

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix– Travail – Patrie

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ÉCOLE NORMALE SUPERIEURE

DÉPARTEMENT DE CHIMIE

REPUBLIC OF CAMEROON
Peace– Work – Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE

DEPARTMENT OF CHEMISTRY



LABORATOIRE DE CHIMIE ORGANIQUE

ORGANIC CHEMISTRY LABORATORY

**ÉTUDE CHIMIQUE DE LA FRACTION AU
CHLORURE DE MÉTHYLÈNE DE L'EXTRAIT BRUT
AU MÉTHANOL DES FEUILLES DE *FICUS
ELASTICA* (MORACEAE)**

Mémoire présenté et soutenu en exigences des conditions requises pour l'obtention du
Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire 2^{ème} Grade (DIPES II)

Par:

OHANDJA NDIMA Robert

Matricule : 11Y193

Licencié es sciences

Sous la direction de :

KAPCHE W. F.G. Deccaux

Maitre de conférences

Année 2016

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

- A mon feu petit frère **PETIT N. Thaddée**

- Mon père **NDIMA K. Thaddée**

- Ma mère **MOUNDO Emilienne**

- Tous mes frères et sœurs : **MILAGA N. Elvis, KANSE N. Philomène, SOPPI N. Téclaire, MONGUE N. Samuel, BIKELLE N. Ignace, BIWONI N. Jean-Pierre**

- Mon neveu **MILAGA N. L. Gires** et mes nièces **BELLE N. E. Erika, MOUNDO E. Lydie**

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont facilité la réalisation de ce mémoire. Je pense notamment au :

Professeur KAPCHE W. F. G. D. qui m'a accueilli dans son laboratoire et qui, malgré ses multiples occupations m'a proposé ce travail et l'a suivi de bout en bout avec beaucoup d'intérêt et de patience. Sa disponibilité, sa rigueur et son goût pour le travail bien fait m'ont marqué d'une empreinte indélébile.

Professeur FON ABI C., Chef de Département de Chimie de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, pour son dévouement à la bonne marche de ce Département et pour tous les efforts qu'il fournit pour la formation académique des étudiants.

Tous les enseignants du Département de Chimie de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé, en particulier les Professeurs LAMBI N., LENTA N., KOUAM F., GOUET B. ; WAFO P., les Docteurs NGANSOP R., ABOUEM A., MBENE, MBOUOMBOUO I. et à Monsieur TAMNE pour les enseignements et la qualité de la formation reçue qui ont été une source lumineuse pour moi dans la réalisation de ce travail.

Mes aînés de laboratoire : Docteur ANGO Y. P. et Messieurs MELONG R., ABEGA F., NGANTEND D. pour le soutien et les conseils qu'ils ont mis à mon avantage dans la réalisation de ce travail.

Mes camarades de laboratoire : MFETIE M. Ledoux, YAKAM T. Brenda, TEGASNE Cathérine et MAKOU DJOU F. Doloresse pour les discussions constructives et les efforts que nous avons conjugués mutuellement pour l'avancé de nos travaux.

Tous mes camarades de promotion en particulier MBEGA A. Yannick, KAMOU N. Jeannette, BELLA B. A. Merveilles, ZOUA F. Alain, NGAYAM Casimir, MAMA E. Germain pour les moments passés ensemble.

Tous mes amis et particulièrement EKAGA B. Guy, MVOGO A. Eric, NKE O. Léon, MBAMA M. Flore, FOGUANG T. Ulrich, NDAMEDA M. Patrice pour le soutien et la disponibilité dont ils ont toujours fait preuve.

Tous les membres de ma famille et précisément mes frères et sœurs MILAGA N. Elvis, KANSE N. Philomène, SOPPI N. Téclaire, MONGUE N. Samuel, BIKELLE N. Ignace, BIWONI N. Jean-Pierre pour leur affection, leur soutien permanent et leurs encouragements tant moral que financier et académique.

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES.....	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES SCHEMAS.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
I. APERCU BOTANIQUE.....	3
I.1. La famille des <i>Moraceae</i>	3
I.2. Le genre <i>Ficus</i>	3
I.3. Répartition géographique du genre <i>Ficus</i> au Cameroun	4
I.4. Généralités sur <i>Ficus elastica</i>	8
I.4.1. Description botanique	8
I.4.2. Position systématique.....	8
I.4.3. Répartition géographique.....	9
I.5. Quelques usages des plantes du genre <i>Ficus</i>	9
I.5.1 Dans le domaine économique	10
I.5.2 Dans le domaine de l'alimentation et de la santé.....	10
I.5.3. Dans le domaine culturel et spirituel	11
I.5.4. Dans le domaine de la médecine traditionnelle	11
II. TRAVAUX CHIMIQUES ANTERIEURS SUR LE GENRE <i>FICUS</i>	12
II.1. Les alcaloïdes	12
II.2. Les flavonoïdes	14
II.3. Les stéroïdes	16
II.4. Les coumarines.....	18

II.5. Les α -tocophéroïdes	19
II.6. Les acides gras	20
II.7. Les terpénoïdes.....	21
III. ETUDE DES TRITERPENES PENTACYCLIQUES	25
III.1 Biosynthèse des triterpènes pentacycliques	27
III.2 Méthodes générales de détermination de structure des triterpènes pentacycliques ..	28
III.2.1 Spectroscopie infra rouge.....	28
III.2.2 Spectroscopie RMN ^1H	28
III.2.3 Spectroscopie de RMN ^{13}C	29
III.2.4 Spectrométrie de masse	32
IV. ACTIVITES BIOLOGIQUES DES EXTRAITS, DES COMPOSES ISOLEES DE QUELQUES <i>FICUS</i> ET DES TRITERPENES PENTACYCLIQUES.....	34
CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION	36
I. ETUDE STRUCTURALE DES COMPOSES ISOLEES	38
I.1 Elucidation de la structure du composé FEECF1	38
I.2 Elucidation de la structure du composé FEECF2	46
INTERET PEDAGOGIQUE.....	57
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	58
CHAPITRE III: PARTIE EXPERIMENTALE	59
I. APPAREILLAGE ET MATERIEL VEGETAL.....	59
I.1 Appareillage.....	59
I.2 Matériel végétal	59
II. EXTRACTION ET ISOLEMENT DES PRODUITS.....	60
III. CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES ET SPECTROSCOPIQUES DES COMPOSÉS ISOLÉS.....	61
IV. TESTS CARACTERISTIQUES	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	63

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

AE	Acétate d'éthyle
¹³C	Carbone 13
CC	Chromatographie sur colonne
CCM	Chromatographie sur couche mince
COSY	Correlation spectroscopy
<i>d</i>	Doublet
<i>dd</i>	Doublet dédoublé
EI	Electonic Impact
DEPT	Distortionless Enhancement by Polarization Transfer
<i>F.</i>	<i>Ficus</i>
Fig	Figure
J	Constante de couplage
¹H	Proton
Hz	Hertz
Hex	Hexane
HMBC	Heteronuclear Multiple Bond Correlation
HMQC	Heteronuclear Multiple Quantum Connectivity
IR	Infra Rouge
<i>m</i>	Multiplet
MHz	MégaHertz
ppm	Partie par million
RMN	Résonance Magnétique Nucléaire
<i>s</i>	singulet
SM	Spectrométrie de masse
<i>t</i>	Triplet
Tab	Tableau
δ	Echelle de déplacement chimique

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Feuilles (A), Tronc et racines aériennes de <i>Ficus elastica</i> (B).....	9
Figure 2 : Corrélations HMBC dans FEECF1	40
Figure 3 : Spectre de RMN ^1H (CDCl_3 , 300MHz) de FEECF1	42
Figure 4 : Spectre de RMN ^{13}C (CDCl_3 , 75MHz) de FEECF1	42
Figure 5: Spectre DEPT 135 (CDCl_3) de FEECF1	43
Figure 6: spectre HMQC de FEECF1	43
Figure 7: spectre HMBC de FEECF1 (A) et spectre HMBC élargi de FEECF1 (B, C, D)	45
Figure 8 : Corrélations COSY et HMBC dans FEECF2.....	47
Figure 9: Spectre de RMN ^1H (CDCl_3 , 300MHz) de FEECF2	49
Figure 10 : Spectre de RMN ^{13}C (CDCl_3 , 75MHz) de FEECF2	49
Figure 11 : Spectre de DEPT 135 de FEECF2.....	50
Figure 12 : Spectre HMQC de FEECF2 (A) et spectres HMQC élargis de FEECF2 (B, C)...	51
Figure 13 : Spectre COSY de FEECF2	52
Figure 14 : Spectre HMBC de FEECF2 (A) et spectre HMBC élargi (B) de FEECF2	53
Figure 15 : Spectre de masse de FEECF2	53

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Biosynthèse des différentes classes des terpènes.....	22
Schéma 2: Cyclisation du squalène.....	27
Schéma 3: Fragmentation RDA des Urs-12-ènes et Oléan-12-ènes	33
Schéma 4: Protocole d'extraction, de séparation et de purification des composés des feuilles de <i>Ficus elastica</i>	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Répartition de quelques espèces du genre <i>Ficus</i> au Cameroun.....	4
Tableau 2: Position systématique de <i>Ficus elastica</i>	9
Tableau 3: Structures de quelques alcaloïdes isolés du genre <i>Ficus</i>	13
Tableau 4: Structures de quelques flavonoïdes isolées du genre <i>Ficus</i>	14
Tableau 5: Structures de quelques stéroïdes isolés de <i>Ficus pumila</i>	17
Tableau 6: Structures de quelques coumarines isolées du genre <i>Ficus</i>	19
Tableau 7: Quelques tocophérols isolés de <i>F. microcarpa</i>	20
Tableau 8 : Acides gras isolés de <i>Ficus benghalensis</i>	20
Tableau 9 : Structures de quelques triterpénoides isolés du genre <i>Ficus</i>	23
Tableau 10 : Structure de quelques classes de triterpènes pentacycliques.....	25
Tableau 11 : Quelques dérivés des oléan-12-ènes.....	29
Tableau 12 : Quelques dérivés des urs-12-ènes.....	30
Tableau 13 : Quelques dérivés des lup-20(29)-ènes.....	30
Tableau 14 : Déplacements chimiques de RMN ¹³ C de quelques dérivés des triterpènes.....	31
Tableau 15 : Données de RMN ¹³ C (75MHz, CDCl ₃) de FEECF1 comparées à celle de α-amyrine décrit dans la littérature.....	41
Tableau 16 : Données de RMN ¹³ C (75MHz, CDCl ₃) de FEECF2 comparées à celles de la littérature.....	48
Tableau 17: Le chromatogramme d'extraction des composés.....	60

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude chimique de la fraction au chlorure de méthylène de l'extrait brut au méthanol des feuilles de *Ficus elastica*, une plante de la famille des *Moraceae* qu'on retrouve au Cameroun. La purification de cette fraction a conduit au moyen des techniques chromatographiques usuelles (CC, CCM), à l'isolement de cinq composés.

L'élucidation des structures de deux de ces composés s'est faite à l'aide des techniques spectroscopiques usuelles (RMN ^1H , RMN ^{13}C , COSY, DEPT 135, HMBC, HMQC et SM) et par comparaison des données avec celles déjà publiées dans la littérature. Ces composés ont été identifiés à l'acétate de α -amyrine et au 3β -acetylursa-9(11),12-diényl- 1β -ol (conraudienol). Ils appartiennent tous les deux à la classe des triterpènes pentacycliques.

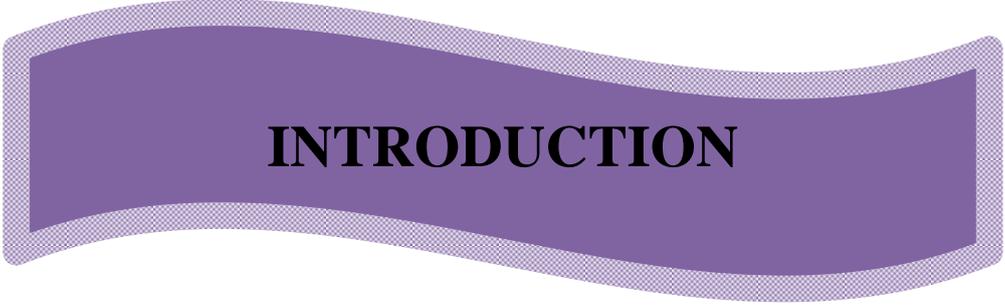
Mots clés : étude chimique, extrait au chlorure de méthylène, *Ficus elastica*, *Moraceae*, feuilles.

ABSTRACT

This work is based on the chemical studies of methylene chloride (CH₂Cl₂) fraction of the methanolic acid extract of the leaves of *Ficus elastica*, a plant of the *Moraceae* family which is found in Cameroon. By the means of usual chromatographic techniques (TLC, CC) five compounds were isolated from this fraction

The structural elucidation of two of these compounds was carried out with the help of mostly used spectroscopy techniques (¹H NMR, ¹³C NMR, COSY, DEPT 135, HMBC, HMQC and MS) and comparison of the data with those already published in texts. These compounds were identified as α -amyrine acetate and 3 β -acetylursa-9(11),12-di \acute{e} n-1 β -ol (conraudienol). Both compounds belong to the group of pentacyclic triterpenoids.

Key words: chemical studies, methylene chloride extracted, *Ficus elastica*, *Moraceae*, leaves.



INTRODUCTION



INTRODUCTION

Jusqu'au début du 20^{ème} siècle, la principale cause de mortalité humaine était les infections par des micro-organismes tels que les bactéries, les champignons, les parasites ou les virus (OMS 2010a). Dans les pays émergents, les maladies infectueuses à l'instar de la fièvre typhoïde, la syphilis, la méningite, la tuberculose, les mycoses, les infections gastro-intestinales etc...., continuent de faire des victimes en grand nombre (Flahaut et Zylberman 2008).

Actuellement, on constate qu'en dépit de nombreuses solutions proposées par les laboratoires pharmaceutiques, le traitement des infections ne cesse de poser de nouveaux problèmes, du fait de l'augmentation du nombre de souches de bactéries résistantes à la plupart des antibiotiques. A coté de ces maladies infectueuses, il existe des maladies dites dégénératives telles que le cancer du foie, la cirrhose du foie, les hépatites qui constituent un problème majeur de santé publique. Les résultats des multiples thérapies susceptibles de réduire de manière importante l'incidence des maladies ci-dessus citées sont loin d'être satisfaisants en raison de la chimiorésistance, des effets secondaires dus aux médicaments, de la toxicité de certains médicaments d'une part et du diagnostic tardif d'autre part. Lorsque les patients des pays développés ont des infections qui se révèlent résistantes à un médicament, il existe souvent des solutions de remplacement nécessitant beaucoup de moyens financiers ; ce n'est pas le cas en Afrique où les populations sont pauvres, avec pour seule alternative la médecine traditionnelle à base de plantes. Ce constat implique que le règne végétal est susceptible de fournir un grand nombre de molécules douées de propriétés pharmacologiques. C'est dans cette optique que le département de Chimie de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé a mis sur pieds des axes de recherche dont l'un est orienté vers la valorisation des plantes médicinales du Cameroun. Cette recherche concerne l'extraction, l'isolement et la caractérisation des métabolites secondaires de ces plantes. Les produits isolés, ainsi que leurs extraits sont soumis aux différents tests pharmacologiques afin de déterminer leur degré de toxicité et leur activité physiologique en vue de leurs intégrations dans les programmes de santé.

Notre équipe de recherche s'intéresse depuis de nombreuses années à l'étude des plantes appartenant particulièrement à la famille des *Moraceae*. Ainsi, dans le cadre de notre initiation à la recherche, et en accomplissement partiel en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire Deuxième Grade, nous avons entrepris l'étude

chimique de la fraction au chlorure de méthylène de l'extrait brut au méthanol des feuilles de *Ficus elastica*, une plante de cette famille des *Moraceae*. Le choix de cette plante réside dans le fait qu'elle a été jusqu'alors très peu étudié. L'objectif général de ce travail est d'enrichir la chimiothèque des *Ficus*. Les objectifs spécifiques sont alors d'extraire, d'isoler et de caractériser les constituants des feuilles de cette plante.

Après une revue de la littérature sur la famille des *Moraceae*, sur le genre *Ficus* et sur l'espèce *Ficus elastica*, nous allons tour à tour présenter et discuter les résultats obtenus, les méthodes expérimentales utilisées ainsi que la bibliographie consultée.



**CHAPITRE I : REVUE DE LA
LITTERATURE**

I. APERCU BOTANIQUE

I.1. La famille des *Moraceae*

Etymologiquement, le mot *Moraceae* vient du latin *Morus* (murier en français) (Berhaut 1979, Dutta 1981). Les *Moraceae* constituent une famille de plantes appartenant à l'embranchement des phanérogames, au sous-embranchement des angiospermes, à la classe des cotylédones, à la sous-classe des monochlamidées et à l'ordre des urticales (Berhaut 1979). La famille des *Moraceae* est constituée d'arbres, d'arbustes ou d'herbes, le plus souvent avec ou sans latex (Berhaut 1979). Les feuilles disposées en spirales, sont à nervation pennée, palmée ou radiale et stipulée (Berg et al. 1985, Bouquet et Debray 1974). Elles sont alternes, rarement opposées, simples et parfois lobées (Berhaut 1979). Les plantules sont caractérisées en général par des feuilles primaires simples, opposées ou sub-opposées à limbe denté. Les unisexuées sont dioïques ou monoïques, disposées en cime mais rapprochées en épis, en capsule ou en disques. Les fruits sont déhiscents; les graines ont des cotylédons égaux ou inégaux (Berg et al. 1985).

La famille des *Moraceae* renferme près de 60 genres renfermant plus de 1400 espèces en majorité intertropicales. Elles sont représentées au Cameroun par 13 genres et 99 espèces (Berg et al. 1985).

Parmi les genres rencontrés au Cameroun, on peut citer entre autre : *Artocarpus*, *Cecropia*, *Trilepisium*, *Scychoyseyce*, *Antiaris*, *Treculia*, *Sloetiopsis*, *Milicia*, *Myriantus*, *Dorstenia*, *Musanga* et *Ficus* qui fait l'objet de notre étude (Satabie 1985, Nomura et al. 1994).

I.2. Le genre *Ficus*

Ficus est en latin le nom du figuier, l'arbre cultivé dans le bassin méditerranéen pour ses fruits (figues) comestibles (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »). Le genre *Ficus* forme un groupe de plantes constituées d'arbres, d'arbustes ou de semi-épiphytes parfois lianescents ou à racines lianescentes (Berg et al. 1985). Les feuilles sont simples, alternes et pétiolées. Les inflorescences sont constituées par un réceptacle bisexué, généralement charnu, délimitant une cavité centrale ouverte seulement au sommet et fermé par les bractées diversement disposées. Les fleurs mâles sont généralement peu nombreuses. Les fleurs femelles sont souvent nombreuses et pédicellées (Berg et al. 1985).

Les *Ficus* constituent un ensemble d'espèces dont les caractères morphologiques varient énormément : il existe des grands arbres comme *Ficus racemosa* qui peut atteindre 40 mètres et des *Ficus* buissonnants comme *Ficus menobeensis*. La variabilité morphologique des *Ficus* est impressionnante. Les bourgeons terminaux sont entourés par des paires de stipules, les feuilles suppléantes monomorphes ou dimorphes. Les fruits sont en fait des faux fruits ou fruits multiples dans lesquels les fleurs et les graines grandissent ensemble pour former une seule masse. L'ovaire monocarpique (qui ne contient qu'une seule graine) produit un akène qui est incorporé dans le réceptacle. Le figuier possède des particularités botaniques étonnantes : Certaines espèces ont des arbres mâles et femelles, d'autres sont des arbres hermaphrodites. Chez les espèces de *Ficus* où les plantes mâles et femelles sont distinctes (diécie), la pollinisation et la fécondation des fleurs femelles sont assurées par une minuscule guêpe. Ces deux espèces, le figuier et le pollinisateur, sont totalement dépendantes l'une de l'autre pour se reproduire. On peut parler de mutualisme entre ces deux espèces. Il s'agit d'un cas de coévolution étonnante et clairement établie (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

I.3. Répartition géographique du genre *Ficus* au Cameroun

Les plantes du genre *Ficus* sont principalement des plantes tropicales, dont on connaît plus de 1000 espèces avec environ 181 en Afrique et environ 60 au Cameroun, qui ont toutes en commun la capacité de produire des inflorescences particulières appelées sycones ou figes. Le tableau 1 présente la répartition géographique de quelques espèces du genre *Ficus* au Cameroun.

