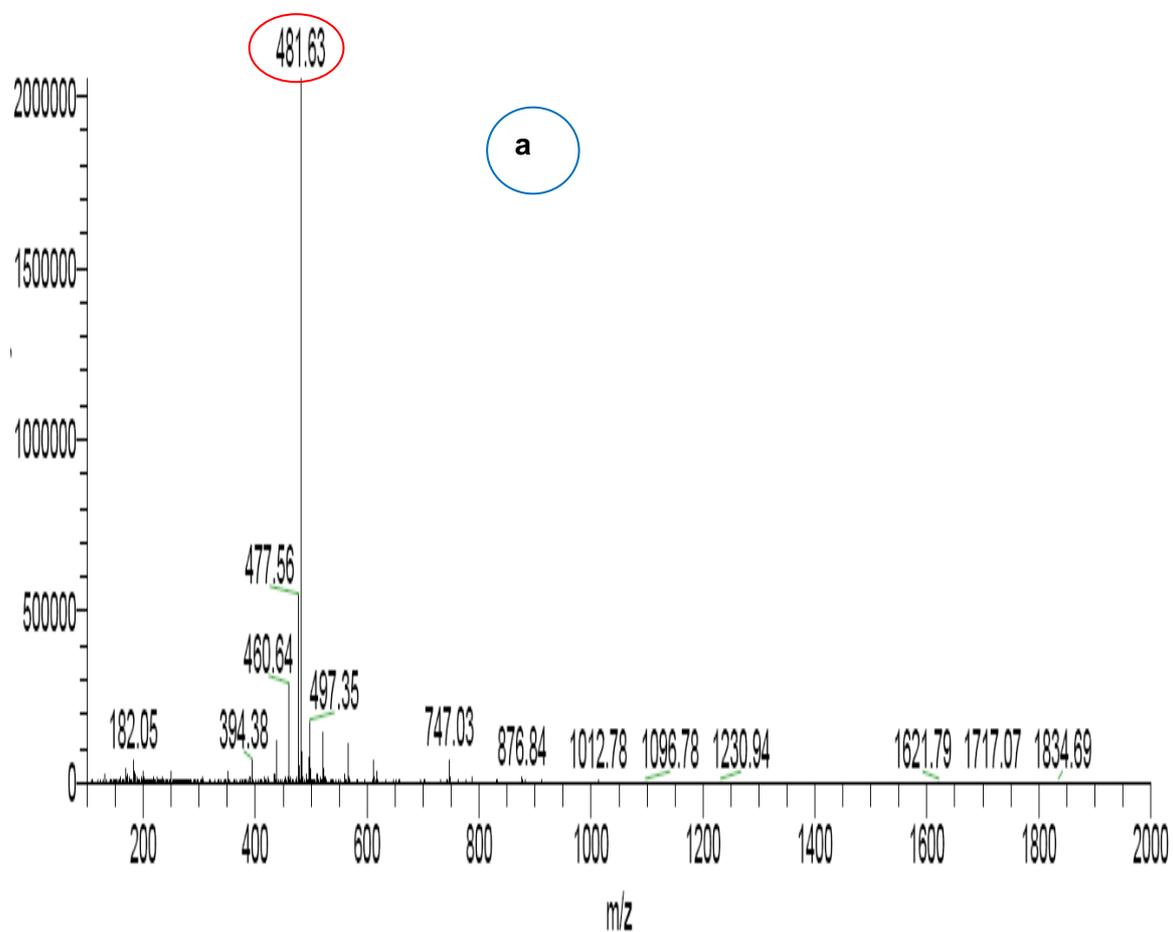


Figure 20: Spectre de masse de la fraction a

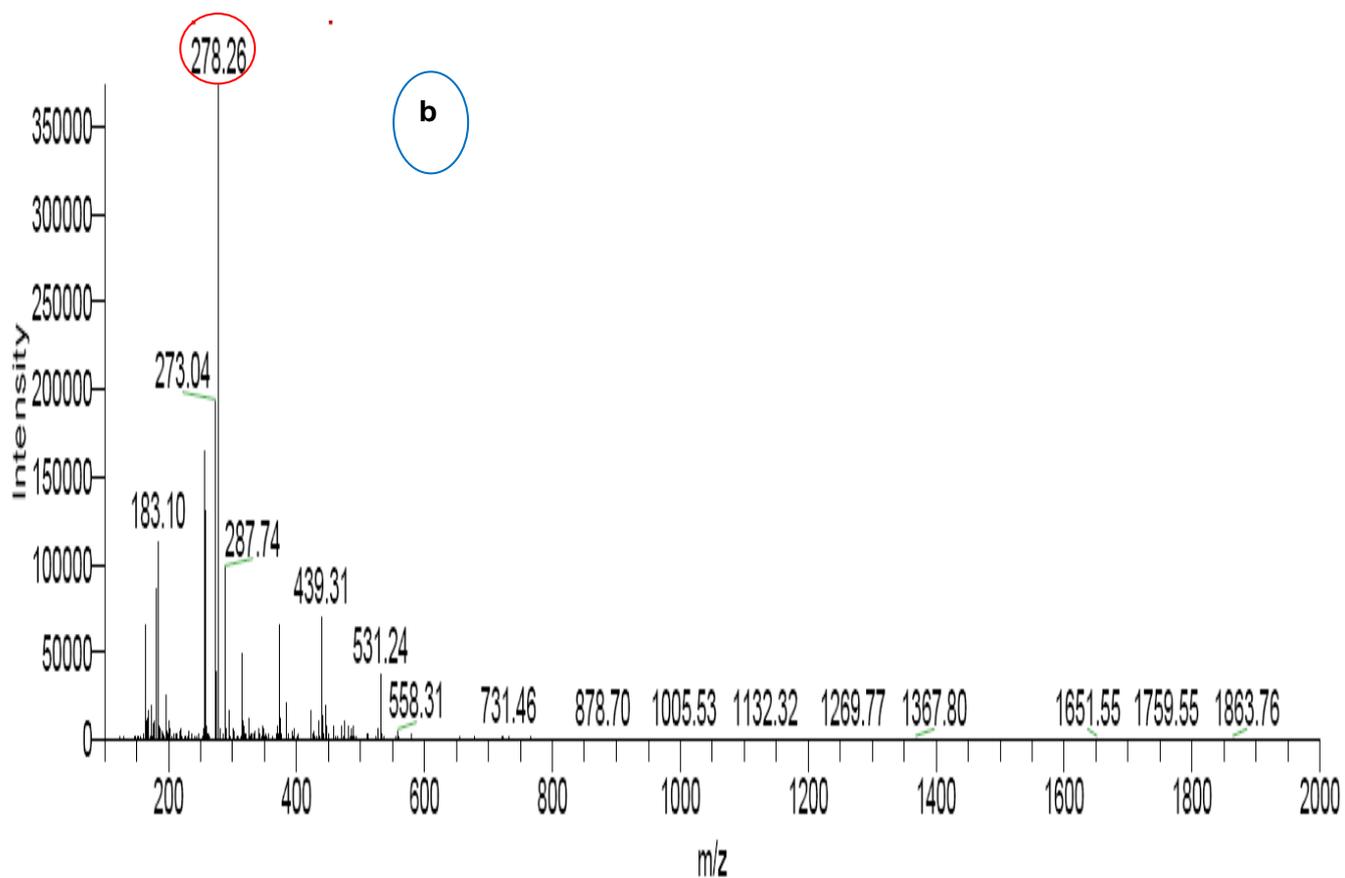


Figure 21: Spectre de masse de la fraction b

Pour confirmation, l'identification de ces molécules par les poids moléculaires des charges positives, les fractions avec les temps de rétention 26,61 min (figure 21 et 22) et 31,69 min ont été reprises et repassées dans les mêmes conditions et les spectres de masse ont été identifiés.

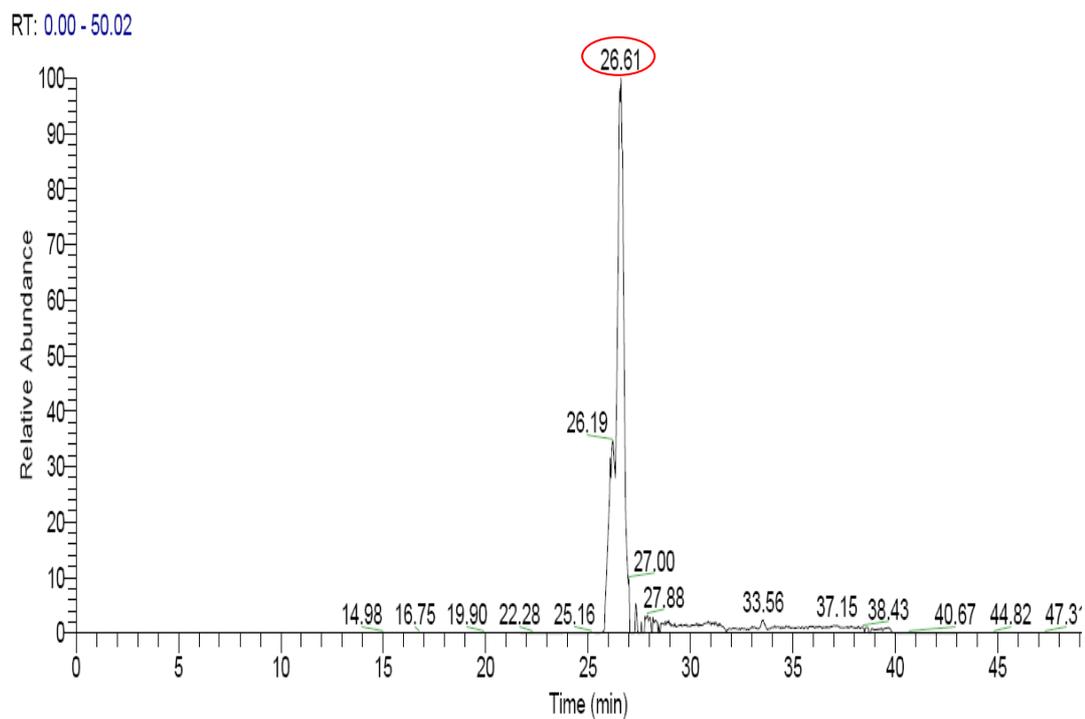


Figure 22: Chromatogramme de la fraction a

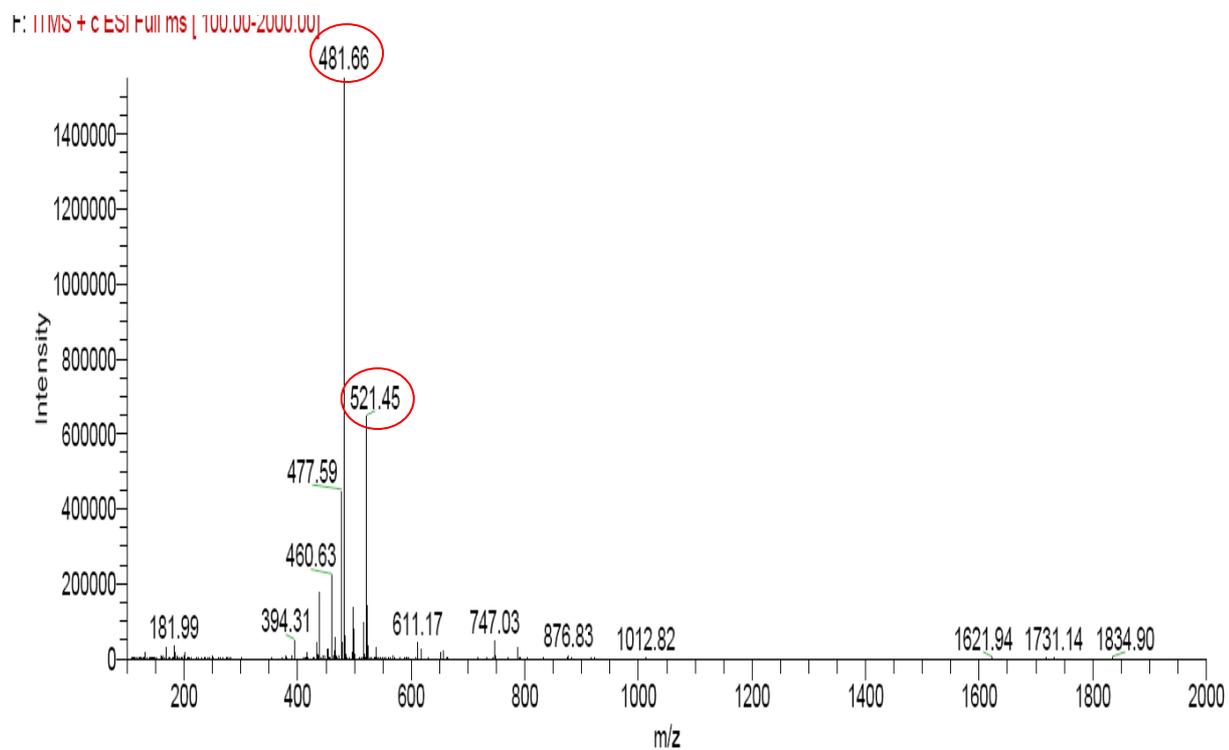


Figure 23 : Spectre de masse de la fraction a

RT: 28.64 - 36.33

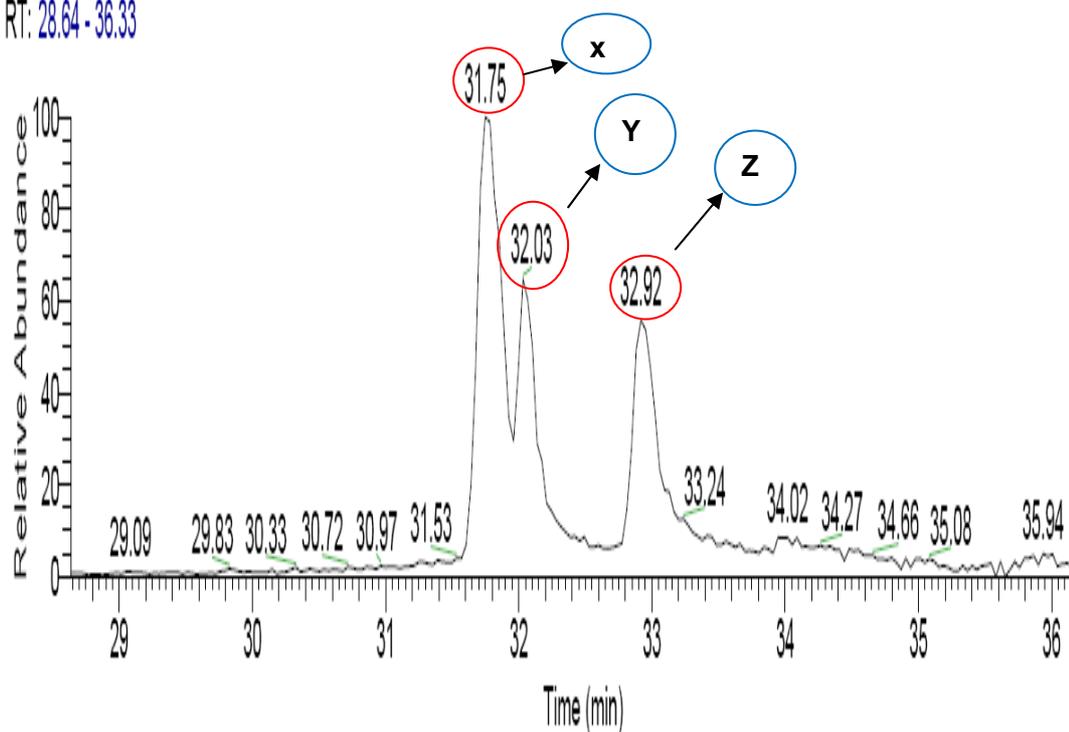


Figure 24: Chromatogramme de la fraction b

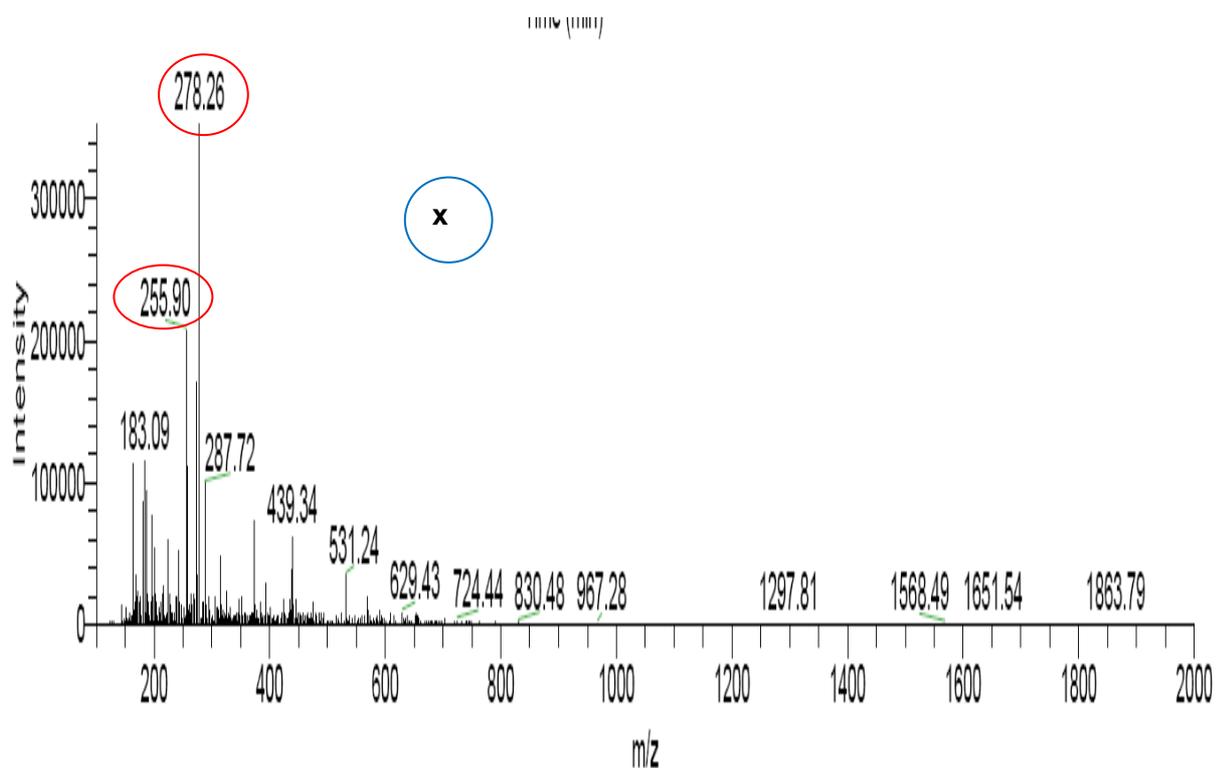


Figure 25: Spectre de masse de la fraction X

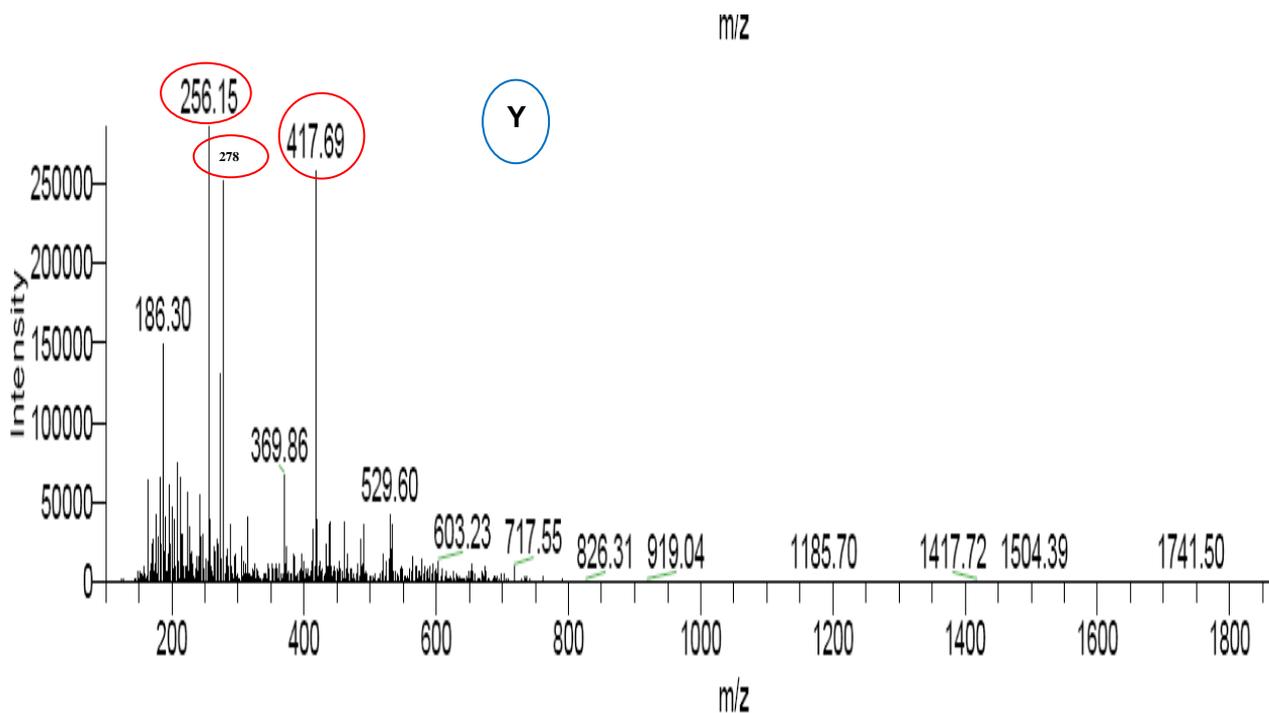


Figure 26: Spectre de masse de la fraction Y

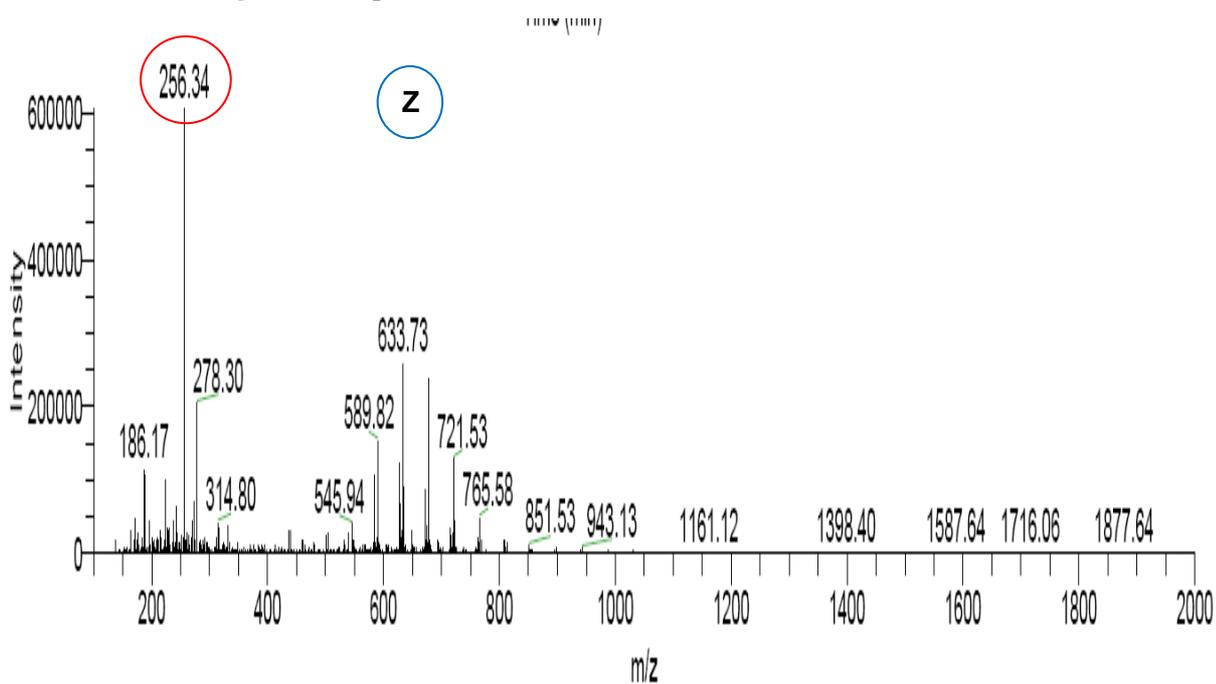


Figure 27 : Spectre de masse de la fraction Z

Les résultats du chromatogramme et du spectre de masse issus de la fraction du temps de rétention de 26,61 min reprise indique que le pic majeur est celui de la molécule possédant une masse moléculaire de 481,66 g/mol. Cette observation confirme le résultat

obtenu sur la figure 19 qui présente aussi le même pic. Ceci nous permet de suggérer qu'une substance de poids moléculaire de 481,66 g/mol se retrouve en quantité importante dans cet extrait. Le deuxième pic majeur observé serait probablement celui issu de la fraction de rétention 26,19 min. D'ailleurs à ce temps de rétention, on remarque un pic non négligeable à ce temps de rétention (figure 21). Pour le temps de rétention 31,69 min, la reprise a donné trois pics majeurs (X, Y et Z) (figure 33). Les spectres de masse des différentes fractions (X, Y et Z) ont permis de confirmer les masses moléculaires obtenues à la figure 32 en fonction du temps de rétention. La figure 34 montre que le pic le plus élevé est celui constitué de la molécule avec pour poids moléculaire 278,26 g/mol suivi du pic à masse moléculaire 255,90 g/mol. La figure 25 elle, présente le spectre de masse du pic Y du temps de rétention 32,03 min. Ce spectre montre trois grands pics majeurs de poids moléculaire et par ordre décroissant 256,15 g/mol ; 417,69 g/mol et 278 g/mol. La figure 26 quant à elle, indique le spectre de masse de la fraction possédant le temps de rétention 32,92 min qui montre un pic majeur au poids moléculaire 256,34 g/mol. Ces observations peuvent nous permettre de dire clairement que la principale substance issue du pic (31,69 min) qui a présenté la plus grande amplitude (1800000 u AU) est une molécule ayant une masse moléculaire d'environ de 278 g/mol.

Les figures 27, 28, 29 illustrent les chromatogrammes de l'extrait cinnamate de l'épice *Z. leprieurii* à des différentes longueurs d'ondes (270 nm, 325 nm et 370 nm).

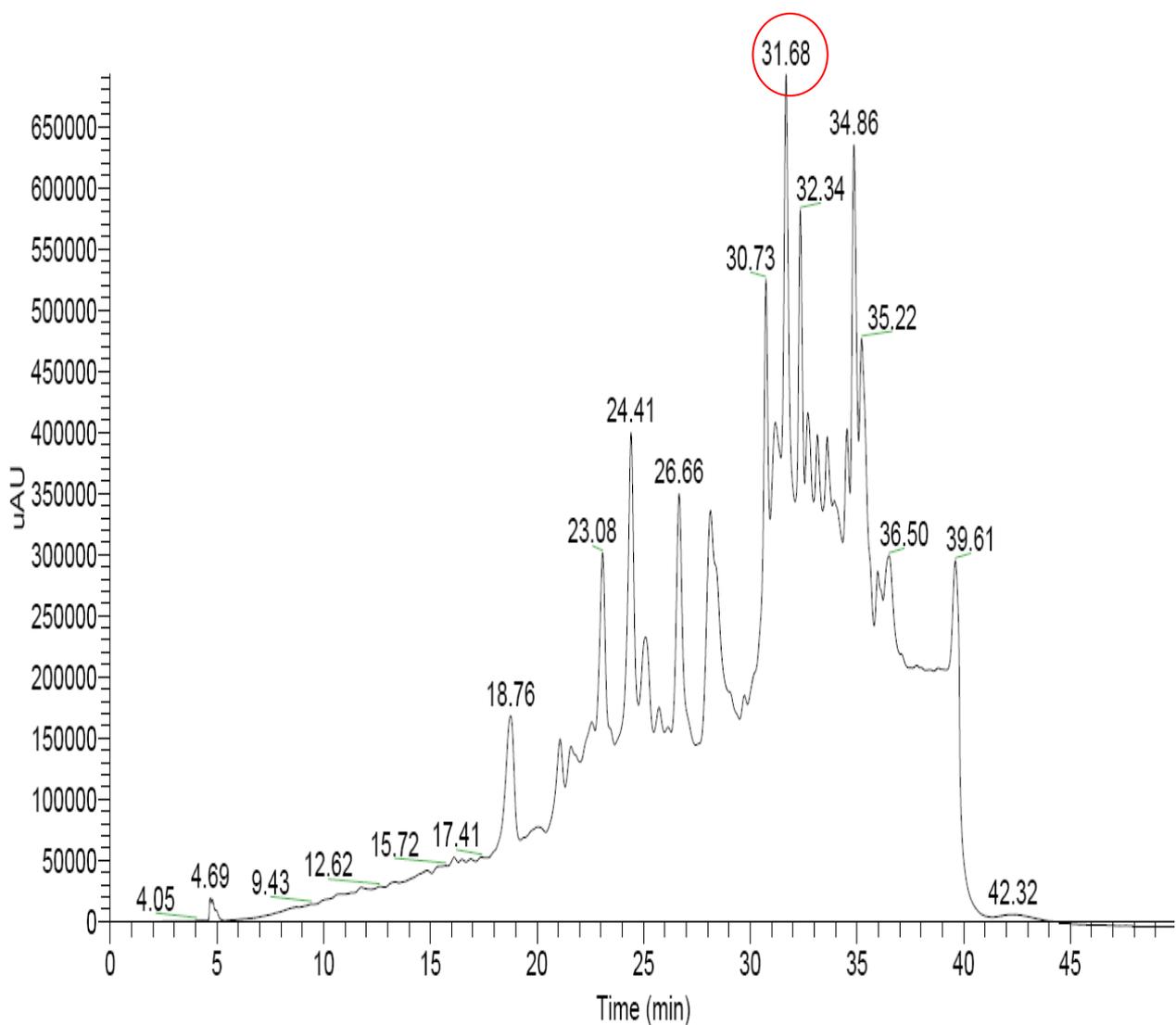


Figure 28: Chromatogramme de l'acide cinnamique de *Z. lepreurii* (270 nm)

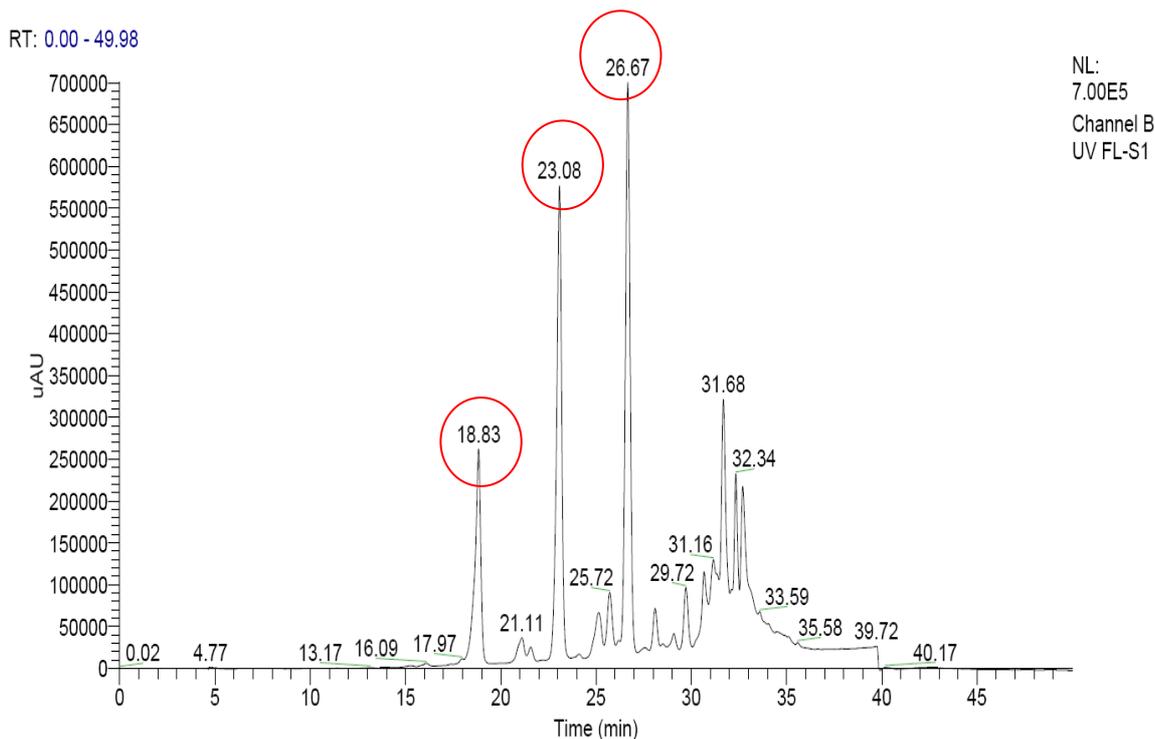


Figure 29: Chromatogramme de l'acide cinnamique de *Z. leprourii* (325 nm).

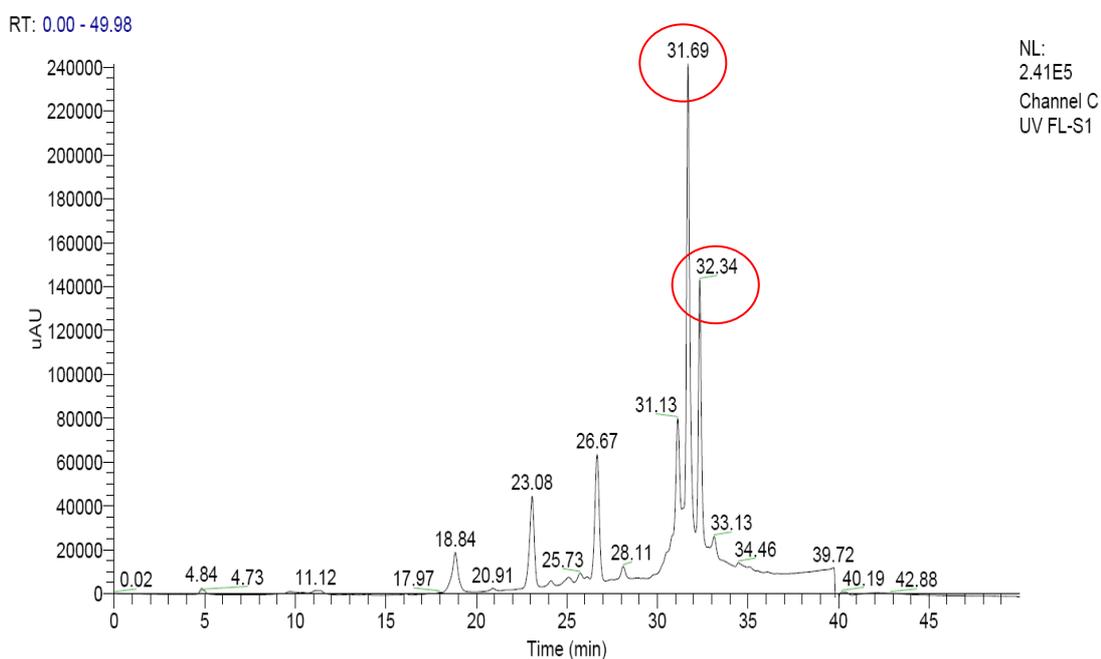


Figure 30: Chromatogramme de l'acide cinnamique de *Z. leprourii* (370 nm).

De ces figures il ressort que les amplitudes maximales observées sont celles des pics possédant des temps de rétention de 31,68 min pour la longueur d'onde 270 nm. Pour longueur d'onde 325 nm les temps de rétention sont de 26,67 min, 23,08 min et 18,83 min

et pour la longueur d'onde 370 nm les temps de rétention sont de 32,34 min et 31,69 min. Pour vérifier ces différents pics majeurs, le chromatogramme de la figure 30 qui résume la somme des trois longueurs a été effectué. Celle-ci montre effectivement que les pics ayant présentés des intensités majeures sont ceux avec des temps de rétentions de 18,82 min, 23,08 min, 26,67 min, 31,68 min et 32,34 min.

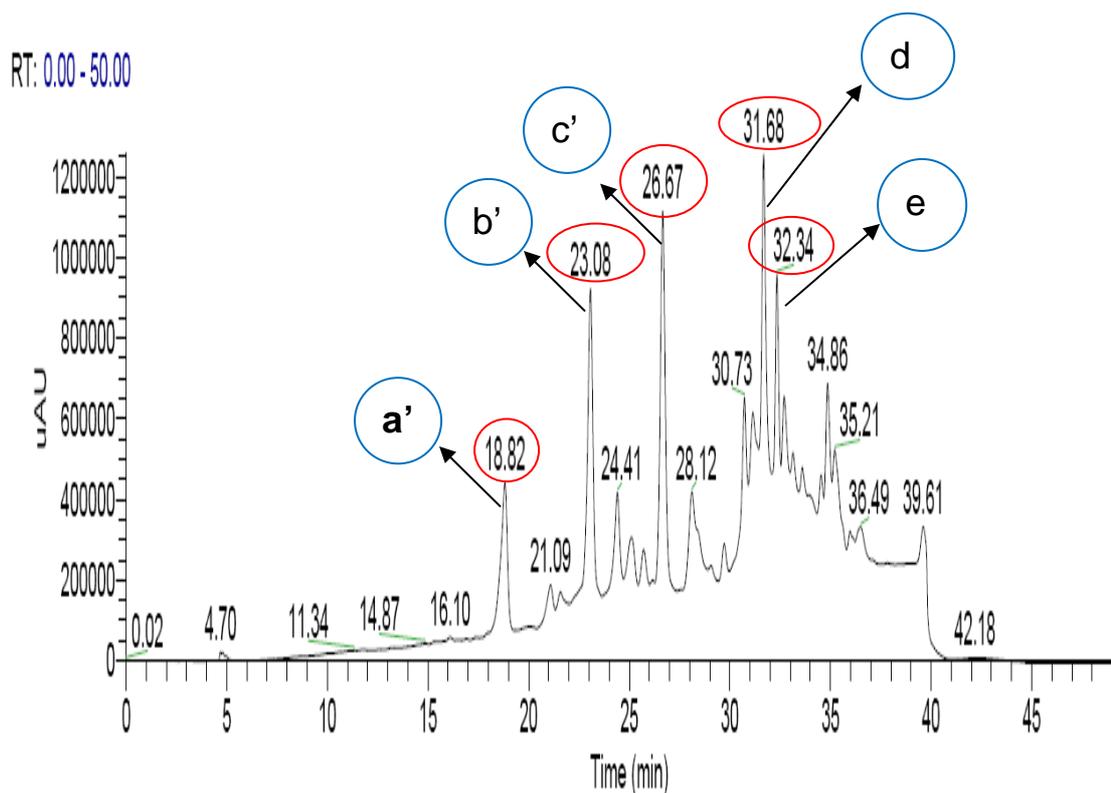


Figure 31: Chromatogramme de *Z. leprieurii* (270 nm + 325 nm+ 370 nm)

La recherche des différentes molécules issues des différentes fractions a été faite par la réalisation des spectres de masse de différentes fractions ayant été considérées comme majeures (a', b', c', d et e)

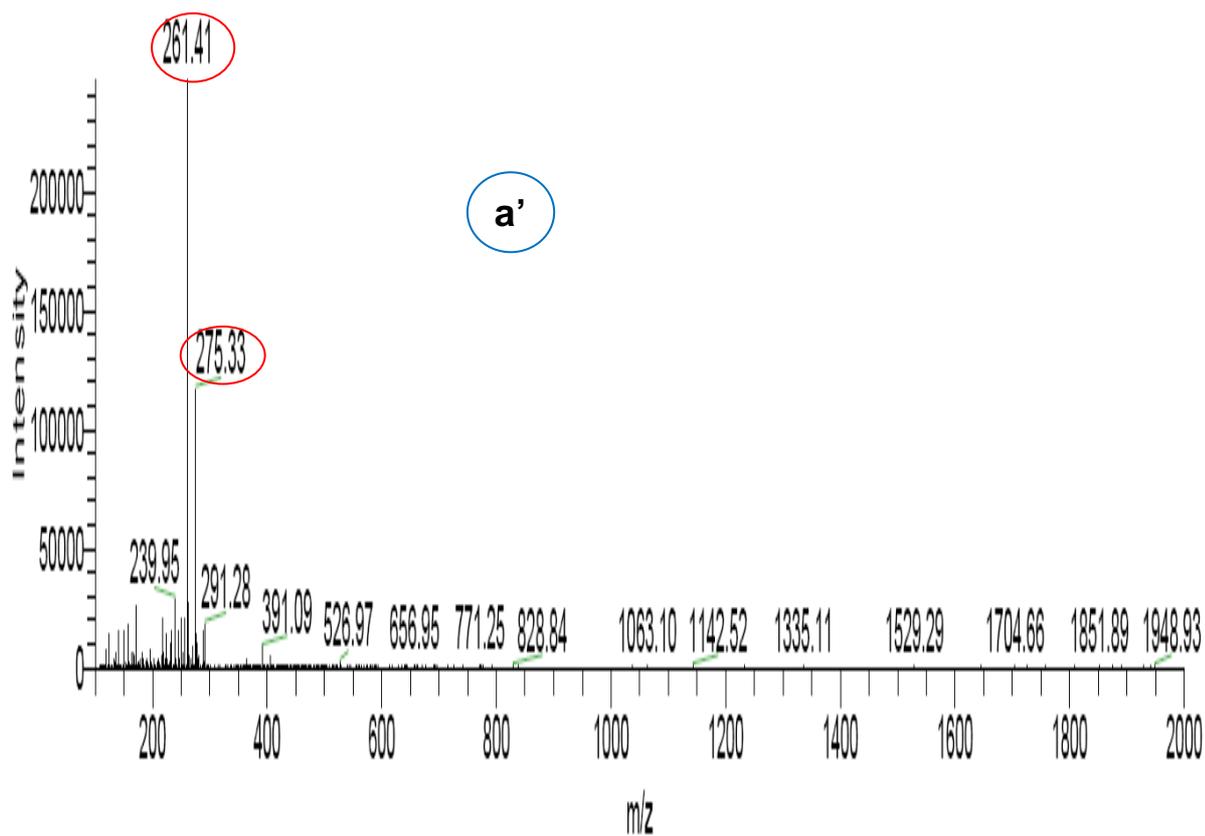


Figure 32: Spectre de masse de la fraction a'

La figure 31 montre que la fraction « a' » récupérée est constituée en majorité de la molécule de masse moléculaire 261,41 g/mol, suivi du pic avec une molécule de masse moléculaire 275,33 g/mol.

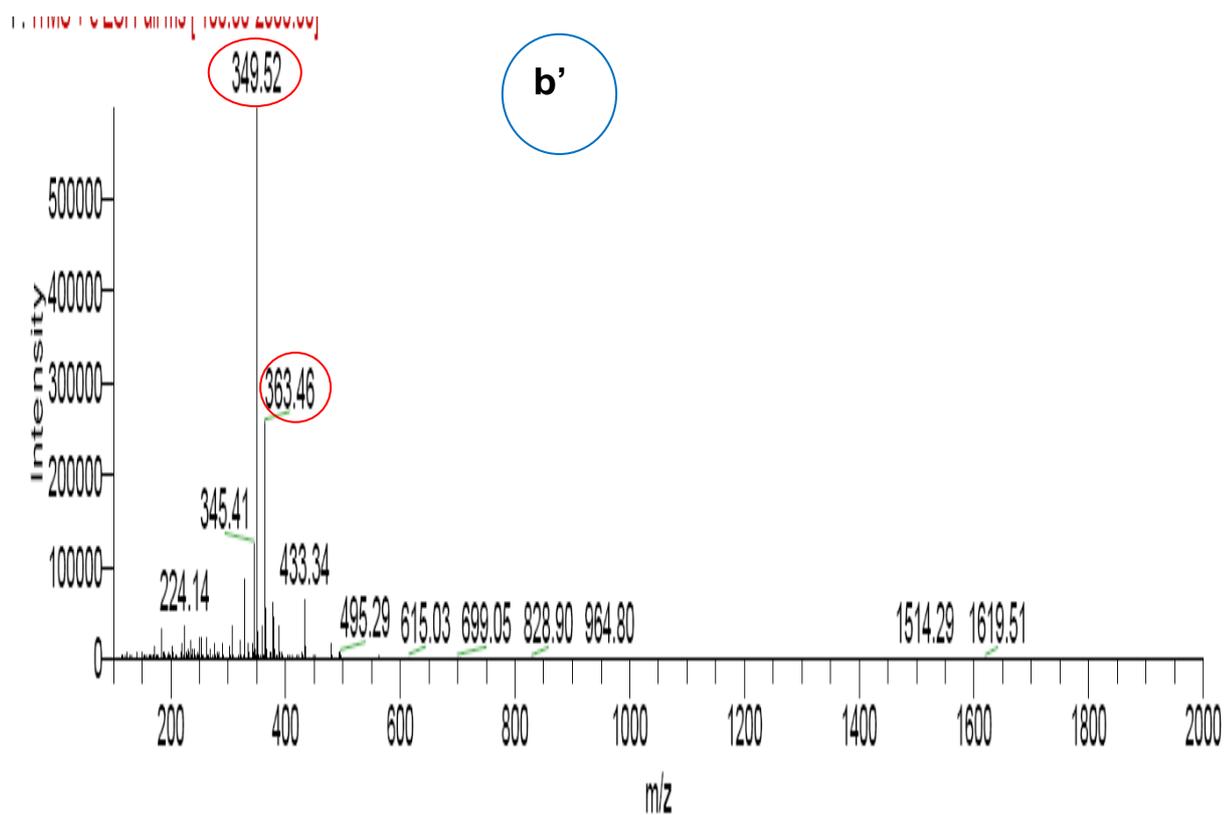


Figure 33: Spectre de masse de la fraction b'

La molécule possédant une masse moléculaire de 346,52 g/mol est fortement représentée dans cette fraction « b' » (figure 32) suivi par la molécule de masse moléculaire 363,46 g/mol.

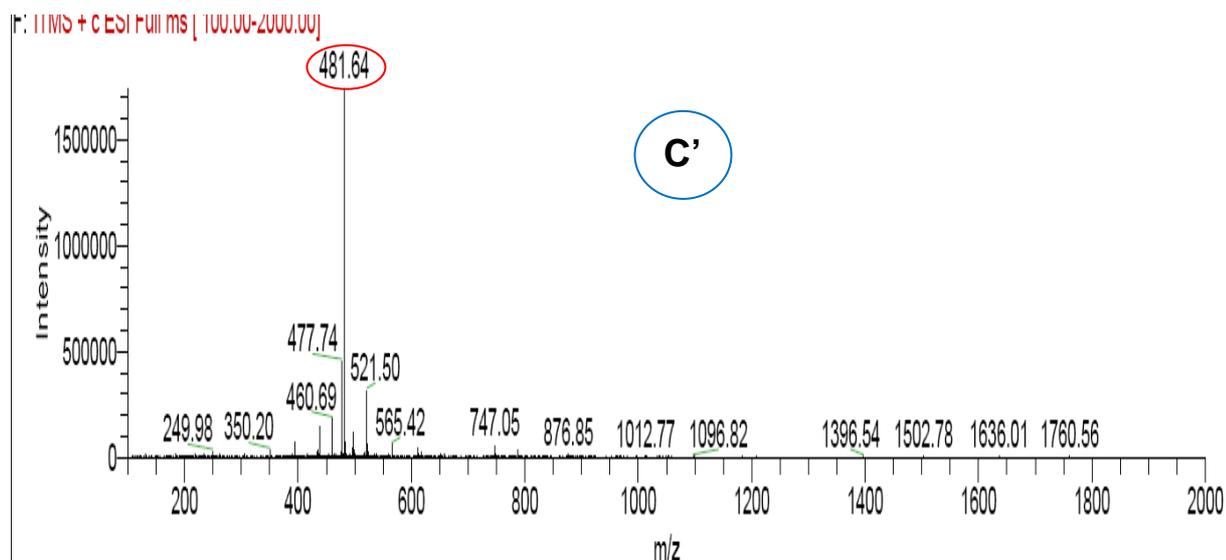


Figure 34: Spectre de masse de la fraction c'

Le spectre de masse de la fraction « c' » (figure 33) montre que la molécule essentielle de cette fraction a une masse moléculaire de 481,64 g/mol

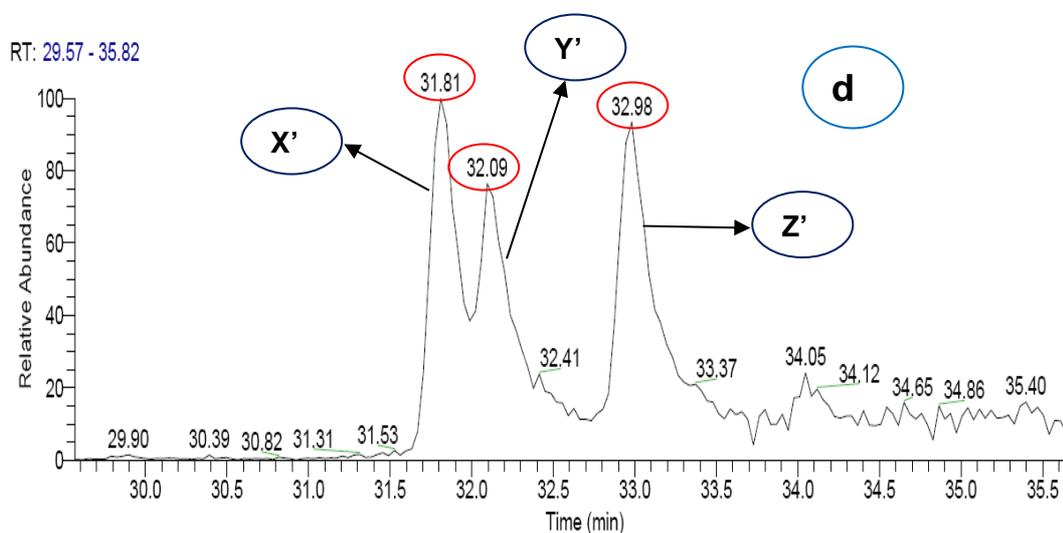


Figure 35: Chromatogramme de la fraction d

Pour mieux apprécier et faire une comparaison claire entre le pic obtenu au temps de rétention de 31,69 min pour l'épice *D. glomerata* et l'épice *Z. leprieurii*, la reprise de cette fraction « d » a permis d'observer trois pics majeurs (X', Y' et Z') avec des temps de 31,81 min, 32,09 min et 32,98 min respectivement (figure 34).

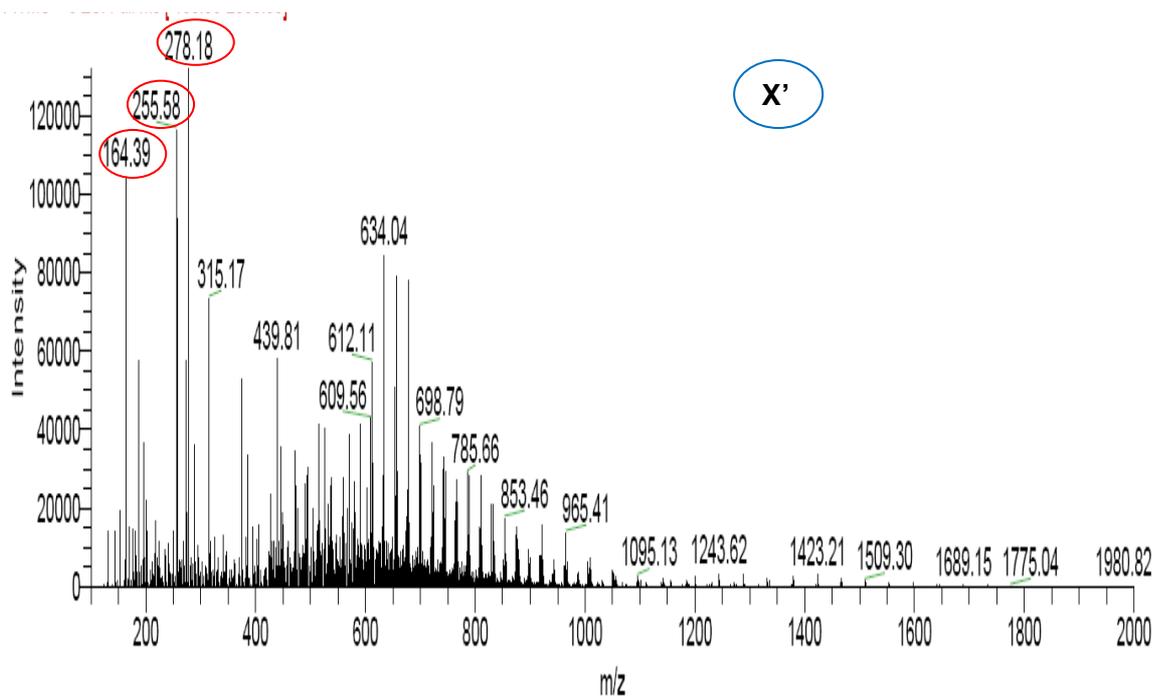


Figure 36: Spectre de masse de la fraction X'

On remarque dans cette figure 35 que les pics les plus élevés ont été ceux des molécules avec des masses moléculaires par ordre décroissant de 278,18 g/mol, 255,58 g/mol et 164,39 g/mol.

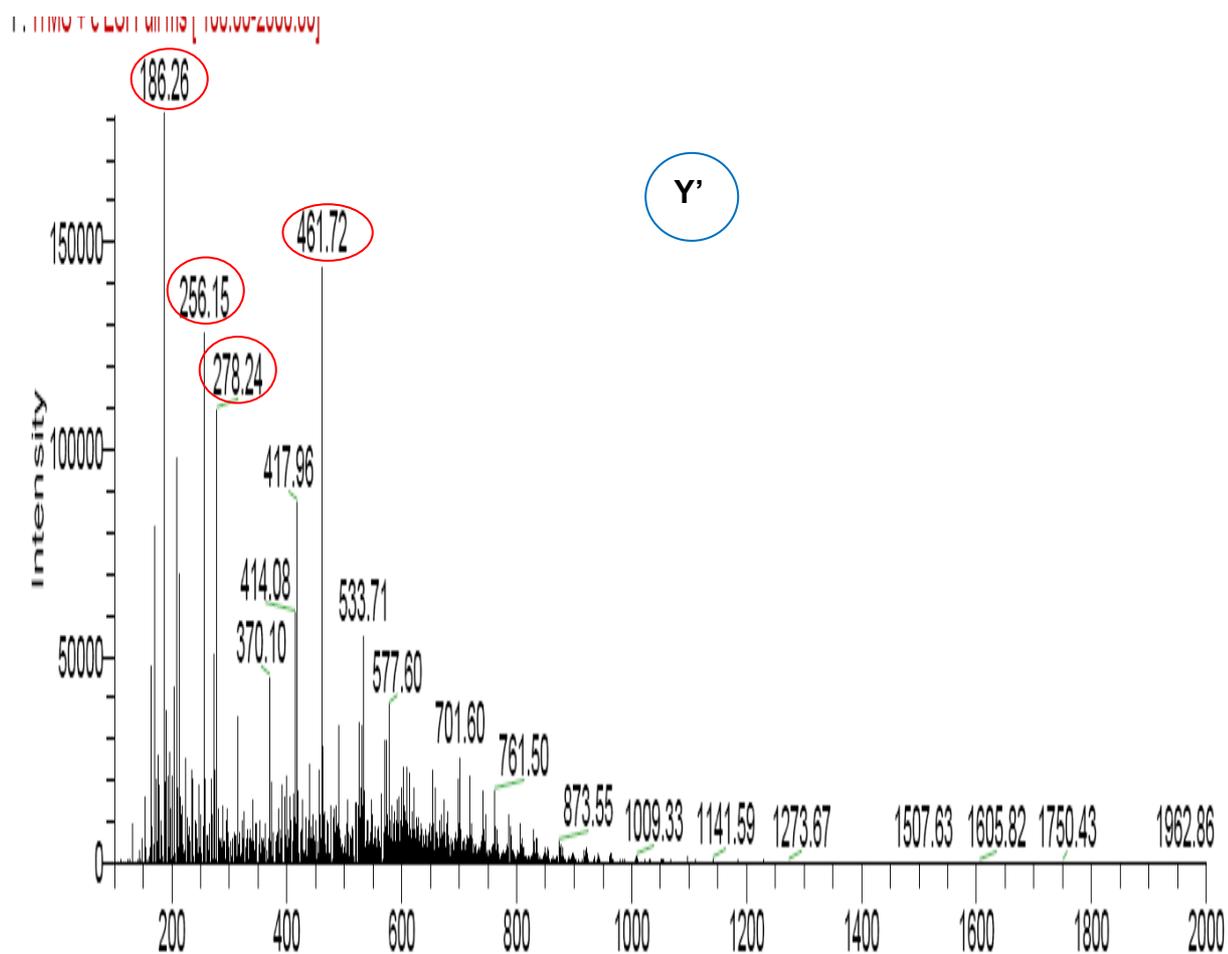


Figure 37: Spectre de masse de la fraction Y'

On observe dans cette figure 36 que ce spectre est composé en majorité des molécules de masse moléculaire par ordre d'importance d'intensité de 186,26 g/mol, 461,72 g/mol, 256,15 g/mol et 278,24 g/mol.

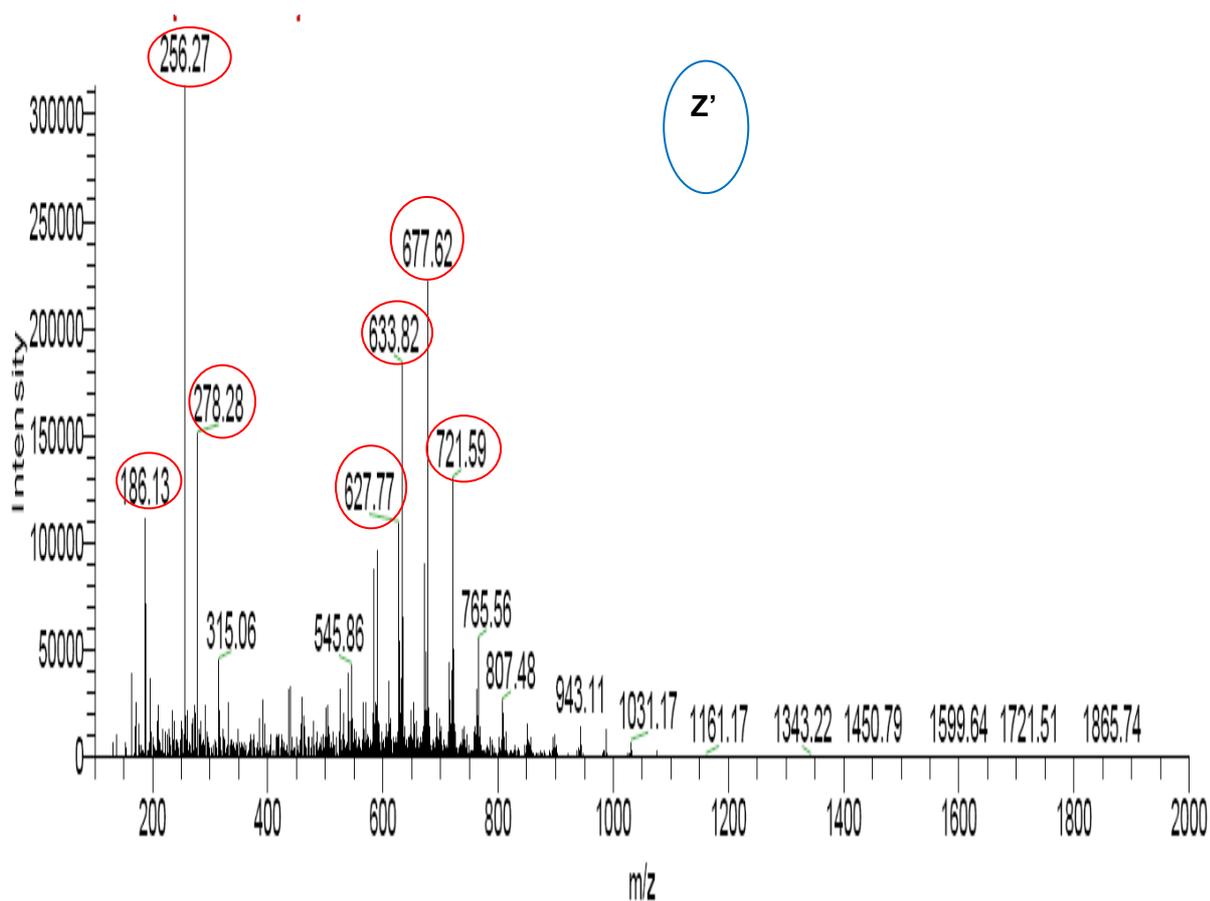


Figure 38: Spectre de masse de la fraction Z'

De ce spectre (figure 37), il ressort que cette fraction est constituée de plusieurs molécules qui sont par ordre d'importance d'intensité de 256,27 g/mol, 677,62 g/mol, 633,82 g/mol, 278,28 g/mol, 721,59 g/mol, 186,13 g/mol et 627,77 g/mol.