Tableau 1: Répartition de quelques espèces du genre *Ficus* au Cameroun (Aubreville 1954).

	Espèces	Auteurs	Aspects	Répartition géographique
1	<i>F. abutilifolia</i>	Miquel	Arbre	Maroua, Mokolo, Kaélé
2	<i>F. abscondita</i>	C.C. Berg	Arbre	Ndikiniméki, Nkongsamba, Loum
3	<i>F. asperifolia</i>	Miquel	Arbuste	Logone, Chari, Bénoué, Djerem, Sanaga
4	<i>F. artocarpoides</i>	Warburg	Arbustes épiphytes	Mont Cameroun, Limbé, Yakadouma
5	<i>F. adolfi-friderici</i>	Mildbread	Arbuste épiphyte	Kumba, Ndikiniméki
6	<i>F. barteri</i>	Sprague	Arbres épiphyte ou terrestre	Kribi, Ebolowa, Mouloundou

7	<i>F. benjamina</i>	Linn	Arbre	Yaoundé, Bertoua
8	<i>F. bubu</i>	Warburg	Arbuste épiphyte	Yokadouma, Mouloundou
9	<i>F. burretiana</i>	Mildbread & hutchinson	Arbuste épiphyte	Yokadouma, Yaoundé
10	<i>F. camptoneura</i>	Mildbread	Arbuste epiphyte	Ebolowa, Buéa, Ambam, Kumba
11	<i>F. capreaefolia</i>	Delile	Arbuste	Logone, Chari, Bénoué, Djerem, Sanaga
12	<i>F. chlamydocarpa</i>	Mildbread & burret	Arbuste, épiphyte	Dschang, Mont Bamboutos, Bafang
13	<i>F. conraui</i>	Warburg	Arbuste, épiphyte	Fontem, Yaoundé, Bertoua, Bengbis
14	<i>F. cordata</i>	Thumberg	Arbre	Mokolo, Garoua
15	<i>F. craterostoma</i>	Mildbread & burret	Arbres épiphyte	Ambam, Bertoua, Yaoundé
16	<i>F. cyathistipula</i>	Warburg	Arbuste epiphyte	Bertoua, Limbé, Yaoundé, Lomié
17	<i>F. dicranostyla</i>	Mildbread	Arbre ou arbuste	Mokolo, Maroua, Mora
18	<i>F. drypondtiana</i>	Gentil	Arbuste epiphyte	Yaoundé, Yokadouma, Limbé
19	<i>F. densestipulata</i>	De wildeman	Arbres epiphyte ou terrestre	Ebolowa
20	<i>F. elastica</i>		Arbre	Yaoundé
21	<i>F. elasticoides</i>	De wildeman	Arbustes epiphyte	Yokadouma, Yaoundé
22	<i>F. exasperata</i>	Vahl	Arbre ou arbuste	Bertoua, Batouri, Yaoundé, Douala, Doumé
23	<i>F. glumosa</i>	Delile	Arbre ou arbuste	Mokolo, Doumé, Bankim
24	<i>F. gnaphalocapa</i>	Miquel	Arbre	Ngaoundéré, Meiganga, Banyo, Foubot, Maroua, Garoua
25	<i>F. ingens</i>	Miquel	Arbre	Ngaoundéré, Meiganga, Garoua, Mokolo
26	<i>F. jansii</i>	Boutique	Arbre	Bangwa, Bayangam
27	<i>F. kamerounensis</i>	Mildbread & burret	Arbuste ou arbre epiphyte	Yaoundé, Kumba, Bipindi

28	<i>F. kimuenzensis</i>	Warburg	Arbustes épiphytes	Kribi, Bipindi
29	<i>F. leonensis</i>	hutchinson	Arbustes épiphytes terrestre ou	Kribi
30	<i>F. linga</i>	Warburg	Arbustes épiphytes	Bertoua, Makak, Yokadouma
31	<i>F. louisii</i>	Lebrun	Arbustes épiphytes	Ebolowa, Kribi
32	<i>F. lutea</i>	Vahl	Arbustes épiphytes terrestre ou	Kribi, Ngaoundéré, Bangwa, Limbé, Buea, Douala, Tibati, Bayangam
33	<i>F. lyrata</i>	Warburg	Arbustes épiphytes	Kumba, Limbé
34	<i>F. macrosperma</i>	Mildbread & Burret	Arbustes épiphytes	Dschang, Mont Bamboutos, Bafang
35	<i>F. mallotoides</i>	Mildbread & Hutchinson	Arbustes épiphytes	Yaoundé, Nanga-eboko, Yokadouma
36	<i>F. mucoso</i>	Ficalho	Arbre	Bamenda, Limbé, Yaoundé, Mélong
37	<i>F. natalensis</i>	Hochsteller	Arbres	Ngaoundéré, Mbalmayo, Yaoundé, Sangmelima
38	<i>F. oreodryadum</i>	Mildbread	Petits arbres ou Arbustes épiphytes	Mont Cameroun, Foumban
39	<i>F. oresbia</i>	Linn	Arbres	Yaoundé, Bertoua
40	<i>F. ottoniifolia</i>	Miquel	Arbustes&epiph yte	Bamenda, Bafang, Foumban, Yokadouma
41	<i>F. ovata</i>	Vahl	Arbustes épiphytes	Mont cameroun, Bayangam, Dschang, Melong, Meiganga, Bafoussam
42	<i>F. platyphylla</i>	Delile	Arbre	Kousseri, Garoua, Mokolo
43	<i>F. polita</i>	Vahl	Arbustes épiphytes	Mokolo, Garoua, Kumba, Maroua
44	<i>F. populifolia</i>	Vahl	Arbre	Mokolo, Maroua
45	<i>F. preussii</i>	Warburg	Arbustes épiphytes	Melong, Kumba, Abong Mbang
46	<i>F. pringsheimiana</i>	Braun & K	Arbustes	Kribi, Limbé, Foumban

		Schumann	épiphytes	
47	<i>F. pseudomargifera</i>	Hutchinson	Arbres epiphytes ou terrestre	Sangmélina, Batouri, Ayos
48	<i>F. recurvata</i>	De Wildeman	Arbre	Limbé, Yokadouma
49	<i>F. sagittifolia</i>	Mildbread & Burret	Arbres épiphytes	Nkomo
50	<i>F. saussureana</i>	A.P.de Candolle	Petits arbres ou Arbustes épiphytes	Yokadouma, Ebolowa, Foumban, Banyo
51	<i>F. subcostata</i>	De Wildemann	Petits arbres ou Arbustes épiphytes	Mindourou, Batouri
52	<i>F. subsagittifolia</i>	Mildbread	Arbustes épiphytes	Kribi, Yaoundé
53	<i>F. sur</i>	Forsskal	Arbre	Éséka, Edéa, Yaoundé, Dschang, Yoko
54	<i>F. thonningii</i>	Blume	Arbustes ou arbres épiphytes	Buéa, Bagangté, Bayangam, Maroua
55	<i>F. trichopoda</i>	Baker	Arbre	Garoua, Banyo, Bamenda
56	<i>F. umbullata</i>	Vahl	Petits arbres ou Arbustes epiphytes	Yokadouma, Maroua
57	<i>F. vallis-choudae</i>	Delile	Arbre	Lac Baleng, Bagangté, Batouri, Mokolo
58	<i>F. variifolia</i>	Warburg	Arbre	Yakadouma, Bipindi
59	<i>F. verruculosa</i>	Warburg	Arbuste	Bamenda, Bagangté, Loum, Babadjo, Foumban
60	<i>F. vogeliana</i>	Miquel	Arbre	Kribi, Bafoussam, Limbé, Kumba
61	<i>F. wildemaniana</i>	Warburg	Arbustes ou arbres épiphytes	Yaoundé, Djoum

I.4. Généralités sur le *Ficus elastica*

I.4.1. Description botanique

Le caoutchouc (nom couramment utilisé pour désigner l'espèce *F. elastica*) est un grand arbre du groupe des figuiers banyan, à croissance rapide, pouvant atteindre 30 à 40 mètres de haut (plus rarement 60 mètres) dans son habitat naturel des jungles d'Asie tropicale mais dépassant rarement 12 m ailleurs. Il a un tronc solide et irrégulier, jusqu'à 2 mètres de diamètre, qui émet de nombreuses racines aériennes qui vont s'ancrer dans le sol, lui servant de contreforts et contribuant ainsi à supporter le poids de ses lourdes branches.

Les grandes feuilles alternes, ovales, lustrées, coriaces et à marge entière mesurent de 10 à 35 cm de long par 5 à 15 cm de large. La taille des feuilles est plus grande chez les jeunes plantes (jusqu'à 45 cm de long) mais beaucoup plus petite chez les arbres âgés (en moyenne 10 cm de long). Les feuilles se développent à l'intérieur d'un fourreau au méristème apical, qui grossit au fur et à mesure que la nouvelle feuille croît. Quand elle atteint son complet développement, elle se déploie et le fourreau tombe. À l'intérieur de la nouvelle feuille, une autre feuille immature est en attente de développement.

Comme c'est le cas chez d'autres espèces du genre *Ficus*, la pollinisation des fleurs nécessite une espèce particulière de guêpes inféodée à la plante dans une relation coévolutive. À cause de cette inféodation, le caoutchouc ne produit pas de fleurs très colorées ou odorantes pour attirer d'autres pollinisateurs. Les petites inflorescences ovoïdes d'un jaune verdâtre appelées « sycones », enveloppées de bractées protectrices, apparaissent par paires à l'aisselle des feuilles des arbres matures à longueur d'année.

À maturité, les petites figues, pas vraiment comestibles, mesurent à peine 1-2 cm de long. Ce sont de faux-fruits qui ne contiennent de graines fertiles que dans les zones où l'insecte pollinisateur est présent (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

Les arbres poussent sur des sols frais humides et préfèrent une exposition ensoleillée à semi-ombragée et survivent bien sous les conditions environnementales extrêmes telles que les hautes températures et l'approvisionnement limité en eau (Kiem et al. 2012).

I.4.2. Position systématique

La position systématique de l'espèce *Ficus elastica* est donnée par le tableau 2.

Tableau 2: Position systématique de *Ficus elastica* (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Urticales
Famille	Moraceae
Genre	Ficus
Espèce	Elastica

I.4.3. Répartition géographique

Le caoutchouc (*Ficus elastica*) est un arbre sempervirent de la famille des Moracées, originaire d'Asie. C'est une plante qui produit du latex et qui est cultivée en pot comme plante d'appartement dans les pays tempérés. Cette espèce est en régression suite à la contamination des cultures par un champignon pathogène (en Asie du Sud-Est notamment) (Berg et al. 1985). On la rencontre également dans la région du centre au Cameroun et précisément à Yaoundé. La figure 1 montre quelques parties de *Ficus elastica*.



Figure 1 : Feuilles (A), Tronc et racines aériennes de *Ficus elastica* (B) (photo : MFETIE, 11 Novembre 2015 au quartier général à Yaoundé, Région du centre Cameroun).

I.5. Quelques usages des plantes du genre *Ficus*

Les plantes du genre *Ficus* jouent un rôle très important dans la vie quotidienne des êtres vivants. Ils sont impliqués dans plusieurs domaines de la vie tels que : la pharmacopée naturelle, l'alimentation, l'artisanat et l'économie.

I.5.1 Dans le domaine économique

Les *Ficus* sont toutes d'excellentes plantes d'appartement à condition de leur offrir un maximum de lumière, sans cela elles perdront inmanquablement leur éclat. De même, comme toutes les espèces de son genre, *Ficus benjamina* présente lui aussi des usages bien particuliers : il est utilisé comme plante d'intérieur dans bon nombre de maisons européennes (Khabé 2006). Le bois tendre des *Ficus* est souvent utilisé dans la fabrication des outils, des pilons et poutres (Tchamo 2006). Les études menées par la N.A.S.A (National Aeronautic and Space Administration) dès 1980 ont montré que *Ficus benjamina* a des propriétés absorbantes, dépolluantes, neutralisantes des divers produits se trouvant dans les matériaux de revêtement de sol, mur, tissu et ainsi que dans les peintures et parfums... (Khabé 2006). Certaines espèces sont utilisées pour la production de caoutchouc, ce fut le cas de *Ficus elastica* qui est aujourd'hui un arbre cultivé dans plusieurs régions du monde, sans égaler cependant le rendement de l'hévéa (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

Le bois de *Ficus sycomorus* fut utilisé dans l'artisanat des différents âges de l'époque pharaonique et de la période copte. Son latex a servi à teindre en rouges les étoffes (Khabé 2006).

I.5.2 Dans le domaine de l'alimentation et de la santé

Plusieurs espèces à l'instar de *Ficus carica*, sont recherchées pour leurs fruits qui sont comestibles. Bien qu'ils soient utilisés localement pour leur aspect économique, ils sont dans le même sens de grandes ressources alimentaires pour les frugivores. Les figuiers sont importants non seulement comme aliment mais aussi dans la médecine car ils contiennent des substances telles que les flavonoïdes, les coumarines, les alcaloïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes, les sucres, les vitamines A et C, les acides, les enzymes (...). La sève de ces plantes est irritante pour les yeux par son caractère acide, elle peut brûler la peau après un contact de quelques minutes. La figue a des propriétés laxatives lorsqu'elle est consommée fraîche. Séchée, sa teneur en sucres et minéraux est trois fois plus élevée. Les feuilles de *Ficus exasperata* sont utilisées dans le traitement des huiles de palme afin d'améliorer et de stabiliser leur qualité (Umerie et al. 2004).

La sève de *Ficus benjamina* renferme de la ficine (Khabé 2006). Cette sève est un mélange de protéases et possède une activité protéolytique. Elle est utilisée pour ses

propriétés anti-inflammatoires en pharmacopée et pour l'attendrissement de la viande dans les industries agro-alimentaires (Bruneton 1993).

I.5.3. Dans le domaine culturel et spirituel

Les plantes du genre *Ficus* sont dans certaines régions du monde des objets d'idolâtrie ; à l'exemple du *Ficus religiosa* qui avait été planté dans un temple au Sri Lanka par le roi Tissa en 288 av J.C. et qui représente l'un des deux arbres sacrés de l'islam (« <http://www.wikipediafoundation.org>. »).

Dans l'ancienne Egypte, le bois du *Ficus* était utilisé pour la fabrication des coffrets des momies (« <http://www.wikipediafoundation.org>. »).

Le décocté des écorces de *Ficus dekdekena* mélangé à l'eau de bain provoquerait « l'amour des femmes pour les hommes » (Kouam 2000).

Le coran désigne le figuier et l'olivier comme signe certain que ces aliments sont sains et utiles à l'homme dont il est recommandé d'en répandre la culture et d'en consommer (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

Le figuier est symbole d'éternité en Inde. A l'abri de ses branches, Bouddha a passé de longues années dans de profondes méditations (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

Il est également cité à maintes reprises dans l'ancien Testament. On le retrouve notamment dans le Jardin d'Eden dès la création d'Adam et d'Eve, car c'est bien une feuille de figuier (non pas de vigne) qui cache leur nudité. (« <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ficus> »).

I.5.4. Dans le domaine de la médecine traditionnelle

Les *Ficus* présentent des usages multiples en pharmacopée traditionnelle parmi lesquels quelques uns sont mentionnés ci-après :

- Le jus frais des feuilles de *Ficus racemosa* permet de soigner la pneumonie en Inde et la partie interne de son écorce permet de soigner la diarrhée (Lansky et al. 2008). La sève de cette même plante permet de lutter contre les oreillons, les champignons, la gonococcie et la gale (Tchamo 2006).
- Le décocté des feuilles de *Ficus platyphylla* avec les coques d'arachide macérées dans l'eau, est utilisé contre l'épilepsie et l'aménorrhée au Sénégal (Kerharo 1974).
- Le décocté du fruit de *Ficus capensis* est donné en boisson aux femmes stériles et le macéré de ses racines est donné en boisson lors des accouchements difficiles (Senghor 1979).

- Le décocté des feuilles de *Ficus septica* est utilisé pour baisser la fièvre et comme antibactérien (Baumgartner et al. 1990).
- Le décocté des racines de *Ficus exasperata* est utilisé contre les maladies sexuellement transmissibles (M.S.T) notamment la blennorragie (Senghor 1979).
- Les feuilles de *Ficus gnaphalocarpa*, réduites en cendre sont utilisées pour le traitement de la jaunisse, pour stimuler la sécrétion biliaire et pour neutraliser les morsures de serpents. Le décocté des écorces de son tronc est utilisé pour le traitement de la toux, contre les inflammations de la gorge et les douleurs thoraciques. Son latex est utilisé dans le traitement de la dysenterie et des coliques (Arbonier 1961).
- La sève de *Ficus benghalensis* permet de soigner les verrues en Inde (Lansky et al. 2008).
- Quatre à six feuilles fraîches de *Ficus thonningii* écrasées ensemble avec une pincée de potasse et appliquées sur la partie malade après avoir fait quelques incisions permet de lutter contre les lombagos au Nigeria (Lansky et al. 2008).

Les différents usages traditionnels et pharmacologiques des plantes du genre *Ficus* ont suscité des recherches phytochimiques afin d'isoler, d'identifier et de caractériser les métabolites secondaires actifs de ces plantes.

II. TRAVAUX CHIMIQUES ANTERIEURS SUR LE GENRE *FICUS*

Les travaux chimiques antérieurs effectués sur les espèces du genre *Ficus* ont permis d'isoler des métabolites secondaires appartenant à plusieurs classes de composés notamment :

- Les acides gras
- Les alcaloïdes
- Les coumarines
- Les flavonoïdes
- Les stéroïdes
- Les α -tocophéroïdes
- Les terpénoïdes

II.1. Les alcaloïdes

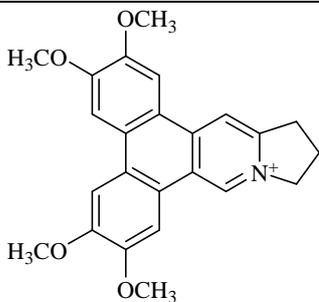
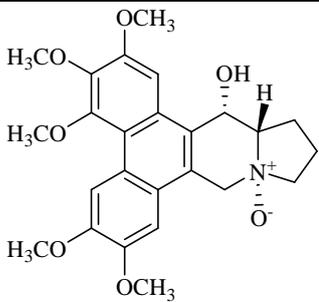
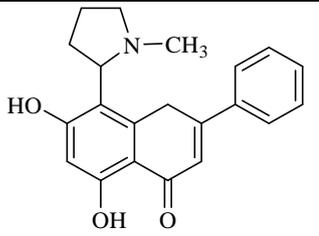
Le terme alcaloïde désigne les substances naturelles réagissant comme des bases. Les alcaloïdes sont des composés doués à faible dose de propriétés pharmacologiques importantes (Johns et al. 1965).

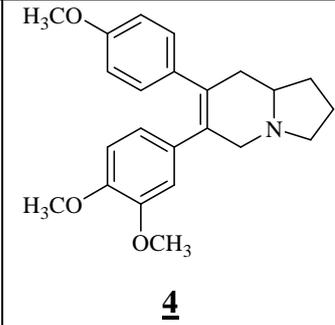
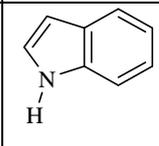
Ils peuvent être classés en trois grands groupes (Bruneton 1993).

- ❖ Les alcaloïdes vrais, dont l'atome d'azote est inclus dans le système hétérocyclique et qui biogénétiquement, dérivent des acides aminés.
- ❖ Les proto-alcaloïdes qui sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans le système hétérocyclique.
- ❖ Les pseudoalcaloïdes qui présentent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais à la seule différence qu'ils ne dérivent pas des acides aminés. Il s'agit dans la majorité des cas connus d'isoprénoïdes et on parle d'alcaloïdes terpéniques.