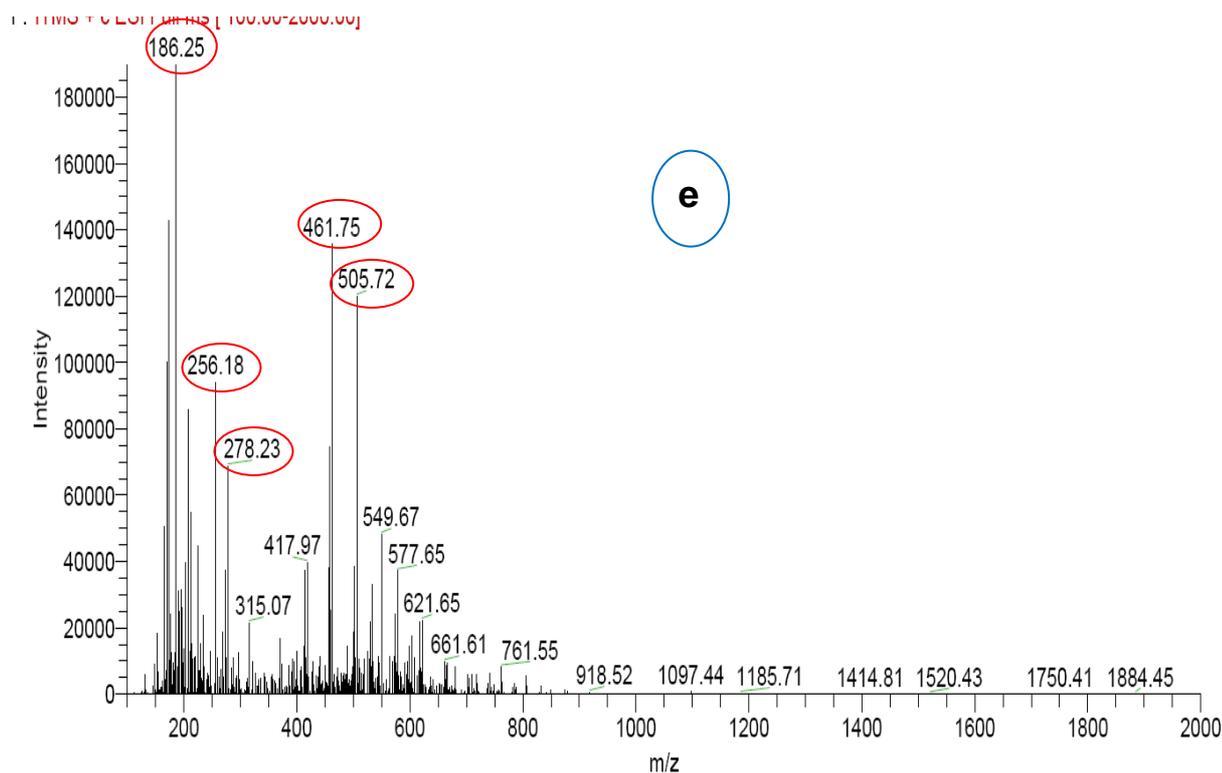


Figure 39: Spectre de masse de la fraction e

Cette figure qui matérialise le spectre de la fraction « e » (figure 38) montre que la molécule qui présente l'intensité maximale est celle ayant une masse moléculaire de 186,25 g/mol, suivi de celle avec 461,75 g/mol comme masse moléculaire, ensuite la molécule de poids moléculaire de 505,72 g/mol, puis la molécule possédant un poids moléculaire de 256,18 g/mol et enfin celle de masse moléculaire de 278,23 g/mol.

Suite à l'analyse reprise des chromatogrammes et des spectres de l'épice *Z. leprieurii* pour les temps de rétention 26,67 min et 31,68 min, on peut conclure que les molécules majeures issues de ces pics sont celles possédant un poids moléculaire de 481,64 g/mol et 278,24 g/mol respectivement. Ces résultats se rapprochent de ceux observés pour l'épice *D. glomerata*.

III- Activité antioxydante

Le tableau 15 exhibe le pouvoir réducteur des différents extraits des vingt épices. Ce potentiel réducteur total est considéré comme le reflet de la mesure de la capacité antioxydante. De ce tableau, on remarque en général que le pouvoir réducteur des différents extraits varie considérablement entre les épices avec des valeurs qui oscillent

entre 1,55 mg/100 g pour *C. frutescens* et 168,63 mg/100 g pour *Z. leprieurii*. Des valeurs plus grandes ont été observées par Neuza *et al.*(2005) dans les fruits diététiques, les légumes et les pulpes de fruits congelés avec des teneurs qui se situent entre de 3,8 mg/100 g et 885 mg d'acide ascorbique/100 g. Les études récentes menées au Cameroun par Agbor *et al.*(2005) ont relevées que certaines herbes et épices ont un pouvoir réducteur qui varie également de 39,23 mg/g à 491,55 mg/g équivalent de catéchine. Pour cette étude, les épices ayant présentées une activité réductrice la plus élevée sont *Z. leprieurii* (168,63 mg/100 g) et *D. glomerata* (128,83 mg/100 g). Ce fort pouvoir réducteur observé dans ces épices pourrait suggérer que cette propriété antioxydante serait due au nombre élevé des groupements hydroxyles qu'elles contiendraient dans leurs constituants aromatiques (Miliauskas *et al.*, 2004).

Le pouvoir antioxydant (TEAC) varie aussi largement entre les différentes épices et les teneurs les plus élevées sont observées dans les épices *D. glomerata* (71,50 mg/g) et *Z. leprieurii* (60,07mg/g) alors que les valeurs les plus faibles se retrouvent dans les épices *S. melongena* (3,96 mg/g) et *S. zenkeri* (écorce) (3,84 mg/g). Certaines épices présentent des capacités antioxydantes moyennes, il s'agit des épices *A. daniellii* (15,39 mg/g), *X. aethiopica* (14,41 mg/g), *E. giganteus* (12,54 mg/g), et *T. tetraptera* (10,45 mg/g). La variation de l'activité antioxydante TEAC a été également observée par Yizhong *et al.*(2004) sur les extraits méthanoliques des fruits et légumes de Chine avec des valeurs qui oscillent entre 28,7 μ mol équivalent trolox/100 g de matière sèche à 167,1 mg/100 g). Des tendances similaires ont été obtenues sur des extraits méthanoliques de 32 herbes en Pologne par Wojdylo *et al.* (2007) avec des teneurs qui varient de 0,45 μ mol à 346 μ mol de trolox/100 g de matière sèche. A titre comparatif, les résultats observés par Kim *et al.* (2003) sont contraires à ceux obtenus dans nos épices avec des teneurs variant de 567,0 mg d'équivalent vitamine C/100 g de matière sèche à 204,9 mg d'équivalent vitamine C/100 g de matière sèche dans les « plums » fraîche à New-York. Ceci pourrait être dû, entre autres, à la différence d'utilisation de la référence soit la vitamine C en lieu et place du trolox. Par contre les teneurs relevées par Subramani *et al.* (2002) sur les cerises en Georgie se sont avérées plus petites que celles trouvées dans nos épices (38,29 μ M /g à 2,65 μ M équivalent de trolox /g).

Les activités antioxydantes déterminées par la méthode utilisant le DPPH dans nos différentes épices varient de façon significative ($p < 0,05$) entre les épices. En général, ces résultats ont presque les mêmes tendances que ceux observées avec le TEAC et le PRT.

Du tableau 15, il ressort que les valeurs du potentiel antioxydant des vingt épices se situent entre 42,69 mg trolox/g de matière sèche pour *D. glomerata* et 40,95 mg trolox/g de matière sèche pour *Z. leprieurii* à 1,89 mg trolox/g de matière sèche pour *H. gabonii* (fruit).

La méthode d'évaluation de l'effet protecteur de l'extrait méthanolique des différentes épices contre l'attaque du 2-désoxyribose donne des activités qui varient significativement d'une épice à l'autre, mais avec des tendances différentes des trois premières méthodes. Les activités oscillent entre 0,007 mg/100 g dans l'épice *H. gabonii* (fruit) et 2,45 mg/100 g pour *S. zenkeri* (fruit). Cette particularité liée à certaines épices leur confèrerait l'aptitude à pouvoir entretenir la protection de destruction de l'ADN.

Les résultats obtenus dans la littérature par Hinnebourg *et al.* (2006) sur les herbes et épices se sont révélées systématiquement plus élevées que ceux observés dans nos différentes épices avec des valeurs qui varient entre 47,5 mol de mannitol/g et 387 mol mannitol/g. Cette différence pourrait se justifier par le fait que l'unité de détermination est différente.

Tableau 10: Activité (s) antioxydante (s) des différentes épices

Epices	TEAC ^t	PRT ^u	2-désoxyribose ^v	DPPH ^w
<i>Aframomum daniellii</i>	15,39±0,26 ^l	15,88±0,64 ^g	1,04±0,03 ^{ef}	18,58±0,32 ^l
<i>Capsicum frutescens</i>	6,22±0,37 ^h	1,55±0,11 ^a	0,53±0,04 ^c	4,63±0,30 ^g
<i>Dichrostachys glomerata</i>	71,50±0,53 ⁿ	128,83±0,49 ^m	1,52±0,03 ^g	42,69±0,01 ⁿ
<i>Dorstenia psilurus</i>	6,66±0,08 ^h	17,41±0,33 ^h	1,03±0,02 ^{ef}	4,28±0,22 ^f
<i>Echinops giganteus</i>	12,54±0,21 ^j	23,06±0,16 ⁱ	0,95±0,04 ^d	6,95±0,05 ^h
<i>Zanthoxylum leprieurii</i>	60,07±0,71 ^m	168,63±0,73 ⁿ	0,07±0,01 ^a	40,95±0,09 ^m
<i>Zanthoxylum xanthozoloides</i>	6,31±0,09 ^h	14,13±0,38 ^f	2,21±0,05 ^{ij}	3,36±0,01 ^d
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	4,82±0,18 ^{de}	2,060±,057 ^a	0,007±,001 ^a	1,89±0,02 ^{ab}
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	4,47±0,06 ^{bc}	6,98±1,01 ^c	0,36±0,01 ^b	2,04±0,01 ^b
<i>Mondia whitei</i>	6,16±0,11 ^h	4,87±0,25 ^b	1,49±0,01 ^g	3,78±0,06 ^e
<i>Monodora myristica</i>	5,36±0,18 ^{ef}	10,88±0,41 ^e	2,29±0,04 ^{jk}	3,18±0,03 ^d
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	4,71±0,19 ^{cd}	15,91±0,10 ^g	2,30±0,09 ^k	2,14±0,04 ^{bc}
<i>Piper guineense</i>	5,55±0,06 ^{fg}	7,03±0,70 ^c	2,35±0,03 ^k	7,58±0,04 ⁱ
<i>Piper umbellatum</i>	4,60±0,19 ^{cd}	9,50±0,03 ^d	0,48±0,04 ^c	1,99±0,02 ^{ab}
<i>Scleria striatinux</i>	6,36±0,10 ^h	17,82±1,02 ^h	0,87±0,01 ^d	2,33±0,05 ^c
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	6,10±0,20 ^{gh}	14,18±1,35 ^f	1,10±0,02 ^f	2,35±0,04 ^c
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce) (é)	3,84±0,15 ^a	24,70±0,55 ^j	2,45±0,04 ^l	2,37±0,04 ^c
<i>Solanum melongena</i>	3,96±0,23 ^{ab}	44,02±0,82 ^l	2,17±0,02 ⁱ	1,77±0,03 ^a
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	10,45±0,21 ⁱ	38,30±1,15 ^k	1,86±0,09 ^h	9,86±0,01 ^j
<i>Xylopiya aethiopica</i>	14,41±0,26 ^k	17,80±0,55 ^h	0,07±,003 ^a	17,44±0,2 ^k

t: exprimé en mg d'équivalent trolox /100g; u: exprimé en mg de vitamine C/100g; v: exprimé en mg mannitol/100g, w : exprimé en équivalent mg de trolox/100g

Les valeurs n'ayant pas les lettres identiques dans une colonne sont significativement différents à 5 %;

Moyenne ± écart type; n = 3,

PRT = Pouvoir réducteur total, TEAC= Trolox equivalent activity capacity

IV- Les coordonnées L*, a*, b* de la couleur

Les valeurs des différents paramètres de la couleur sont consignées dans le tableau 16. Ces résultats montrent que les caractéristiques de la couleur varient de manière significative ($p < 0,05$) entre les épices. Cette différence observée renforce la grande différence observée entre les épices sur les activités antioxydantes. La valeur L* des épices varie de 20 (pour les épices à aspect sombre : *X. aethiopica* et *Z. leprieurii*) à 79 pour l'épice *M. whitei* (épice à tendance blanc). Cette coordonnée caractérise la couleur blanche et noire dans l'espace chromatique.

La faible valeur de la coordonnée L* obtenue pour les épices *X. aethiopica* et *Z. leprieurii* traduit la couleur sombre du fruit et la valeur élevée pour l'épice *M. whitei* confirme sa couleur à tendance blanche.

La coordonnée a* traduit la couleur verte et rouge dans l'espace chromatique, dans nos différentes épices, elle varie de 0,9 pour *S. zenkeri* (fruit) à 22,7 *C. frutescens*. La valeur de la coordonnée a* observée en général d'une valeur faible ou moyenne dans nos épices confirme la coloration verte et intermédiaire entre le vert et le rouge des épices, seule l'épice *C. frutescens* avec une valeur élevée (22,7) présente une coloration rouge.

Enfin, la coordonnée b* caractérise la couleur jaune et bleue dans l'espace chromatique. Cette coordonnée a des valeurs qui oscillent entre 7,6 pour *X. aethiopica* et 35,0 pour *S. zenkeri* (écorce). La valeur élevée justifie la coloration jaune que présente la poudre de cette épice.

Comparé à la couleur blanche standard, les poudres d'épices sont globalement de couleur claire, brune et jaune.

Il est important de mentionner que les épices qui ont présenté des colorations sombres ont aussi montré une activité antioxydante élevée. Ceci pourrait être dû à la présence des composés colorés comme les phénols et les flavonoïdes développés dans les plantes pour les protéger contre les agressions de l'environnement. Il a été aussi démontré que la polymérisation de ces composés donne une coloration plus sombre à ces plantes (Helen *et al.*, 2001).

Tableau 11: Caractéristiques de la couleur des poudres d'épices

Spices names	L*	a*	b*
<i>Aframomum daniellii</i>	51,7 ± 1,4 ^e	7,2 ± 0,7 ^{cde}	20,1 ± 0,2 ^{cd}
<i>Capsicum frutescens</i>	39,9 ± 0,1 ^c	22,7 ± 0,1 ⁱ	31,0 ± 0,1 ^g
<i>Dichrostachys glomerata</i>	46,7 ± 0,6 ^d	7,0 ± 0,1 ^{cd}	19,4 ± 0,8 ^{bc}
<i>Dorstenia psilurus</i>	40,8 ± 1,3 ^c	10,1 ± 0,1 ^g	24,1 ± 1,0 ^{ef}
<i>Echinops giganteus</i>	46,6 ± 0,6 ^d	8,1 ± 0,1 ^{ef}	25,2 ± 0,2 ^{ef}
<i>Zanthoxylum leprieurii</i>	26,4 ± 3,9 ^b	8,0 ± 0,7 ^{cde}	16,3 ± 3,3 ^b
<i>Zanthoxylum xanthoxyloïdes</i>	40,8 ± 1,1 ^c	14,2 ± 0,1 ^h	21,4 ± 0,4 ^{de}
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	76,6 ± 0,7 ⁱ	3,7 ± 0,1 ^b	19,4 ± 0,3 ^{cd}
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	39,0 ± 0,1 ^c	13,5 ± 0,2 ^h	24,8 ± 0,2 ^{ef}
<i>Mondia whitei</i>	78,6 ± 1,1 ⁱ	4,7 ± 0,3 ^{bc}	21,0 ± 0,5 ^d
<i>Monodora myristica</i>	73,4 ± 0,1 ^h	5,8 ± 0,1 ^{bc}	20,0 ± 0,1 ^{cd}
<i>Pendatiplandra brazzeana</i>	51,0 ± 0,5 ^e	8,4 ± 0,1 ^f	25,9 ± 0,2 ^{ef}
<i>Piper guineense</i>	45,7 ± 0,8 ^d	7,6 ± 0,1 ^{cde}	23,2 ± 0,7 ^{ef}
<i>Piper umbellatum</i>	53,2 ± 1,4 ^e	2,9 ± 0,5 ^b	16,3 ± 1,8 ^b
<i>Scleria striatinux</i>	56,5 ± 2,2 ^f	7,6 ± 0,1 ^{cde}	27,4 ± 0,1 ^f
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	66,1 ± 1,5 ^{gh}	0,9 ± 0,1 ^a	20,7 ± 0,9 ^d
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	70,5 ± 3,0 ^h	6,6 ± 0,6 ^{bc}	35,2 ± 0,8 ^h
<i>Solanum melongena</i>	60,2 ± 0,5 ^g	8,6 ± 0,7 ^f	25,9 ± 0,9 ^{ef}
<i>Tetratpleura tetraptera</i>	40,2 ± 0,2 ^c	8,6 ± 0,5 ^f	18,0 ± 0,7 ^{bc}
<i>Xylopiya aethiopica</i>	20,6 ± 0,3 ^a	5,1 ± 0,6 ^{bc}	7,6 ± 0,8 ^a

Les valeurs ayant les lettres identiques dans la même colonne sont significativement différentes à 5 %,

Moyennes ± écart-type; n = 3

V- Analyses multivariées

L'analyse en composante principale (ACP) est l'une des méthodes les plus utilisées pour une analyse à plusieurs variables. Cette analyse a été menée dans le but de ressortir les corrélations qui existent entre les éléments à potentiel antioxydant analysés dans les chapitres précédents et l'activité anti-radicalaire déterminée par différentes méthodes. Aussi de regrouper les épices qui ont presque les mêmes teneurs en ces éléments par conséquent presque une même activité anti-radicalaire. La technique de cette analyse est basée sur la corrélation entre les variables pour lesquelles les axes virtuelles générés sont linéairement corrélés. Le premier objectif dans l'ACP est d'identifier le nombre d'axes ayant une représentation significative, appelés généralement composante principale (CP) représentés par F. Toutefois, il est important de mentionner qu'en général, il est établi que la composante principale avec une « eigen value » supérieur ou égal à 1 est significative (Massart, Vandeginste, Deming, Michotte et Kaufman, 1988).

Avec l'analyse en composante principale on peut également mieux visualiser les individus (les épices) sur un plan d'axe, ce qui permet de situer dans la cartographie reproduite par ce plan d'axe, une épice par rapport à une autre. Pour cela, les épices ayant les variables semblables se trouveront très rapprochées, contrairement à celles étant différentes (Lawless & Heymann, 1998). A partir de ces critères, deux composantes principales se sont avérées plus intéressantes pour cette analyse (la composante principale 1 : F1 et la composante principale 2 : F2). La figure 40 représente la cartographie des épices sur le plan d'axe F1 et F2 et explique 70 % des résultats. Sur cette carte, on constate que les épices *D. glomerata* et *Z. leprieurii* sont fortement corrélés positivement avec l'axe de la composante principale 1 (F1). Il est à noter que cet axe (F1) à lui seul, explique 55 % des résultats obtenus tandis que les épices *Z. xanthoxyloïdes*, *S. zenkeri* (écorce) et *S. zenkeri* (fruit) sont positivement très corrélées à la composante principale 2 alors que les épices *X. aethiopica* et *H. gabonii* (fruit) le sont négativement sur le même axe qui explique 15 % des résultats exprimés. Le plan d'axe F1 x F3 (figure 41) nous permet de mieux distinguer les groupes d'épices qui paraissaient un peu confus. Ce système d'axe explique 67 % des résultats obtenus avec une participation de 12 % pour l'axe F3. L'épice qui y contribue fortement de façon positive est *M. whitei* pendant que les *M. myristica*, *D. psilurus*, *S. striatinux* et *A. danielli* participent fortement de manière négative. L'observation des épices restante paraît un peu confuse, ce qui rend leur vision un peu difficile. Pour cela, le tableau 17 permet de ressortir la contribution de chacune de ces

épices sur les différents axes (F1 et F2). Seules les épices possédant au moins 5 % de contribution, sur chacun des axes, sont considérées comme significatives.

Ce tableau montre que les épices *D. glomerata* et *Z. leprieurii* sont fortement corrélées à l'axe F1 avec une contribution de 93,00 % et 88,00 % respectivement suivies des épices *P. brazzeana*, *H. gabonii* (écorce), *C. frutescens*, *P. umbellatum*, *P. guineense*, *S. melongena*, *T. tetraptera*, *Z. xanthoxyloïdes* et *S. striatinux* avec des taux de contribution respective de 57 %, 55 %, 45 %, 42 %, 42 %, 40 %, 24%. Les épices *Z. xanthoxyloïdes* (75 %), *S. zenkeri* (fruit) (73 %), *X. aethiopica* (44 %) et *S. zenkeri* (écorce) (41 %) quant à elles, sont plus corrélées à la composante principale 2 pendant que les *D. psilurus* (82 %), *A. daniellii* (57 %), *M. whitei* (56 %), *S. striatinux* (55 %), *M. myristica* (44 %) et *T. tetraptera* (24 %) participent intensément à la construction de l'axe F3.

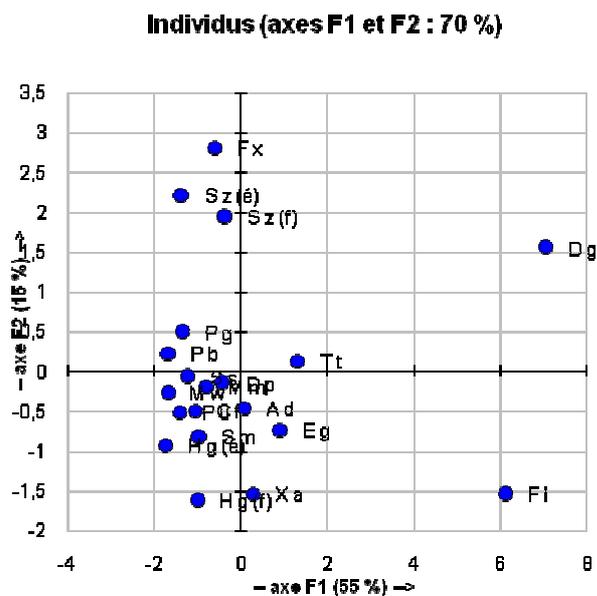


Figure 40: Cartographie de la représentation des épices sur le plan d'axe F1xF2

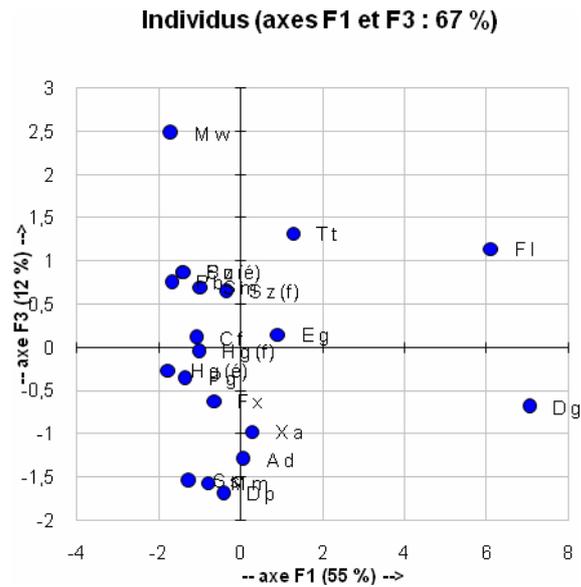


Figure 41: Cartographie de la représentation des épices sur le plan d'axe F1xF3

Tableau 12: Contribution des épices sur les différents axes principaux

	F1	F2	F3	F4	Somme
A d	0,00	0,07	0,57	0,01	0,65
C f	0,41	0,09	0,00	0,16	0,67
D g	0,93	0,05	0,01	0,01	0,99
D p	0,05	0,01	0,82	0,00	0,88
E g	0,20	0,13	0,01	0,00	0,34
Z l	0,88	0,06	0,03	0,01	0,98
Z x	0,04	0,75	0,04	0,11	0,93
H g (f)	0,11	0,30	0,00	0,52	0,93
H g (é)	0,55	0,15	0,01	0,12	0,84
M m	0,11	0,01	0,44	0,07	0,63
M w	0,26	0,01	0,56	0,02	0,84
P b	0,57	0,01	0,12	0,01	0,71
P g	0,42	0,06	0,03	0,01	0,51
P u	0,42	0,06	0,16	0,00	0,64
S m	0,40	0,29	0,21	0,05	0,96
S s	0,36	0,00	0,55	0,01	0,92
S z (f)	0,03	0,73	0,08	0,02	0,86
S z (é)	0,16	0,41	0,06	0,23	0,87
T t	0,24	0,00	0,24	0,07	0,55
X a	0,01	0,44	0,17	0,29	0,91

La figure 42 illustre le cercle de corrélation des variables à potentiel antioxydant et les différentes activités anti-radicalaires. Ce cercle explique 70 % des résultats exprimés. On observe dans celui-ci que les variables telles que : Le TEAC, le PRT, le DPPH, les composés phénoliques totaux, les flavonoïdes et les proanthocyanidines sont très proches et fortement corrélées à la composante principale 1 (F1). HSRA et la vitamine C se trouvent voisines et sont fortement corrélés avec l'axe F2. Ce rapprochement se trouve mieux apprécié avec le tableau 18 qui ressort le pourcentage de contribution de chaque variable dans l'élaboration de chaque axe retenu. Ce tableau montre que pour la construction de la composante principale 1 (F1), les variables les plus représentées sont : TEAC (94 %), PRT (86 %), les composés phénoliques totaux (94 %), les flavonoïdes (85 %), les proanthocyanidines (69 %) et le DPPH (89 %). Concernant l'élaboration de la composante principale 2 (F2), les variables les plus corrélées sont : HSRA (62 %) et la vitamine C (66 %).

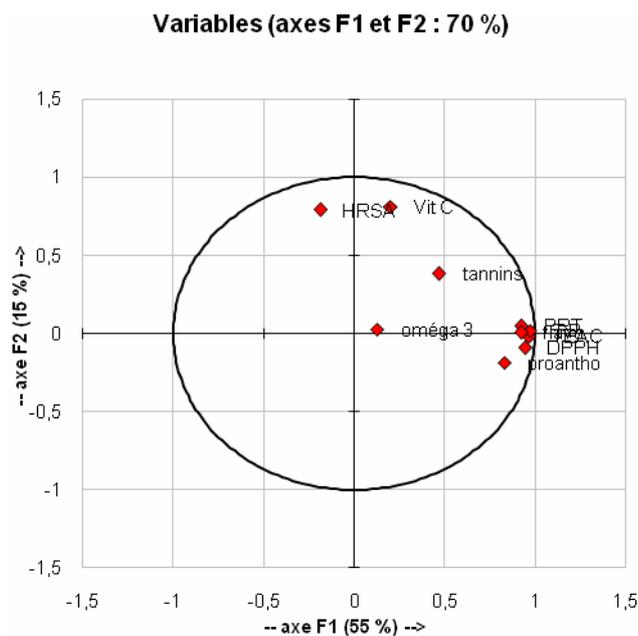


Figure 42: Cercle de corrélation des variables sur le plan d'axe F1xF2

Tableau 13: Contribution des variables sur les axes principaux

	F1	F2	F3	F4
TEAC	0,94	0,00	0,00	0,00
PRT	0,86	0,00	0,03	0,02
HRSA	0,04	0,62	0,05	0,00
C P	0,94	0,00	0,00	0,00
flavonoïdes	0,85	0,00	0,02	0,01
tannins	0,22	0,15	0,19	0,44
proantho	0,69	0,04	0,03	0,00
DPPH	0,89	0,01	0,00	0,00
Vit C	0,04	0,66	0,00	0,07
oméga 3	0,02	0,00	0,85	0,11

Ce rapprochement des épices semblables en fonction des variables analysées se confirme par la classification K-means dans le tableau 19. Cette classification a permis de regrouper les épices en quatre principales classes à savoir : la classe 1 constituée des épices *D. glomerata* et *Z. lepriurii*; la classe 2 formée des épices *T. tetraptera* et *E. giganteus*; la classe 3 représentée par les épices *M. whitei*, *M. myristica*; *S. melongena*, *P. brazzeana*, *H. gabonii* (écorce), *D. psilurus*, et *P. umbellatum*, *X. aethiopica* et *S. zenkeri* (écorce) et la classe 4 avec les épices *S. striatinux*, *P. guineense*, *S. zenkeri* (fruit), *Z. xanthozoloïdes*, *C. frutescens*, *H. gabonii* (fruit) et *A. daniellii*. La classe 1 correspond dans cette analyse au groupe des épices qui ont montré une forte contribution positive avec la composante principale 1 (F1) de ce fait une corrélation avec les variables TEAC, PRT, composés phénoliques totaux, les flavonoïdes, les proanthocyanidines et le DPPH.

Tableau 14: Classification K-means

Classe	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Effectif	1	3	8	8
	D g	E g	H g (é)	A d
	Z l	T t	M m	C f
			M w	D p
			P b	Z x
			P u	H g (f)
			S m	P g
			S z (é)	S s
			X a	S z (f)

Par ailleurs le tableau 20 indique la corrélation de Pearson qui a permis de mieux apprécier les relations éventuelles entre les différentes variables analysées. Il ressort de celui-ci que les différentes méthodes utilisées pour la détermination de la capacité antioxydante sont fortement corrélées. On a observé une corrélation positive entre TEAC et PRT ($R = 0,93$; $p < 0,05$), TEAC et DPPH ($R = 0,97$; $p < 0,05$) et DPPH et PRT ($R = 0,89$; $p < 0,05$). Saura-Calixto et Goni (2006) dans leurs études ont observé une forte corrélation positive entre le pouvoir réducteur et le TEAC. De même Wojdylo *et al.* (2007) ont fait des observations semblables. Un lien positif a été observé entre le DPPH et TEAC ($R = 0,98$, $p < 0,05$) dans certains céréales utilisés dans l'alimentation aux Emirats par Sanaa *et al.* (2006). Cette forte corrélation serait due au fait que ces trois méthodes sont basées sur la génération d'un radical libre par des mécanismes différents suivie par la détection et la quantification d'un point final dans la réaction. L'addition d'un antioxydant inhibe le développement du point final, inhibition qui est une expression de la capacité antioxydante de l'échantillon étudié (Miller et Rice-Evans, 1996).