Quelques alcaloïdes isolés du genre *Ficus* sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3: Structures de quelques alcaloïdes isolés du genre *Ficus*

Nom (s)	Structure	Source	Références
Dehydrotylophorine	 <p style="text-align: center;"><u>1</u></p>	Feuilles de <i>Ficus septica</i>	Yang et al. 2006
Ficuseptine A	 <p style="text-align: center;"><u>2</u></p>	Tronc de <i>Ficus septica</i>	Wu et al. 2002, Yang et al. 2006
Ficine	 <p style="text-align: center;"><u>3</u></p>	<i>Ficus pentoniana</i>	Johns et al. 1965

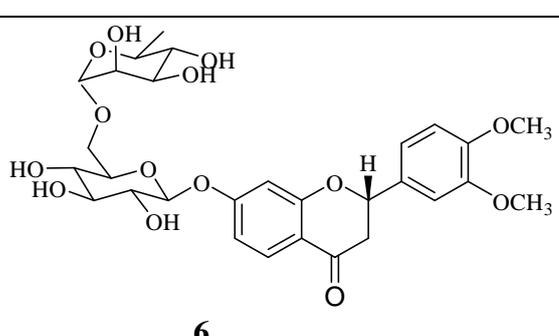
Hispidine	 <p style="text-align: center;">4</p>	Tronc de <i>Ficus</i> <i>hispidia</i>	Tabopda 2006
Indole	 <p style="text-align: center;">5</p>	<i>Ficus</i> <i>carica</i>	Johns et al. 1965

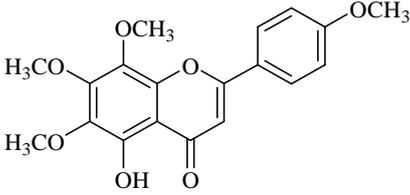
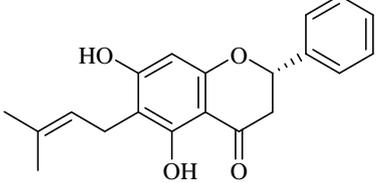
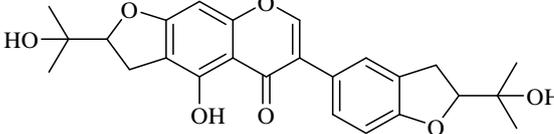
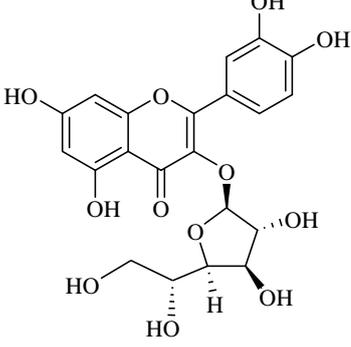
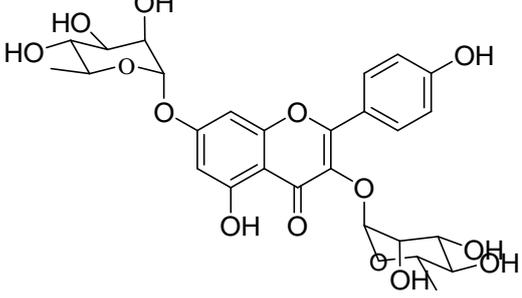
II.2. Les flavonoïdes

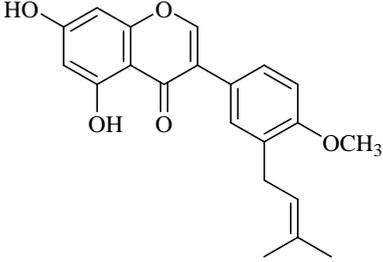
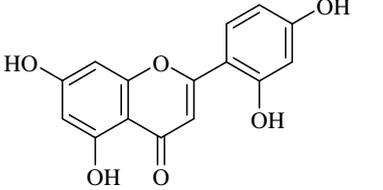
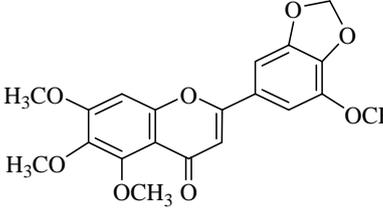
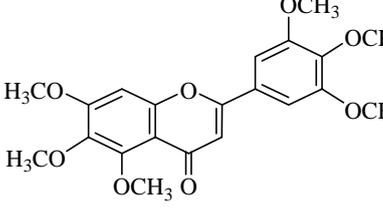
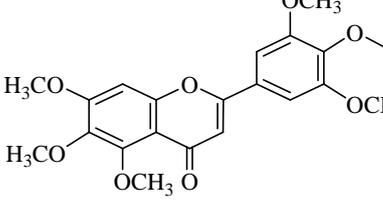
Les flavonoïdes présentent un squelette de base à 15 atomes de carbone, fait de cycles en C₆ reliés par une chaîne en C₃. Le pont à 3 atomes de carbone entre les deux phényles forme généralement un troisième cycle pyrone. Tous les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune, ce qui explique qu'ils partagent la même structure de base (Paris et al. 1966). Parmi les flavonoïdes, on distingue les flavones, les flavanols, les flavanones, les chalcones, les aurones et les anthocyanidines.

La principale activité attribuée aux flavonoïdes est son potentiel veino-actif car, elles diminuent la perméabilité capillaire et renforcent leur résistance. Le tableau 4 regroupe les structures de quelques flavonoïdes isolées du genre *Ficus*.

Tableau 4: Structures de quelques flavonoïdes isolées du genre *Ficus*

Nom (s)	Structure	Source	Références
Hespéridine	 <p style="text-align: center;">6</p>	Racines de <i>Ficus hirta</i>	Li et al. 2006

5-Hydroxy-4',6,7,8-tétraméthoxyflavone	 <p style="text-align: center;">7</p>	Racines de <i>Ficus hirta</i>	Li et al. 2006
Isoglabranine	 <p style="text-align: center;">8</p>	Tiges de <i>Ficus formosana</i>	Sheu et al. 2005
Isolupinisoflavone E	 <p style="text-align: center;">9</p>	Ecorces de <i>Ficus microcarpa</i>	Li et Kuo 1997
Isoquercitrine	 <p style="text-align: center;">10</p>	Feuilles de <i>Ficus ruficaulis</i>	Chiang et al. 2005
Kaempferitrine	 <p style="text-align: center;">11</p>	Feuilles de <i>Ficus septica</i>	Wu et al. 2002

3'-(3-méthylbut-2-enyl)biochanine A	 <p style="text-align: center;">12</p>	Ecorce de tige de <i>Ficus nymphaeifolia</i>	Darbour et al. 2007
Norartocarpétine	 <p style="text-align: center;">13</p>	Ecorce de <i>Ficus formosana</i>	Sheu et al. 2005
5,6,7,5'-tétraméthoxy-3,4-méthylène dioxyflavone	 <p style="text-align: center;">14</p>	<i>Ficus maxima</i>	Diaz et al. 1997
5,6,7,3',4',5'-hexaméthoxyflavone	 <p style="text-align: center;">15</p>		
5,6,7,3',5'-pentaméthoxy-4'-(prenyloxy)-flavone	 <p style="text-align: center;">16</p>		

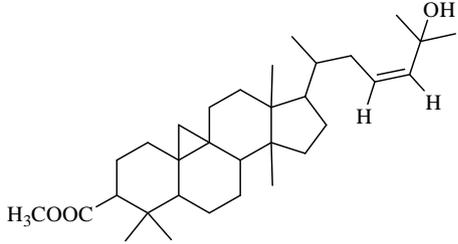
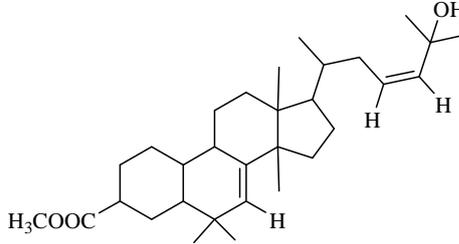
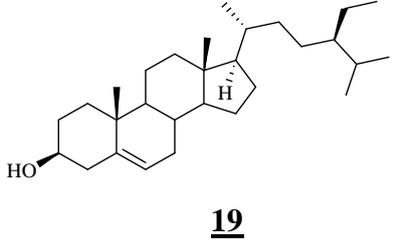
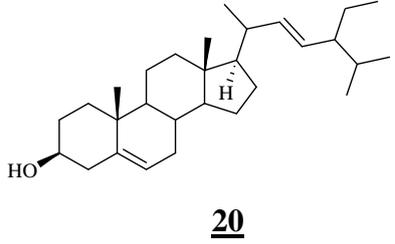
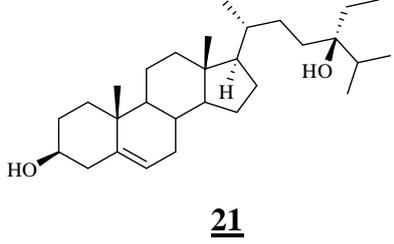
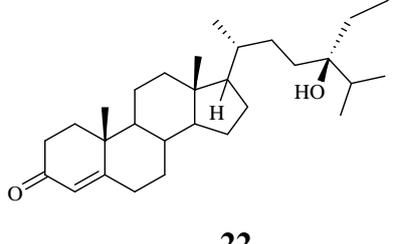
II.3. Les stéroïdes (Bruneton 1993)

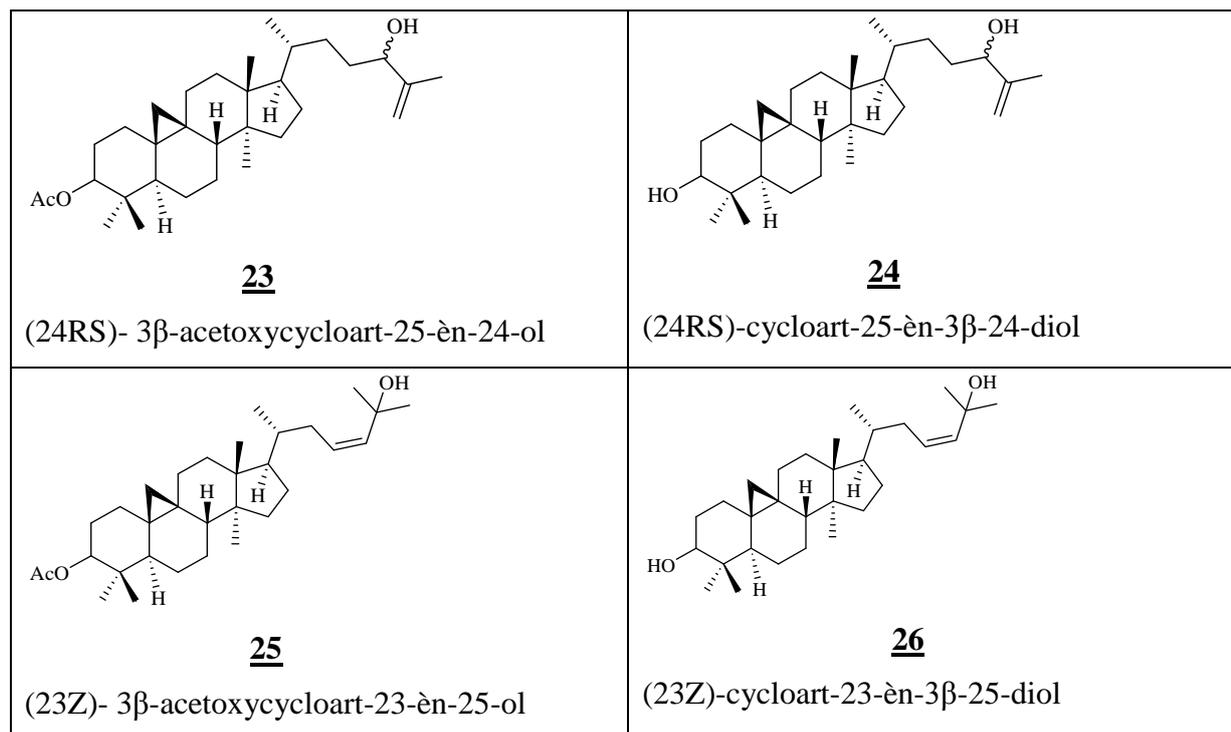
Les stéroïdes forment le groupe de métabolites secondaires le plus répandu chez les végétaux comme chez les animaux. Parmi eux, on retrouve les composés importants tels que les hormones de reproduction, les corticoïdes, les glucosides cardiotoniques, les amines stéroïdiennes et les acides biliaires. Les stéroïdes sont biosynthétisés par voie mévalonique.

Cette synthèse débute avec l'acétyl-coenzyme A et aboutit au squalène qui est par la suite cyclisé.

Les stéroïdes présentent plusieurs variétés structurales et de nombreuses propriétés pharmacologiques. Les sitostérols et les stigmastérols sont des matières premières dans la production des médicaments stéroïdiens (contraceptifs, anti-inflammatoires). Le β -sitostérol joue un rôle essentiel dans la régularisation du taux de cholestérol sanguin. Il atténue l'hypertrophie bénigne de la prostate et est très réactif contre le venin du serpent (Walter et al. 2000). Le tableau 5 suivant renferme les structures de quelques stéroïdes isolés des fruits de *Ficus pumila*.

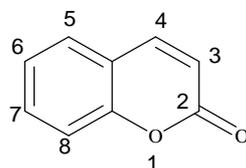
Tableau 5: Structures de quelques stéroïdes isolés de *Ficus pumila* (Kitajima et al. 1998)

 <p style="text-align: center;">17</p> <p>3β-acetyoxycycloart-23-èn-25-ol</p>	 <p style="text-align: center;">18</p> <p>3β-acetoxyeupha-7,23-dièn-25-ol</p>
 <p style="text-align: center;">19</p> <p>β-sitostérol</p>	 <p style="text-align: center;">20</p> <p>Stigmastérol</p>
 <p style="text-align: center;">21</p> <p>(24S)-stigmast-5-èn-3β,24-diol</p>	 <p style="text-align: center;">22</p> <p>(24S)-24-hydroxystigmast-4-èn-3-one</p>



II.4. Les coumarines

La coumarine est une substance naturelle organique aromatique connue dans la nomenclature internationale comme 2H-1-benzopyrane-2-one **27** qui peut être considérée en première approximation, comme une lactone de l'acide 2-hydroxy-Z-cinnamique. Son odeur de foin fraîchement coupé a attiré l'attention des parfumeurs sur elle dès le XIX^e siècle. Le même terme de coumarine désigne aussi la classe des composés phénoliques dérivés de cette dernière molécule, 2H-1-benzopyrane-2-one. Ces composés possèdent des hydroxyles phénoliques (en C-7) qui peuvent être méthylés ou être engagés dans des liaisons hétérosides. Plus d'un millier de coumarines naturelles ont été décrites. Elles sont très largement distribuées dans le règne végétal. Le squelette de base des coumarines est:

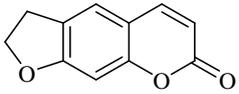
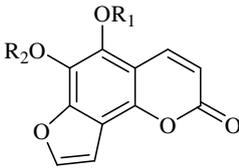
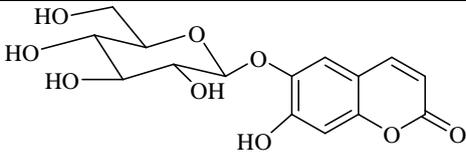
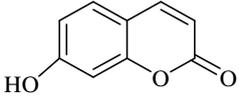


27

2H-1-benzopyrane-2-one

Le tableau 6 donne les structures de quelques coumarines isolées du genre *Ficus*.

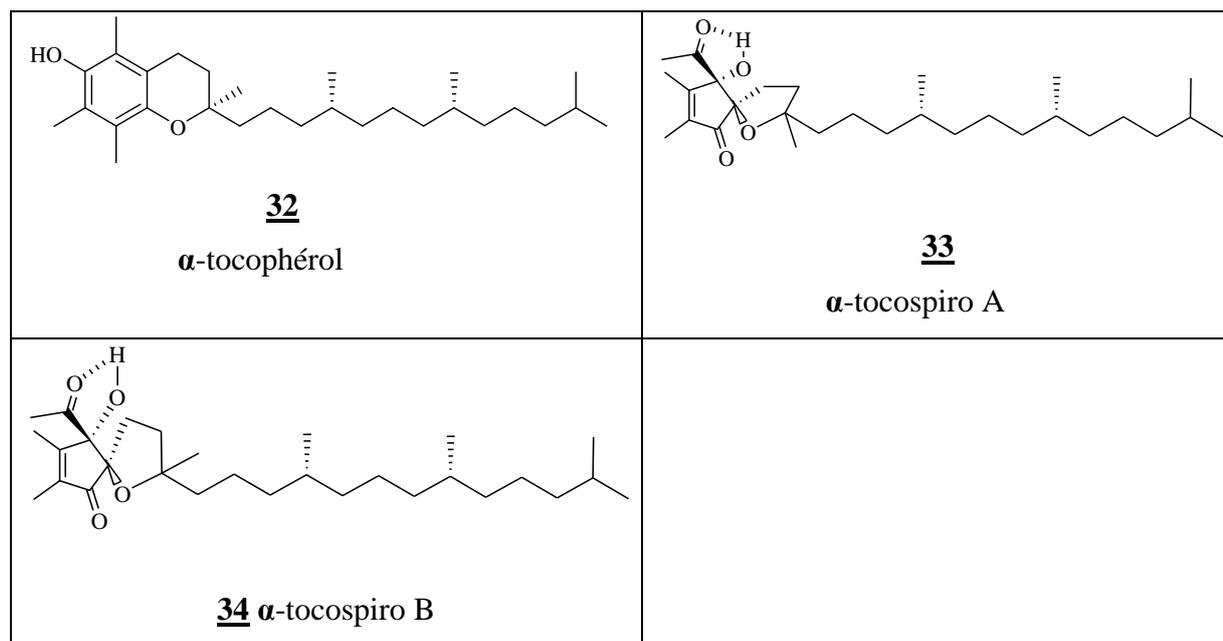
Tableau 6: Structures de quelques coumarines isolées du genre *Ficus*

Nom (s)	Structure	Source	Références
4',5'-Dihydropsovalene	 28	Feuilles de <i>Ficus carica</i>	Innocenti et al. 1982
R ₁ =Glc, R ₂ =Glc : 5,6-0-β-D-diglucopyranosylangelicine R ₁ =Glc, R ₂ =H : 5-0-β-D-glucopyranosyl-5-hydroxyangelicine R ₁ =H, R ₂ =Glc : 6-0-β-D-glucopyranosyl-6-hydroxyangelicine	 29	Feuilles de <i>Ficus ruficaulis</i>	Chiang et al. 2005
Esculine	 30	Feuilles de <i>Ficus septica</i>	Wu et al. 2002
Umbelliferone	 31	Feuilles de <i>Ficus carica</i>	Innocenti et al. 1982

II.5. Les α-tocophéroïdes

Dans ce groupe, on distingue principalement les α-tocophérols qui sont des dérivés prénylés du benzodihydropyran et d'autres dérivés tels que les α-tocospiros. Les α-tocophéroïdes constituent parfois les analogues de la vitamine E qui est un anti oxygène naturel, opposé à l'oxydation des acides gras. C'est ainsi que l'acétate de α-tocophérol est utilisé pour le traitement et la prévention de la carence en vitamine E et est aussi proposé comme adjuvant du régime diététique chez le patient d'une hyperlipoprotéinémie (Bruneton 1993). Le tableau 7 présente quelques α-tocophéroïdes isolées de *Ficus microcarpa*.

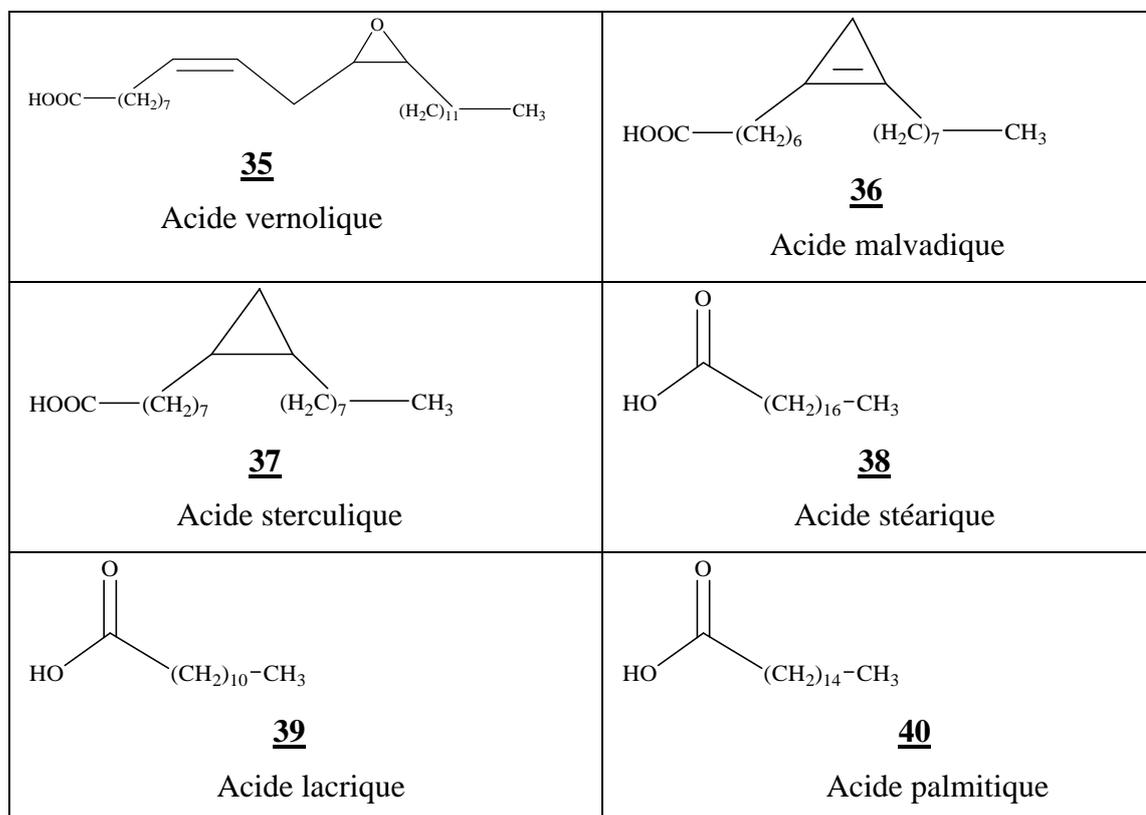
Tableau 7: Quelques tocophérols isolés de *F. microcarpa* (Chiang et al. 2003).