Les corrélations fortes et positives ont été également observées entre les flavonoïdes et les phénols totaux ($R = 0,93$; $p < 0,05$) ceci confirme le fait que les flavonoïdes constituent le groupe le plus important des phénols dans les plantes. Ceci solidifie le fait que les flavonoïdes constituent la classe la plus importantes des composés phénoliques (Francesco et Tory, 2007). Les proanthocyanidins sont reconnus être des tannins condensés qui sont des polymères des unités de flavonoïdes (flavan-3-ol) reliées par des liaisons carbone-carbone ce qui justifierait la corrélation existante entre les proanthocyanidines et les flavonoïdes ($R = 0,74$; $p < 0,05$) et par conséquent la corrélation notée entre les proanthocyanidines et les phénols totaux ($R = 0,85$; $p < 0,05$). Ces résultats indiquent bel et bien que les composés phénoliques que l'on retrouve dans les plantes sont entre autres les flavonoïdes, les tannins et les proanthocyanidines (Naczki et Shahidi, 2004). On remarque aussi une corrélation relativement positive entre le pouvoir réducteur total et les composés phénoliques totaux ($R = 0,87$; $p < 0,05$), les flavonoïdes ($R = 0,79$; $p < 0,05$) et les proanthocyanidines ($R = 0,72$; $p < 0,05$), entre le TEAC et les composés phénoliques totaux ($R = 0,90$; $p < 0,05$), les flavonoïdes ($R = 0,87$; $p < 0,05$), les proanthocyanidines ($R = 0,72$; $p < 0,05$) et les tannins ($R = 0,46$; $p < 0,05$) et entre le DPPH et les composés phénoliques totaux ($R = 0,89$; $p < 0,05$), les flavonoïdes ($R = 0,89$; $p < 0,05$) et les proanthocyanidines ($R = 0,69$; $p < 0,05$). Ce qui confirme les observations faites par

plusieurs chercheurs selon lesquelles les composés phénoliques joueraient un rôle antioxydant très important (Wei *et al.*, 2007 ; Heijnen *et al.*, 2002 ; Nijveldt *et al.*, 2001).

Les relations relatives observées entre les différents groupes des composés phénoliques et les trois méthodes de détermination de l'activité anti-radicalaire permettent de suggérer que la contribution de ces différents groupes laisse penser que les épices *D. glomerata* et *Z. leprieurii* restent celles ayant un potentiel anti-radicalaire voire antioxydant plus intéressants. Cette propriété antioxydante exhibée par ces deux épices pourrait être due à la présence du nombre total des groupes hydroxyles présents dans les constituants aromatiques des extraits de ses différentes plantes (Miliauskas *et al.*, 2004).

Toutefois, il est important de mentionner dans cette étude que la teneur en composés phénoliques totaux n'est pas toujours corrélée à l'activité antioxydante. C'est le cas particulièrement des épices *S. zenkeri* (fruit) et *T. tetraptera* présentent une teneur presque similaire mais une très grande différence en pouvoir réducteur totale. Cette observation pourrait suggérer que le pouvoir réducteur exhibé par les différentes épices n'est non seulement fonction des composés phénoliques totaux, mais et surtout de la classe à laquelle appartiennent ceux-ci. C'est le cas de cette étude où le pouvoir réducteur total est significativement ($p < 0,05$) corrélé aux flavonoïdes qu'aux tannins. Mais, également à la présence des autres constituants à potentiel antioxydant présent dans les différents extraits de ces épices. Ainsi donc l'activité antioxydante d'un extrait d'épice ne pourrait être prédit rien que sur la base de sa teneur en composés phénoliques totaux. Raison pour laquelle Kähkönen *et al.* (1999) ont observé une corrélation non significative entre la teneur en composés phénoliques totaux et l'activité antioxydante de 92 extraits de plantes.

Par ailleurs, une relation significative ($R = 0,58$; $p < 0,05$) a été observée entre la vitamine E et la vitamine A, Colleen *et al.* (2007) ont montré dans leurs travaux que la combinaison des vitamines (A, E et C) avait un effet synergique sur les radicaux libres par conséquent une activité antioxydante plus efficace.

Tableau 15: Corrélations de Pearson entre les éléments à potentiel antioxydant et l'activité antioxydante

	TEAC	PRT	HRSA	CPT	flavo	tannins	proantho	DPPH	Vit C	oméga 3
TEAC	1									
PRT	0,93	1								
HRSA	-0,21	-0,12	1							
CPT	0,90	0,87	-0,12	1						
flavo	0,87	0,79	-0,11	0,93	1					
tannins	0,46	0,29	0,05	0,41	0,41	1				
proantho	0,72	0,72	-0,23	0,85	0,74	0,26	1			
DPPH	0,97	0,89	-0,24	0,89	0,86	0,39	0,69	1		
Vit C	0,17	0,27	0,36	0,20	0,14	0,27	0,02	0,10	1	
oméga 3	0,13	0,24	0,11	0,13	-0,06	-0,11	0,22	0,05	0,00	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)

CP : Composés phénoliques totaux ; flavo : flavonoïdes ; Proantho : proanthocyanidine ; Vit C : vitamine C

VI-Activité anti-inflammatoire

La carragénine est utilisée dans le modèle classique de l'inflammation aiguë pour l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire. L'injection de la carragénine provoque une réaction œdémateuse sollicitant divers types de médiateurs de l'inflammation (Bispo *et al.*, 2001). Nous avons évalué l'œdème en fonction du volume de la patte de la souris tout au long de l'expérience. Le tableau 21 montre les différents résultats obtenus des produits administrés aux rats tests après induction de l'inflammation par la carragénine. En général toutes les solutions (produits tests et épices) présentent une activité anti-inflammatoire. De ce tableau, il ressort que chez les animaux du groupe témoin négatif dès l'injection de la carragénine, l'œdème augmente progressivement de la trentième minutes pour atteindre le plateau à partir de la deuxième heure jusqu'à la quatrième heure, puis survient une légère diminution de cette inflammation de la cinquième heure à la sixième heure. Ces valeurs sont toutes significativement différentes ($p < 0,05$ et $p < 0,01$) à celle au temps initial. Ceci pourrait suggérer qu'à partir de la cinquième heure l'organisme des animaux aurait commencé à réagir contre cette agression provoquée par la carragénine avec ses antioxydants internes.

L'indométhacine est un médicament anti-inflammatoire non stéroïdiens (Marc *et al.*, 2001) et agit sur les conséquences de la réaction inflammatoire quelle que soit son origine (Yvan, 1997). Les résultats montrent que l'indométhacine (10 mg/kg) a induit une inhibition de l'inflammation aux animaux dès la deuxième heure jusqu'à atteindre la valeur du volume de la patte la plus basse à la sixième heure (0,77 ml). Cependant, on observe une différence significative ($p < 0,05$) du volume de la patte entre la trentième minute, la première heure et le temps initial (zéro). Par contre, à partir de la deuxième à la sixième heure de l'expérience le volume de la patte ne varie plus de façon significative ($p > 0,05$) avec le volume de la patte au temps zéro. Il est reconnu que les anti-inflammatoires à l'instar de l'indométhacine exercent leur pouvoir anti-inflammatoire par inhibition de la cyclo-oxygénase et/ou la lipoxygénase empêchant ainsi la production des prostaglandines et des cytokines. Ces agents inflammatoires qui tout comme l'histamine et la sérotonine entraînent une vasodilatation et une augmentation de la perméabilité vasculaire (Hajare *et al.*, 2001).

Le dexaméthasone est un glucocorticoïde ou un anti-inflammatoire stéroïdien. Il agit sur de nombreux métabolismes et fonctions de l'organisme. Les corticocoides augmentent la production de la lipocortine, inhibant ainsi la phospholipase A₂ donc la

libération de l'acide arachidonique. Par contre, ils diminuent fortement la migration des polynucléaires, monocytes-macrophages vers le site de l'inflammation et la production d'autres médiateurs comme l'histamine, la sérotonine, la bradykinine, les cytokines, les ions superoxydes. Le dexaméthasone (18 mg/kg) administré aux animaux présente une inhibition à partir de la quatrième heure jusqu'à la sixième heure. De la trentième minute à la troisième heure on remarque une différence de manière significative ($p < 0,01$) avec le volume de la patte au temps initial et de la quatrième heure à la sixième heure le volume des pattes sont pareils ($p > 0,05$) à celui du zéro. Comparé à l'indométhacine, ces résultats montrent que le dexaméthasone a une action plus lente. Ceci indique qu'il faudrait un peu de temps pour que l'action du dexaméthasone commence pour diminuer la progression des médiateurs de l'inflammation comme les radicaux libres, le monoxyde d'azote, les prostaglandines (PG) et les cytokines qui ont un rôle dans le développement de l'œdème induite par le carragénine (Guialillo *et al.*, 2001)

La célécoxib (10 mg/kg) a exhibé une inhibition de l'œdème plus importante. On note une activité dès la trentième minute de l'expérience jusqu'à la sixième heure. Les valeurs du volume de la patte ne change pas de façon significative ($p > 0,05$) avec celui du temps initial. La célécoxib est anti-inflammatoire non stéroïdiens spécifiques inhibant la COX-2 et sans entraîner de lésions ulcérées digestives (Delchier, 2000).

Les résultats obtenus dans le tableau 21 indiquent que l'extrait méthanolique de l'épice *D. glomerata* à une concentration de 100 mg/kg entraîne une diminution du volume de la patte enflammée par l'injection de la carragénine à partir de la quatrième heure. De la trentième minute à la troisième heure il existe une différence très significative ($p < 0,01$) entre les valeurs du volume de leur patte et celui au temps zéro. Cette diminution a commencé à être constante à partir de la cinquième jusqu'à la sixième heure où les variations ne sont plus significatives ($p > 0,05$) avec le temps initial. Le début de l'inhibition à cette concentration est semblable à celle obtenu avec le dexaméthasone (18 mg/kg). Alors que la concentration de 150 mg/kg induit une décroissance progressive du volume de la patte des animaux dès la première heure jusqu'à la sixième heure, car on observe rien qu'une variation ($p < 0,05$) du volume de la patte à la trentième minute avec le témoin au temps initial.

L'extrait méthanolique de l'épice *Z. leprieurii* à la concentration de 100 mg/kg présente une réduction progressive de l'œdème sur la patte des animaux à partir de la cinquième heure et ceci jusqu'à la sixième heure. Entre la trentième minute et la quatrième

heure le volume de la patte change de manière significative ($p < 0,01$, $p < 0,05$) avec celui du témoin (au temps zéro). Alors qu'avec la concentration de 150 mg/kg on observe une réduction dès la trentième minute. On note ici les valeurs du volume de la patte enflammée semblables à ces différents temps au volume de la patte avant l'induction de l'inflammation. Cette épice à cette concentration agit pareillement avec la célécoxib (10 mg/kg),

L'extrait du mélange des épices (1/1) avec la concentration 100 mg/kg montre un début de diminution de l'œdème chez les animaux dès la trentième minute. Cette inhibition est progressive jusqu'à atteindre la valeur semblable au volume de la patte initial (c'est-à-dire sans inflammation induite). Les analyses statistiques montrent qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) entre le volume de la patte injecté et celui avant traitement. Tandis que la concentration 150 mg/kg de ce même mélange contrairement à la concentration précédente présente une activité anti-inflammatoire dès la première heure après induction de l'inflammation aux animaux. Seul le volume de la patte à la trentième minute présente une différence significative ($p < 0,05$) avec le volume de la patte non traitée. Toutefois, il est important de mentionner que l'œdème induit par la carragénine se déroule en deux phases : la première phase débute immédiatement après injection et diminue une heure après ; la deuxième phase commence à une heure et persiste au-delà de 3 h (Garcia-Pastor *et al.*, 1999). Il est suggéré que la première phase de l'hyperémie résulte de la libération de l'histamine et de la 5-HT (kulkarni *et al.*, 1986). Or l'analyse des résultats a montré que, les différents extraits méthanoliques à partir des doses de 100 mg/kg sauf pour l'épice *D. glomerata* commence à inhibé significativement l'œdème produit par la carragénine dès la première heure. Ainsi, il est possible que les extraits méthanoliques de *F. leprieurii*, *D. glomerata* et leur mélange bloqueraient la libération de l'histamine et/ou de la 5-HT au cours de la première phase de l'inflammation aiguë. Des résultats similaires ont été rapportés lors de l'étude des effets anti-inflammatoires de *Hedera helix* (Süleyman *et al.*, 2003).

Globalement, ces résultats suggèrent que les extraits méthanoliques de *D. glomerata*, *Z. leprieurii* et du mélange des deux (1/1) agiraient en inhibant la production des prostaglandines, des leucotriènes, de la sérotonine. Les observations de cette étude montrent que ces extraits inhibent toutes les phases de l'inflammation tout comme l'indométhacine et la célécoxib qui inhibent significativement les trois phases de l'inflammation induite par la carragénine sauf la phase de production d'histamine qui est

inhibée à très faible pourcentage. Ces résultats peuvent nous permettre de penser que l'épice *D. glomerata* agirait plus en diminuant la migration des médiateurs inflammatoires alors que l'épice *Z. leprieurii* elle, aurait une action plus sur la prostaglandine. L'action rapide et efficace observée avec l'extrait du mélange laisse croire qu'il y aurait eu un effet synergique ou d'addition des éléments à potentiel anti-inflammatoire des deux épices associées d'où un pourcentage d'inhibition dépassant parfois les 100 % à un certains moment de l'expérience. Par ailleurs, avec l'indométacine utilisée à la dose de 10mg/kg, le dexaméthasone (18 mg/kg) et la célécoxib (10 mg/kg) comme produit de référence, l'inhibition maximum de l'oedème a été de 89,97% à la cinquième heure, 98,08 % à la cinquième heure et 96,16 % à la trentième minute respectivement. L'activité élevée de ces produits de référence s'explique par le fait que ce sont des molécules pures contrairement aux extraits brutes de *D. glomerata* et *Z. leprieurii*. Cependant, l'activité anti-inflammatoire des extraits bruts peut s'expliquer en partie par la présence dans ces épices des composés polyphénoliques comme les flavonoïdes, les proanthocyanidines, les acides cinnamiques et les tanins, la vitamine C dont la corrélation a été révélée avec l'activité antioxydante par l'analyse en composante principale dans le chapitre précédent. Les leucoanthocyanes, les stérols et triterpènes sont des composés phénoliques qui sont reconnus par leur très grande variété de composés simples comme l'acide salicylique, molécule donnant par la suite l'aspirine et à des substances plus complexes, ce qui pourrait expliquer les activités antipyrétique et anti-inflammatoire des phénols (Paul, 2001).

La figure 43 fait ressortir le pourcentage d'inhibition des différents produits testés en fonction du temps. On observe dans celle-ci que pour le produit témoin qui est l'eau distillée, l'inhibition maximale a lieu à la trentième minute puis baisse brutalement de la première heure à la sixième de l'expérience. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les antioxydants internes de l'organisme auraient réagi face aux agressions induites par l'inflammation provoquée et se seront ensuite épuisés après la trentième minute. Les autres produits testés par contre ont réagit différemment. On remarque que pour ceux-ci l'inhibition commence efficacement à partir de la deuxième heure pour atteindre le maximum à la cinquième heure avant de décroître. Il convient de relever que l'indométhacine comparée aux autres produits tests présente le plus faible pourcentage d'inhibition.

Alors que les mélanges des extraits quelqu'en soit la dose montrent le pourcentage d'inhibition les plus élevés. Ceci pourrait être justifié par le fait qu'il y aurait eu peut être

un effet de synergie ou d'addition des différents éléments à potentiel antioxydant contenu dans les différentes épices. La chute du pourcentage d'inhibition de tous les produits tests observée à la sixième heure pourrait s'expliquer par le fait que les excès des radicaux ont été neutralisés.

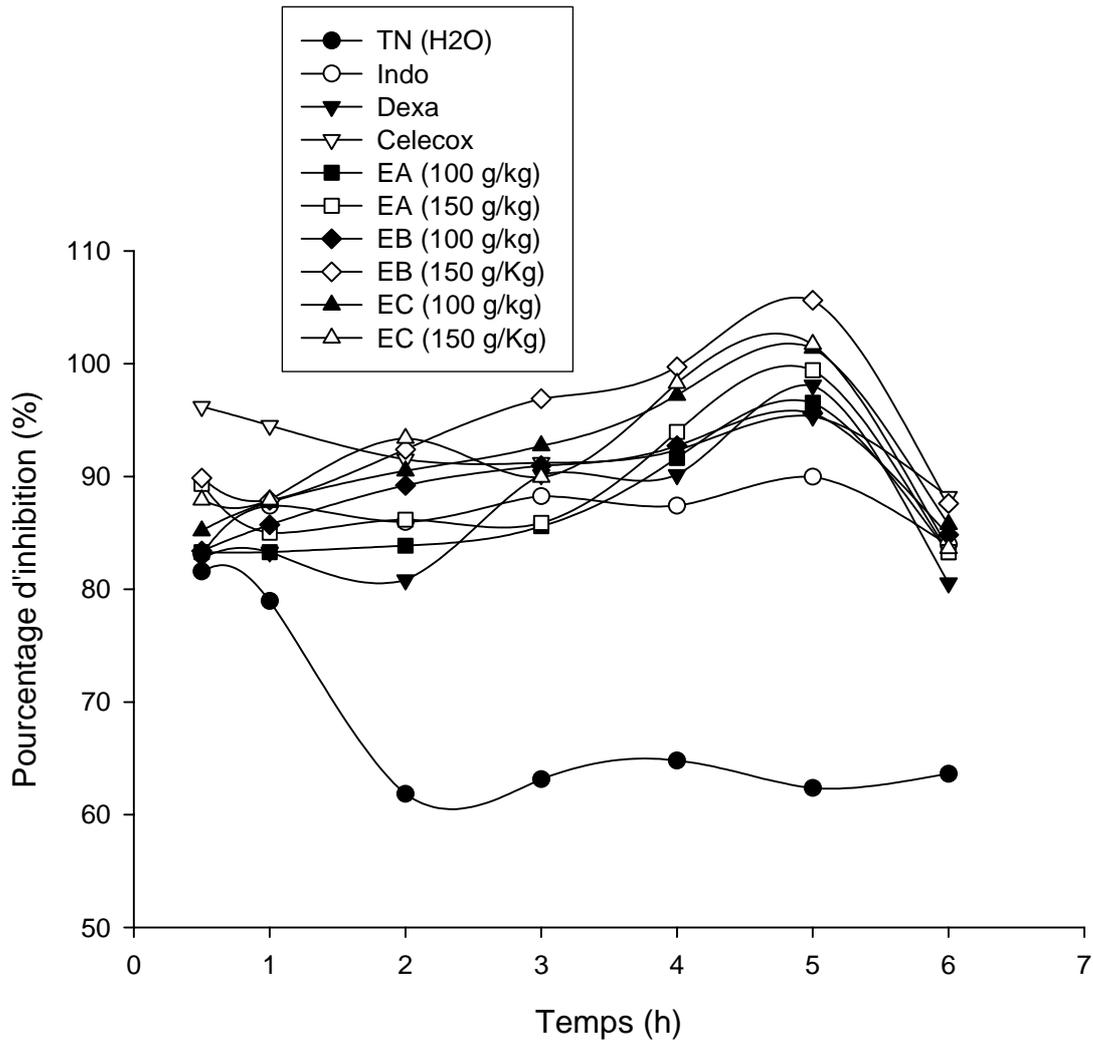


Figure 43: Courbe de l'effet des produits tests sur les rats en fonction du temps

Tableau 16: Variation des volumes moyens des pattes de rats traitées avec l'indométacine, dexaméthasone, célécoxib et l'extrait méthanolique e *Dichrotachys glomerata*, *Zanthoxylum leprieurii* et le mélange des deux (1/1)

		Temps (heures)							
		0	0,5	1	2	3	4	5	6
T N (H ₂ O)	V P	0,76±0,02	0,90±0,03 ^a	0,92±0,06 ^b	0,95±0,06 ^b	0,94±0,09 ^b	0,92±0,06 ^b	0,94±0,07 ^b	0,91±0,04 ^a
Indo (10 mg/Kg)	V P (mL)	0,70±0,01	0,81±0,06 ^a	0,82±0,09 ^a	0,78±0,02 ^c	0,80±0,02 ^c	0,78±0,03 ^c	0,79±0,02 ^c	0,77±0,02 ^c
	% In	83,95	83,09	87,4	85,96	88,25	87,4	89,97	83,95
Déxa (18 mg/Kg)	V P	0,73±0,04	0,87±0,04 ^b	0,86±0,04 ^b	0,85±0,06 ^b	0,87±0,05 ^b	0,80±0,03 ^c	0,80±0,03 ^c	0,74±0,05 ^c
	% In	80,55	82,74	83,29	80,82	90,14	90,14	98,08	80,55
Célécox (10 mg/Kg)	V P	0,73±0,04	0,82±0,03 ^c	0,76±0,04 ^c	0,77±0,03	0,79±0,03 ^c	0,79±0,03 ^c	0,78±0,05 ^c	0,76±0,05 ^c
	% In	88,22	96,19	94,52	91,51	91,23	92,32	95,34	88,22
E A (100mg/Kg)	V P	0,69±0,06	0,81±0,06 ^b	0,81±0,06 ^b	0,81±0,02 ^b	0,81±0,04 ^b	0,79±0,05 ^a	0,75±0,03 ^c	0,72±0,04 ^c
	% In	83,28	83,28	83,28	83,86	85,59	91,64	96,54	83,28
E A (150 mg/Kg)	V P	0,69±0,04	0,81±0,03 ^a	0,77±0,05 ^c	0,80±0,03 ^c	0,79±0,03 ^c	0,79±0,03 ^c	0,74±0,04 ^c	0,70±0,03 ^c
	% In	83,28	89,34	85,01	86,17	85,88	93,95	99,42	83,28
E B (100 mg/Kg)	V P	0,68±0,02	0,79±0,02 ^b	0,80±0,05 ^b	0,78±0,03 ^b	0,76±0,03 ^a	0,75±0,03 ^a	0,74±0,03 ^c	0,72±0,04 ^c
	% In	84,84	83,38	85,71	89,21	90,96	92,71	95,62	84,83
E B (150 mg/Kg)	V P	0,71±0,05	0,79±0,04 ^c	0,78±0,05 ^c	0,79±0,05 ^c	0,76±0,05 ^c	0,73±0,07 ^c	0,71±0,06 ^c	0,67±0,04 ^c
	% In	87,6	89,86	87,89	92,39	96,9	99,72	105,63	87,6
E C (100 mg/Kg)	V P	0,72±0,04	0,82±0,04 ^c	0,82±0,04 ^c	0,80±0,02 ^c	0,78±0,04 ^c	0,77±0,03 ^c	0,74±0,04 ^c	0,71±0,03 ^c
	% In	85,75	85,19	87,71	90,5	92,73	97,21	101,39	85,75
E C (150 mg/Kg)	V P	0,69±0,02	0,81±0,03 ^a	0,78±0,04 ^c	0,78±0,06 ^c	0,74±0,08 ^c	0,76±0,04 ^c	0,71±0,04 ^c	0,68±0,04 ^c
	% In	83,62	87,93	87,93	93,39	89,94	98,27	101,72	83,62

T N : témoin négatif ; **Indo** : indométhacine ; **Déxa** : dexaméthasone ; **Céléco** : célécoxine ; **E A** : extrait méthanolique de *Dichrostachys glomerata* ; **E B** : Extrait méthanolique de *Fagara leprieurii* ; **E C** : Extrait méthanolique de *Dichrostachys glomerata* + *Fagara leprieurii* (1/1), **V P** : volume de la patte, **% In** : pourcentage d'inhibition, n=5, Les résultats sont présentés sous forme de moyenne ± écart type, les valeurs ayant les même lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, ^aP<0,05 vs T0, ^bP<0,01 vs T0, ^cP>0,05 vs T0

VII-Taux du MDA dans les tissus

Le stress oxydatif peut être corrélé à la peroxydation des lipides cellulaires et peut être évalué par la détermination des produits inhérents formés. La mesure de la peroxydation exprimée en MDA, reste l'un des meilleurs index de la destruction des cellules dû au fait que ces derniers et les tissus sont détruits par plusieurs mécanismes qui tendent à peroxyder plus rapidement que dans les cellules normales. Pour cela, la valeur de la concentration du MDA pourrait refléter le degré du stress oxydatif chez les animaux (Yokozawa *et al.*, 2000). La figure 44 présente l'effet antistress des différents produits et extraits méthanoliques d'épices sur des rats dont on a induit le stress par l'injection de la carragénine. Les histogrammes issus de cette figure montrent que les produits et les différents extraits ont un effet négatif sur la production du malondialdéhyde qui est un marqueur du stress oxydatif mais ceci à des degrés variés en fonction du type de produit et la concentration de l'extrait. On observe pour l'indométhacine (10 mg/kg) et le dexaméthasone (18 mg/kg) une action presque semblable ($p < 0,05$). Le célécoxib (10 mg/kg) lui, présente des résultats moins importants que les deux produits précédents. Concernant les différents extraits, l'épice *D. glomerata* avec une concentration de 100mg/kg montre une action moins importante sur le stress que les produits tests positifs contrairement à l'extrait ayant une concentration de 150 mg/kg qui a exhibé une réaction pas très différente ($p < 0,05$) de celle observée avec la célécoxib (10 mg/kg). Par contre, pour les extraits de l'épice *Z. leprieurii* à la concentration de 100mg/kg, on observe une activité antistress plus efficace que pour l'épice *D. glomerata* à la même concentration. Pour cette concentration son activité est presque identique à celle obtenue avec la célécoxib (10 mg/kg) et *D. glomerata* à la concentration de 150 mg/kg. Tandis qu'à la concentration de 150 mg/kg ce même extrait montre une activité plus efficace avec une action pas différente au seuil de 5 % que celle des molécules pures de l'indométhacine (10 mg/kg) et le dexaméthasone (18 mg/kg). Les extraits du mélange des deux épices (1/1) eux, présentent une action plus efficace sur le stress comparés aux produits du test positif (indométhacine, dexaméthasone et la célécoxib) et les extraits individuels des épices. Cependant, la concentration de 150 mg/kg du mélange d'épice s'est montrée plus intéressante que celle de 100 mg/kg. Ces observations sont semblables à celles faites par Hua *et al.* (2008) sur les fruits de *Choerospondias axillaris* et Mukesh *et al.* (2007) sur *Spirulina fusiformis* qui ont trouvé que ces effets étaient fonction de la concentration des extraits. Ceci permet de confirmer qu'il y aurait eu un effet synergique dans le mélange des deux épices qui ont présenté une forte activité antioxydante révélée dans le chapitre précédent. C'est probablement ce pouvoir

anti radicalaire élevé qui leur confèrerait cette capacité à pouvoir agir efficacement sur le stress oxydatif qui est matérialisé par la présence excessive des radicaux libres. De plus ce stress est reconnu comme l'une des causes majeures des maladies dégénératives qui minent notre société actuelle.

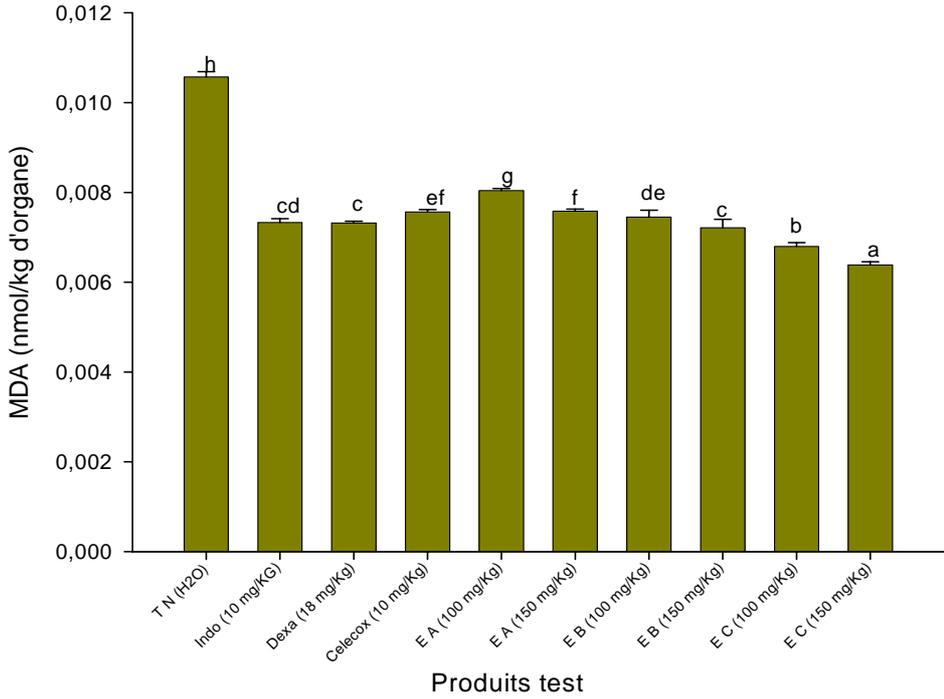


Figure 44: Histogramme de l'effet des produits tests sur le malondialdéhyde

CONCLUSION GENERALE

En définitive, cette étude qui avait pour objectif général le développement d'un complément alimentaire fonctionnel à partir des épices couramment utilisées au Cameroun a permis de montrer que la sauce jaune est d'une importance socio-culturelle pour les populations de l'Ouest, Nord-Ouest et Sud-Ouest du Cameroun qui s'est par la suite étendue sur tout le territoire. Un minimum de six épices et un maximum de vingt épices sont utilisées pour la préparation de cette sauce jaune et qui possède des vertus thérapeutiques. Presque toutes les poudres d'épice analysées sont riches en Ca, Mg, K, Fe, et Se, pauvres en Na, et très pauvre en Cu, Zn et Mn. L'épice *E. giganteus* est considérée comme celle possédant la forte teneur en Al et en Fe tandis que *S. zenkeri* (fruit) est caractérisée par une forte composition en Na et Se. La consommation des épices en mélange pourrait constituer une source de supplément en protéine et en acides aminés essentiels. Les épices *S. zenkeri* (écorce), *P. brazzeana* et *M. whitei* possèdent les teneurs en acides aminés essentiels élevés. Par ailleurs les épices *P. brazzeana*, *A. daniellii* et *S. striatinux* ont un pourcentage élevé en acides aminés soufrés et donc pourraient être des épices à potentiel antioxydant, pendant que les épices *M. whitei*, *D. glomerata* et *S. zenkeri* (fruit) se sont illustrées être riche en lysine qui est un acide aminé indispensable chez les adolescents. Les épices peuvent être aussi une source alimentaire en acides gras essentiels (*D. psilurus*, *H. gabonii* « écorce », *Z. xanthoxyloïdes*) et en particulier en ω -3 (*M. whitei*, *Z. leprieurii*, *P. umbellatum*) autres que les huiles de poissons et les produits marins. L'épice *X. aethiopica* grâce à sa forte teneur en huile et en acides gras polyinsaturés à longue chaîne pourrait avoir en plus de leur importance nutritionnelle un intérêt sanitaire.

En général, toutes les épices ont une activité antioxydante et les méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant TEAC, PRT et DPPH sont fortement corrélées. Les extraits des épices *D. glomerata* et *Z. leprieurii* se sont révélées être celles possédant un grand potentiel antioxydant intéressant *in vitro*. La plupart des composés phénoliques obtenus dans les épices font partie de la classe des flavonoïdes et des acides cinnamiques. Les épices *Z. leprieurii* et *D. glomerata* possèdent une molécule principale commune qui jouerait un rôle antioxydant très important de masse moléculaire 278 g/mol. Seuls les composés phénoliques totaux (flavonoïdes, proanthocyanidines, tannins) sont corrélés de façon significative au seuil de 5% à l'activité anti radicalaire évaluée. Les éléments à potentiel antioxydant agiraient avec une efficacité très différente.

En outre les extraits méthanoliques des épices *D. glomerata* et *Z. leprieurii* aux doses de 100 mg/kg et de 150 mg/kg présentent une activité anti-inflammatoire intéressante. Les extraits du mélange de *D. glomerata* et *Z. leprieurii* (1/1) aux doses 100 mg/kg et 150 mg/kg ont des activités antistress et anti-inflammatoire plus importantes que celle de l'indométhacine, le dexaméthasone et le célécoxib qui ont constitué les témoins positifs. Il y aurait effet synergique entre les éléments à potentiel antioxydant dans le mélange d'épices.

De part leurs propriétés fonctionnelles intéressantes, ces épices pourraient servir comme ingrédients dans la formulation des aliments à fort pouvoir anti oxydant de ce fait des aliments santé ou fonctionnels pour améliorer le statut antioxydant des consommateurs.

PERSPECTIVES

Malgré que les épices aient présenté de bonnes propriétés anti-inflammatoire et anti-stress ainsi que des propriétés nutritionnelles intéressantes, il serait judicieux pour développer des compléments alimentaires à fort pouvoir antioxydant de:

- Vulgariser la culture et l'utilisation des épices surtout celles qui ont présenté une activité antioxydante plus élevée (*D. glomerta* et *Z. leprieurii*).
- Faire une étude plus approfondie sur le profil phénolique de ces deux épices afin de déterminer la structure des molécules probables qui posséderaient cette activité antioxydante.
- Développer les différentes formulations possibles à potentiel antioxydant intéressant à partir des ces épices
- Mener une étude de la stabilité des propriétés antioxydantes, microbiologique et toxicologique des différentes formulations de ces épices au cours du stockage et leur conservation
- Enfin, il serait nécessaire de procéder à un test de consommation et une étude de marché de la formulation des mélanges d'épices à fort pouvoir antioxydant comme complément ou ingrédient alimentaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AACC. (1995).** Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. *The Association. St. Paul. N.* 40-70. 40-71.
- Abdulrahman O. Musaiger, Mousa A. Ahmed et Madduri V. Rao. (1997).** Chemical composition of some traditional dishes of Oman. *Food Chemistry*, 61, 17-22
- Adebisi M. Balogun et Babatunde L. Fetuga. (1986).** Chemical Composition of Some Underexploited Leguminous Crop Seeds in Nigeria. *J. Agric. Food Chem*, 34, 189-192
- Ackman, R. G. (1998).** Remarks on official methods employing boron trifluoride in the preparation of methyl esters of fatty acids of fish oils. *J. A. O. C. S.*, 75, 541-546.
- Agbor Gabriel, A., Julius, E. Oben, Jeanne, Y. Ngogang, Cai Xinxing, and Joe, A. Vinson. (2005).** Antioxidant Capacity of Some Herbs/Spices from Cameroon: A Comparative Study of Two Methods. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 6819-6824.
- Ahmet Cakir (2004).** Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 809–816.
- Akpanabiatu. M. I. Bassey. N. B.. Udosen. E. O.. and Eyong. E. U. (1998).** Evaluation of some minerals and toxicants in some Nigerian soup meals. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 292 – 297.
- Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barld B., and Weil J.A. (2004).** Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 84, 551–562.
- Amin Ardestani et Razieh Yazdanparast. (2007).** Antioxidant and free radical scavenging potential of *Achillea santolina* extracts. *Food Chemistry*, 104, 21–29
- Amitabye Luximon-Ramma, Theeshan Bahorun, Alan Crozier, Virginia Zbarsky, Krishna P. Datla, David T. Dexte, Okezie I. Aruoma. (2005).** Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in Mauritian black teas. *Food Research International* 38, 357–367

- Amitabye Luximon-Ramma, Theeshan Bahorun, Mohammed A. Soobrattee, et Okezie I. Aruoma. (2002).** Antioxidant Activities of Phenolic, Proanthocyanidin, and Flavonoid Components in Extracts of *Cassia fistula*. *J. Agric. Food Chem*, 50, 5042-5047.
- Amvam Zollo P.H., Ngonu Ngane A.R., Biyiti L., Bouchet P. (2000).** Evaluation of antifungal activity of extracts of two cameroonian's rutaceae *Z.leprieurii* and *Z. xanthoxyloides*. *Journal of ethnopharmacology*, vol. 70, No.3, 335-342
- Ana Garceä S-Claver, Mariä A S. Arnedo-Andreä S, Javier Abadiä A, Ramiro Gil-ortega et Ana A Älvarez-Fernández. (2006).** Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruits by Liquid Chromatography-Electrospray/Time-of-Flight Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem*. 54, 9303-9311
- Analia Concellòn, Marià C. Añòn, Alicia R. Chaves. (2004).**Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena* L.) during storage at low temperature. *Food Chemistry* 88, 17–24
- Anastasia Karioti, Dimitra Hadjipavlou-Litina, Merlin L. K. Mensah, Theophilus C. Fleischer et Helen Skaltsa. (2004).** Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oils of *Xylopia aethiopica* (Dun) A. Rich. (Annonaceae) Leaves, Stem Bark, Root Bark, and Fresh and Dried Fruits, Growing in Ghana. *J. Agric. Food Chem*, 52, 8094-8098
- Antonio José Pérez-Lòpez, José Manuel Lòpez-Niicolas, Estrella Nùñez-Delicado, Francisco M. Del Amor et Ängel A. Carbonell-Barrachina. (2007).** Effects of Agricultural Practices on Color, Carotenoids Composition, and Minerals Contents of Sweet Peppers, cv. Almuden. *J. Agric. Food Chem*, 55, 8158–8164
- AOAC (1990).** Official methods of analysis (15th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arbonier M., (2000).** Arbres, arbustes et liane des zones sèche d'Afrique de l' Ouest CIRAD/MNHN, UICN) pp 541.
- Aruoma O, Halliwell B, Gajewski W, Disdaroglu M. (1991).** Copper Iron dependent damage to the bases in DNA in the presence of hydrogen peroxide. *Biochem. J.* 273 : 2601-2604.

- Asekun O.T., Adeniyi B.A. (2004).** Antimicrobial and cytotoxic activities of the fruit essential oil of *Xylopia aethiopica* from Nigeria. *Fitoterapia*, 75, 368–370
- Ayafor F. J. (1978),** Dictamnine type, alkaloids from *Teclea verdoormiana* and extractives from *Zanthoxylum xanthoxyloides*. Thèse de Ph. D en chimie organique. Ibadan, Nigéria. P. 21.
- Azay J., Abegaz B. M., Cros G. et. Ngadjui T. B. (2001).** Antihypertensive effects of *Dorstenia psilurus* extract in fructose-fed hyperinsulinemic, hypertensive rats. *Phytomedicine*, Vol. 8(2), pp. 101–106
- Bainbridge, Z., Tomlins, K., Wellings, K., & Westby, A. (1996).** *Methods for assessing quality characteristics of non-grains starch (Part 3. Laboratory methods)*. Chatham, UK: Natural Resources Institute.
- Bellisle, F., Diplock, A.T., Hornstra, G., Koletzko, B., Roberfroid, M.B. Eds. (1998).** Functional Food Science in Europe. *British Journal of Nutrition*. CABI Publishing, Oxford, UK, 80(Suppl.1):S1–S193.
- Bera, Lahiri et Nag, (2006).** Studies on a natural antioxidant for stabilization of edible oil and comparison with synthetic antioxidants. *Biol. Chem*, 34, 142-145.
- Bernier Véronique et Daniel Lavoie. (2001)** - Le lycopène : un antioxydant très puissant, Consultations en nutrition : le clinicien. 13p.
- Bispo A. M. D, Mouro R. H. V, Franzotti E. M, Bomfin K. B. R, Arrigoni F, Moreno M. P. N, Marchido M, Antonioli A. R. (2001).** Antinociceptive and antiedematogenic effects of aqueous extract of *Hypis pectinata* leaves in experimental animals. *Journal of ethnopharmacol*, 76: 81-86
- Blaszczyk I, Kedziora I, Luciak M, Sibinska E, Trznadel K, Pawlicki L. (1994).** Effect of morphine and naloxone on oxidative metabolism during experimental renal ischemia and reperfusion. *Exp. Nephrol*, 2, 364-370
- Bonaventure T. Ngadjui, Turibio K. Tabopda, Etienne Dongo, Gilbert W. F. Kapche, Peter Sandor, Berhanu M. Abegaz. (1999).** Dorsilurins C, D and E, three prenylated flavonoids from the roots of *Dorstenia psilurus*. *Phytochemistry* 52, 731-735

- Bouquet (1969).** Féticheurs et médecine traditionnelle du Congo (Brazzaville).ORSTOM, Paris, (France), **36**: 282-294.
- Bourgeois J.F. (1981).** Propriétés antioxygènes des tocophérols et du palmitate d'ascorbyle dans les matières grasses. *Rev. Fr. Corps Gras*, 28, n° 9, 353-356.
- Branen, A. L. (1975).** Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyl anisole and butylated hydroxyl toluene. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 52:59-63.
- Brody. T. (1994).** Nutritional Biochemistry. *San Diego. CA:Academic Press.*
- Bruce D. Whitaker et John R. Stommel. (2003).** Distribution of hydroxycinnamic Acid Conjugates in Fruit of Commercial Eggplant (*Solanum melongena* L.) Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 51, 3448-3454.
- Bruno S., et Lupoli G. (1970).** New method for determining propyl gallate in fats. *Farmaco*, 15, n° 7. P419.
- Bushra Sultana, Farooq Anwa, Roman Przybylski. (2007).** Antioxidant activity of phenolic components present in barks of *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna*, *Acacia nilotica*, and *Eugenia jambolana* Lam. Trees. *Food Chemistry*, 104, 1106–1114
- Cahoon E.B. et al. (2003).** "Metabolic redesign of vitamin E biosynthesis in plants for tocotrienol production and increased antioxidant content". *Nature Biotechnology* 21:1082-1087; "Scientists Boost Antioxidant content of Corn", *Scientific American News*, 48.
- CAMHEF. (2007).** Huitième journée mondiale du cœur, le 30 septembre
- Cao, G., Sofic, E., & Prior, R. L. (1996).** Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3426–3431.
- Carla Bassarello, Giuseppe Bifuco, Paola Montoro, Alexandre Skhirtladze, Mariam Benidze, Ether Kemertelidze, Cosimo Pizza et Sonia Piacente. (2007).** *Yucca gloriosa*: A Source of Phenolic Derivatives with Strong. *Journal Agriculture of Food Chemistry*.
- Castellini, A., Canavari, M. and Pirazzoli, C. (2002).** « Functional Foods in European Union. An Overview of the Sectors Main's Issues », *Working Paper WP012-12, Center of International Food and Agricultural Policy*, University of Minnesota.

- Cenac A, Simonoff M and Djibo A. (1996).** Nutritional status and plasma trace elements in peripartum cardiomyopathy. A comparative study in Niger. *J Cardiovasc Risk*, 3, 483-487.
- Chang, C. C, Yang, M.H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.
- Chang-Kui Ding, Kazuo Chachin, Yoshinori Ueda et Yoshihiro Imahori. (1998).** Purification and Properties of Polyphenol Oxidase from Loquat Fruit. *J. Agric. Food Chem*, 46, 4144-4149
- Chavan U. D, Mc Kenzie D. B, Shahidi F. (2001).** Functional properties of proteins isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L). *Food Chemistry* 74, 177-187
- Chi-Tai Yeh and Gow-Chin Yen. (2005).** Induction of Hepatic Antioxidant Enzymes by Phenolic Acids in Rats Is Accompanied by Increased Levels of Multidrug Resistance-Associated Protein 3 mRNA Expression. *Biochemical, Molecular, and Genetic Mechanisms*
- Chun, O. K.; Kim, D.-O.; Moon, H. Y.; Kang, H. G.; Lee, C. Y. (2003).** Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. *J. Agric. Food Chem*, 51, 7240-7245.
- Chunhieng Thavarith, HAY Ly, Montet Didier . (2005).** Detailed study of the juice composition of noni (*Morinda citrifolia*) fruits from Cambodia. *Fruits*, vol. 60, p. 13–24
- CIE (Commission Internationale de l’Eclairage) (1976).** Official recommendations on uniform colour spaces colour differences equations and metric colour terms. Supplement N°2 to CIE publication, N°15, Paris, France.
- Cimanga K., Kambu K., Tona L., Apers S., De Bruyne T., Hermans N.,Totte´ J., Pieters L., Vlietinck A.J.. (2002).** Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethnopharmacology* 79, 213–220
- Clinton S. K. (1998) -** Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr Rev* 56(2):35. Compounds from Fresh Fish. *Biogenesis of Aromas*

201-219. containing hydroxy compounds. *European Journal of Lipid Sciences and Technology*

Coglan A. (1996). A plateful of medicine. *New Scientist* 2054: 12-13

Cohen, J. H., Kristal, A. R., & Stanford, J. L. (2000). Fruit and vegetable intakes and prostate cancer risk. *Journal of National Cancer Institute*, 92, 61–68.

Colleen G. Le Prell, Larry F. Hughes, Josef M. Miller. (2007). Free radical scavengers vitamins A, C, and E plus magnesium reduce noise trauma. *Free Radical Biology & Medicine* 42, 1454–1463

Comis, D. (2000). Bringing you better beans. *Agric. Res. Mag.* 48(9): 14-17.

Dalziel JM. (1995). The useful plants of West Tropical Africa 2 no printing, Crown Agents, London.

Dalziel, J.M. (1937). The useful plants of west tropical Africa. The Crown Agents for the Colonies, London.

Dashti, Al-Awadi, Sawaya, Al-Otaibi, Al-Sayegh, (2003). Fatty acid profile and cholesterol content of 32 selected dishes in the state of Kuwait. *Food Chemistry*, 80, 377–386

De Campos R.M.L, Hierro. E , Ordoñez. J.A, Bertol. T.M, Terra. N.N, De la Hoz. L. (2007). Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. *Food Chemistry* 103, 1159–1167

De Goursac Cathérine. (2006). Le stress oxydant. Actualité IMAAGe (Anti-âge). 4 pages

De Leenheer AP, Nelis HJ, Lambert WE, Bauwens RM (1988). Chromatography of fat-soluble vitamins in clinical chemistry. *J Chromatogr* 429, 3-58

Decker, E.A. and Xu, Z. (1998). Minimizing rancidity in muscle food. *Food technology* 52 ; 54-61

Del Corso L, Pastine F, Protti MA, Romanelli AM, Moruzzo D, Ruocco L, Pentimone F. (2000). Blood zinc, copper and magnesium in aging. A study in healthy home-living elderly. *Panminerva Med*, 42, 273-7,

- Delchier JC.** (2000). Lésions gastroduodénales dues aux Anti-inflammatoires non stéroïdiens. Dans Rambaud JC. Traité de gastroentérologie. *Flammarion, Médecine-Sciences*. pp 359-371.
- Demanze C. et Karliskind A. (1980)** – Analyses des antioxydants dans les corps gras alimentaires, n° 28, APRIA, Actualités Scientifiques et techniques en agro-industrielles. 127p.
- Deshpande, S.S. & Damodaran, S. (1990).** Food legumes: chemistry and technology. In *Advances in Cereal Sci. and Technology (Vol. X)* (Y. Pomeranz, ed.). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc. Pp. 147-241.
- Devanand L. Luthria et Sudarsan Mukhopadhyay. (2006).** Influence of Sample Preparation on Assay of Phenolic Acids from Eggplant. *J. Agric. Food Chem*, 54, 41-47
- Dimo. T, Rakotonirina. A., Tan. P. V, Dongo. E, Dongmo. A. B, Kamtchouing. P, Azay. J, Abegaz. B. M, Cros. G et Ngadjui. T. B. (2001).** Antihypertensive effects of *Dorstenia psilurus* extract in fructose-fed hyperinsulinemic, hypertensive rats. *Phytomedicine*,8(2),101–106.
- Diplock A. T, Aggett P. J, Ashwell M, Bornet F, Fern E. B, Roberfroit M. B. (1999).** Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus decerment . *Br. J. Nutr*, 81, Suppl1; S1-S28
- Doyon M., Labrecque J., Tamini L. D. (2006).** Le secteur des aliments fonctionnels : Revue des principales tendances. Série Recherche SR.2006.01.01.
- Dragland, S., Senoo, H., Wake, K., Holte, K., and Blomhoff, R. (2003).** Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. *J. Nutr.* **133**, 1286-1290.
- Ducelier D., (2006).** Effect of essential oil from citrus varieties on in vitro growth and sporulation of *phaeoramularia angolensis* causing citrus leaf and fruit spot disease. *European journal of plant pathology*, 114: 151-161.
- Duthl G, et Crozier A. (2000).** Plant- derived phenolic antioxidants. *Curr. Opin. Ipldol.* **11**: 43-47.
- Duyff, R. L. (2002).** American dietetic association complete food and nutrition guide. 2nd ed. Wiley and Sons, New York.

- Dziezak, J. D. (1986).** Preservatives: Antioxidants. *Food Technol.* 40:94-102.
- Eberhardt, M. V., C.Y. Lee, and R.H. Liu. (2000).** Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 405:903-904.
- Economou, K. D., V. Oreopoulou, and C. D. Thomopoulos. (1991).** Antioxidant activity of some plant extracts of the family Labiatae. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68:109-111.
- Edmond Rock (2003).** Stress oxydant, micronutriments et sante *INRA – CRNH*, Unité des Maladies Métaboliques et Micronutriments 63122 St Genès Champanelle.
- Elizabeth Burguières, Patrick McCue, Young-In Kwon, Kalidas Shetty. (2007).** Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresource Technology* 98, 1393–1404
- Elzbieta Sikora, Ewa Cieslik, Teresa Leszczynska, Agnieszka Filipiak-Florkiewicz, Pawel M. Pisulewski. (2008).** The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. *Food Chemistry* 107, 55–59
- Eymard S. (2003).** Mise en evidence et suivi de l’oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de Doctorat. IFREMER de Nantes. 217 pages
- Fandohan P, Gnonlonfin B, Hell K, Marasas W.F.O, Wingfield M.J. (2005).** Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. *International Journal of Food Microbiology*, 99, 173– 183
- Fasoyiro, S.B et Adegoke, G.O. (2007).** Phytochemical characterization and the antimicrobial property of *Aframomum danielli* extract. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 2(3), pp. 076-079,
- Federal Register. (1994).** Diet supplement health education act (DSHEA). Publi L Washington DC. 103-417.
- Fekam, Boyom, F. (1992).** *Huiles essentielles de quelques Annonacées du Cameroun : teneurs, caractéristiques chimiques et propriétés pharmacodynamiques.* Thèse de Doctorat en Biochimie, Université d Yaoundé, P. 181.

- Fei Chen, Vince Castranova et Xianglin Shi. (2001).** New Insights into the Role of Nuclear Factor- κ B in Cell Growth Regulation. *American Journal of Pathology*, 159, 387-397.
- Filomena Morisco, Paola Vitaglione, Daniela Amoruso, Barbara Russo, Vincenzo Fogliano, Nicola Caporaso. (2007).** Foods and liver health. *Molecular Aspects of Medicine*. flavonoid quercetin. *European J. Clin. Nutri.* 50: 63-64.
- Fogliano, V., Verde, V., Randazzo, G., et al. (1999).** Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 1035–1040.
- Folch J., Lees M. et Sloane G.S.H. (1957).** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue, *J. Biol. Chem.* 226, 497–509.
- food and in vivo. *Food Sei. Agric. Chem. 1*: 67- 109.
- Food and Nutrition Board of the National Academy of Science (1998).** Dietary reference intakes: Proposed definition and plan for review of dietary antioxidants and related compounds. Natl. Acad. Press.
<http://www4.nas.edu/IOM/IOMHome.nsf/Pages/Ongoing+studies>.
- Forough Biglari, Abba, F. M. Alkarhi, and Azhar Mat Easa. (2008).** Antioxidaant activity and phenolic content of various date palm (phoenix dactylifera) fruits from Iran. *Food chemistry*, 107, 1638-1641.
- Francesco, V., et Tori, M.H. (2007).** Nutritional strategies for healthy cardiovascular aging: Focus on micronutrients. *Pharmacological research*, 55, 199-203.
- Françoise V. Botelho, Luciana R. Enèas, Giovana C. Cesar, Carolina S. Bizzotto, Èrico Tavares, Fabrìcia A. Oliveira, M. Beatriz A. Gloria, Marialice P.C. Silvestre, Rosa M.E. Arantes, Jacqueline I. Alvarez-Leite. (2004).** Effects of eggplant (*Solanum melongena*) on the atherogenesis and oxidative stress in LDL receptor knockout mice (LDLR^{-/-}). *Food and Chemical Toxicology* 42, 1259–1267.
- Frankel E. N. (1998).** Lipid oxidation. Dundee, UK: The oily Press.
- Frewer L., Scholderer, J. et Lambert, N. (2003).** Consumer Acceptance of Functional Foods: Issues for the Future. *British Food Journal*, 105(10), 714-731.

- Fulgencio, Saura-Calixto., Isabel, Goñi. (2006).** Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*. **94**, 442-447.
- Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Björk, L. & Trajkovski, V. (2000).** Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 1485-1490
- Garcia-Pastor P, Randazzo A, Gomez-Paloma L, Alcaraz MJ, Paya M. (1999).** Effects of petrosaspongiolide M, a novel phospholipase A₂ inhibitor, on acute and chronic inflammation. *J Pharmacol Exp Ther*. **289**:166-172.
- Glew. R.S., VanderJagtb D.J., Huangc Y.-S., Chuangc L.-T, Bossed R., Glew R.H. (2004).** Nutritional analysis of the edible pit of *Sclerocarya birrea* in the Republic of Niger (daniya, Hausa). *Journal of Food Composition and Analysis* **17**, 99–111
- Gomez.G. (2007).** Abecedaire de chimie organique.
- Groff, J., and Gropper, S. (2000).** Advanced Nutrition and human Metabolism, 3rd Ed. Belmont: Wadsworth
- Grundy S. M et Denke M. (1990).** Dietary influence on serum lipids and lipoproteins. *J. Lip. Res* **31**: 1149-1172
- Gualillo O, Eiras S, Lago F, Dieguez C, Casanueva FF. (2001).** Evaluated serum leptin concentrations induced by experimental acute inflammation. *J. Ethnopharmacol.* **75**:213-218.
- Gülçin I, Beydemir S, Alici H~,Elmasta~M, Büyükokuroglu ME. (2004).** In vitro antioxidant properties of morphine. *Pharmacol. Res.* **49**: 59-66
- Guil. J. L.. Martinez. J. J. G.. and Isasa. M. E. (1998).** Mineral nutrient composition of edible wild plants. *J. Food Composition and Analysis*. **11**. 322-328.
- Guohua Hu, Yanhua Lu et Dongzhi Wei. (2006).** Chemical characterization of Chinese chive seed (*Allium tuberosum* Rottl.). *Food Chemistry* **99**, 693–697
- Gutteridge J.M.C. & Halliwell B. 2000.** Free radicals and antioxidants in the year 2000– A historical look to the future. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **899**, 136–147.

- Hagerman A., Harvey-Mueller I. et Makkar H.P.S. (2000b).** Quantification of tannins in tree foliage. A laboratory manual. FAO/IAEA, Vienna.p4-7.
- Halliwell B. (1991).** Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry and role in human disease. *Am J Med*, 91, 14–20.
- Hajare SW, Suresh Chandra, Tandan SK, Sarma J, Lal J, Telang AG. (2000).** Analgesic and antipyretic activities of dalbergia sissoo leaves. *Indian J. Pharmacol.* 32, 357-360.
- Halliwell B. (1999).** Food- derived antioxidants. Evaluating their importance in wine. *J of Food Chemistry*, 47, 1035-1040
- Halliwell B. and Gutteridge J.M.C. (1989).** free radicals in biology and medicine. 2nd ed. Oxford: Clarendon press. 123-126.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (1984).** Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochemical Journal*, 219, 1–4.
- Halliwell, B., et Gutteridge, J.M.C. , 1999.** "Free Radical Biology Medicine" 3rd ed., Oxford University Press, Oxford 543P
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. & Aruoma, O. (1987).** The desoxyribose method: a simple “test tube” assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Analytical Biochemistry*, 165, 215-219.
- Harborne JB et Mabry TJ. (1982).** The flavonoids advances in research. New York: Cambridge University Press; p. 126.
- Helen M. Woffenden, Jennifer M. Ames, et Sachin Chandra. (2001).** Relationships between Antioxidant Activity, Color, and Flavor Compounds of Crystal Malt Extracts. *J. Agric. Food Chem.* 49, 5524-5530.
- Hels Ole, LarsenTorben, Christensen Lars P, Kidmose Ulla, Hassan Nazmul, Thilsted Shakuntala Haraksingh. (2004).** Contents of iron, calcium, zinc and b-carotene in commonly consumed vegetables in Bangladesh. *Journal of Food Composition and Analysis* 17, 587–595

- Hertog M. G. L., Feskens E. J. M., Hollman P. C. H., Katan M. B., Kromhout D. (1993).** Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen elderly study. *The Lancet* 342: 1007-1014.
- Hertog, M. G. L. et P. C. H. Hollman. (1996).** Potential health effects of dietary flavonoid quercetin. *European J. Clin. Nutri.* 50: 63-64.
- Hilliam, M. et Young, J. N. (2000).** Functional Food Markets Innovation and Prospects A Global Analysis. *Leatherhead Food Research Association*, Leatherhead.
- Hinneburg Iris, H.J. Damien Dorman, Raimo Hiltunen. (2006).** Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry* 97, 122–129
- Howard L. R., Talcott S. T., Brenes C. H., et Villalon B. (2000).** Changes in Phytochemical and Antioxidant Activity of Selected Pepper Cultivars (*Capsicum* Species) As Influenced by Maturity *J. Agric. Food Chem*, 48, 1713-1720
- Hua Wang, Xiang Dong Gao, Gao Chao Zhou, Lei Cai, Wen Bing Yao. (2008).** In vitro and in vivo antioxidant activity of aqueous extract from *Choerospondias axillaris* fruit. *Food Chemistry* 106, 888–895.
- Huges Dupriez et Phillipe de Leener. (1987).** Jardin et verger d’Afrique; Edition l’Harmattan, 7 rue d l’Ecole Polytechnique 75005 Paris, France. 353 pages
- Hutchinson J. et Dalziel J.M. (1963).** Flora of west tropical Africa. 2ième Ed. vol1 (Families A-D). *Royal botanic gardens*. Kews. 960p.
- IFIC Foundation. (1995).** Functional foods: opening the door to better health. Food insight November/December
- Igwe S.A., Afonne J.C., Ghasi S.I. (2003).** Ocular dynamics of systemic aqueous extracts of *Xylopiya aethiopica* (African guinea pepper) seeds on visually active volunteers. *Journal of Ethnopharmacology*, 86, 139–142
- Inga Klimczak, Maria Malecka, Mirosława Szlachta, Anna Gliszczynska-Swiglo. (2007).** Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 313–322

- Issac Sedeye W. A., Sofowora E. A., Williams A. O., Marquis V. O., Adekunle A. A. and Anderson C. O., (1975).** Extract of *Faraga xanthoxyloides* roots in sickle cell anemia. *Acta haematologica*, 53 P. 158-164.
- Ito, N., Fukushima, S., Hagiwara, A., Shibata, M., & Ogiso, T. (1983).** Carcinogenicity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *Journal of the National Cancer Institute*, 70, 343–347.
- Jani M. Koponen, Anu M. Happonen, Pirjo H. Matilla et A. Riitta Törrönen. (2007).** Contents of Anthocyanins and Ellagitannins in Selected Foods Consumed in Finland. *J. Agric. Food Chem*, 55, 1612-1619
- Jazet Dongmo P. M, Tchoumbougang F. T, Tchinda Sonwa E. T, Manedon Kenfack S, Amvam Zollo P. H, Menut C. (2008).** Antioxidant and anti-inflammatory potential of essential oils of some *Zanthoxylum* (Rutaceae) of Cameroon. *International Journal of Essential Oil Therapeutics* 2, 82-88
- Jazet Dongmo P. M., (1993).** Extracration et analyse des huiles essentielles de deux plantes aromatiques et à épices de la famille des rutacées : *Zanthoxylum leprieurii* Guill et Perr et *Zanthoxylum xanthoxyloides* Watern. Mémoire de maîtrise, Université de Yaoundé I, 46 p.
- Jesus N.S. Souza, Evaldo M. Silva, Adeline Loir, Jean-François Rees, Herve´ Rogez, Yvan Larondelle. (2008).** Antioxidant capacity of four polyphenol-rich Amazonian plant extracts: A correlation study using chemical and biological in vitro assays. *Food Chemistry* 106, 331–339
- Jiang Ai-li et Wang Chang-hai. (2006).** Antioxidant properties of natural components from *Salvia plebeia* on oxidative stability of ascidian oil. *Process Biochemistry* 41, 1111–1116
- Jirovetz et Buchbauer, (2005).** Processing, analysis and Application of Essential oils. Har Krisman Bhalla and Sons.305p.
- Jirovetz, L.; Buchhauer, G.; Ngassoum, M. (1997).** Investigation of the essential oil from the dried fruits of *Xylopi aethiopica* (West African peppertree) and *Xylopi a parViflora* from Cameroon. *Ernaehrung*, 21, 324-325.