II.6. Les acides gras

Quelques acides gras ont été isolés de *Ficus benghalensis* (Kallapa et Rivisa 2003), leurs structures sont présentées par le tableau 8.

Tableau 8 : Acides gras isolés de *Ficus benghalensis*



II.7. Les terpénoïdes (Bruneton 1993)

Les terpénoïdes forment un grand groupe de métabolites secondaires très répandus dans les végétaux. Ces derniers sont largement utilisés comme arômes dans l'alimentation ainsi qu'en médecine traditionnelle et conventionnelle.

La biosynthèse des terpènes se fait à partir des unités d'isoprène de formule moléculaire C_5H_8 . La classification des terpènes est basée sur le nombre d'unités isopréniques entrant dans la molécule : c'est la règle d'isoprène. Le couplage « tête-queue » permet la formation des sous classes des terpénoïdes.

Suivant le nombre d'unités isopréniques, les terpènes résultants sont classés selon leur taille en :

- Hemiterpènes, constitués d'une seule unité isoprénique
- Monoterpènes, constitués de deux unités isopréniques ($C_{10}H_{16}$)
- Sesquiterpènes, constitués de trois unités isopréniques ($C_{15}H_{24}$)
- Diterpènes, constitués de quatre unités isopréniques ($C_{20}H_{32}$)
- Sesterterpènes, constitués de cinq unités isopréniques ($C_{25}H_{40}$)
- Triterpènes, constitués de six unités isopréniques ($C_{30}H_{48}$)
- Tétraterpènes, constitués de huit unités isopréniques ($C_{40}H_{56}$)

Le schéma 1 représente la biosynthèse des classes de terpènes.

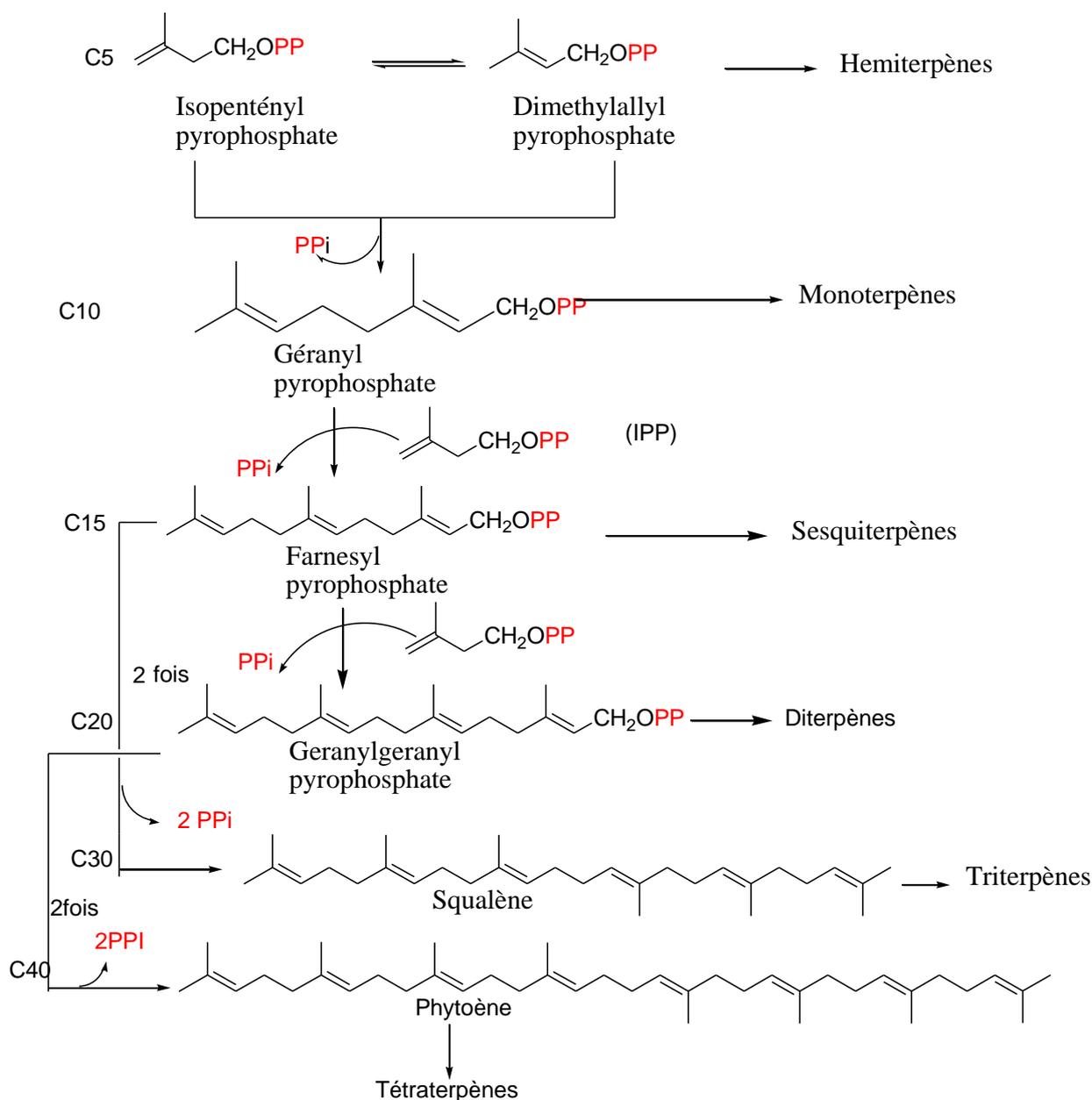


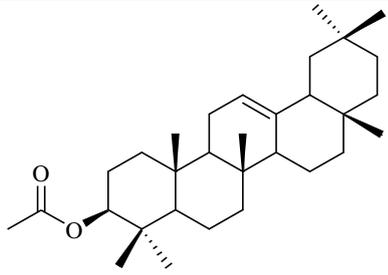
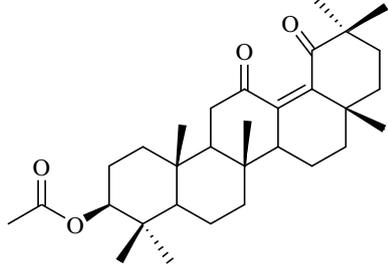
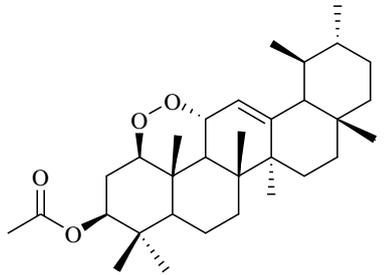
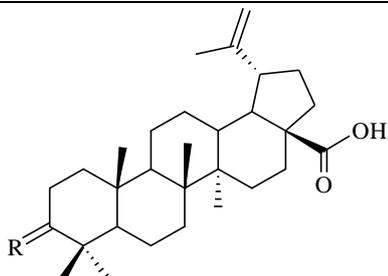
Schéma 1 : Biosynthèse des différentes classes des terpènes.

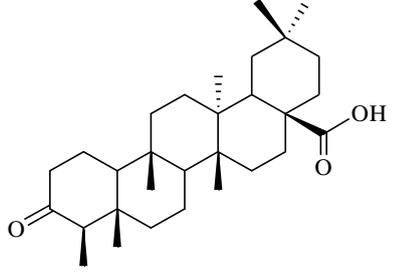
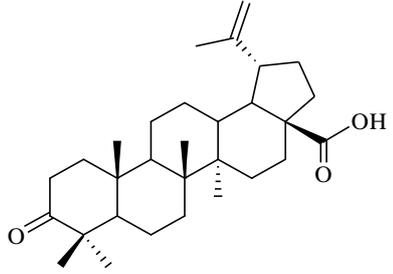
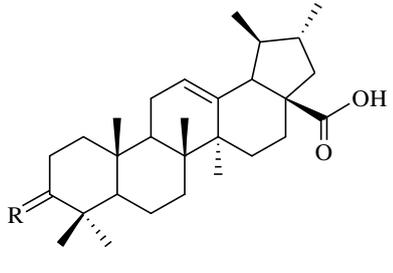
➤ Cas des triterpénoïdes :

Les triterpénoïdes sont des composés en C30 issus de la cyclisation du 3S-2,3-époxy-2,3-dihydrosqualène ou, plus rarement du squalène lui-même. Presque toujours hydroxylés en position 3 (du fait de l'ouverture de l'époxyde), les triterpènes présentent une forte unité structurale : les différences majeures sont d'ordre configurationnelles et liées à la conformation adoptée par l'époxy-squalène (ou le squalène) avant la cyclisation ; le cation issu de cette cyclisation peut ensuite subir une série de déplacements 1,2 de protons et de méthyles rationalisant l'existence des différents squelettes tétra et pentacycliques qui

caractérisent ce groupe (Bruneton 1993). Quelques triterpènes isolés du genre *Ficus* sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Structures de quelques triterpénoides isolés du genre *Ficus*

Nom (s)	Structure	Source	Références
3 β -Acetoxy- β -amyrine	 41	Racines de <i>Ficus hirta</i>	Li et al. 2006
3 β -Acetoxy-12,19-dioxo-13(18)-oléanène	 42	Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i>	Chiang et al. 2005
3 β -Acetoxy-1 β ,11 α -epidioxy-12-ursène	 43	Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i>	Chiang et Kuo 2001
Acide Acetylbetulinique R= α -H, β -OAc	 44	Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i>	Chiang et al. 2005

<p>Acide 3-oxofriedelan-28-oïque</p>	 <p style="text-align: center;">45</p>	<p>Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i></p>	<p>Chiang et al. 2005</p>
<p>Acide Betulinique</p>	 <p style="text-align: center;">46</p>	<p>Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i></p>	<p>Chiang et al. 2005</p>
<p>R=O : Acide Ursonique R=α-H, β-OAc : Acide ursolique</p>	 <p style="text-align: center;">47</p>	<p>Racines aériennes de <i>Ficus microcarpa</i></p>	<p>Chiang et al. 2005</p>

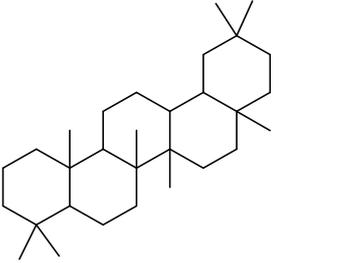
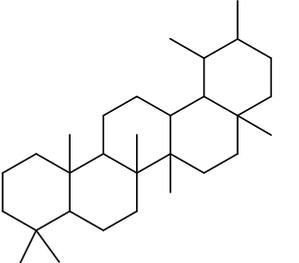
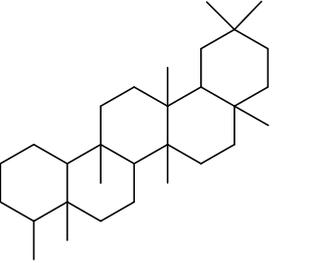
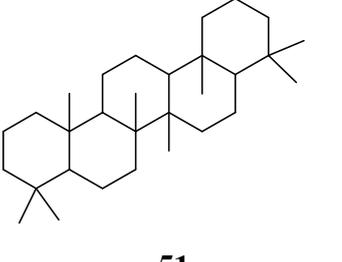
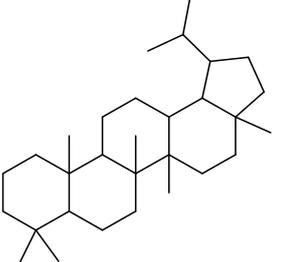
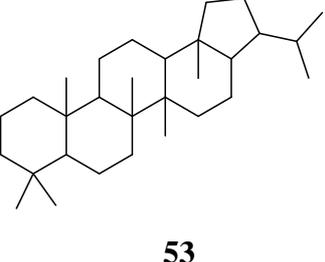
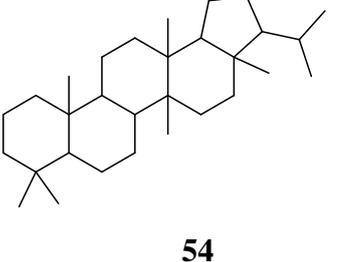
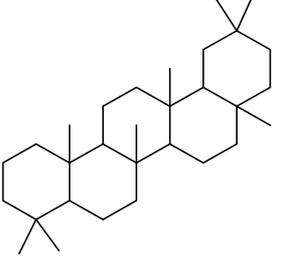
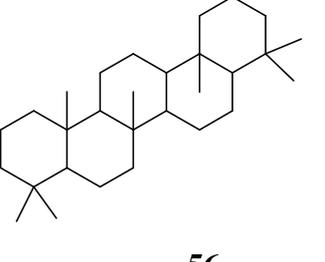
Les triterpènes pentacycliques constituent l'une des principales classes de molécules terpéniques isolées du genre *Ficus*. Il est alors indispensable pour nous d'élargir notre investigation sur cette classe de composés.

III. ETUDE DES TRITERPÈNES PENTACYCLIQUES

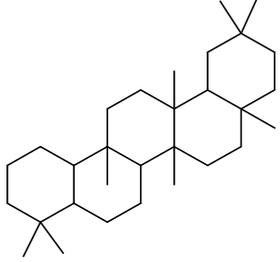
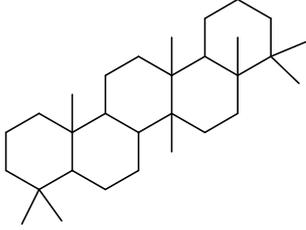
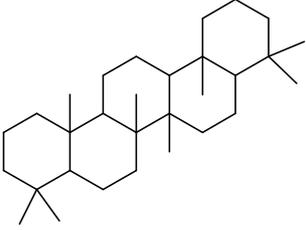
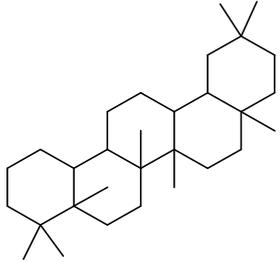
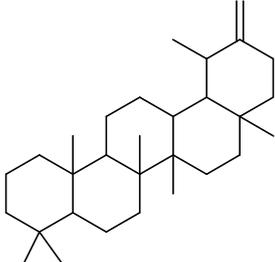
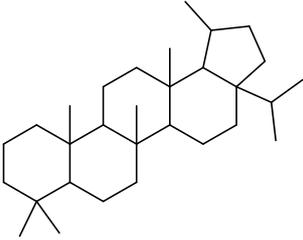
Les triterpènes pentacycliques résultent tous du squalène par une série de cyclisation et de réarrangement (migration 1,2 d'un atome d'hydrogène ou d'un groupe méthyle) (Tene 1999).

Les triterpènes pentacycliques sont constitués de 30 atomes de carbone, formant cinq cycles A, B, C, D et E. Ils sont regroupés en 20 groupes structuraux (Wansi 2000). Le tableau 10 donne les structures de quelques classes de triterpènes pentacycliques.

Tableau 10 : Structure de quelques classes de triterpènes pentacycliques (Wansi 2000).

 <p style="text-align: center;"><u>48</u> Oléanane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>49</u> Ursane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>50</u> Friedelane</p>
 <p style="text-align: center;"><u>51</u> Gammacerane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>52</u> Lupane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>53</u> Hopane</p>
 <p style="text-align: center;"><u>54</u> Fernane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>55</u> Taraxane</p>	 <p style="text-align: center;"><u>56</u> Serratane</p>



 <p><u>57</u> Glutane</p>	 <p><u>58</u> Swertane</p>	 <p><u>59</u> Onocérane</p>
 <p><u>60</u> Minusopane</p>	 <p><u>61</u> Taraxastane</p>	 <p><u>62</u> Friedomadeirane</p>

III.1 Biosynthèse des triterpènes pentacycliques

La biosynthétique des triterpènes pentacycliques à partir du squalène est donné par le schéma 2:

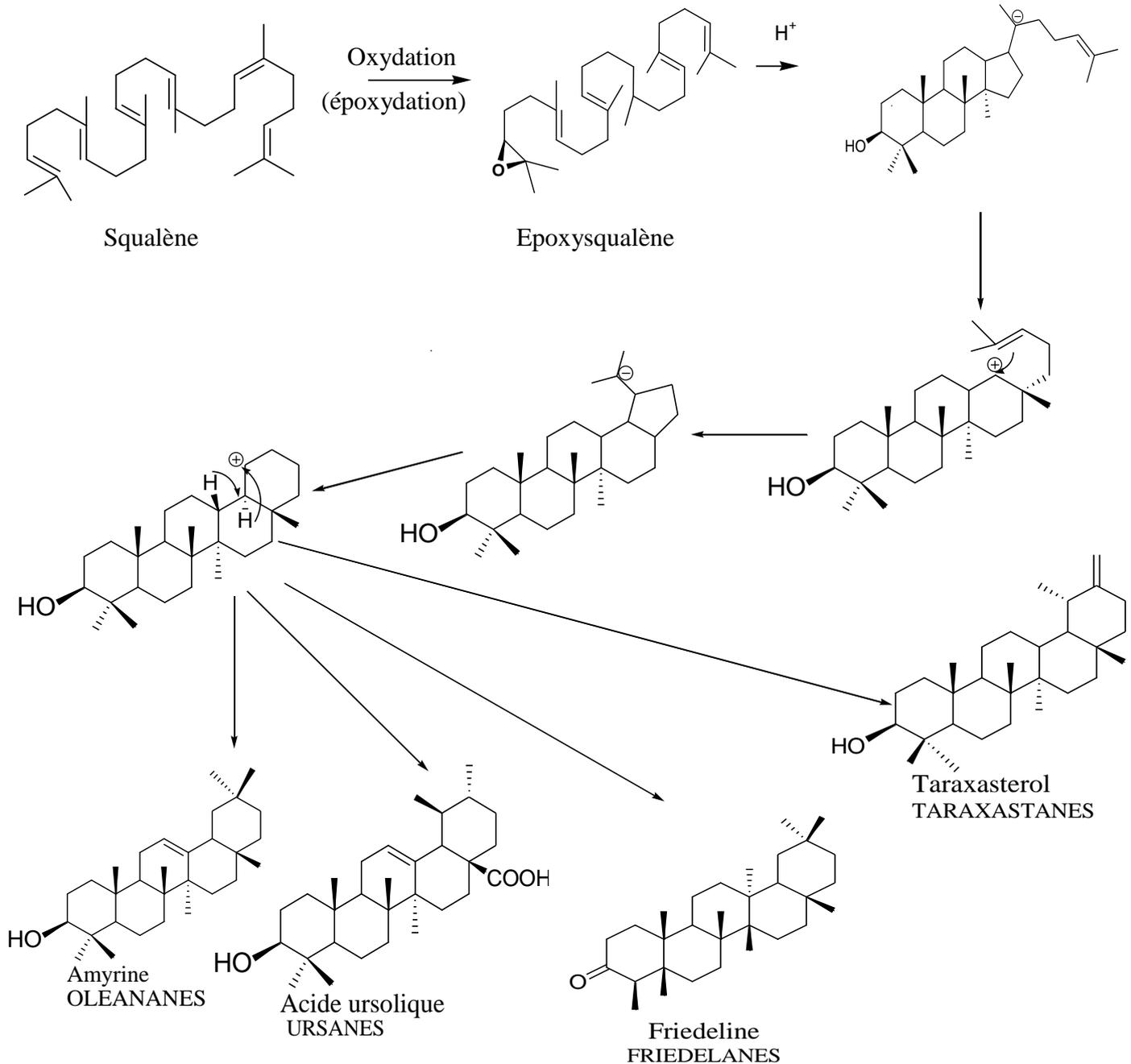


Schéma 2: Cyclisation du squalène (Bruneton 1999)

III.2 Méthodes générales de détermination de structure des triterpènes pentacycliques

L'utilisation des techniques spectroscopiques modernes a largement facilité la détermination des structures des substances naturelles. Les techniques les plus usuelles sont les spectroscopies IR, RMN ^{13}C et RMN ^1H ainsi que la spectrométrie de masse. On fait également recours aux caractéristiques physiques comme le point de fusion et le pouvoir rotatoire.

III.2.1 Spectroscopie infra rouge (Pine et *al.* 1991)

Le spectre d'absorption IR fournit des informations assez utiles, lorsqu'on examine les fréquences de vibration caractéristiques des différents groupements fonctionnels. Généralement, tous les composés organiques présentent des fréquences de vibration entre 2800 et 3300 cm^{-1} . Dans le cas des triterpènes, ces données permettent de mettre en évidence les groupes fonctionnels tels que les hydroxyles (3200-3300 cm^{-1}) et les carbonyles (1700-1750 cm^{-1}).

III.2.2 Spectroscopie RMN ^1H

Le spectre RMN ^1H des triterpènes pentacycliques est très caractéristique. Il permet de distinguer certaines classes de triterpènes pentacycliques comme les dérivés de l'Ursène, de l'Oléanène et ceux du Lupène. En effet, les dérivés de l'Ursène et de l'Oléanène présentent généralement en RMN ^1H , un large triplet entre 5,1 et 5,5 ppm avec une constante de couplage $J = 3\text{Hz}$ caractéristique du proton vinylique H_{12} (Connolly et *al.* 1991). Quant aux dérivés des Lup-20(29)-ènes, il présente généralement deux singulets d'un proton chacun entre 4,2 et 5,0 ppm caractéristique des deux protons vinyliques portés par le carbone C_{29} (Connolly et *al.* 1991).

Le spectre RMN ^1H , par le fait qu'il donne des informations sur la stéréochimie autour du carbone C_3 , permet de faire ressortir la différence entre les triterpènes substitués en C_3 . Par exemple, il permet aussi de distinguer les triterpènes hydroxylés et leurs dérivés acétoxylés. A titre d'exemple, le proton H_3 des triterpènes hydroxylés en C_3 apparaît généralement entre 3,1 et 3,8 ppm alors que celui des acétoxylés résonne entre 4,2 et 4,6 ppm. Le proton $\text{H}_{3\alpha}$ apparaît sous forme de doublet dédoublé (dd) avec les constantes de couplage $J = 5$ et 9 Hz alors que le proton $\text{H}_{3\beta}$ apparaît contrairement au proton $\text{H}_{3\alpha}$ sous forme de triplet (t) avec une constante de couplage $J = 3\text{ Hz}$ (Connolly et *al.* 1991).

Les signaux de méthyles généralement groupés entre 0,5 et 2,0 ppm permettent de

différencier les types de squelette des triterpènes pentacycliques. A titre d'exemple, les triterpènes non oxydés de la série des Oléan-12-ènes présentent 8 signaux singulets de trois protons attribuables à 8 méthyles angulaires alors que ceux de la série des urs-12-ènes présentent 6 singulets de trois protons et 2 doublets de trois protons attribuables respectivement aux 6 méthyles angulaires et aux 2 méthyles des carbones C19 et C20 (Connolly et al. 1991, Dongo 1990).

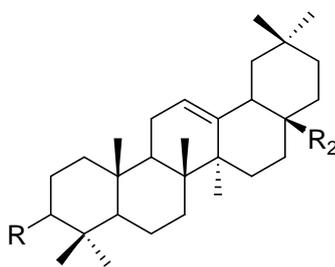
III.2.3 Spectroscopie de RMN ^{13}C (Connolly et al. 1991, Dongo 1990)

La RMN ^{13}C est la méthode de choix permettant de distinguer les différents types de squelettes des triterpènes. A titre d'exemple, les composés non oxydés de la série de l'urs-12-ène présentent 5 carbones quaternaires à l'exception du C₁₃ impliqué dans la double liaison, ceux de la série de l'oléan-12-ène présentent 6 carbones quaternaires à l'exception du C₁₃. Les dérivés de la série des lup-20(29)-ènes comptent également 5 carbones quaternaires à excepté le carbone C₂₀.

Les déplacements chimiques des carbones oléfiniques C₁₂ et C₁₃ des composés n'ayant pas de substituant très proche de la double liaison C₁₂-C₁₃ résonnent respectivement à 124,5 ppm (d) et 138 ppm (s) chez l'urs-12-ène, alors qu'ils résonnent à 122,5 ppm (d) et 143,5 ppm (s) chez l'oléan-12-ène. Dans le cas des lup-20(29)-ènes, les carbones C₂₀ et C₂₉ résonnent respectivement à 150,0 et 109,0 ppm.

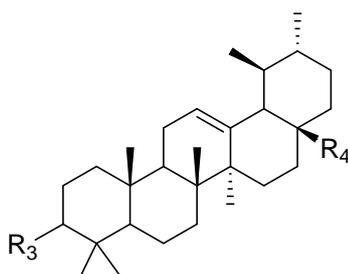
Les tableaux 11, 12 et 13 donnent quelques dérivés des séries des oléan-12-ènes, des urs-12-ène et des lup-20(29)-ènes respectivement.

Tableau 11 : Quelques dérivés des oléan-12-ènes (Kapche 2000).



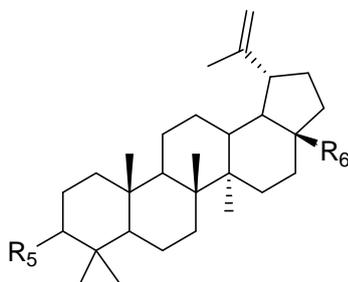
R ₁	R ₂	DERIVES
H	Me	Oléan-12-ène 63
OH	Me	β-amyrine 64
OH	COOH	Acide oléanolique 65
OH	COOMe	Oléanoate de méthyle 66

Tableau 12 : Quelques dérivés des urs-12-ènes (Kapche 2000).



R ₃	R ₄	DERIVES
H	Me	Urs-12-ène <u>67</u>
OH	COOH	Acide ursolique <u>68</u>
OH	Me	α -amyrine <u>69</u>
OH	COOMe	Ursonoate de méthyle <u>70</u>

Tableau 13 : Quelques dérivés des lup-20(29)-ènes (Kapche 2000).



R ₅	R ₆	DERIVES
H	Me	Lup-20(29)-ène <u>71</u>
Ac	Me	Acétate de lupéol <u>72</u>
OH	CH ₂ OH	Bétuline <u>73</u>
OH	COOH	Acide bétulinique <u>74</u>

Le tableau 14 propose les déplacements chimiques des composés des séries des oléan-12-ènes, urs-12-ènes et lup-20(29)-ènes (Kapche 2000).

Tableau 14 : Déplacements chimiques de RMN ^{13}C de quelques dérivés des triterpènes

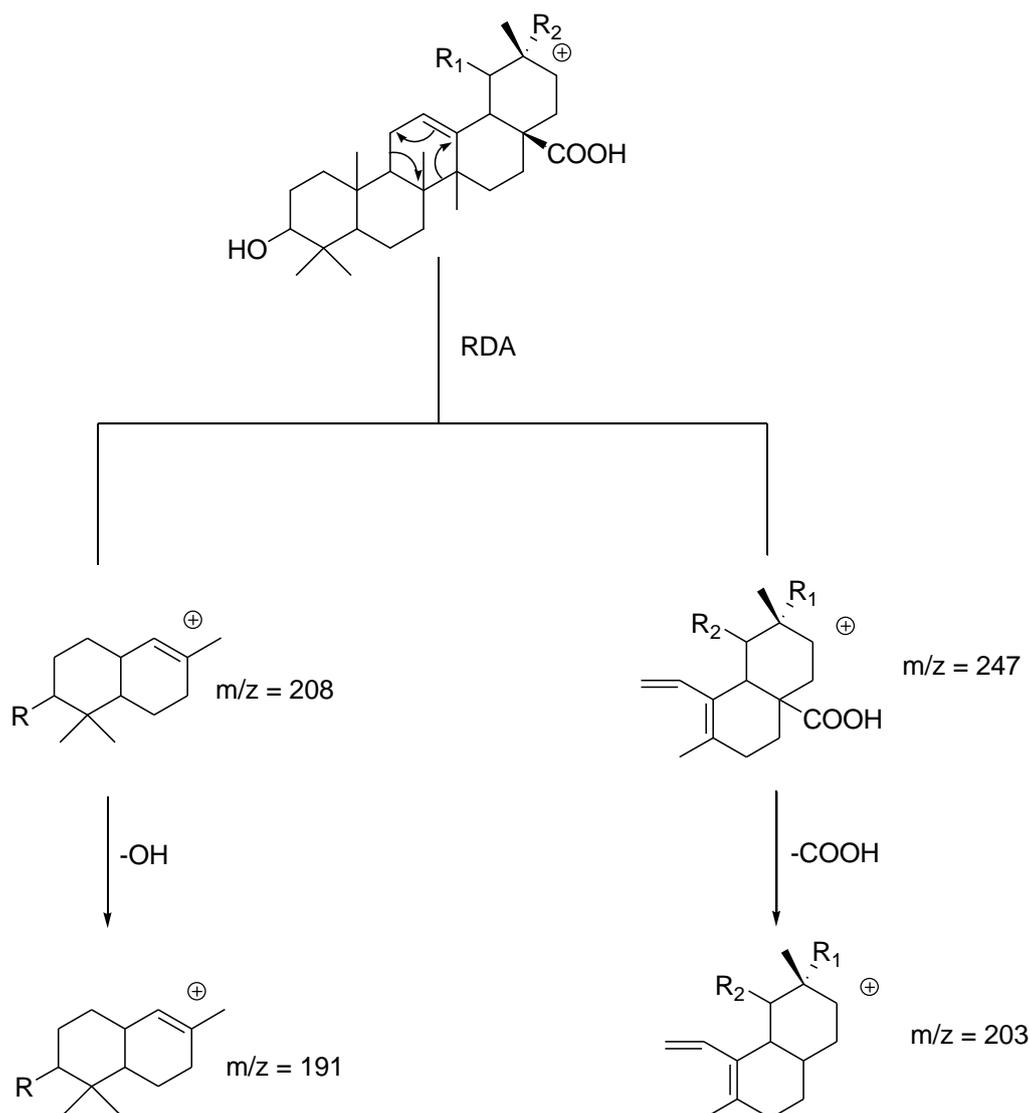
Carbone	<u>64</u>	<u>65</u>	<u>67</u>	<u>68</u>	<u>69</u>	<u>71</u>	<u>72</u>	<u>74</u>
1	38.5	38.7	36.3	38.8	38.7	38.7	38.4	39.0
2	27.4	27.3	52.5	27.3	27.2	27.4	23.7	27.6
3	78.7	79.0	46.2	78.8	78.8	47.7	81.0	78.9
4	38.7	38.7	43.6	38.8	38.7	44.8	37.8	39.0
5	55.2	55.3	43.2	55.4	55.2	55.3	55.4	55.5
6	18.3	18.1	18.8	18.4	18.0	18.3	18.2	18.4
7	42.6	32.6	33.0	33.0	32.9	34.3	34.3	34.5
8	39.3	38.7	40.0	39.6	40.0	41.1	40.9	40.8
9	47.6	47.1	47.7	47.6	47.7	50.4	50.4	50.7
10	37.0	37.0	37.0	37.0	36.9	37.4	37.0	37.3
11	23.1	23.4	23.3	23.3	23.3	20.9	21.0	21.0
12	122.7	121.7	124.3	125.5	124.3	25.1	25.1	25.6
13	143.4	145.0	139.3	138.0	139.3	38.6	38.1	38.2
14	41.7	41.5	42.0	42.0	42.0	42.8	42.9	42.5
15	27.7	26.2	28.7	28.2	28.7	27.4	27.7	30.8
16	23.4	27.0	26.6	24.3	26.6	35.6	35.6	32.6
17	46.6	32.5	33.7	48.1	33.7	42.9	43.0	56.3
18	41.3	47.2	58.9	52.8	58.9	48.2	48.0	47.1
19	45.8	46.8	39.6	39.1	39.6	47.9	47.9	49.2
20	30.6	31.1	39.6	38.8	39.6	150.6	151.5	150.9
21	33.8	34.8	31.2	30.7	31.2	29.8	29.9	29.9

22	32.3	37.2	41.5	36.7	41.5	39.9	40.0	37.3
23	28.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.0	28.0	28.2
24	15.5	15.5	15.6	15.5	15.6	15.4	15.5	15.6
25	15.5	15.5	15.6	15.7	15.6	16.3	16.2	16.1
26	16.8	16.8	16.8	16.9	16.8	15.9	16.0	16.1
27	26.0	26.0	23.3	23.3	23.3	14.5	14.5	14.7
28	181.0	28.4	28.1	177.7	28.1	18.0	18.0	178.9
29	33.2	33.2	23.3	16.9	17.4	109.2	109.0	109.4
30	23.6	23.6	21.3	21.6	21.3	19.3	19.3	19.4
OCH ₃	—	—						
CH ₃							21.2	
CO							170.5	

III.2.4 Spectrométrie de masse

Le développement de la spectrométrie de masse l'a rendu usuel pour la détermination de la structure des triterpènes. La spectrométrie de masse permet entre autre de proposer le squelette des triterpènes, de déterminer la position de la double liaison et de déterminer la nature des substituants.

Dans le cas des urs-12-ène et oléan-12-ène, le mode de fragmentation se fait suivant la réaction Retro-Diels-Alder (RDA) (Tene 1999). Le schéma 3 illustre ce mode de fragmentation.



Pour $R_2 = \text{CH}_3$; $R_1 = \text{H}$ ou $R_2 = \text{H}$; $R_1 = \text{CH}_3$; $R = \text{OH}$

Schéma 3: Fragmentation RDA des Urs-12-ènes et Oléan-12-ènes

Pour ces composés, l'ion dont dérive le pic de base permet de déduire si le composé porte des substituants sur les cycles D et E. En effet, les composés n'ayant pas de substituants sur les cycles D et E ont leur pic de base $m/z = 218$. Par contre, s'ils portent des groupements tels que COOH et OH , on aura respectivement le pic de base à $m/z = 263$ ($= 218 + M_{\text{COOH}}$) et $m/z = 235$ ($= 218 + M_{\text{OH}}$) (Ogunkoya 1981).

Quant aux composés de la série des lupènes, ils présentent généralement un pic de base caractéristique, intense à $m/z = 189$ si le cycle E porte un groupement isoprényle ou à $m/z = 191$ s'il porte un groupement isopropyle. Le pic à $m/z [M - 43]^+$ correspondant à la perte du fragment C_3H_7 est assez important mais devient faible dans les dérivés très substitués ou en présence du groupement isoprényle (Pine et al. 1991).

Plusieurs composés isolés du genre *Ficus* ont fait l'objet d'études pharmacologiques et ont présenté des activités biologiques variées.

IV. ACTIVITES BIOLOGIQUES DES EXTRAITS, DES COMPOSES ISOLES DE QUELQUES *FICUS* ET DES TRITERPENES PENTACYCLIQUES

Les triterpènes libres ou liés à des sucres interviennent dans de nombreux mécanismes physiologiques tant au niveau de la plante qui les synthétise qu'au niveau de l'homme qui les utilise. Ils jouent le rôle de substance de défense dans les végétaux et sont aussi utilisés en médecine (Taraxerol et *al.* 1966) :

➤ **Propriété anti-inflammatoire**

Das et Mahato en 1983 ont montré que les dérivés de l'acide oléanolique **65** et l'hédérachine ayant un carbonyle en position 11 présentent une activité importante. C'est ainsi que l'acide glycyrrhétic, le 11-oxohédérachine ont une activité anti-inflammatoire sur les oedèmes créés sur la patte d'un rat par la carrageenine. Maria et *al.* en 1998 ont montré que les dérivés du lupane présentent également des activités anti inflammatoires contre les oedèmes créés par la carrageenine.

➤ **Propriétés anti-tumorales et anticancéreuses** (Kuo et *al.* 1997)

Les triterpènes pentacycliques possédant un α -hydroxyle sur le carbone C16 présentent des activités anticancéreuses, anti-tumorales et anti-VIH. C'est ainsi que l'épimanidiol (3 β -16 α -dihydroxyoléan-12-ène) à 100 μ g/mol présente une activité cytotoxique contre les cellules HELA (cervix carcinoma), HEPA-2b (hépatoma) et COLO-205 (colon carcinoma). Par contre, la celastine-B exempt de OH en C-16 a une activité anti-VIH.

➤ **Action sur le métabolisme** (Das et Mahato 1983)

L'acide ursolique et ses dérivés présentent un effet sur le métabolisme des lipides dans l'artériosclérose. Il en découle que ces composés font décroître le taux de cholestérol et de phospholipide dans le sang chez les lapins. Certains triterpènes influencent également la biosynthèse des protéines. C'est le cas de l'hédérachine, qui a un effet inhibiteur sur la vitesse de biosynthèse des protéines chez les rats.

Les alcaloïdes ficuseptine-A **2**, (+)-typhorine et le mélange de (+)-antofine et (+)-isotylocrebrine isolés des feuilles de *Ficus septica* ainsi que la o-méthyltylophorinidine isolée des brindilles et des troncs de *Ficus hipida* ont une activité cytotoxique dans diverses cellules cancérigènes (Subramaniam et *al.* 2009). La (-)-13 α -antofine présente une activité fongique, antibactérienne et cytotoxique sur des cellules cancérigènes (Subramaniam et *al.* 2009). Les

flavonoïdes, les anthocyanins, de même que d'autres composés phénoliques ont présenté des activités anti oxydantes et anti inflammatoires (Lansky et *al.* 2008).

L'isolement et l'élucidation de la structure d'un mélange de 6-O-acyl- β -O-glucosyl- β -sitostérol contenu dans le latex de *Ficus carica* a permis de démontrer son activité anti-prolifératrice dans diverses cellules tumorales (Lansky et *al.* 2008).

Le potentiel diurétique et électrolytique de l'extrait aqueux de *Ficus exasperata* (*Moraceae*) chez le rat montre que l'usage de FEFIX (extraits de feuilles de *Ficus exasperata*) pour le traitement des oedèmes dans la pharmacopée est justifié par l'importance des effets diurétique et natriurétique observés chez le rat (Amonkan et *al.* 2005).

Les corrélations ainsi établies entre les usages ethnomédicales et les activités pharmacologiques font des figiers une large source quelque peu inexploitée pour les nouvelles entités chimiques à actions anti cancérogènes. Pour apporter notre contribution à l'enrichissement de la chimiothèque du genre *Ficus*, nous avons entrepris des investigations sur *Ficus elastica*, espèce ayant fait l'objet de très peu d'études phytochimiques selon nos informations.



**CHAPITRE II : RESULTATS ET
DISCUSSION**

Introduction

Les feuilles de *Ficus elastica* ont été récoltées en Juillet 2014 à Yaoundé, dans la région du Centre Cameroun, plus précisément à Ngoa-Ekellé. L'identification de cette espèce a été réalisée par M. NANA Victor, botaniste à l'Herbier National du Cameroun.

Ces feuilles ont été séchées et écrasées. La poudre obtenue (2,1802 Kg) a été extraite au méthanol à froid pendant 48 heures à température ambiante. Après filtration, la solution résultante a été concentrée par évaporation du solvant sous pression réduite. Ceci nous a permis d'obtenir 128,6 g d'extrait brut dont 2,6 g ont été prélevés pour effectuer différents tests biologiques. Le reste (126g), a été dissout dans un mélange MeOH/H₂O 10/90 et soumis à une solubilisation différentielle au chlorure de méthylène puis à l'AE. Nous avons obtenu 51,4g de la fraction organique au chlorure de méthylène. Cette dernière fraction a été fixée sur une masse équivalente de silice, puis chromatographié sur une colonne de gel de silice à l'aide du système d'éluant HEX/AE de polarité croissante.

Après séparation et purification par les techniques chromatographiques usuelles, nous avons isolé cinq produits indexés FEECF1 à FEECF5. Les structures de FEECF1 et FEECF2 ont été établies à l'aide de leurs données physiques et spectroscopiques, et par comparaison de ces données à celles de la littérature.

Le protocole d'extraction et d'isolement des produits de cette plante est résumé par la schéma 4.