- Jiyu Cheng, Xingqian Ye, Jianchu Chen, Donghong Liu, Shaohuan Zhou. (2007).** Nutritional composition of underutilized bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) kernels. *Food Chemistry*.
- John A. Benedet, Hisao Umeda et Takayuki Shibamoto. (2007).** Antioxidant Activity of Flavonoids Isolated from Young Green Barley Leaves toward Biological Lipid Samples. *J. Agric. Food Chem*, 55, 5499-5504
- John A. O. Ojewole, Clement O. Adewunmi. (2004).** Anti-inflammatory and hypoglycaemic effects of *Tetrapleura tetraptera* (Taub) [fabaceae] fruit aqueous extract in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 95, 177–182
- José Ángel Goä Mez-ruiz, David S. Leake et Jennifer M. Ames. (2007).** In Vitro Antioxidant Activity of Coffee Compounds and Their Metabolites. *J. Agric. Food Chem*, 55, 6962-6969
- José E. Villarreal-Lozoya, Leonardo Lombardini, Luis Cisneros-Zevallos. (2007).** Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Food Chemistry* 102, 1241–1249.
- Joseph Charles Maroon, MD et Jeffrey W. Bost, PAC. (2006).** ω -3 Fatty acids (fish oil) as an anti-inflammatory: an alternative to nonsteroidal anti-inflammatory drugs for discogenic painy. *Surgical Neurology* 65, 326–331
- Juan R., Pastor J., Milla N F, Alaiz M. et Vioque J. (2004).** Amino Acids Composition of Teucrium Nutlet Proteins and their Systematic Significance. *Annals of Botany*, 94, 615–621.
- Judith K. Shabert, MD, MPH, RD, Charmaine Winslow, RD, LDN, Janet M. Lacey, DRPH, RD et Douglas W. Wilmore, MD. (1999).** Glutamine-Antioxidant Supplementation Increases Body Cell Mass in AIDS Patients With Weight Loss: A Randomized, Double-Blind Controlled Trial. *Nutrition* 15, 860–864
- Jun Yu, Limin Wang, Rosemary L. Walzem, Edward G. Miller, Léonard M. Pike et Bhimanagouga S. Patil. (2005).** Antioxidant Activity of Citrus Limonoids, Flavonoids, and Coumarins. *J. Agric. Food Chem*, 53, 2009-2014

- Jung-Yi Bor, Hui-Yin Chen et Gow-Chin Yen. (2006).** Evaluation of Antioxidant Activity and Inhibitory Effect on Nitric Oxide Production of Some Common Vegetables. *J. Agric. Food Chem*, 54, 1680-1686.
- Kadkhodae M., Khastar H., Arab H.A, Ghaznavi R., Zahmatkesh M., and Mahdavi-Mazdeh M.. (2007).** Antioxidant Vitamins Preserve Superoxide Dismutase Activities in Gentamicin-Induced Nephrotoxicity. *Transplantation Proceedings*, 39, 864–865
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J.-P., Pihlaja, K.,Kujala, T. S. (1999).** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3954–3962.
- Kamil, J.Y.V.A., Jeon, Y.-J. et Shahidi, F. (2002)** Antioxidative activity of chitosans of different viscosity in cooked comminuted flesh of herring (*Clupea harengus*). *Food Chemistry* 79 69-77.
- Kanner J, Shegalivich J, Harel S, Hazan B. (1988).** Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. *J. Agric. Food Chem.* 36: 409- 417.
- Kansci, G., Genot, C., Meynier, A. and Gandemer, G., 1997** -The antioxidant activity of carnosine and its consequences on the volatile profiles of liposomes during iron/ascorbate induced phospholipid oxidation. *Food Chemistry* 60 165-175.
- Kerharo J. et Adam J.G. (1974).** La pharmacopée sénégalaise traditionnelle, Plantes médicinales et toxiques, Vigot frères, Paris 712.P
- Kim, K. S.; Hong, Y. K.; Joe, Y. A.; Lee, Y.; Shin, J. Y.; Park, H. E.; Lee, I. H.; Lee, S. Y.; Kang, D. K.; Chang, S. I.; Chung, S. I. (2003).** Anti-angiogenic activity of the recombinant kringle domain of urokinase and its specific entry into endothelial cells. *J. Biol. Chem*, 278, 11449-11456.
- Kim, S.Y., S. K. Kim, M. J. Oh et M. Y. Jung. (1994).** Antioxidant activity of selected oriental herb extracts. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71:633-640.
- Kimberly Heidal, Nancy Lewis et Sharon Evans. (2004).** Survey of omega-3 fatty acid intakes and omega-3 food selections in cardiac patients living in a section of the midwestern United States. *Nutrition Research* 24, 741–747

- Kiminori Matsubara, Takao Kaneyuki, Tsuyoshi Miyake et Masaharu Mori. (2005).** Antiangiogenic Activity of Nasunin, an Antioxidant Anthocyanin, in Eggplant Peels. *J. Agric. Food Chem*, 53, 6272-6275
- Kinsella, J. E., German, B. et Kanner. J., 1993.** Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technology*, 47, 85-89.
- Klein, B. P. et Kurilich A. C.. (2000).** Processing effects on dietary antioxidants from plant foods. *HortScience* 35:580-584.
- Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliovaara M.;Reunanen A., Halulinen T., Aromaa A. (2002).** Flavonoids intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition.*, 76, 560–568.
- Kok, F., Hofman, A., Witterman, J.C.M., et al., 1989.** Decreased selenium levels in acute myocardial infarction. *Journal of American Medical Association*, 261, 1161–1164.
- Konning G.H., Agyare C., Ennison B. (2004).** Antimicrobial activity of some medicinal plants from Ghana. *Fitoterapia* 75, 65–67.
- Koo Hui Mian and Suhaila Mohamed. (2001).** Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) Content of Edible Tropical Plants. *J. Agric. Food Chem*, 49, 3106-3112
- Korpela, H., Kumpulainen, J., Jussila, E., Kemila, S., Kaariainen, T., Sotaniemi, E.A., 1989.** Effect of selenium supplementation after acute myocardial infarction. *Research Communications in Chemical Pathology and Pharmacology*, 65, 249–252.
- Kortenska, V.D., Yanishlieva, N.V., Kasaikina, O.T., Totzeva, I.R., Boneva, M.I. et Russina, I.F. (2002).** Phenol antioxidant efficiency in various lipid substrates containing hydroxyl compounds. *Eur. J Lipid. Sciences Technol*, 104, 513-519.
- Kouamé Raphaël Oussou, Coffi Kanko, Nathalie Guessend, SériYolou, Gérard Koukoua, Mireille Dosso, Yao Thomas N’Guessan, Gilles Figueredo, Jean-Claude Chalchat. (2004).** Activités antibactériennes des huiles essentielles de trois plantes aromatiques de Côte-d’Ivoire. *C. R. Chimie* 7, 1081–1086

- Kouokam Je, Jahns T, Becker H. (2002b).** Antimicrobial activity of the essential oil and some isolated sulfur-rich compounds from *Scorodophloeus zenkeri*. *Planta Med.* 68: 1082- 1087.
- Kratz M. Cullen P et Wahrburg U. (2002).** The impact of dietary mono and poly-unsaturated fatty acids on risk factors for atherosclerosis in humans: *Eur J Sci Technology* 104: 300-311
- Kristiina P. et Marika L. (2003).** Les antioxydants dans l'alimentation. Institut National de la Recherche Agronomique.
- Kubo, I.; Kinst-Hori, I. (1999).** Flavonols from saffron flower: tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. *J. Agric. Food Chem*, 47, 4121-4125.
- Kulkarni SK, Mehta AK, Kunchandy J. (1986).** Anti-inflammatory actions of clonidine, guanfacine and B-HT 920 against various inflammagen-induced acute paw oedema in rats. *Arch Int Pharmacodyn Ther.* 279:324-334.
- Kyung Mi Yoo, Choong Hwan Lee, Hyungjae Lee, BoKyung Moon, Chang Yong Lee. (2008).** Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106, 929–936.
- Laguerre M., Lecomte J., Villeneuve P. (2007).** Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, 46, 244–282.
- Lajolo, F. M. (2002).** Functional Foods: Latin American Perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88, S145-S150.
- Lamaty, G., Menut, C., Bessiere, J.M., Zollo, P.H.A., Fekam, F. (1987).** Aromatic plants of tropical Central Africa: I. Volatile components of two annonaceae from Cameroon: *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Richard and *Monodora myristica* (Gaerth.) Dunal. *Flavour and Fragrance Journal* 2, 91– 94.
- Latier M.; De Lfiris J. (2001).** Diabète et stress oxydant : Etude d'une nouvelle molécule agoniste. Travaux universitaires. Abstract.
- Lavoisier. (2000).** Aliments fonctionnels. Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires. Edition TEC et DOC 11, rue Lavoisier 75008 Paris

- Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998).** Sensory evaluation of food: Principles and practices. *New York, NY: Chapman & Hall*, pp. 606–608.
- Leeuwenburgh C, Heinecke JW. (2001).** Oxidative stress and antioxidant in exercise. *Curr. Med. Chem.* 8: 829- 838.
- Lindsay D.G., Astley S.B. (2002).** European research on the functional effects of dietary antioxidants: EUROFEDA. *Mol. Aspects Med*, **23**, 1-38.
- Liu, F., & Ng, T. B. (2000).** Antioxidative and free radical scavenging activities of selected medicinal herbs. *Life Science*, 66(8), 725–735.
- Mabberley D. J., (1987),** The plant Book, A portable dictionary of the higher plants, Cambridge University, Press, Cambridge.
- Madisen, H.L. and G. Bertelsen. (1995).** Spices as antioxidants. *Trends Food Sci. Technol.*6:271-277.
- Maksimovic, Z., Malencic D., & Kovacevic N. (2005).** Polyphenol contents and antioxidant activity of Maydis stigma extracts. *Bioresource Technology* 96, 873–877
- Mamadou Sow, Blaise Nkegoum, Jean-Louis Essame Oyono, Gaoroua, André Nzokou. (2006).** Aspects épidémiologiques et histopathologiques des tumeurs urogénitales au Cameroun. *Progrès en Urologie*, 16, 36-39.
- Manfred Moll et Nicole Moll, 1998** – Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques. 2^e édition Durod, pp 88-99.
- Mapi J. (1998).** Contribution à l'étude ethnobotanique et analyse de quelques plantes utilisées en médecine traditionnelle dans la région de Nkongsamba (Moungo). Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université de Yaoundé, pp 58-98
- Marc T. ; Gerard W. ; Denis L (2001).** Classification des anti-inflammatoires *in* Guide pharmacologie. Etudiants et professionnels paramédicaux. 4eme Edition. 426 P.
- Maria Antonietta Paleari, Vittorio Maria Moretti, Giuseppe Beretta, Fabio Caprino. (2008).** Chemical parameters, fatty acids and volatile compounds of salted and ripened goat thigh. *Small Ruminant Research* 74,140–148

- Marianna Mazza, Massimiliano Pomponi, Luigi Janiri, Pietro Bria et Salvatore Mazza. (2007).** Omega-3 fatty acids and antioxidants in neurological and psychiatric diseases: An overview. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry* 31, 12–26
- Mark-Herbert, C. (2002).** Functional Foods for Added Value. Developing and marketing a new product category. *Doctoral dissertation*, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Marston B et al (2004).** Multivitamins, nutrition and antiretroviral therapy for HIV disease in Africa. *New England Journal of Medicine*, 351, 78-80
- Massart, D. L., Vandeginste, B. G. M., Deming, S. N., Michotte, Y., & Kaufman, L. (1988).** Principal components and factor analysis. *Chemometrics: A textbook*. Amsterdam: Elsevier, pp. 339–369.
- McBride, J. (1996).** Plant pigments: Paint a rainbow of antioxidants. *Agric. Res. Mag.* 44(11): 4-8.
- McBride, J. (1999).** Can foods forestall aging. *Agric. Res. Mag.* 47(2): 14-17.
- McCord JM. (2000).** The evolution of free radicals and oxidative stress. *Am J Med*;108:652
- Mehmet Ay, Fatemeh Bahadori, Mehmet Öztürk, Ufuk Kolak, Gülaçti Topçu. (2007).** Antioxidant activity of Erica arborea. *Fitoterapia*, 78, 571–573
- Menrad, K. (2003).** Market and Marketing Functional Foods in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56, 181-188.
- Mertes, A. et Hobvoet, P. (2001).** Oxidized LDL and HDL: antagonists in atherothrombosis. *FASEB J.* 15, 2073-2084.
- Mevy Jean Philippe, Bessiere Jean-Marie, Dherbomez Michel et Viano Josette. (2002).** Composition and Some Biological Activities of the Essential Oils from an African Pasture Grass: *Elionurus elegans* Kunth. *J. Agric. Food Chem*, 50, 4240-4243
- Mezzetti A, Pierdomenico SD, Costantini F et al. (1998).** Copper/zinc ratio and systemic oxidant load : effect of aging and aging-related degenerative diseases. *Free Rad Biol Med* 25:676-681,

- Michael Wade A et Hugh N Tucker.** (1998). Antioxidant characteristics of L-histidine. *Nutr. Biochem*, 9, 308-315.
- Miliauskas G, Venskutonis P.R, Beek Van T.A.** (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231–237.
- Miller NJ, Rice-Evancs CA.** (1996). Spectrophotographiometric determination of antioxidant activity. *Redox Rep. 2*: 161-168.
- Milne DB, Botnen J .**(1986). Retinol, α -tocopherol, lycopene, and α - and β -carotene simultaneously determined in plasma by isocratic liquid chromatography. *Clin Chem* 32, 874-876
- Milner J.A.** (2002). Functional Foods and Health: A US Perspective. *British Journal of Nutrition*, 88, S151-S158.
- Mimica-Dukic', N.** (1992). Investigation on secondary biomolecules in some Mentha-species. Ph.D. Thesis. University of Novi Sad.
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (Cameroun).** (1985). Flore du Cameroun. 31 décembre, ISSN 0071- 5875
- Miyake, Y., Murakami, A., Sugiyama, Y., Isobe, M., Koshimizu, K. et Ohigashi, H.** (1999). Identification of coumarins from lemon fruit (*Citrus limon*) as inhibitors of in vitro tumor promotion and superoxide and nitric oxide generation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47, pp. 3151–3157.
- Mohamed Bouaziz, Rénée J. Grayer, Monique S. J. Simmonds, Mohammed Ddamak et Sami Sayad.** (2005). Identification and Antioxidant Potential of Flavonoids and Low Molecular Weight Phenols in Olive Cultivar Chemlali Growing in Tunisia. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 236-241
- Mohamed, Al-Mamary., Ali, Al-Meeri., Molham, Al-Habori.** (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*. 22, 1041-1047.
- Morello, M. J., F. Shahidi, and C. T. Ho.** (2002). Free radicals in foods: Chemistry, nutrition, and health effects. ACS Symposium Series 807. *Am. Chem. Soc.*, Washington, DC.

- Mukesh Kumar Sharma, Ambika Sharma, Ashok Kuma, Madhu Kumar. (2007).** *Spirulina fusiformis* provides protection against mercuric chloride induced oxidative stress in Swiss albino mice. *Food and Chemical Toxicology* 45, 2412–2419
- Muramatsu, H., Kogawa, K., Tanaka, M., Okumura, K., Koike, K., Kuga, T., et al. (1995).** Superoxide dismutase in SAS human tongue carcinoma cell line is a factor defining invasiveness and cell motility. *Cancer Research*, 55, 6210–6214.
- Myers C. (1997).** La nutrition et le VIH ; L'alimentation et le VIH, 15p.
- Nacz. M. et Shahidi. F., 2004.** Extraction and analysis of phenolics in foods. *Journal of Chromatography*, 1054: 95-111.s
- Nakatani, N. (2000).** Phenolic antioxidants from herbs and spices. *Biofactors* 13, 141–146.
- Navellier P. et Jolivet H. (1965).** Epices, aromates, herbes et condiments. Modificateurs des caractères organoleptiques des denrées. *Annale de la nutrition et de l'alimentation*, 19 (5), 449-480.
- Ndip Roland N., Malange Tarkang Alertia E., Mbullah Susan M., Lumab Henry N., Malongue Agnes, Ndip Lucy M., Nyongbela Kennedy, Wirmum Clare, Efange Simon M.N. (2007).** *In vitro* anti-*Helicobacter pylori* activity of extracts of selected medicinal plants from North West Cameroon. *Journal of Ethnopharmacology*, 114, 452–457
- Necmettin Yilmaz, Mehtap Solmaz, Ibrahim Türkekul, Mahfuz Elmastas. (2006).** Fatty acid composition in some wild edible mushrooms growing in the middle Black Sea region of Turkey. *Food Chemistry*, 99, 168–174.
- Neuza Mariko Aymoto Hassimotto, Maria Ineä S Genovese et Franco Maria Lajolo. (2005).** Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *J. Agric. Food Chem*, 53, 2928-2935.
- Ngadjui, T. B., Dongo, E., Happi, N. E., Bezabih, M. T., Abegaz, B. M. (1998).** Prenylated flavones and phenylpropanoid derivatives from roots of *Dorstenia psilurus*. *Phytochemistry*, 48, (4), 733–737.
- Ngono N.R.A. (1999).** Contribution à l'étude des propriétés antifongiques et analyse phytochimique de cinq plantes médicinales camerounaises. Thèse de Doctorat, Université de Reims Champagne-ardenne et Université de Yaoundé I, pp 23-56

- Nguefack, J., Leth, V., Amvam, Zollo, P.H., Mathur, S.B. (2004).** Evaluation of live essential oils from aromatic plants of Cameroon for controlling food spoilage and mycotoxin producing fungi. *Int Journal of Food Microbiology*. **94**, 329-334.
- Nijveldt, R. J.; van Nood, E.; van Hoorn, D. E. C.; Boelens, P. G.; van Norren, K.; van Leeuwen, P. A. M. (2001).** Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin. Nutr*, **74**, 418-425.
- Niki E et Ngouchi N. (2000).** Evaluation of antioxidant capacity. What capacity is being measured by which method ? *IUBMB Life* , **50**:323-9
- Noumi, E. (1984).** Les plantes à épices, à condiments et à aromates du Cameroun. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Yaoundé pp : 22-24.
- Ntonifor N. N, Brown R. H et Muller-Harvey I. (2002).** Advantages of Soxhlet Extractions for Phytochemical Analysis and Bioassay Screening. 1. Terpenoids. *J. Agric. Food Chem*, **50**, 6295-6300
- Nyegue M.A. (2006).** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et médicinales du Cameroun. Thèse de Doctorat, Universités de Montpellier II et de Yaoundé I, 179p.
- Odukoya O.A., Houghton P.J. and Raman A. (1999).** Lipoxygenase inhibitors in the seeds of *Aframomum daniellii*. *Phytomedicine, Int. J. Phytother. Pharmacol.* , **6(4)**, 251-256
- Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I., (2002).** Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 7524–7529.
- Okokon Jude E., Udokpoh Aniekan E., Antia Bassey S.. (2007).** Antimalaria activity of ethanolic extract of *Tetrapleura tetraptera* fruit. *Journal of Ethnopharmacology* **111**, 537–540
- Okpekon T., Yolou S., Gleye C., Roblot F., Loiseau P., Bories C., Grellier P., Frappier F., Laurens A., Hocquemiller R.. (2004).** Antiparasitic activities of medicinal plants used in Ivory Coast. *Journal of Ethnopharmacology* **90**, 91–97.

- Omar ME, Abdel-Salam, Ayman RB, Seham E, Mahmoud SA. (2003).** Evaluation of anti-inflammatory, anti-nociceptive and gastric effects of *Ginkgo biloba* in the rat. *Pharmacological research*. 1-10.
- Omobuwajo T.O., Omobuwajo O.R., Sanni L.A. (2003).** Physical properties of calabash nutmeg (*Monodora myristica*) seeds. *Journal of Food Engineering* 57, 375–381.
- OMS (1998).** Assemblée mondiale de la santé: les maladies non transmissibles sont une priorité mondiale. Communiqué 39, 18 mai
- Osborne, C. G., McTyre, R. B., Dudek, J., Roche, K. E., Scheuplein, R., Silverstein, B., Weinberg, M. S., and Salkeld, A. A. (1996).** Evidence for the relationship of calcium to blood pressure. *Nutr. Rev.* 54, 365-381.
- Owuor ED, Kong AN. (2002).** Antioxidants and oxidants regulated signal transduction pathways. *Biochem Pharmacol* 64:765-770
- Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction: antioxidative activity of products of browning reaction. *Japanese Journal of Nutrition*, 40, 307–315.
- Özcan M. (2004).** Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey. *Food Chemistry* 84, 437–440.
- Özcan M.M., Unver A., Tolga Ucar T. & Arslan D. (2008).** Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoction. *Food Chemistry*, 106, 1120–1127.
- Paul Iserin. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales. Identification-Préparation-pharmacologie. Etudiants et professionnels paramédicaux. 4^{ème} Edition. 426 P.
- Perumal Siddhuraju, Klaus Becker. (2007).** The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101, 10–19
- Perumal Siddhuraju; Sellamuthu Manian. (2007).** The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of dietary phenolic extracts from horse gram (*Macrotyloma uni.orum* (Lam.) Verdc.) seeds. *Food Chemistry*, 105 , 950–958
- Pincemail J., Defraigne J. O., Meurisse M., Limet R. (1998).** Antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires 2ème partie: la vitamine E. *Medi-Sphere*. 89: 30-35.

- Pincemail, J.O., et Defraigne (2003).** Le coenzyme Q10 ou ubiquinone : un antioxydant particulier, *Vaisseaux, Cœur, Poumons*. 8 (2) 6.
- Pouset J. L., (1989),** Plantes médicinales africaines. Utilisations pratiques A.C.C.T., Paris, PP 81-82.
- Prapaisri, P. Sirichakwal, Prapaisri Puwastien, Jarupun Polngam, Ratchanee Kongkachuichai. (2005).** Selenium content of Thai foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 47-50
- Price S. (1963),** Aromathérapie, guide pratique, Ed. Amrita , Nancy, 219p.
- Pryor, W. A. (1991).** The antioxidant nutrients and disease prevention -What do we know and what do we need to find out? *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, S391-S393.
- Pszczola D.E. (2001).** Antioxidants : from preserving food quality to quality of life. *Food Technology*. 55 51-59.
- Pucheu S, Coudray C, Vanzetto G, Favier A, Machecourt J and de Leiris J. (1995).** Time-course of changes in plasma levels of trace elements after thrombolysis during the acute phase of myocardial infarction in humans. *Biol Trace Elem Res* 47:171-182,
- Qing Liu, Huiyuan Yao (2007).** Antioxidant activities of barley seeds extracts. *Food Chemistry*, 102, 732–737
- Quillien Jean-François. (2002).** Recherche Européenne sur l'ESB. *Institut National de la Recherche Agronomique*, France (juin 2002).
- Radi, R Beckman, Buch, K,M, and Freeman, B.A. (1991).** Peroxynitrite-induced membrane lipid peroxidation: The cytotoxic potential of superoxide and nitric oxide. *Arch, Biochem, Biophys*. 288: 481-487
- Ramesh Patnam a, Satya Sagar Kadali a, Kossi H. Koumaglo b, René Roy. (2005).** A chlorinated coumarinolignan from the African medicinal plant, *Mondia whitei*. *Phytochemistry* 66, 683–686
- Ramirez-Coronel, M.A., Mranet, N., Kolli, V. S. K., Roussos, S., Guyot, S. & Augur C. (2004).** Characterization and Estimation of Proanthocyanidins and Other Phenolics in

- Coffee Pulp (*Coffea arabica*) by Thiolytic-High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1344-1349.
- Raponda-Walker A et Sillans R. (1961).** Les plantes utiles du Gabon. Encyclopédie biologique. Editions Paul Lechevalier, 12, rue de Tournon Paris VI^e
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.A., (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26 (9–10), 1231–1237.
- Regina Brigelius-Flohé a, Kelvin J. A. Davies. (2007).** Is vitamin E an antioxidant, a regulator of signal transduction and gene expression, or a ‘junk’ food? Comments on the two accompanying papers: “Molecular mechanism of α -tocopherol action” by A. Azzi and “Vitamin E, antioxidant and nothing more” by M. Traber and J. Atkinson. *Free Radical Biology & Medicine* 43, 2–3
- Rice-Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1996).** Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 933–956.
- Richard, A. Moyer, Kim E. Hummer, Chad E. Finn, Balz Frei, and Ronald E. Wrolstad. (2002).** Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 519-525.
- Riedl, K.M., S. Carando, M. H. Alessio, M. McCarty, and E. A. Hagerman. (2002).** Antioxidant activity of tannins and tannin-protein complexes: Assessment *in vitro* and *in vivo*, p. 188-200. In: M. J. Morello, F. Shahidi, and C. T. Ho (eds.). Free radicals in food: Chemistry, nutrition, and health effects. *Am. Chem. Soc., Washington, DC*.
- Riemersma R. A. (1996).** A fat little eaner. *Lancet*, 347: 775-776
- Robards, K., P. D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang, and W. Glover. (1999).** Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 66:401-436.
- Robert H. Cichewicz et Patrick A. Thorpe. (1996).** The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 52 , 61-70
- Saher M., Arvola, A., Lindeman, M. et Lahteenmaki, L. (2004).** Impressions of Functional Food Consumers. *Appetite*, 42, 79–89.

- Salah, N., N. J. Miller, G. Pagana, L. Tijburg, G. P. Bolwell and C. Rice-Evens. (1995).** Polyphenolic flavonols as scavengers of aqueous phase radicals and as chainbreaking antioxidants. *Arch. Biochem. Biophys.* 2:339-346.
- Salonen JT, Alfthan G, Huttunen JK, Pikkarainen J and Puska P. (1982).** Association between cardiovascular death and myocardial infarction and serum selenium in a matched-pair longitudinal study. *Lancet* 24:175-179.
- Sanaa Ragaee, El-Sayed M. Abdel-Aal, Maher Noaman. (2006).** Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 98, 32–38
- Sangronis E. et Machado C.J.(2007).** Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT*, 40, 116–120.
- Saura-Calixto, F. Goni I. (2006).** Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 94, 442–447
- Schlienger J-L. (2001).** Nutrition et dyslipoprotéiémie. *Revue Française des Laboratoires.* 334 : 51-54
- Schuler, P. (1990).** Natural antioxidants exploited commercially. p.99-170. In: B. J. F. Hudson (ed.). *Food antioxidants*. Elsevier, London.
- Scott Ian M., Puniani Evaloni, Jensen Helen, Livesey John F., Poveda Luis, Sanchez-Vindas Pablo, Durst Tony et Arnason John T. (2005).** Analysis of Piperaceae Germplasm by HPLC and LCMS: A Method for Isolating and Identifying Unsaturated Amides from Piper spp Extracts. *J. Agric. Food Chem*, 53, 1907-1913
- Shahidi, F. (2002).** Antioxidants in plants and oleaginous seeds. p. 162-175. In: M. J.
- Shahidi, F. and M. Naczk. (1995).** Phenolic compounds in grains. p. 3-39. In: F. Shahidi and M. Naczk (eds). *Food phenolics: Sources, chemistry, effects and applications*. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA.
- Shamsl MA., Amin A., Adeghate E. (2006).** Effect of vitamin C on liver and kidney functions in normal and diabetic rats. *Ann N Y Acad Sci.* 2006 NOV ;1084:371-90.
- Sharififar F., Moshafi M.H, Mansouri S.H., Khodashenas M., Khoshnoodi M. (2007).** In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. *Food Control* 18, 800–805

- Sherwin, E. R. (1990).** Antioxidants. In A. L. Branen, P. M. Davidson & S. Salminen, *Food antioxidants*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Shi J., Le Maguer, M., 2000** - Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. *Crit Rev Food Sci Nutr* 40 (1):1.
- Silvia Pérez-Magariña, Luisa Gonzàlez-San Jose M. (2006).** Polyphenols and colour variability of red wines made from grapes harvested at different ripeness grade. *Food Chemistry* 96, 197–208
- Skunjins. S. (1998).** Handbook for ICP-AES (Varian-Vista). A short guide to Vista Series ICP-AES operation. *Version 1.0. Varian Int. AG. Zug.*
- Somova L.I., Shode F.O., Moodley K., Govender Y. (2001).** Cardiovascular and diuretic activity of kaurene derivatives of *Xylopia aethiopica* and *Alepidea amatymbica*. *Journal of Ethnopharmacology* 77, 165–174
- Soobrattee M.A.; Bahorun T.; Neergheen V.S.; Googoolye K; Aruoma O.I. (2007).** Assessment of the content of phenolics and antioxidant actions of the Rubiaceae, Ebenaceae, Celastraceae, Erythroxylaceae and Sterculaceae families of Mauritian endemic plants. *Toxicology in Vitro*, In press.
- Sosulski, F.; Krygier, K.; Hogge, L. (1982).** Free, esteried, and insoluble-bound phenolic acids. 3. Composition of phenolic acids in cereal and potato ours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30, 337–340.
- StatBox. (1997).** StatBox version 6.7.
- Statgraphics. (1997).** Statgraphics plus for windows 3.0. Rockville, MD: *Manugistics Inc.*
- Statsoft. (2001).** Statistica (data analysis Software system) version 6..
- Stelljes, K. B. (2001).** Colorful potatoes offer nutrition, variety. *Agric. Res. Mag.* 49(10):6.
- Stoilova I, Krastanov A, Stoyanova A, Denev P et Gargova S. (2007).** Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry* 102, 764–770

- Subramani Sellappan, Casimir C. Akoh et Gerard Krewer. (2002).** Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries. *J. Agric. Food Chem.* 50, 2432-2438
- Subratty A.H., Seebhujun A., Khadaroo N., Fakira-Jhurry A., Reesaul C. et Gunny F.B.H.. (2004).** Legumes and grains are important sources of selenium in the Mauritian vegetarian diet. *Nutrition & Food Science* Volume 34. Number 1. pp. 20-24.
- Süleyman H, Mshvildadze V, Gepdiremen A, and Elias R. (2003).** Acute and chronic anti-inflammatory profile of the ivy plant, *Hedera helix*, in rats. *Phytomedicine.* 10:370-374.
- Sweeney, M. I., Kalt, W., Mackinnon, S. L., Ashby, J., & Gottschall- Pass, K. T. (2002).** Feeding rats diets enriched in lowbush blueberries for six weeks decreases ischemia-induced brain damage. *Nutritional Neuroscience,* 5(6), 427–431.
- Tatsadjieu N. L. (2003).** Etude de l'activité inhibitrice des huiles essentielles de quelques épices et plantes aromatiques du Cameroun sur la croissance et la toxino-génèse des moisissures du genre *Aspergillus*. Thèse de Doctorat/phD, Ecole Nationale Supérieure des sciences Agro-industrielles, 176p.
- Tatsadjieu, L. N.; Ngang, J. J. E.; Ngassoum, M. B.; Etoa, F.-X. (2003).** Antibacterial and antifungal activity of *Xylopi aethiopica*, *Monodora myristica*, *Zanthoxylum xanthoxyloides* and *Zanthoxylum leprieurii* from Cameroon. *Fitoterapia,* 74, 469-472.
- Tchiégang. C.. and Mbougoueng. D. (2005).** Composition chimique des épices utilisées dans la préparation du na'a poh et du kui de l'Ouest Cameroun. *Tropicultura.* 23. 4. 193-200.
- Tchoumbougang, F. (1997).** *Contribution à la détermination des teneurs, des caractéristiques chimiques et des activités antifongiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques, condiments et médicinales du Cameroun.* Thèse de Doctorat 3ème cycle en Biochimie. Université de Yaoundé I. P 270.
- Tene Mathieu, Tane Pierre, Sondengam Beiban L et Connolly Joseph D. (2004).** Lignans from the roots of *Echinops giganteus*. *Phytochemistry* 65 2101–2105.
- Touitou Y. (2003).** Pharmacologie . 10^e Ed. Masson, Paris. pp 90-241.