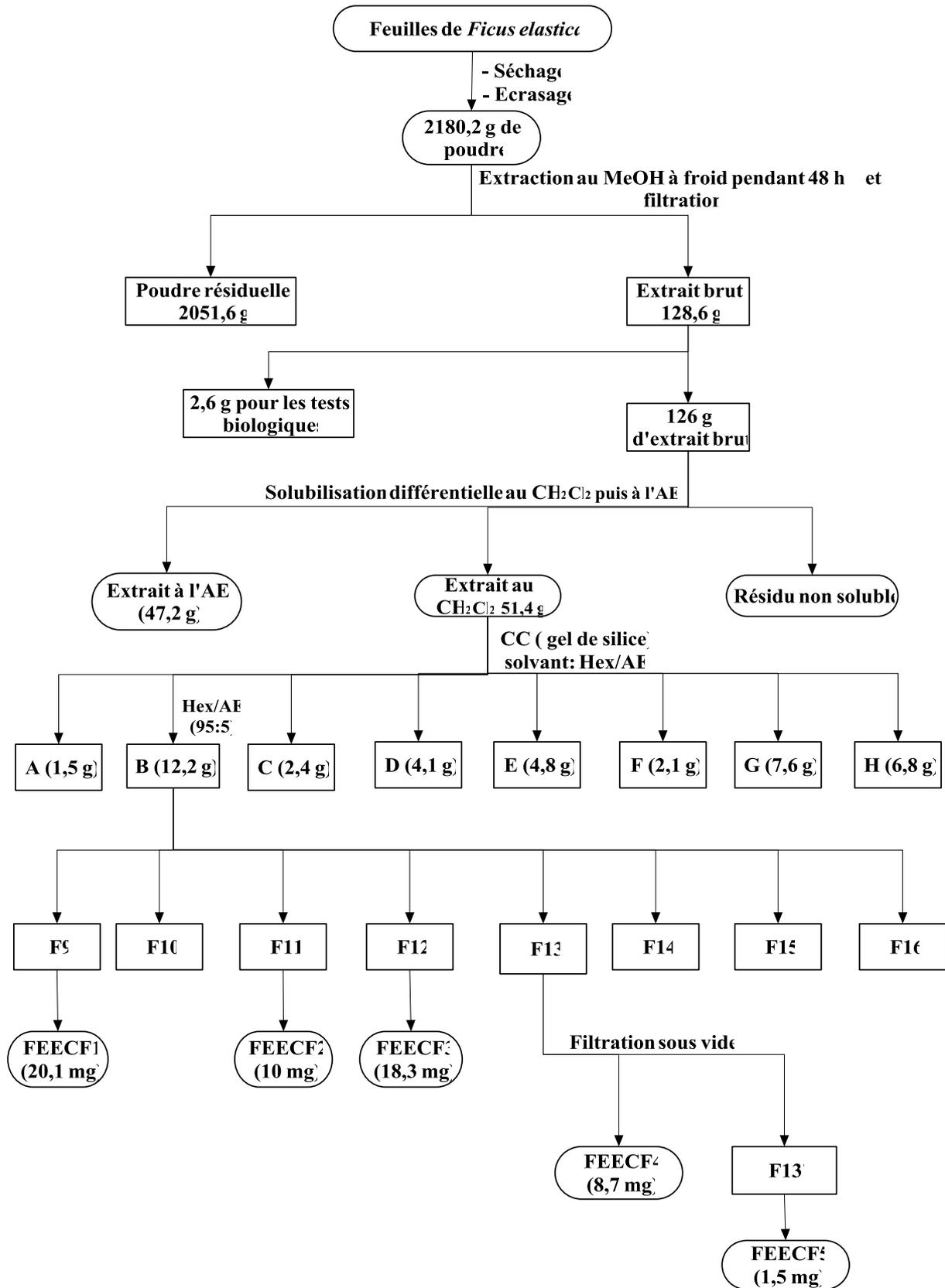


Schéma 4: Protocole d'extraction, de séparation et de purification des composés des feuilles de *Ficus elastica*

I. ETUDE STRUCTURALE DES COMPOSES ISOLES

I.1 Elucidation de la structure du composé FEECF1

FEECF1 est obtenu sous forme de poudre blanche dans le système Hex/AE 95/5. Il est soluble au chlorure de méthylène. Il répond positif au test de Liebermann-Burchard en donnant une coloration violette, ce qui suggère que FEECF1 serait un triterpénoïde (Kapche 2000).

➤ Analyse du spectre de masse

Son spectre de masse à haute résolution en impact électronique montre le pic de l'ion moléculaire (M^+) à $m/z=468.3967$, compatible avec la formule brute $C_{32}H_{52}O_2$ renfermant sept insaturations.

➤ Analyse du spectre RMN 1H (300 MHz, $CDCl_3$, Fig.2)

Sur son spectre de RMN 1H , on observe :

– deux signaux caractéristiques, notamment un triplet (t) d'un proton à δ_H 5,14 avec une constante de couplage $J = 3$ Hz caractéristique du proton vinylique H_{12} des dérivés de l'Ursène et de l'Oléanène ; ainsi qu'un doublet dédoublé (dd) d'un proton à δ_H 4,53 avec les constantes de couplage $J = 6$ et 9 Hz attribuable au proton $H_{3\alpha}$ des triterpènes acétoylés (Connolly et *al.* 1991).

– Entre 0,8 et 2,1 ppm, 9 signaux correspondant aux groupements méthyles résonnant à δ_H 0,83 ; 0,86 ; 0,89 ; 0,94 ; 0,96 ; 0,99 ; 1,03 ; 1,08 pour les méthyles du squelette de l'urs-12-ène et à δ_H 2,06 pour le méthyle du groupement acétyl (singulet).

➤ Analyse du spectre RMN de ^{13}C (300 MHz, $CDCl_3$, Fig.3, Tab.15)

Sur le spectre de RMN ^{13}C découplé proton, on peut distinguer 32 signaux impliquant l'absence de carbones isochrones dans la molécule. On observe entre autre:

– le signal résonnant à 171 ppm nous suggère la présence d'un carbonyle des esters dans le squelette de FEECF1 probablement en position 3.

– les deux signaux à 124,3 ppm (d) et 139,6 ppm (s) attribuables aux déplacements chimiques des carbones oléfiniques C_{12} et C_{13} chez l'Urs-12-ène (Connolly et *al.* 1991, Dongo 1990).

– un signal à 80,9 ppm (d) attribuable au carbone 3 (C_3) lié à un atome d'oxygène.

➤ **Analyse du spectre DEPT 135 (CDCl₃, Fig.4)**

Sur le spectre DEPT 135, on observe 25 signaux. Comparé au spectre de RMN ¹³C découplé proton, on déduit la présence de : sept carbones quaternaires dont 5 carbones quaternaires + le carbone C₁₃ impliqué dans la double liaison de la série de l'Urs-12-ène et un autre correspondant au carbonyle en position 3(C_{1'}). En outre, on distingue :

- sept signaux attribuables aux carbones tertiaires (CH) en phase positive.
- neuf signaux correspondants aux carbones secondaires (-CH₂-) en phase négative.
- neuf signaux correspondants aux carbones primaires (CH₃-) en phase positive.

➤ **Analyse du spectre HMQC (CDCl₃, Fig.5)**

Sur le spectre HMQC, on observe quelques corrélations ¹J (¹³C-¹H) parmi lesquelles :

- le carbone à 124,3 ppm (CH) est lié au proton à 5,14Hz (H₁₂)
- le carbone à 80,9 ppm est lié au proton à 4,53 Hz (H_{3a})
- le carbone à 21,4 ppm (CH₃-) est lié au proton à 2,06 ppm (H'₂)

– **Analyse du spectre HMBC (CDCl₃, Fig.6)**

Enfin le spectre HMBC de FEECF1 laisse apparaître les taches de corrélations ²J, ³J et ⁴J (¹³C-¹H) entre :

- le proton à 2,06 ppm (H'₂) et le carbone à δ_C 171 (C'₁)
- le proton à 0,83 ppm (H₂₈) et les carbones à δ_C 26,6 (C₁₆) ; 33,8 (C₁₇) et 59,1 (C₁₈).
- le proton à 0,89 ppm (H₂₃) et les carbones à δ_C 80,9 (C₃) ; 55,3 (C₅) ; 37,7 (C₄).
- le proton à 0,99 ppm (H₂₄) et les carbones à δ_C 55,3 (C₅) ; 37,7 (C₄).

La figure 6 présente les corrélations HMBC observées dans la molécule FEECF1.

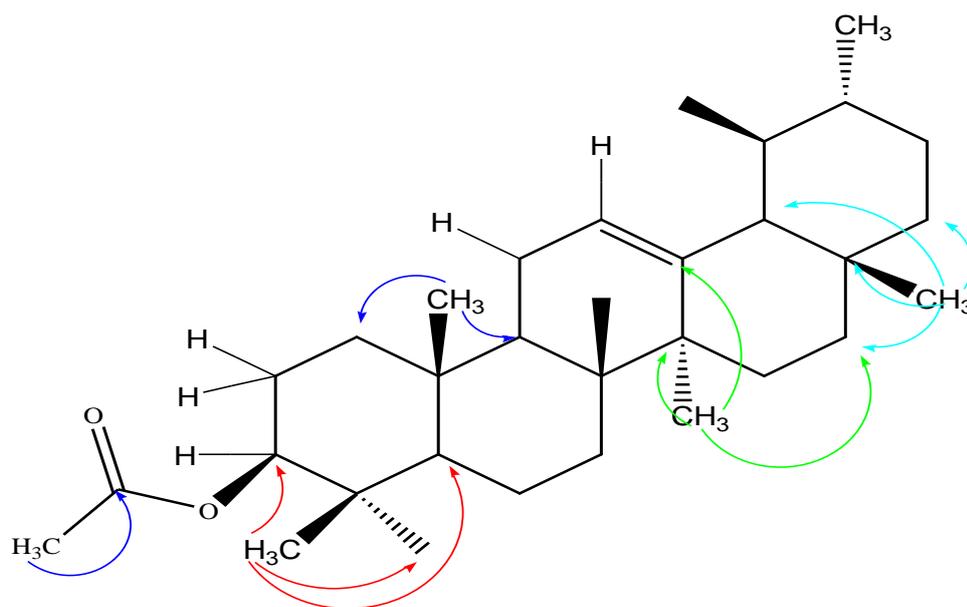
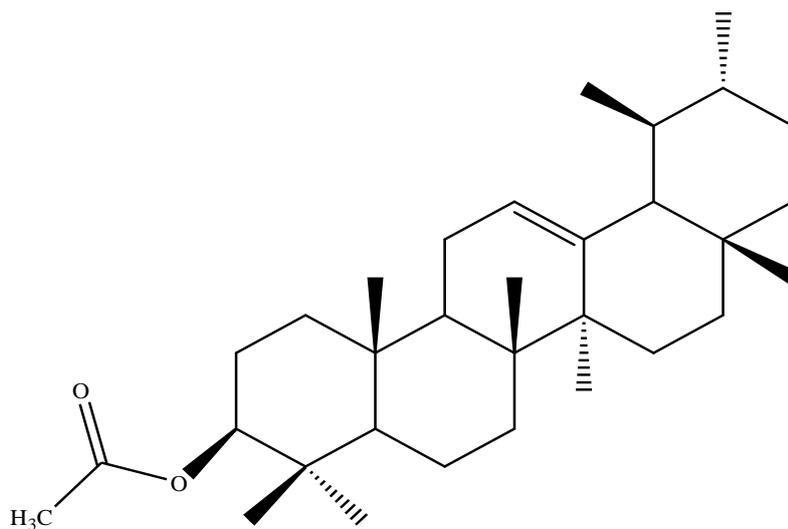


Figure 2 : Corrélations HMBC dans FEECF1

L'analyse de toutes ces données spectrales ainsi que leur comparaison avec celles de la littérature (Mahato et Kundu 1994) permettent d'attribuer à FEECF1 la structure **75** qui est celle de l'acétate de α -amyrine précédemment isolé de *Alstonia boonei* De wild (*Apocynaceae*) par Okoye et *al.* en 2014. Cette molécule présente des activités anti-inflammatoires ce qui justifie son usage ethnométricinal dans la lutte des maladies telles que le paludisme, les ulcères et les désordres inflammatoires chez plusieurs organismes vivants.



Acétate de α -amyrine **75**

Tableau 15 : Données de RMN¹³C (75MHz, CDCl₃) de FEECF1 comparées à celle de α-amyrine décrit dans la littérature (Mahato et Kundu 1994)

N°	δ _C	δ _C (α-amyrine (CDCl ₃)) (Mahato et Kundu 1994)	N°	δ _C	δ _C (α-amyrine (CDCl ₃)) (Mahato et Kundu 1994)
1	38,5	38,7	17	33,8	33,7
2	23,4	27,2	18	59,1	58,9
3	80,9	78,3	19	39,6	39,6
4	37,7	38,7	20	39,7	39,6
5	55,3	55,2	21	31,3	31,2
6	18,3	18,3	22	41,5	41,5
7	32,9	32,9	23	28,7	28,1
8	40,0	40,0	24	15,7	15,6
9	47,7	47,7	25	16,7	15,6
10	36,8	36,9	26	16,9	16,8
11	23,6	23,3	27	23,2	23,3
12	124,3	124,3	28	28,1	28,1
13	139,6	139,3	29	17,5	17,4
14	42,1	42,0	30	21,3	21,3
15	29,7	28,7	1'	21,4	
16	26,6	26,6	2'	171	