- Triantis T.M, Yannakopoulou E., Nikokavoura A., Dimotikali D., Papadopoulos K. (2007).** Chemiluminescent studies on the antioxidant activity of amino acids. *Analytica Chimica Acta*, 591, 106–111.
- Ursini, F.; Rapuzzi, I.; Toniolo, R.; Tubaro, F.; Bontempelly, J. (2001).** Characterization of antioxidant effect of procyanidins. Flavonoids and other polyphenols. *Methods Enzymol.*, 335, 338-350.
- Vallilo M.I, Tavares M, Aued-Pimentel S, Campos N.C et Moita Neto J.M. (1999).** Lecythis pisonis Camb. nuts: oil characterization, fatty acids and Minerals. *Food Chemistry*, 66, 197-200.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998).** Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4113–4117.
- Vitelbina Nùñez, Victor Castro, Renato Murillo, Luis A. Ponce-Soto, Irmgard Merfort, Bruno Lomonte. (2005).** Inhibitory effects of *Piper umbellatum* and *Piper peltatum* extracts towards myotoxic phospholipases A2 from Bothrops snake venoms: Isolation of 4-nerolidylcatechol as active principle. *Phytochemistry* 66, 1017–1025
- Vivek Singh et Garg A.N. (2006).** Availability of essential trace elements in Indian cereals, vegetables and spices using INAA and the contribution of spices to daily dietary intake. *Food Chemistry* 94, 81–89.
- Vivien J, Faure JJ. (1996).** Fruitiers sauvages d’Afrique espèces du Cameroun. *Nguila-kerou*. pp 156-157.
- Wang. H.. Cao. G.. and Prior. R. L. (1996).** Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44. 701-705.
- Watcho, P., Kamtchouing, P., Sokeng, S.D., Moundipa, P.F., Tantchou, J., Essame, J.L. et Koueta, N. (2004).** Androgenic effect of *Mondia whitei* roots in male rats. *Asian Journal of Andrology* 6, 269–272.
- Wei Li, Yanxiang Gao, Jian Zhao et Qi Wang. (2007).** Phenolic, Flavonoid, and Lutein Ester Content and Antioxidant Activity of 11 Cultivars of Chinese Marigold. *J. Agric. Food Chem*, 55, 8478–8484

- Westrate J. A., Van Poppel, G. and Verschuren, P. M. (2002).** « Functional Foods, Trends and Future », *British Journal of Nutrition*, 88 (suppl. 2), S233-S235.
- Whiteside GT., Boulet JM., Walker K. (2005).** The Role of Central and Peripheral Opioid Receptors in Inflammatory Pain and Edema: A Study Using Morphine and DiPOA ([8-(3,3-Diphenyl-propyl)-4-oxo-1-phenyl-1,3,8-triazaspiro[4.5]dec-3-yl]-acetic Acid). *J Pharmacol Exp Ther.* 314:1234-1240.
- Wilbur K M, Bernheim, Shapiro O W. (1949).** Determination of lipids peroxydation Arch. *Biochem*, 24: 305-310.
- Wills T.M., Mireles DeWitt C.A, Sigfusson H. (2007).** Improved antioxidant activity of Vitamin E through solubilization in ethanol: A model study with ground beef. *Meat Science* 76 308–315.
- Wojdylo Aneta, Oszmianski Jan, Czemerys Renata. (2007).** Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105, 940-949.
- Xavier S.M., Barbosa C.O., Barros D.O., Silva R.F., Oliveira A.A. et Freitas R.M. (2007).** Vitamin C antioxidant effects in hippocampus of adult Wistar rats after seizures and status epilepticus induced by pilocarpine. *Neuroscience Letters* 420, 76–79
- Yagi, K. (1970).** Rapid method for evaluation of autoxidation and antioxidants. *Agric. Biol. Chem*, 34, 142-145.
- Yanping Zou, Yanhua Lu et Donghi Wei. (2004).** Antioxidant Activity of a Flavonoid-Rich Extract of *Hypericum perforatum* L. in Vitro. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 5032-5039
- Yen, G.-C. and Duh, P.D. (1994).** Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active-oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42, pp. 629–632.
- Yihua Xu, Yuping Zhang, Meixiang Chen, Pengfei Tu. (2006).** Fatty acids, tocopherols and proanthocyanidins in bramble seeds. *Food Chemistry* 99, 586–590.
- Yizhong Cai, Qiong Luo, Mei Sun, Harold Corke. (2004).** Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences* 74, 2157-2184.

- Yokozawa, T., Cho, E.J., Hara, Y. & Kitani, K. (2000).** Antioxidative activity of green tea treated with radical initiator 2, 2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5068-5073.
- Yoshinori Okada et Mizue Okada. (1998).** Scavenging Effect of Water Soluble Proteins in Broad Beans on Free Radicals and Active Oxygen Species. *J. Agric. Food Chem*, 46, 401-406.
- Yu BP. (1994) .** Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiol. Rev.* 74: 139- 162.
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., & Harris, M. (2002).** Antioxidant properties of hard winter wheat extracts. *Food Chemistry*, 78, 457–461.
- Yuan Liu, Wei-Na Wang, An-Li Wang, Jian-Mei Wang, Ru-Yong Sun. (2007).** Effects of dietary vitamin E supplementation on antioxidant enzyme activities in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) exposed to acute salinity changes. *Aquaculture* 265, 351–358
- Yuan-Chuen Wang , Yueh-Chueh Chuang, Hsing-Wen Hsu. (2008).** The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry* 106 , 277–284
- Yvan T. (1997).** Pharmacologie 8ème Edit. Masson. Paris-Milan-Barcelone; 388 P.
- Zagotta W. N, Siegelbaum SA. (1996).** Structure and function of cyclic nucleotide-gated channels. *Annu. Rev. Neurosci.* 19: 235-263.
- Zemel, M. B. (1997).** Dietary pattern and hypertension: The DASH study. *Nutr. Rev.* 55, 303-305.
- Zhang. Donglin.. Yasumori. Hamauru. (2004).** Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*. 88. 503-509
- Zheng, W., & Wang, S. (2001).** Antioxidant activity and phenolic composition in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165–5170.
- Zielinski, H., & Kozłowska, H. (2000).** Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2008–2016.

ANNEXES

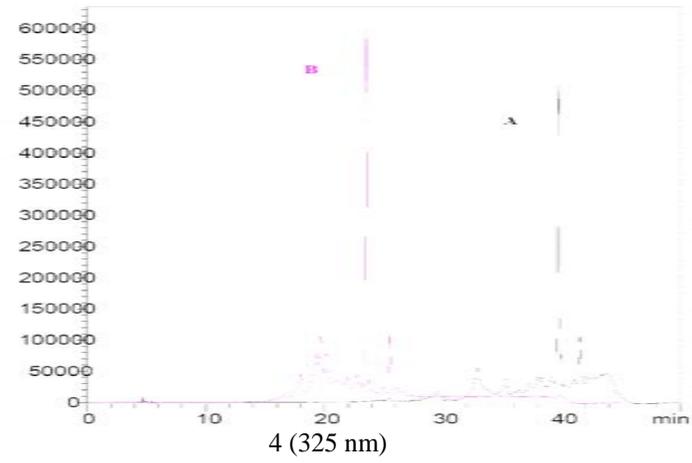
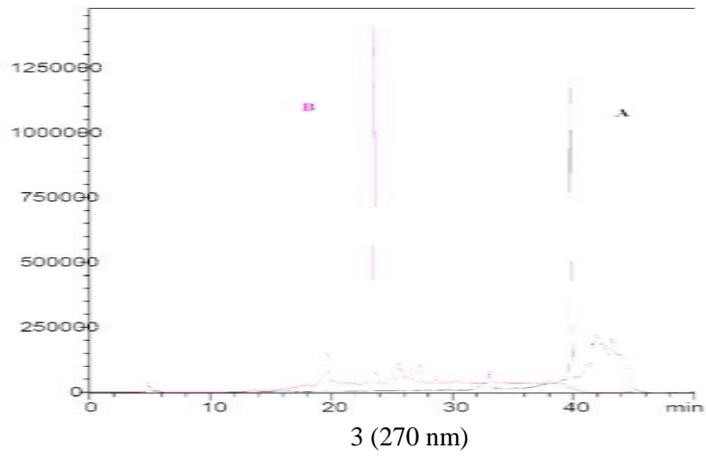
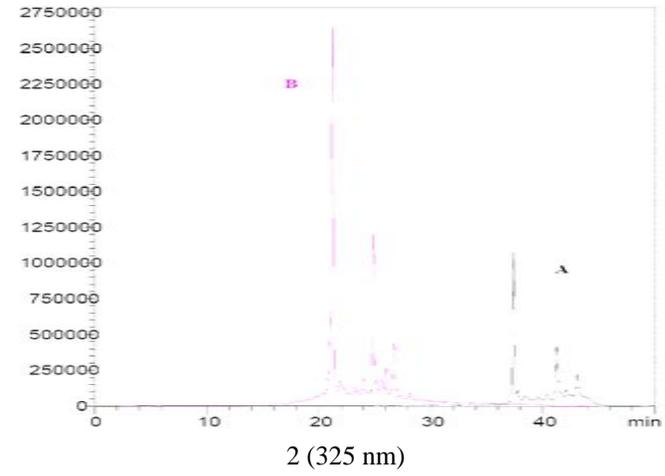
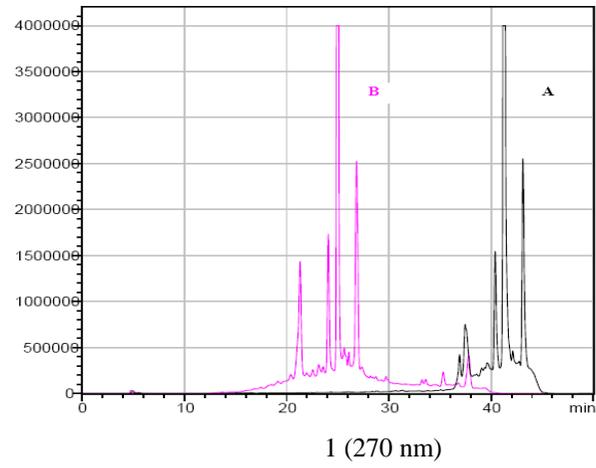
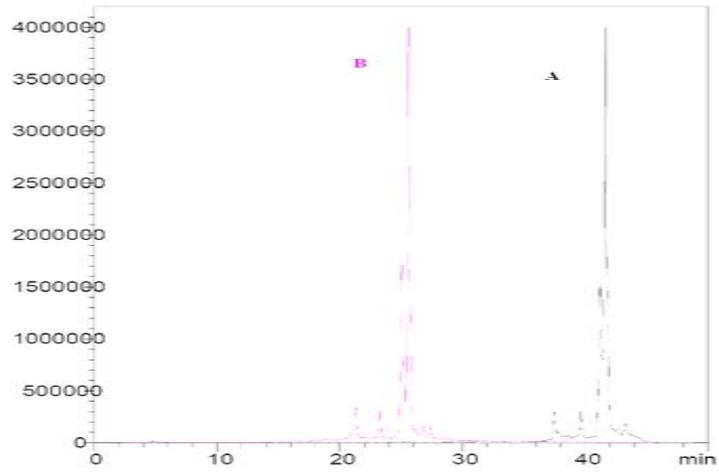
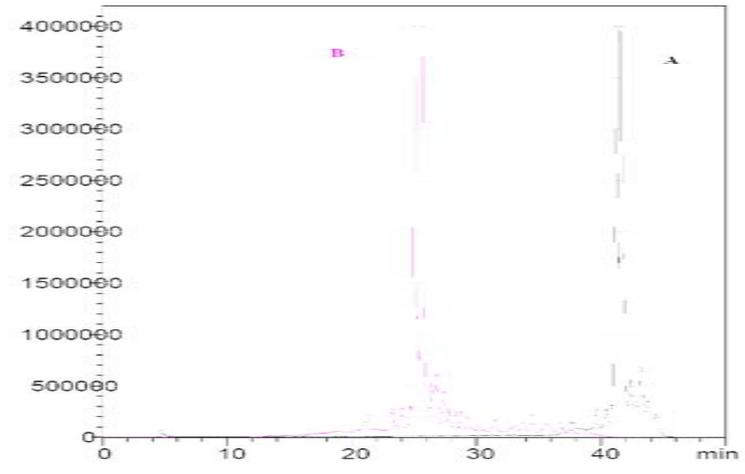


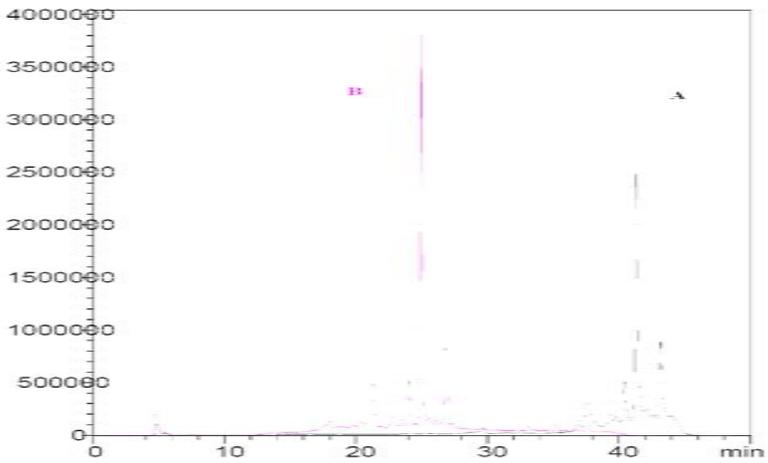
Figure a: Chromatogramme de *Z. xanthoxyloides* (1, 2) et *M. whitei* (3, 4)



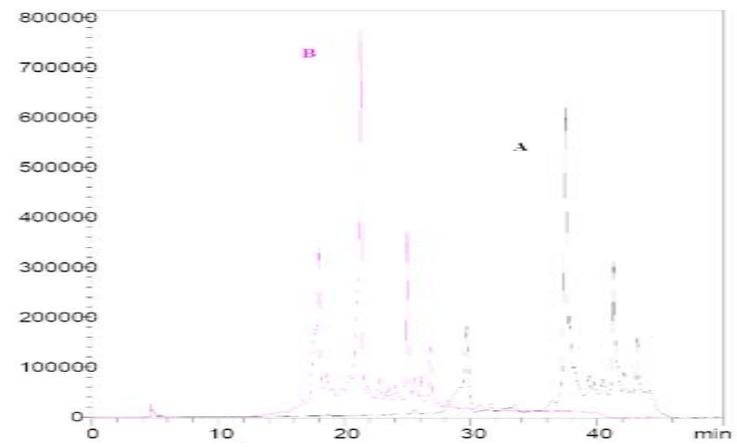
1 (270 nm)



2 (325 nm)

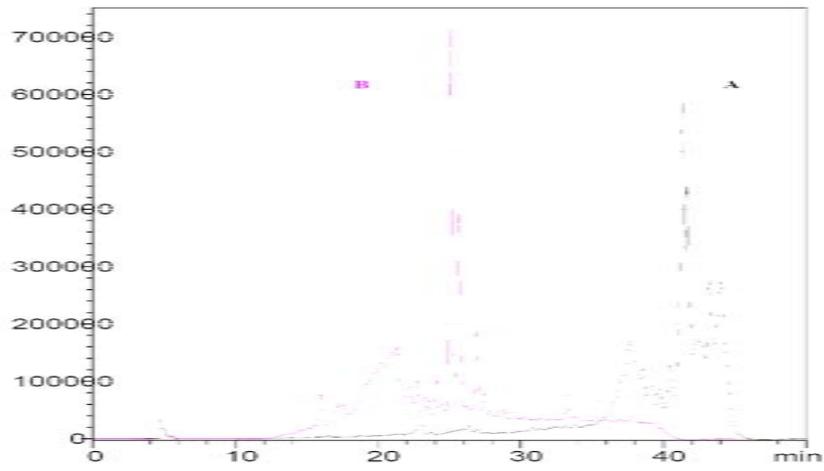


3 (270 nm)

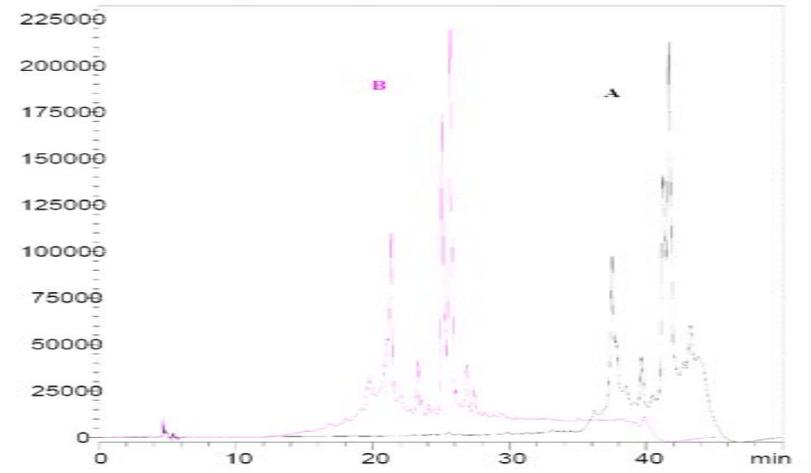


4 (325 nm)

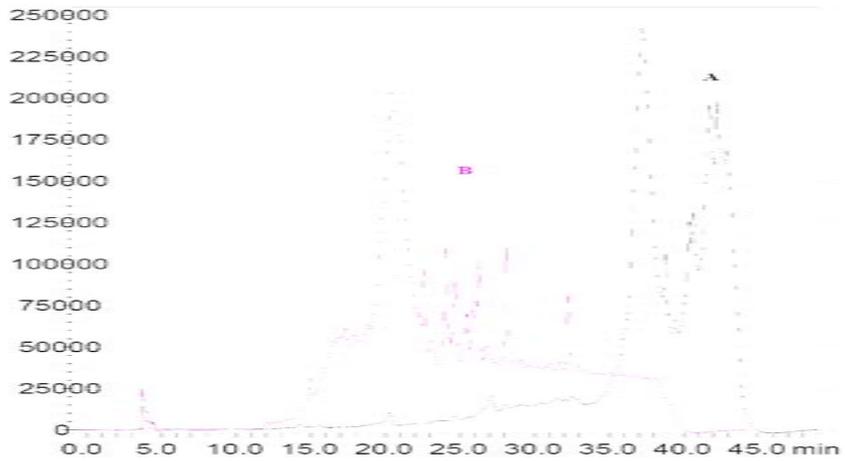
Figure b: Chromatogramme de *S. melongena* (1, 2) et *P. guineense* (3, 4)



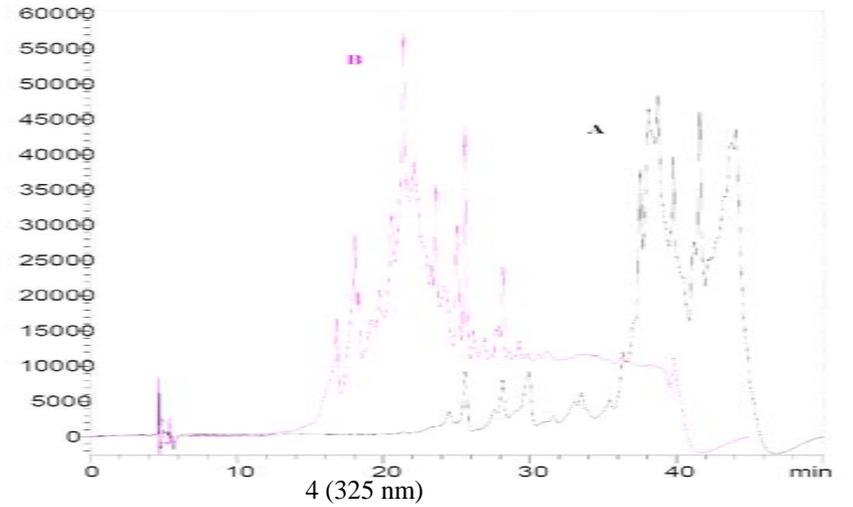
1 (270nm)



2 (325 nm)

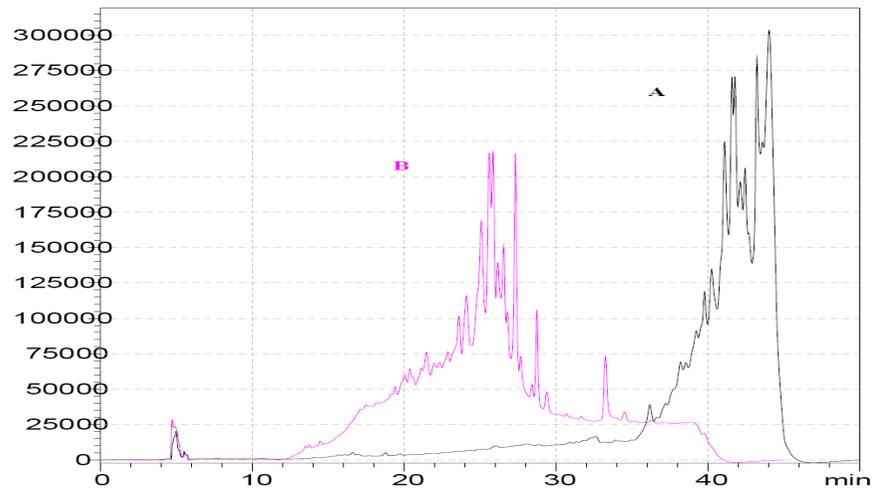


3 (270 nm)

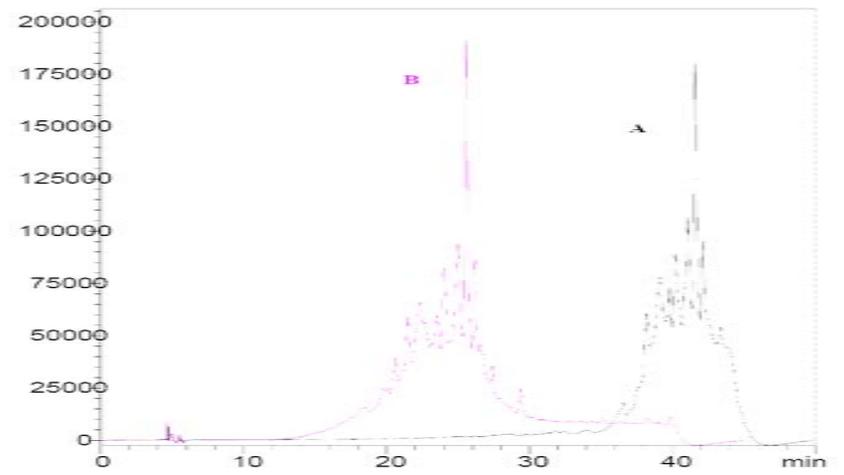


4 (325 nm)

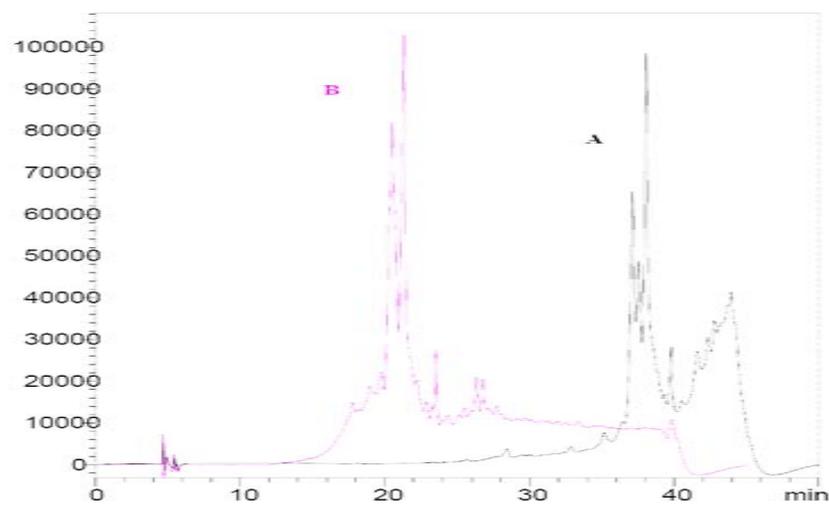
Figure c: Chromatogramme de *P. brazzeana* (1, 2) et *A. daniellii* (3, 4)



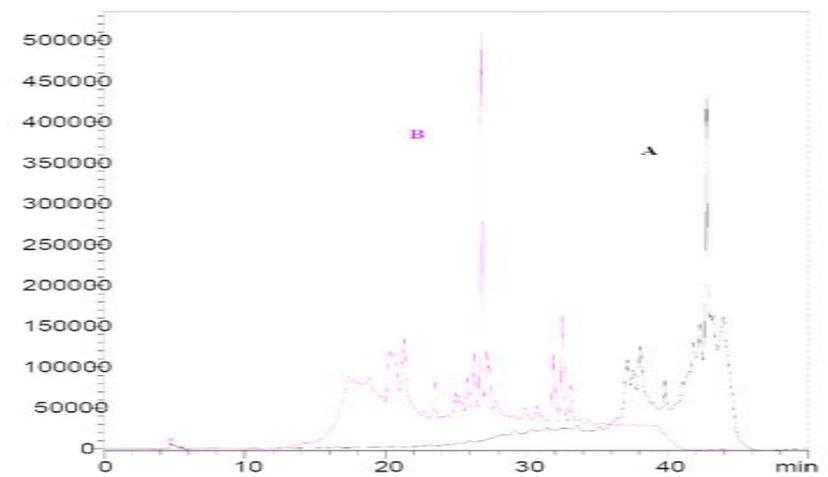
1 (270 nm)



2 (325 nm)

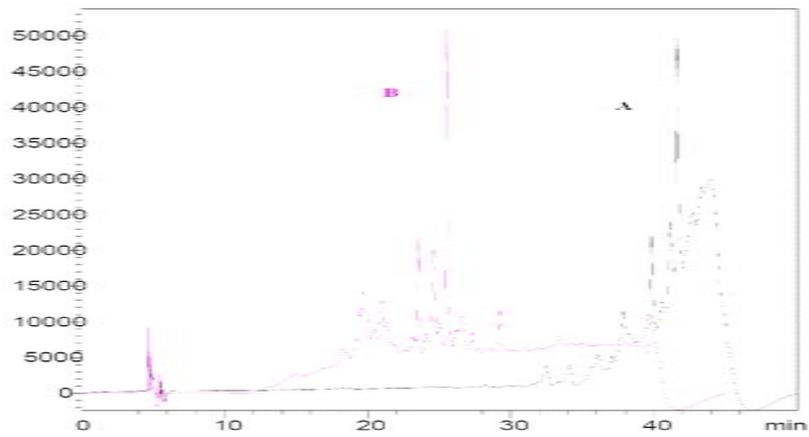


3 (270 nm)

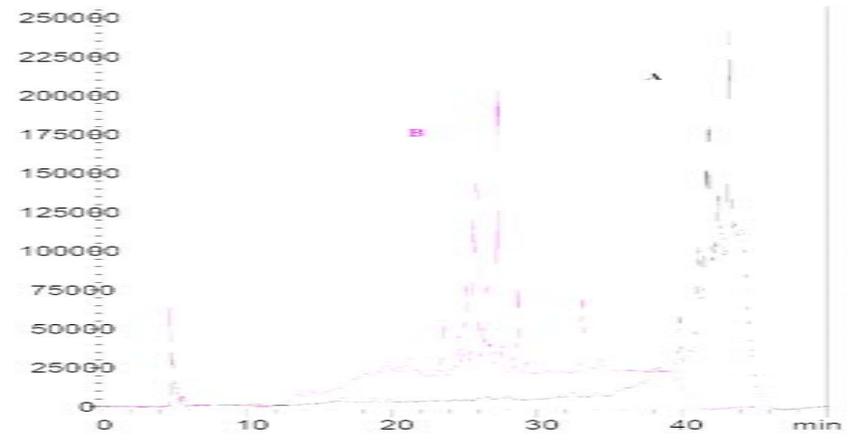


4 (325 nm)

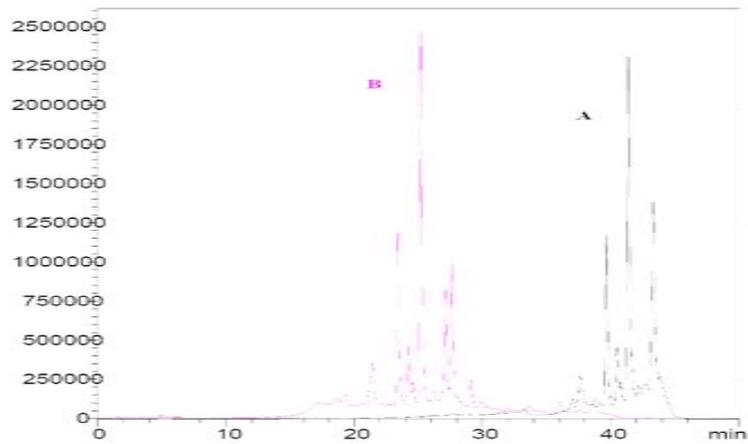
Figure d: Chromatogramme de *S. striatinux* (1, 2) et *X. aethiopica* (3, 4)



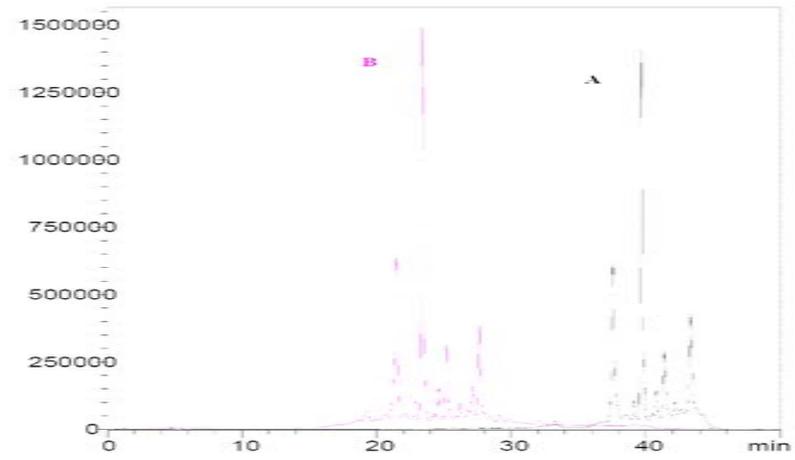
1 (270 nm)