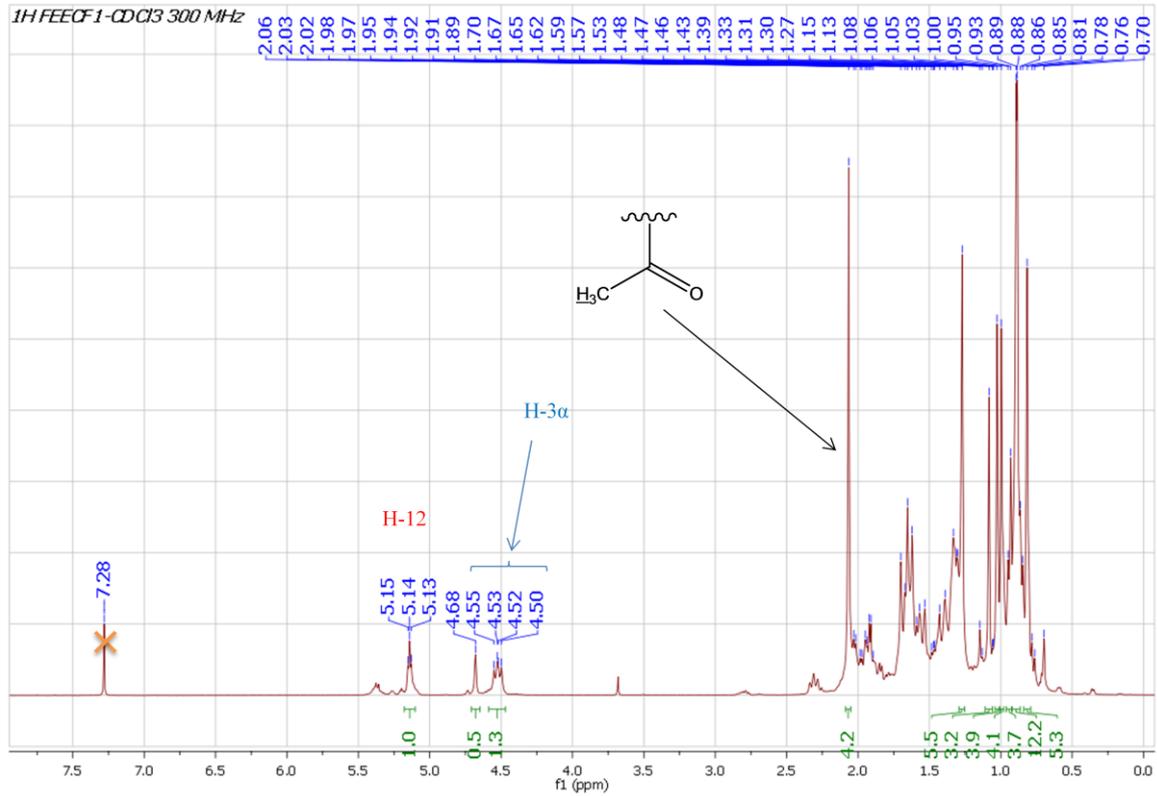


Figure 3 : Spectre de RMN¹H (CDCl₃, 300MHz) de FEECF1

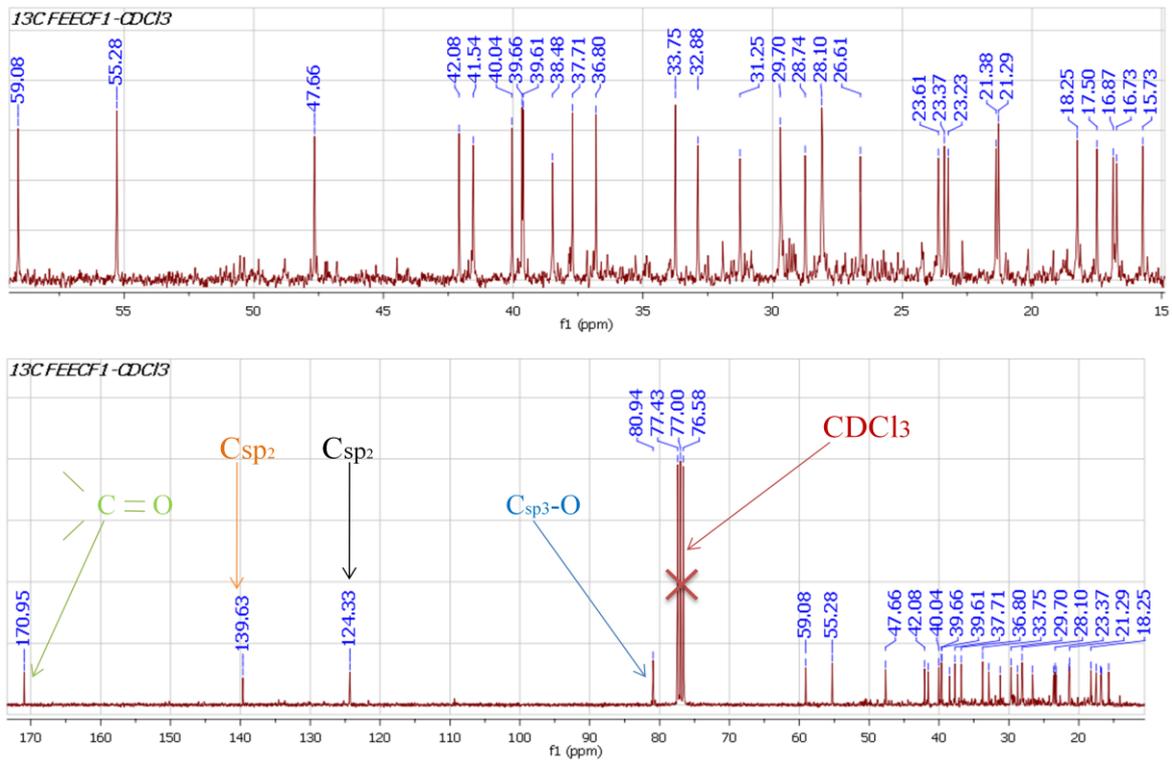


Figure 4 : Spectre de RMN¹³C (CDCl₃, 75MHz) de FEECF1

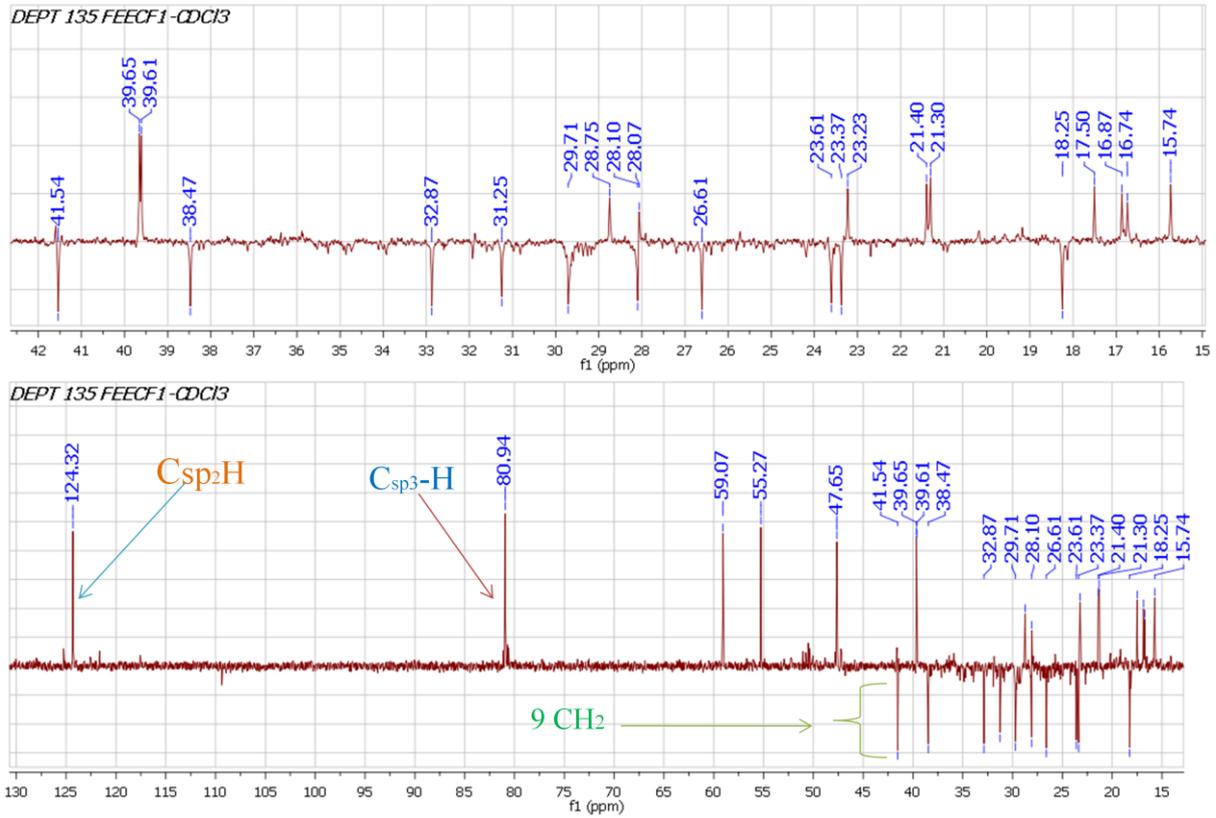


Figure 5: Spectre DEPT135 (CDCl_3) de FEECF1

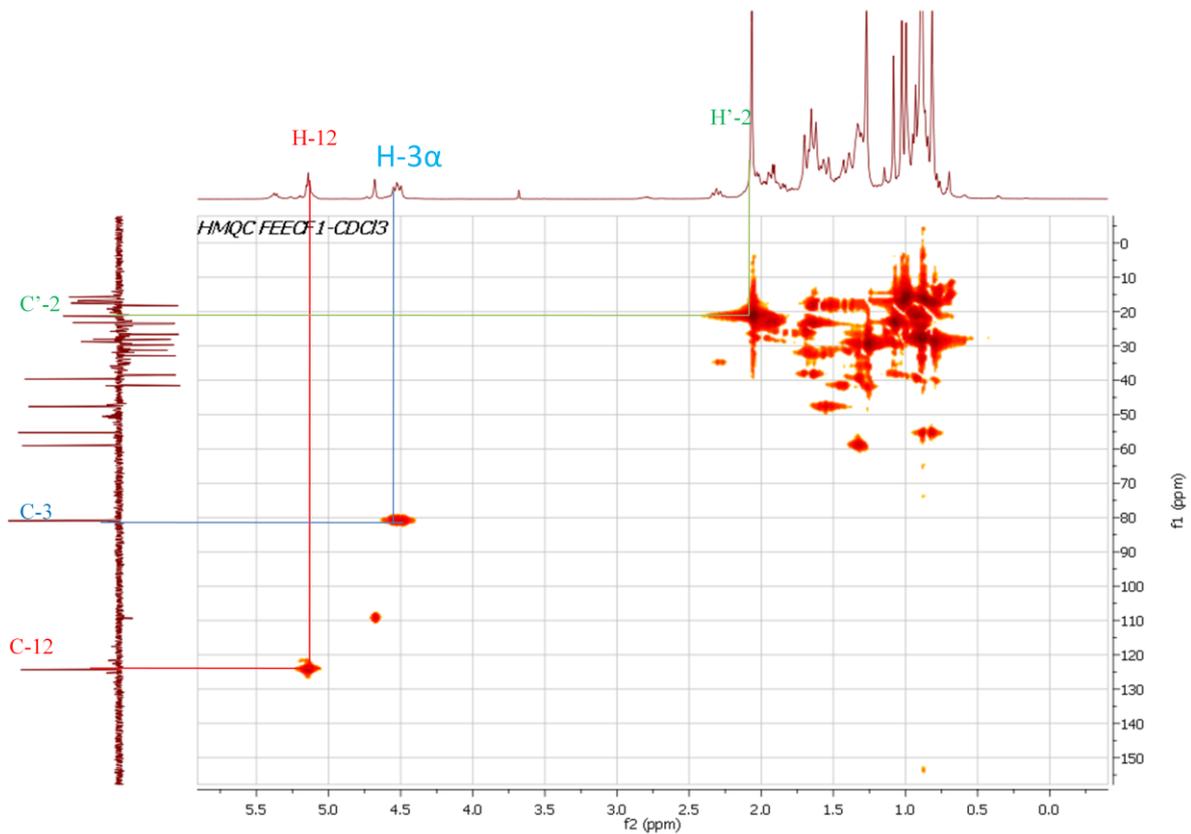
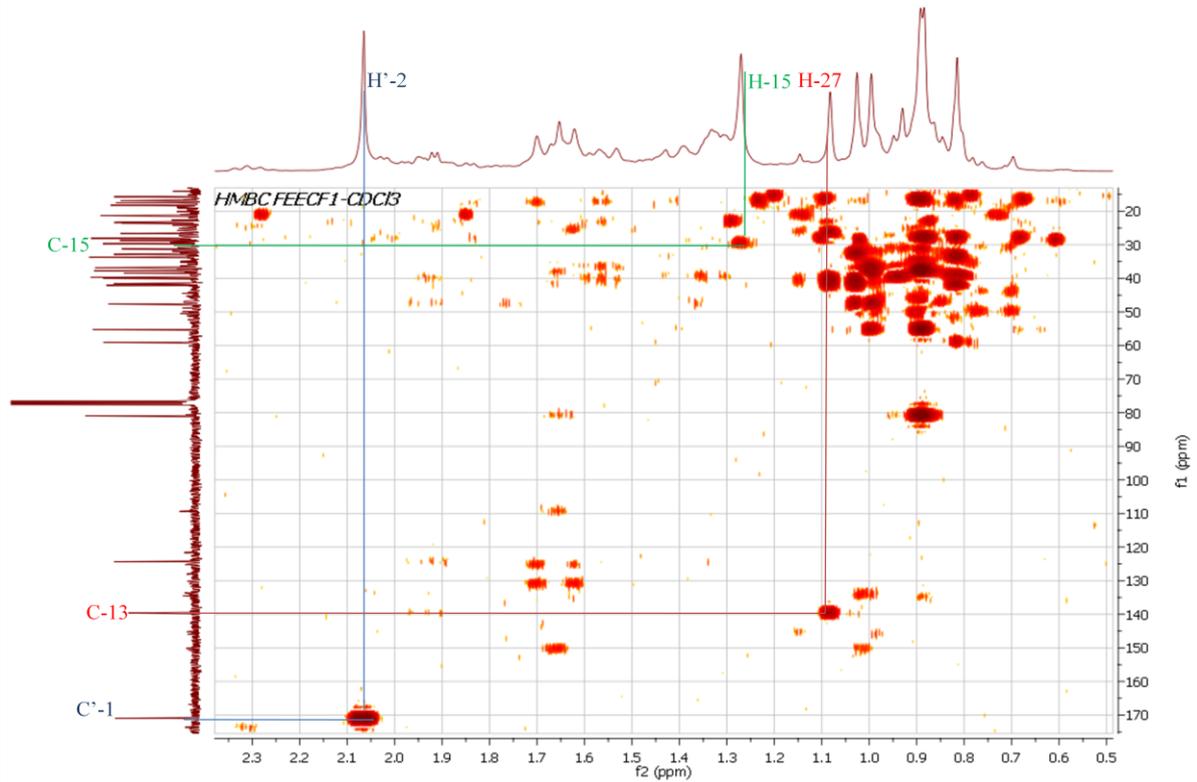
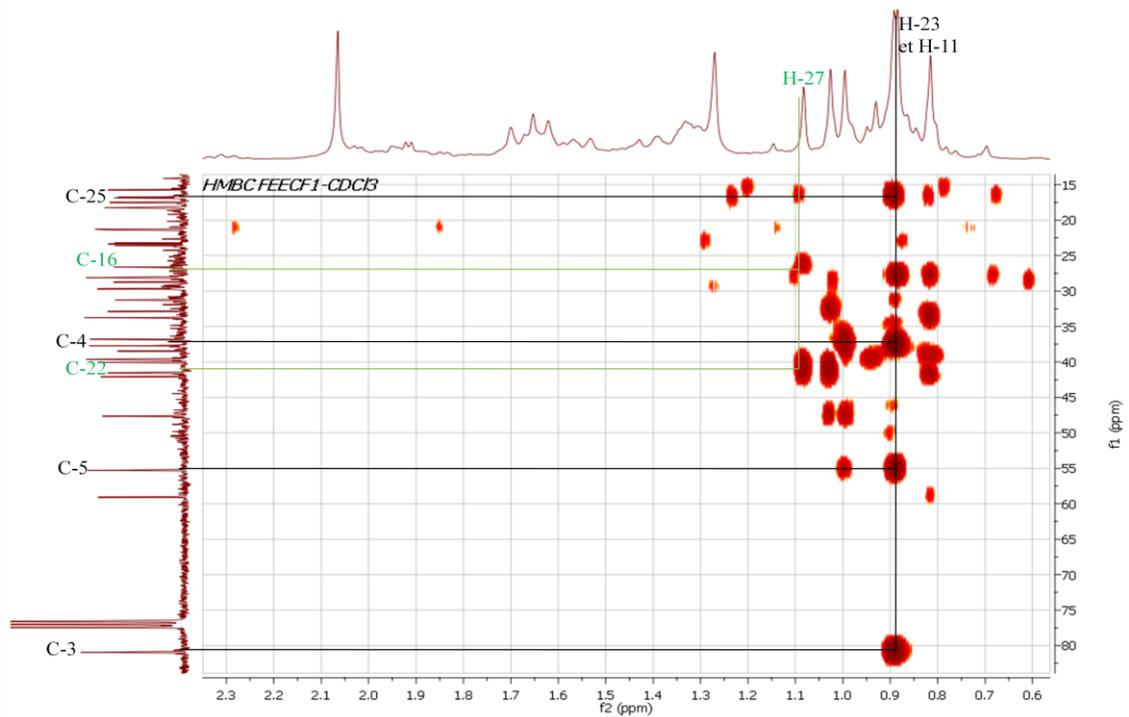


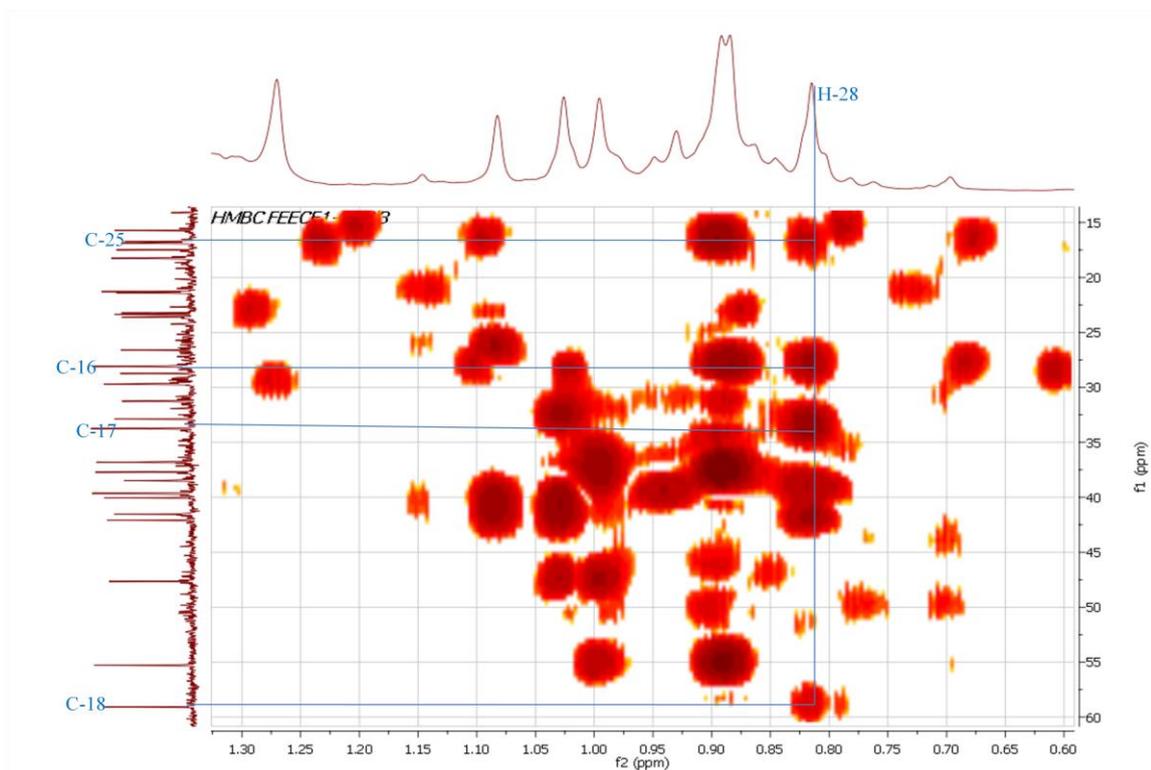
Figure 6: spectre HMQC de FEECF1



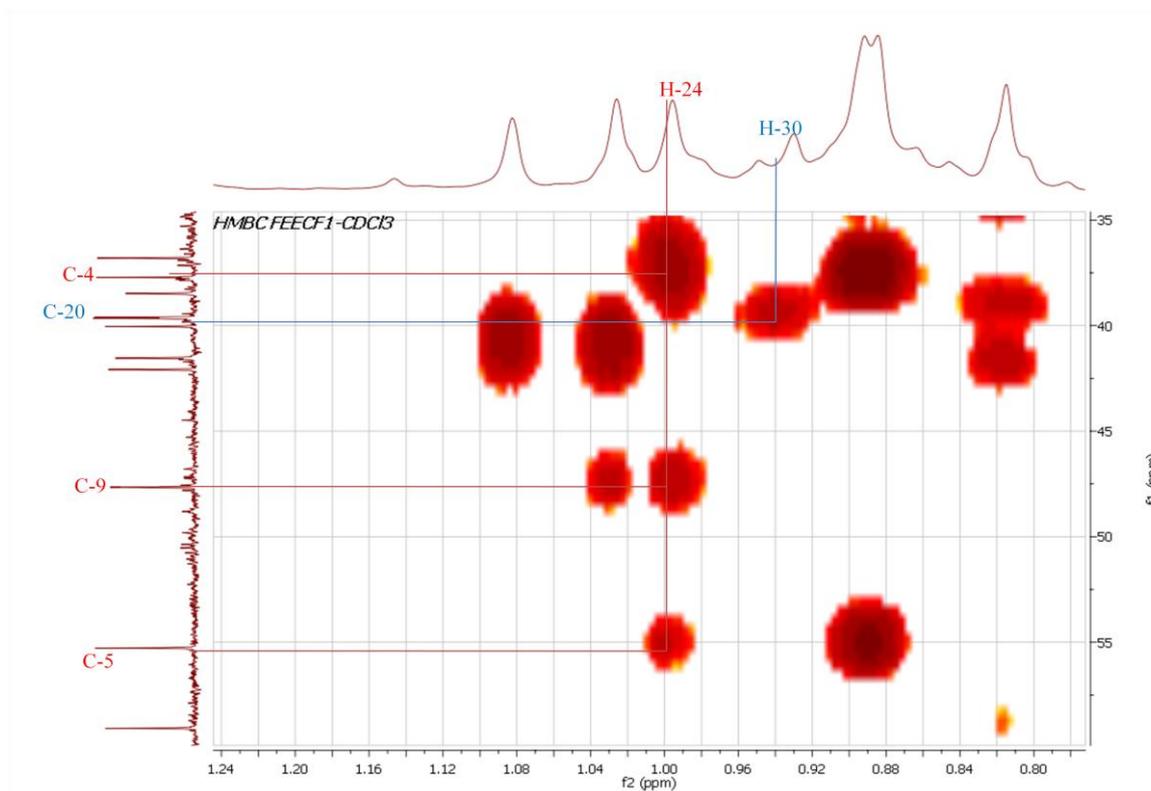
A



B



C



D

Figure 7: spectre HMBC de FEECF1 (A) et spectre HMBC élargi de FEECF1 (B, C, D)

I.2 Elucidation de la structure du composé FEECF2

Le composé FEECF2 a été obtenu sous forme de poudre blanche dans le système Hex/AE 95/5. Il est soluble dans le chloroforme et répond positivement au réactif de Liebermann-Burchard, donnant une coloration rouge violacée caractéristique des triterpènes.

Le spectre de masse à impact électronique (TOF MS EI+) haute résolution de FEECF2 montre le pic de l'ion moléculaire à 482,3853 (calc. 482,3819) sur la base de laquelle on a assigné la formule de $C_{32}H_{50}O_3$ à FEECF2 qui renferme huit insaturations.

Son spectre RMN¹H montre deux protons vinyliques (d) dans un système AB à δ_H 5,50 et 6,54 ($J = 6$ Hz) qui couplent respectivement dans le spectre HMQC avec les signaux carbones à δ_C 123,5 et 117,7. Ce spectre RMN¹H fait également ressortir deux signaux (dd) à δ_H 3,97 (dd, $J = 4,6$ Hz ; 11,6 ; 1H) et 4,58 (dd, $J = 4,3$ Hz ; 12,2 ; 1H) qui couplent respectivement, dans HMQC avec les carbones à δ_C 75,6 et 77,1 assignable à deux protons : l'un porté par un carbone (C_1) lié à -OH et l'autre porté par un carbone (C_3) lié à -OAc. La constante de couplage élevée pour ces deux CH montre qu'ils ont une orientation α impliquant que les -OH et AcO ont une orientation β . Aussi, sur le spectre RMN¹H, on observe :

- un singulet (s) de trois protons à δ_H 2,08 indiquant la présence du groupement Ac
- dans la région des champs forts, les signaux à δ_H 0,83 ; 0,87 ; 0,89 ; 0,91 ; 0,93 ; 1,19 et 1,29 attribuables aux six méthyles angulaires (s) et à δ_H 0,84 et 0,95 attribuables aux deux méthyles (d) des positions 29 et 30.

Toutes ces données suggèrent un squelette de type ursène (Seebacher et *al.* 2003).

Le spectre RMN¹³C découplé proton associé à l'expérience DEPT135 présente 32 signaux carbones parmi lesquelles on a : neuf Me, sept CH₂, huit CH (incluant deux oléfiniques et deux CH liés aux atomes d'oxygène O) et huit carbones quaternaires.

Le spectre COSY de FEECF2 montre explicitement les corrélations entre les protons à δ_H 3,97 et 1,78 d'une part et δ_H 1,78 et 4,58 d'autre part ce qui suggère que ces protons sont portés respectivement par les carbones C_1 , C_2 et C_3 en s'appuyant sur le spectre HMQC. On observe également la corrélation entre les deux protons vinyliques à δ_H 5,5 et 6,54 qui serait liés aux carbones C_{12} et C_{11} respectivement d'après HMQC.

Le spectre HMBC confirme la position des groupements OH et Ac sur les carbones C₁ et C₃ respectivement par les protons H-24 (δ_H 0,91) et H-25 (δ_H 1,3) qui corréllent respectivement avec les carbones à δ_C 77,1 (C₃) ; 48,8 (C₅) pour H-24 et à δ_C 75,6 (C₁) ; 48,8 (C₅) et 152,1 (C₉). Les corrélations HMBC et COSY de FEECF2 sont présentées par la figure 7.