2 (325 nm)

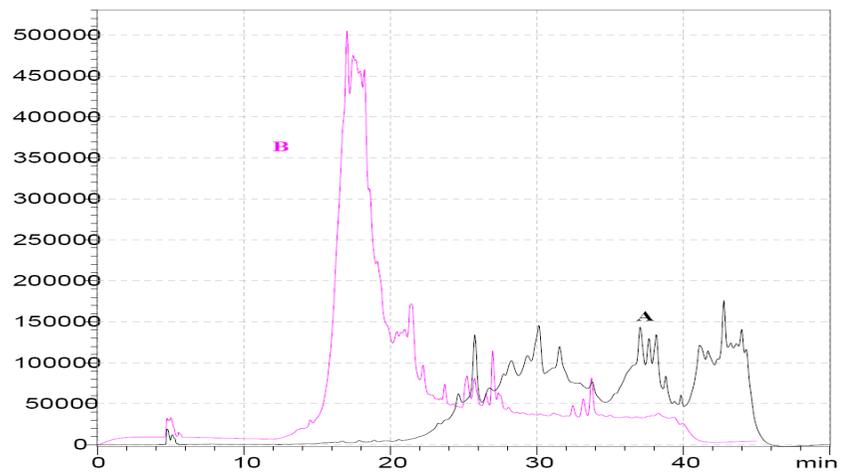


3 (270 nm)

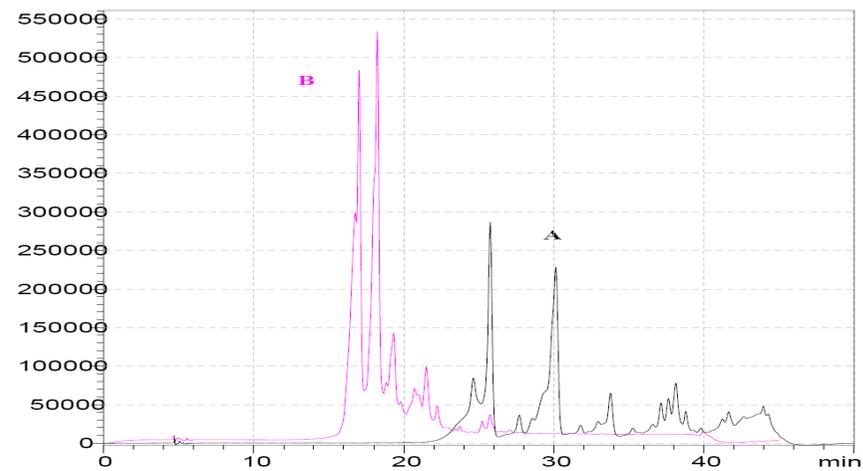


4 (325 nm)

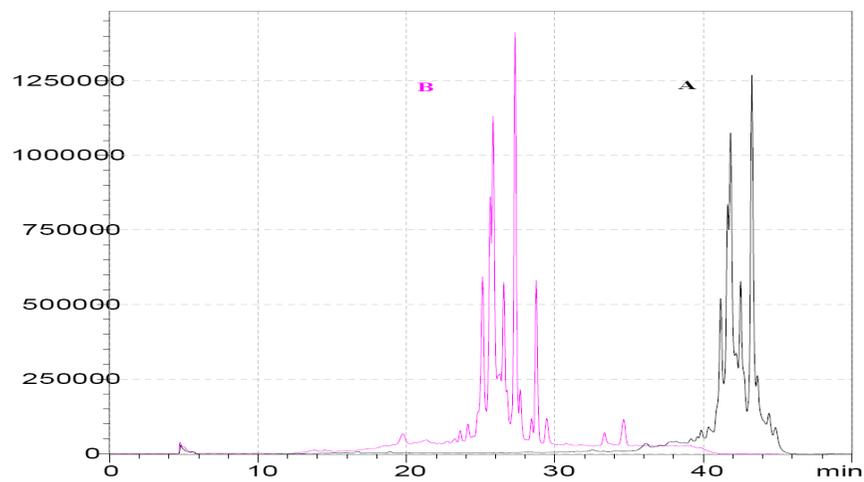
Figure e: Chromatogramme de *H. gabonii* « fruit » (1, 2) et *D. psilurus* (3, 4)



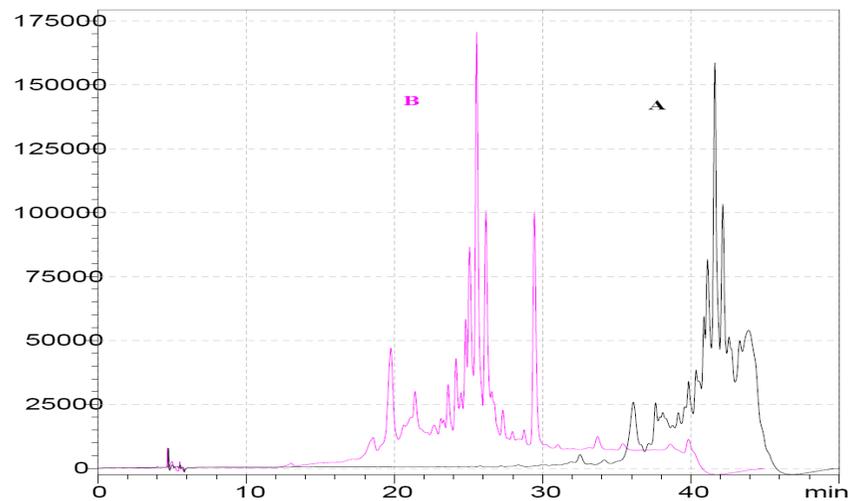
1 (270 nm)



2 (325 nm)

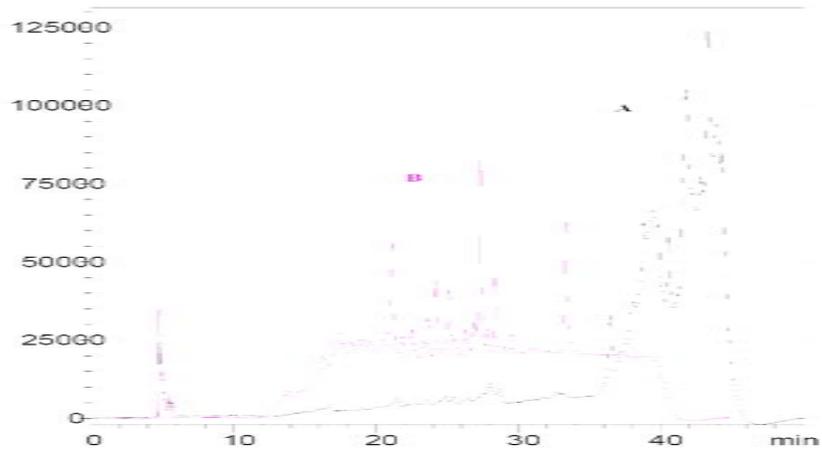


3 (270 nm)

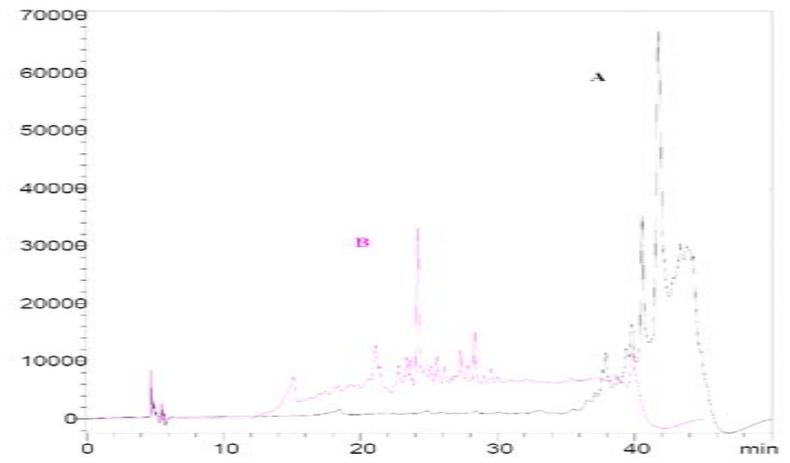


4 (325 nm)

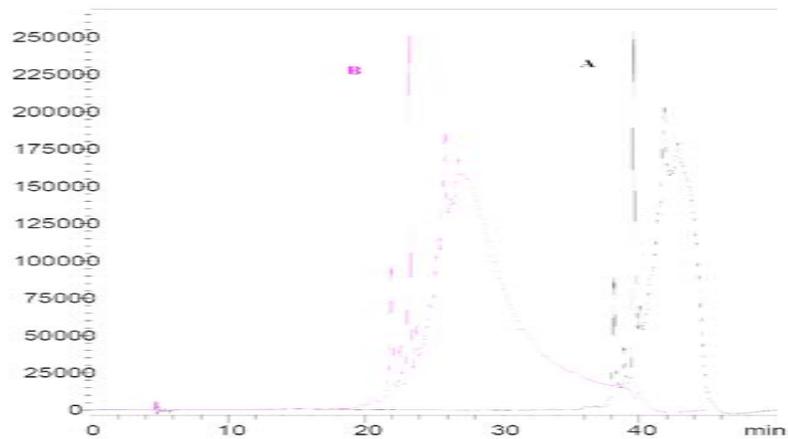
Figure f : Chromatogramme de *Z. leprieurii* (1, 2) et *P. umbellatum* (3, 4)



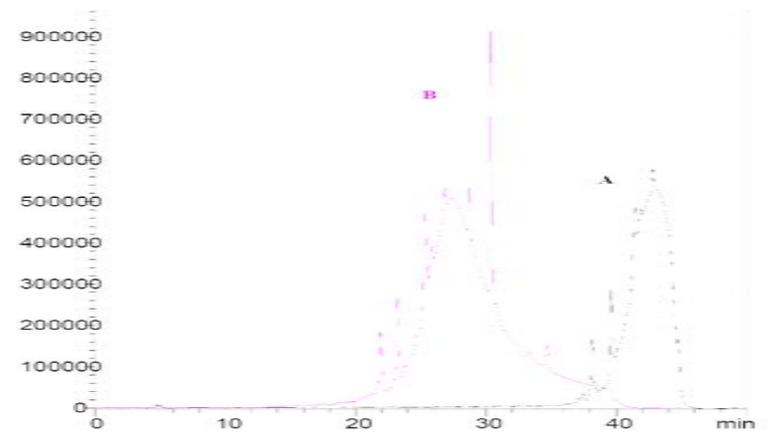
1 (270 nm)



2 (325 nm)

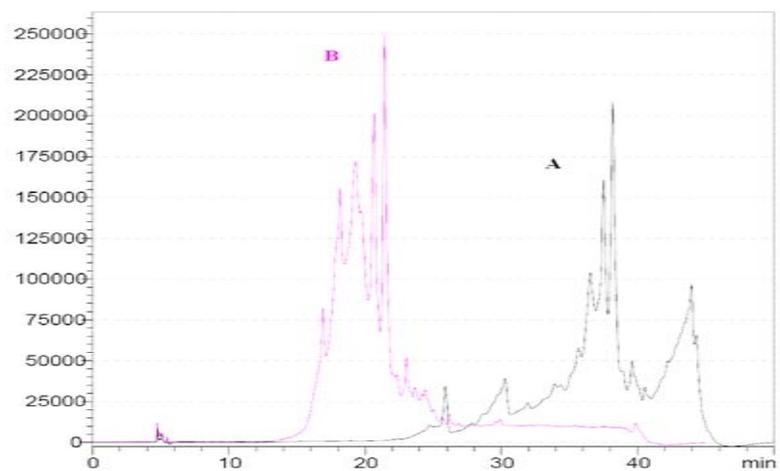


3 (270 nm)

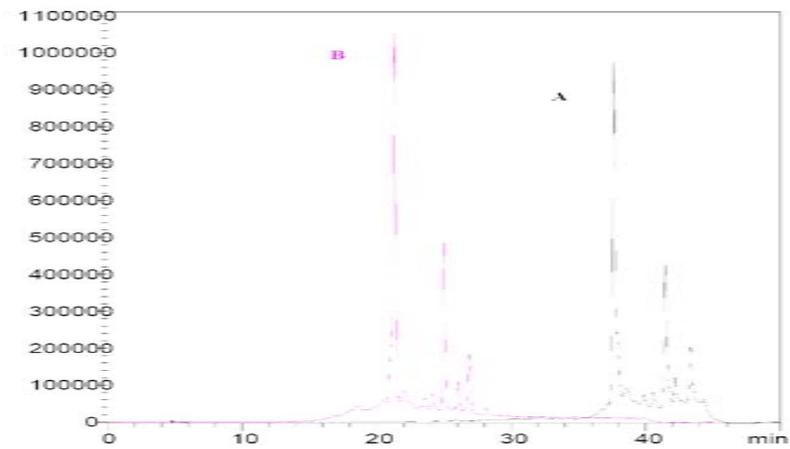


4 (325 nm)

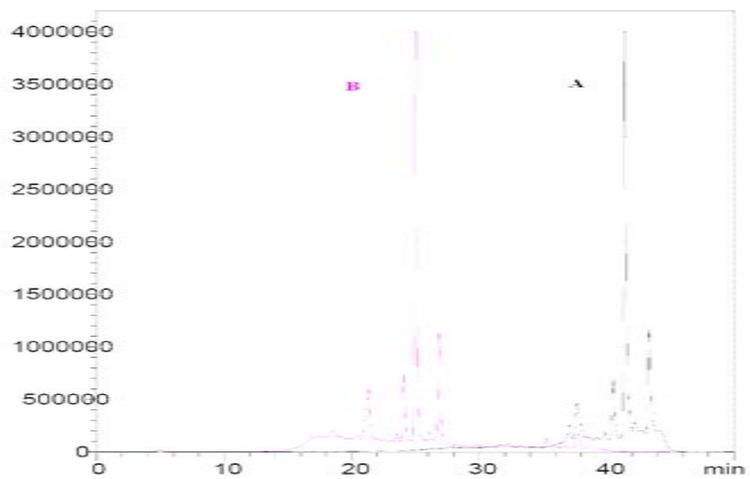
Figure g: Chromatogramme de *S. zenkeri* « fruit » (1, 2) et *M. myristica* (3, 4)



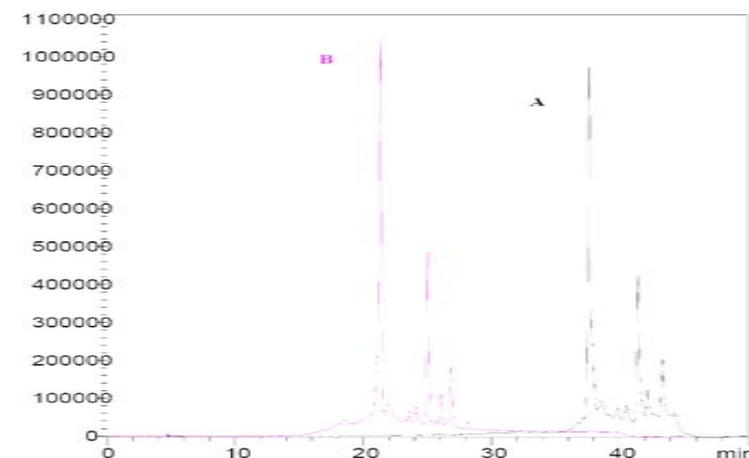
1 (270 nm)



2 (325 nm)

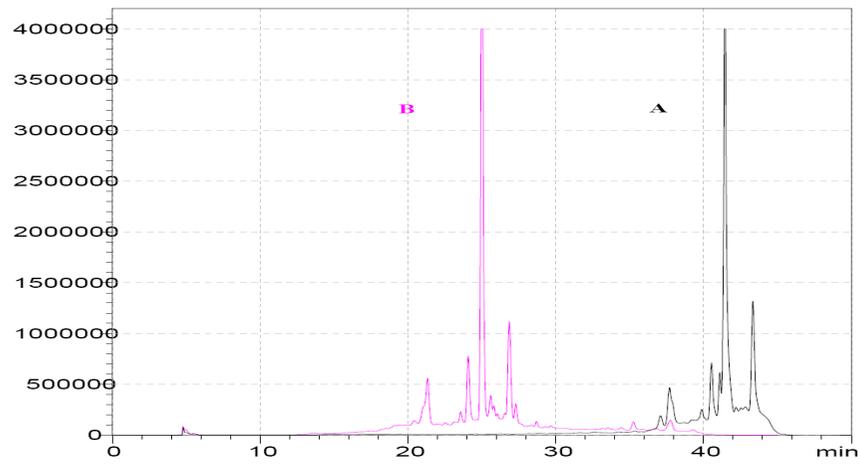


3 (270 nm)

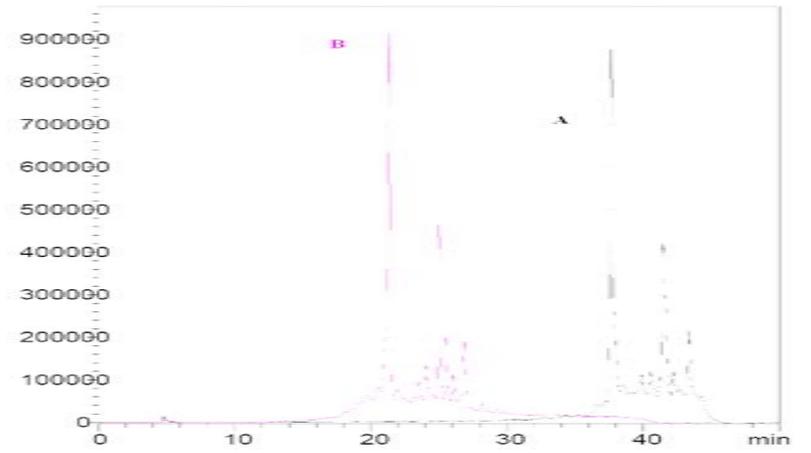


4 (325 nm)

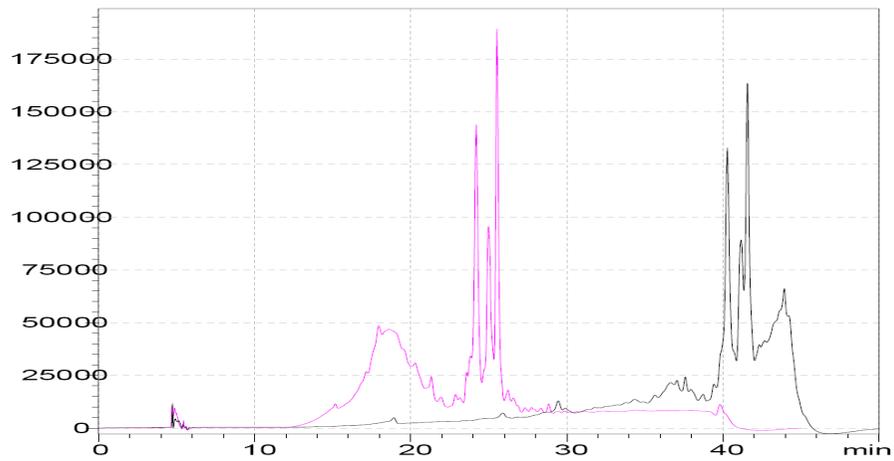
Figure h: Chromatogramme de *D. glomerata* (1, 2) et *S. zenkeri* « écorce » (3, 4)



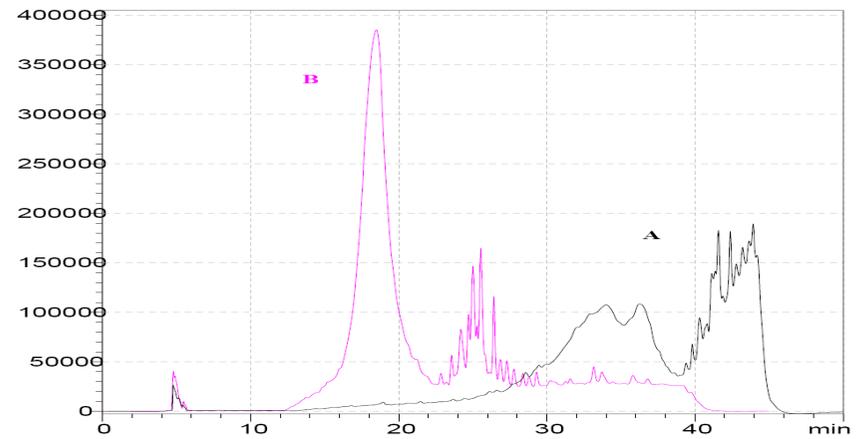
1 (270 nm)



2 (325 nm)



3 (270 nm)



4 (325 nm)

Figure i: Chromatogramme de *C. frutescens* (1, 2) et *T. tetraptera* (3, 4)

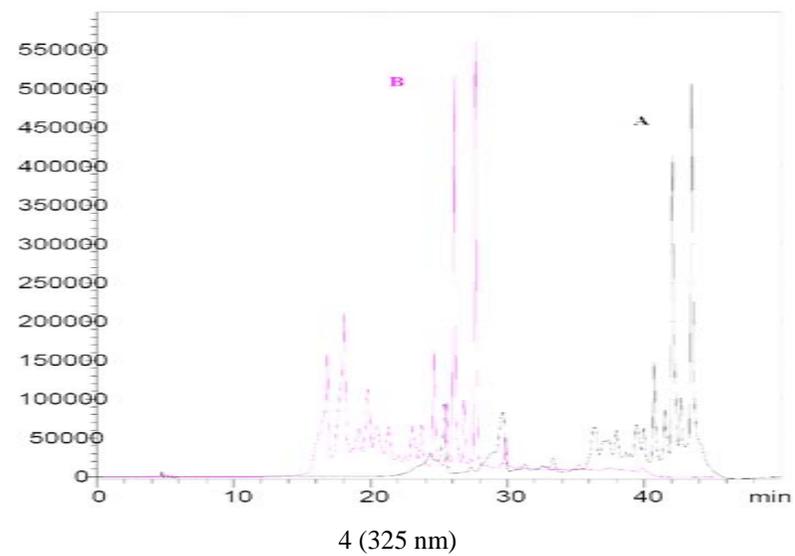
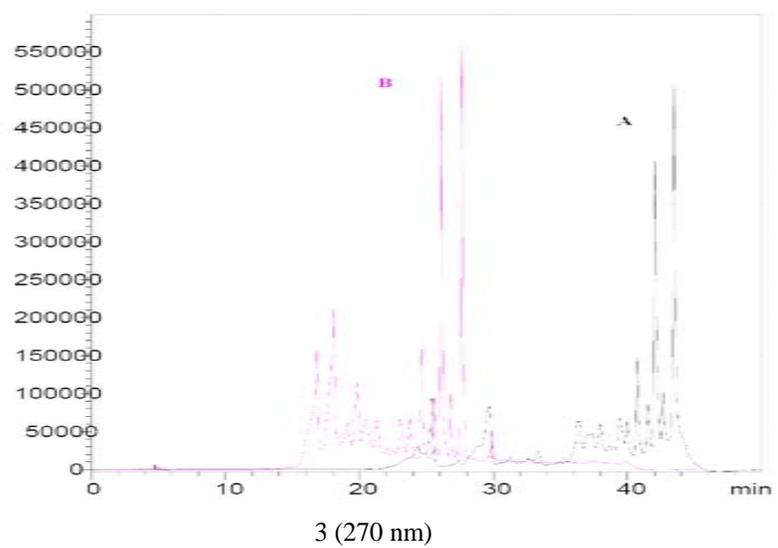
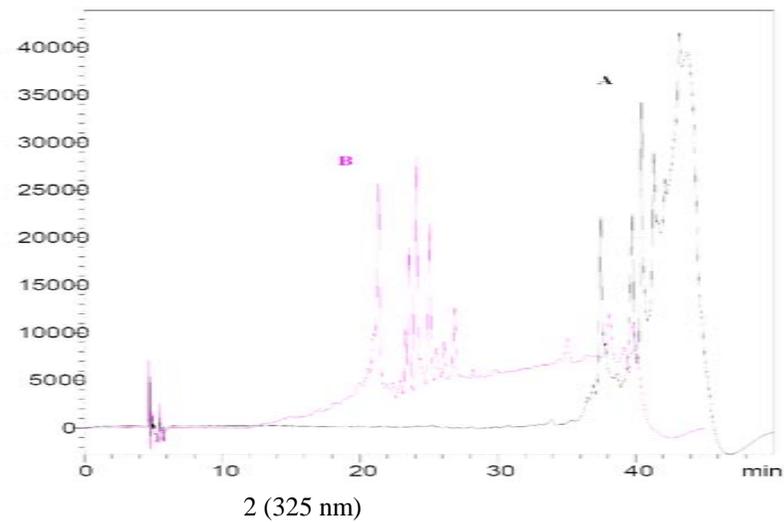
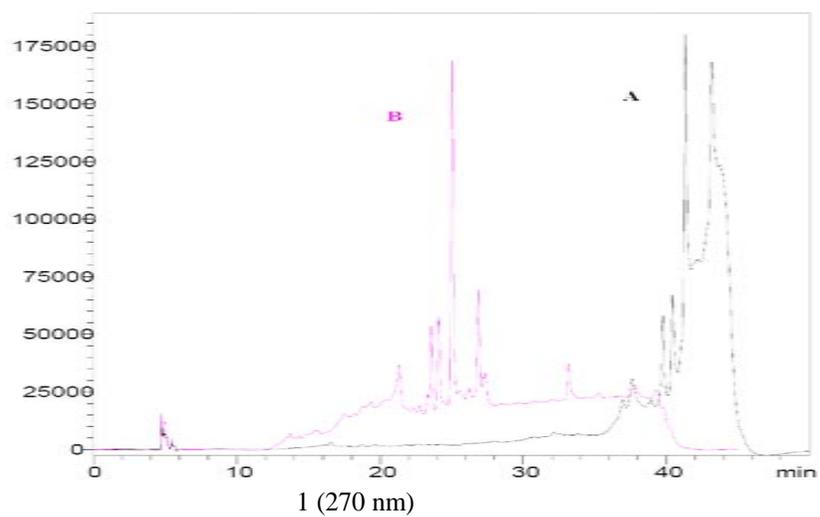


Figure j: Chromatogramme de *H. gabonii* « écorce » (1, 2) et *E. giganteus* (3, 4)

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :
Monsieur Didier MONTET, Ingénieur de Recherche, CIRAD, Montpellier
Monsieur Balaam FACHO, Professeur, Université de Ndjamena, Tchad

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur ABDOU BOUBA Armand

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE,
une thèse intitulée :

**"Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du
Cameroun"**

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « **Procédés biotechnologiques et alimentaires** »

Fait à Vandoeuvre, le 07 janvier 2009

Le Président de l'I.N.P.L.,

F. LAURENT



NANCY BRABOIS
2, AVENUE DE LA
FORET-DE-HAYE
BOITE POSTALE 3
F - 5 4 5 0 1
VANDŒUVRE CEDEX

ABSTRACT

Increasing evidences from current research point to the fact that certain disease conditions can be prevented through the consumption of antioxidant rich foods. The present work was carried out to evaluate the antioxidant potentials of twenty Cameroonian spices commonly used in some Cameroonian cuisine. The nutritional properties of spices (mineral composition, protein, amino acids, fats, lipids, phenolics compounds contents and their characterization), the *in vitro* antioxidant potential of their methanolic extracts as well as the *in vivo* antioxidant potential of the methanolic extracts of some selected samples were determined. The antioxidant activity brought about by N' N-diphenyl-N'-picrylhydrazyl (DPPH), «trolox antioxidant equivalent capacity» (TEAC) and the total reduction power (PRT) methods have revealed that *Z. leprieurii* and *D. glomerata* presented the highest activities. The extracts of the two spices were used to prepare a mixture whose effect was tested on male rats with induced inflammation. The results obtained indicate that the individual spices and their mixture at 100 mg/kg and 150 mg/kg present an important anti-inflammatory activity comparable to that of commercial anti-inflammatory like indomethacin, dexamethasone and celecoxib. The variation of malondialdehyde content (a lipidic oxidant marker) revealed the *in vivo* antioxidant action of extracts, thus demonstrating their potential for the development of functional foods with anti-stress effect.

Key words: spices, Antioxidant properties, biochemical composition, phenolic compounds, anti-inflammatory.

RESUME

La recrudescence des maladies dégénératives ces dernières décennies dans le monde a amené plusieurs chercheurs et médecins à médiatiser les antioxydants grâce à toutes les vertus qu'on leur prête: de la protection contre les maladies cardiovasculaires à la prévention de certains cancers. Le présent travail a été mené avec pour objectif principal d'évaluer le pouvoir antioxydant des épices entrant dans la préparation de la sauce en vue du développement d'un complément alimentaire nutraceutique. Pour ce faire, vingt épices largement consommées ont été choisies sur la base d'une enquête exploratoire menée dans les 10 régions du Cameroun. Les différentes épices réduites en poudres ont été analysées pour leurs teneurs en cendres et minéraux, en protéines et acides aminés, lipides et acides gras, profil phénolique, vitamine A, E et C. Le pouvoir antiradicalaire *in vitro* des extraits méthanoliques des différentes épices a été déterminé ainsi que le pouvoir anti-inflammatoire et antistress sur des rats adultes à stress induit. Les résultats obtenus ont montré des variations très significatives de la composition des épices. L'activité antioxydante utilisant la méthode au N' N-diphényl-N'-picrylhydrazyl (DPPH), au «trolox equivalent antioxidant capacity » (TEAC) et le pouvoir réducteur total (PRT) ont révélé que les épices *Z. leprieurii* et *D. glomerata* présentent les activités particulièrement élevées. Les extraits de ces deux épices ont servi de base à la préparation de mélange dont l'effet a été testé sur des rats mâles à inflammation induite. Les résultats obtenus ont montré que les épices individuelles et leur mélange à des doses de 100 mg/kg et 150 mg/kg présentent une activité anti-inflammatoire importante comparable aux anti-inflammatoires commerciaux indométhacine, dexaméthasone et célécoxib. La variation de la teneur en malonaldéhyde (marqueur de l'oxydation lipidique) a révélée l'action antioxydante *in vivo* des extraits, démontrant ainsi leur potentiel dans le développement de compléments alimentaires à effet antistress.

Mots clés : épices, composition biochimique, propriétés antioxydantes, propriétés anti-inflammation, phénols.