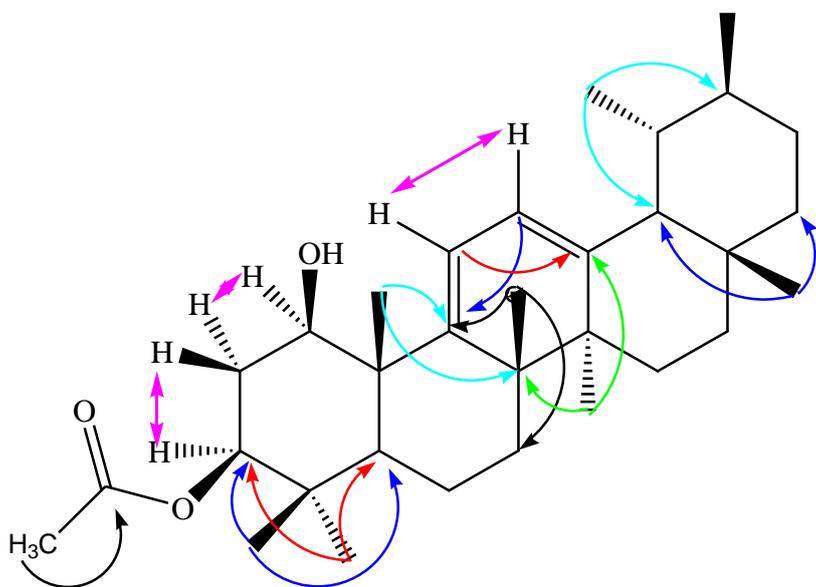
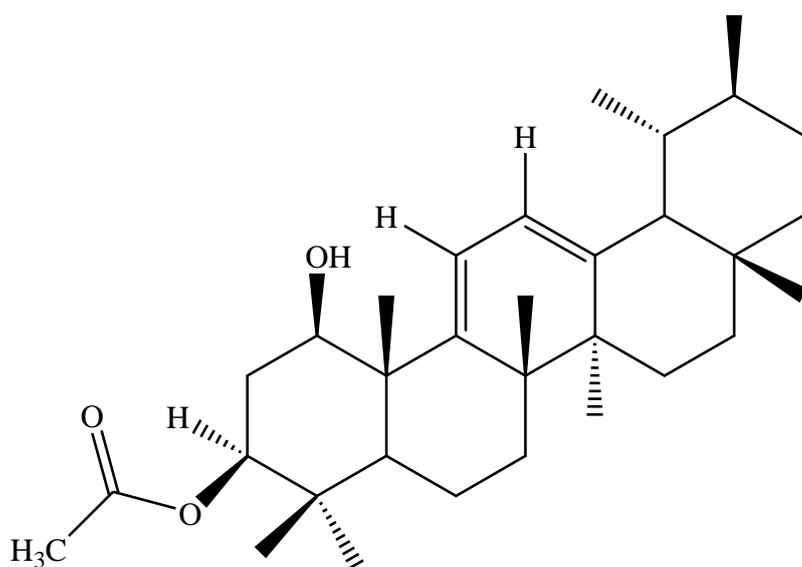


Figure 8 : Corrélations COSY (\leftrightarrow) et HMBC (\rightarrow) dans FEECF2

L'ensemble de toutes ces données en comparaison avec celle décrit dans la littérature, nous a permis d'attribuer à FEECF2 la structure **76** qui est celle du 3 β -acetylursa-9(11),12-dien-1 β -ol précédemment isolé de *Ficus conraui* par Kengap et *al.* en 2011.



3 β -acetylursa-9(11),12-dien-1 β -ol **76**

Tableau 16 : Données de RMN¹³C (75MHz, CDC13) de FEECF2 comparées à celles de la littérature (Kengap et al. 2011.).

N°	δ _C	δ _C (conrauidienol) (Kengap et al. 2011.)	N°	δ _C	δ _C (conrauidienol) (Kengap et al. 2011.)
1	75,6	75,6	16	26,2	26,2
2	34,5	34,5	17	33,7	33,7
3	77,9	77,1	18	57,3	57,3
4	40,9	40,9	19	39,4	39,4
5	48,8	48,8	20	39,1	39,1
6	18,4	18,4	21	31,2	31,2
7	31,0	31,0	22	41,3	41,3
8	44,7	44,7	23	27,7	27,7
9	152,1	152,1	24	17,4	17,4
10	38,0	38,0	25	17,8	17,8
11	117,7	117,7	26	21,2	21,2
12	123,5	123,5	27	23,0	23,0
13	141,7	141,7	28	28,7	28,7
14	43,3	43,3	29	16,2	16,2
15	28,3	28,3	30	18,6	18,6
1'	21,5	21,5	2'	170,8	171

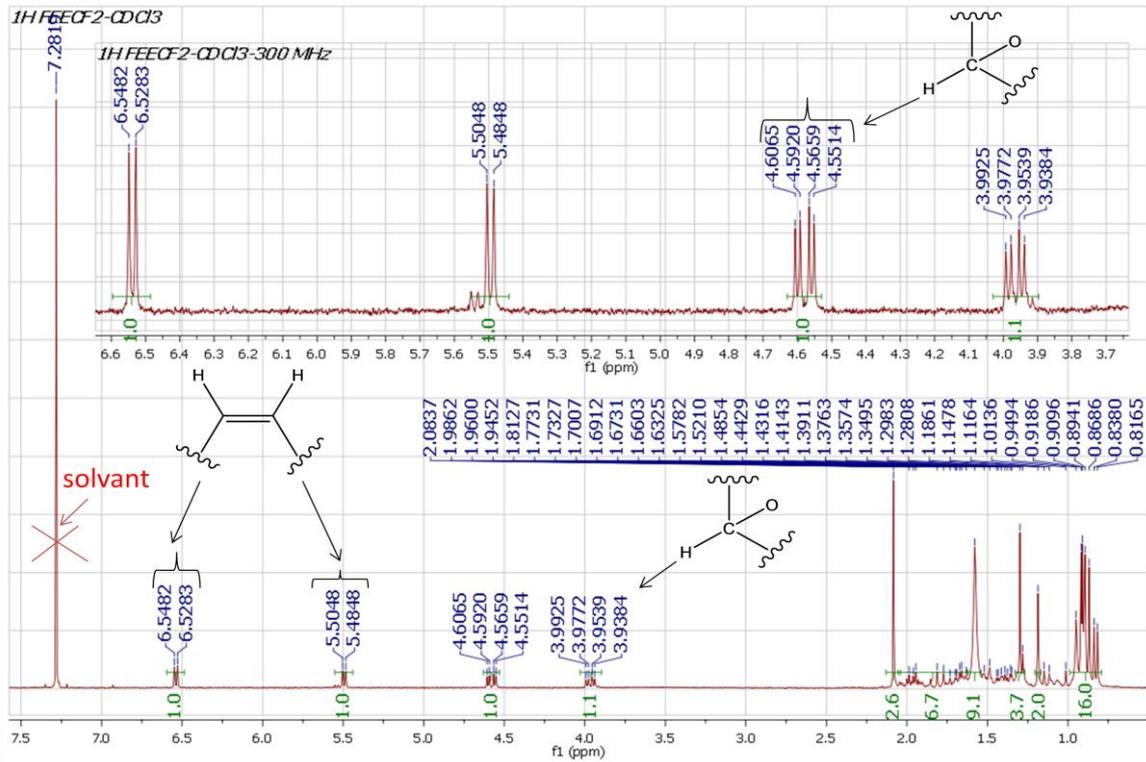


Figure 9: Spectre de RMN¹H (CDCl₃, 300MHz) de FEECF2

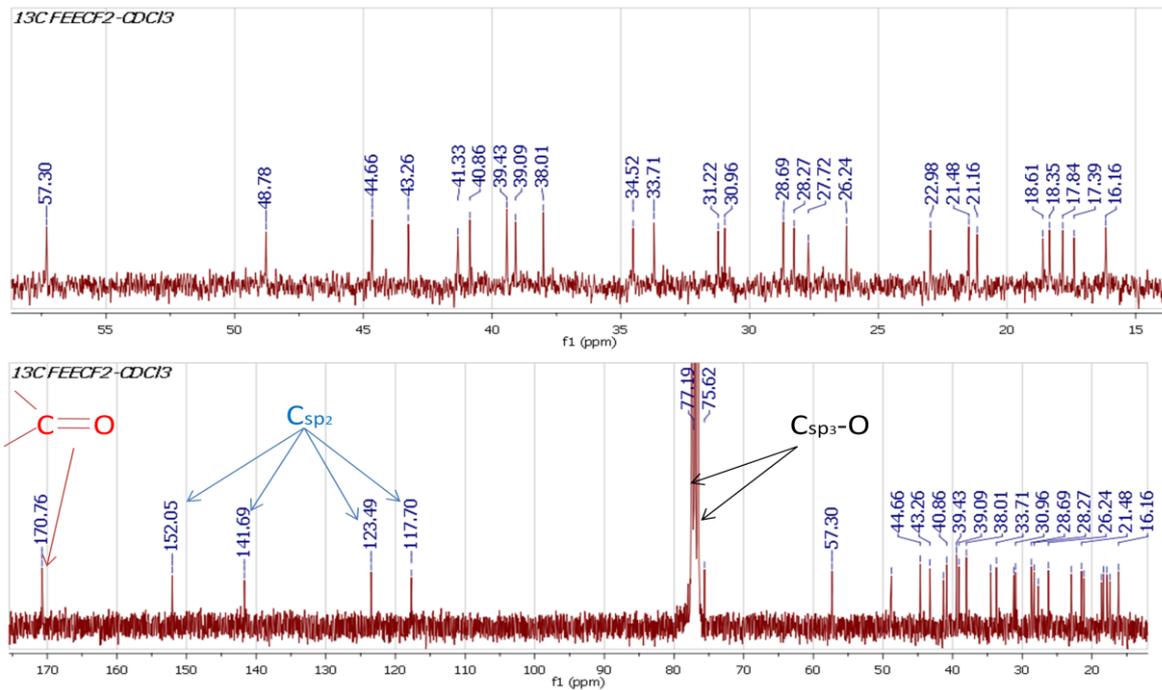


Figure 10 : Spectre de RMN¹³C (CDCl₃, 75MHz) de FEECF2

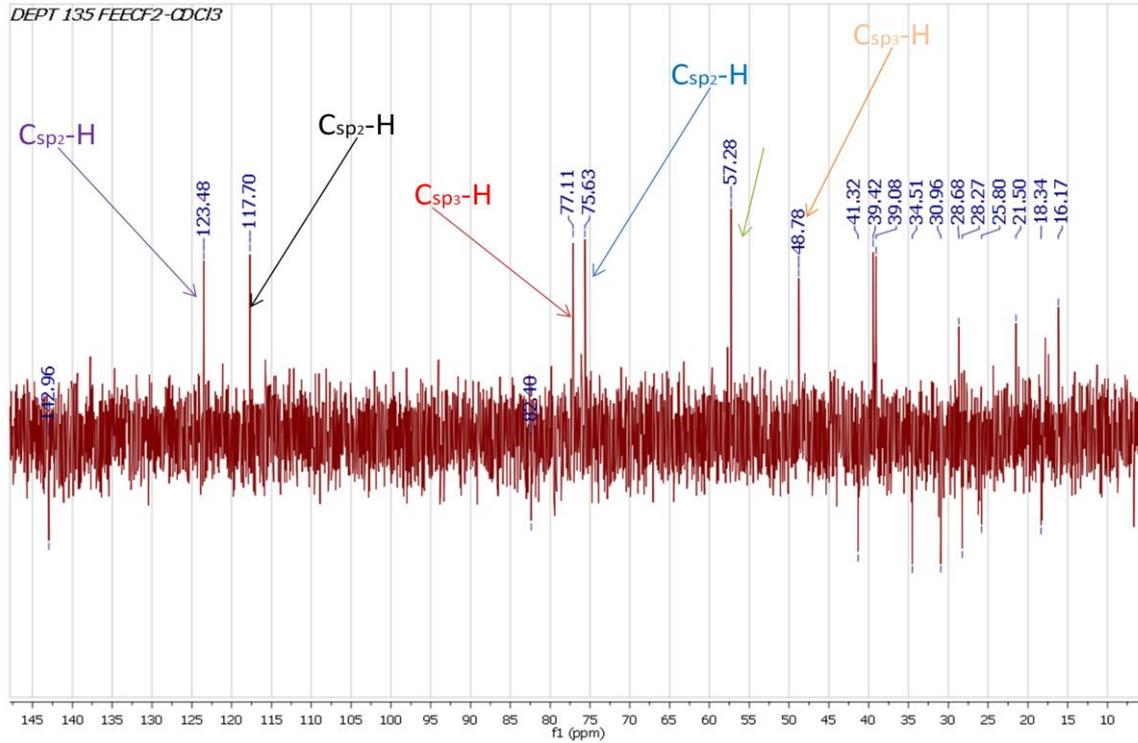
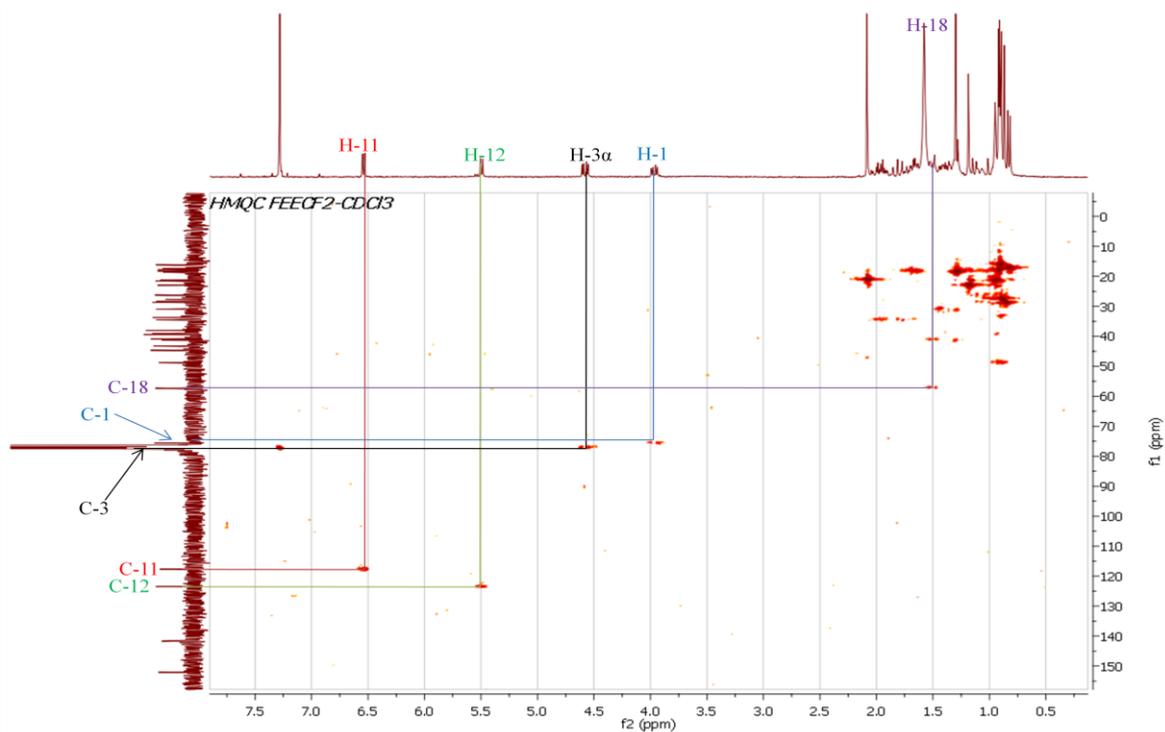
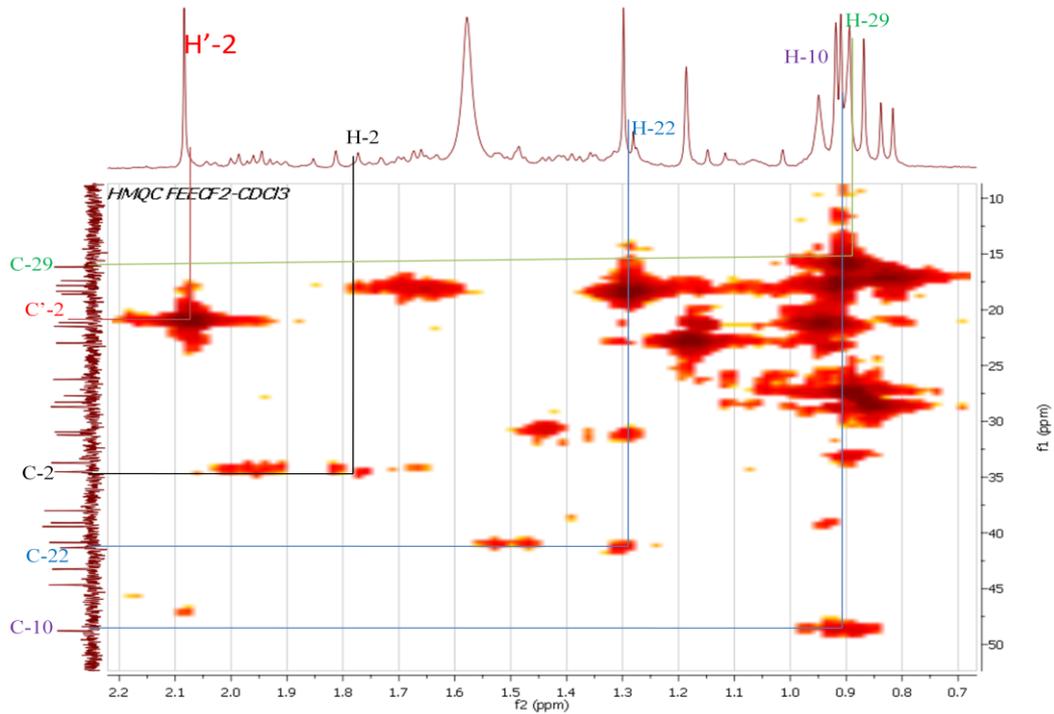


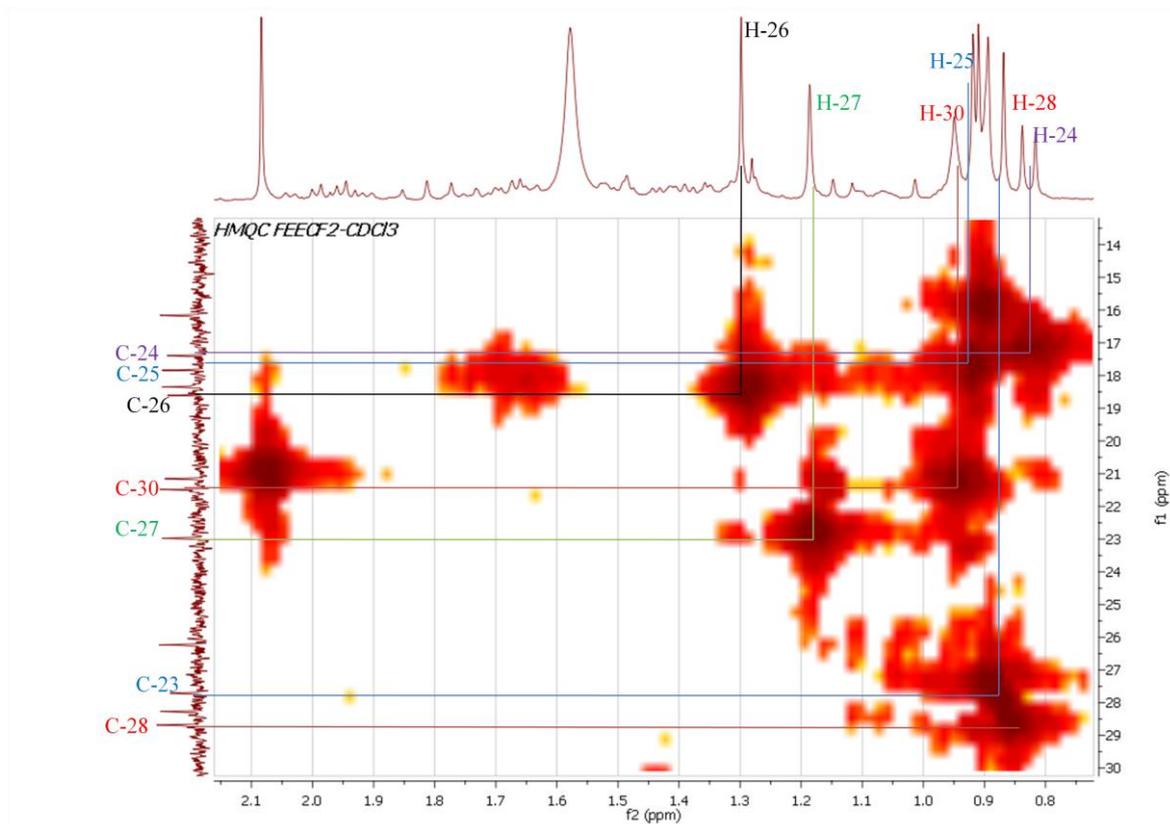
Figure 11 : Spectre de DEPT135 de FEECF2



A



B



C

Figure 12 : Spectre HMQC de FEECF2 (A) et spectres HMQC élargis de FEECF2 (B, C)

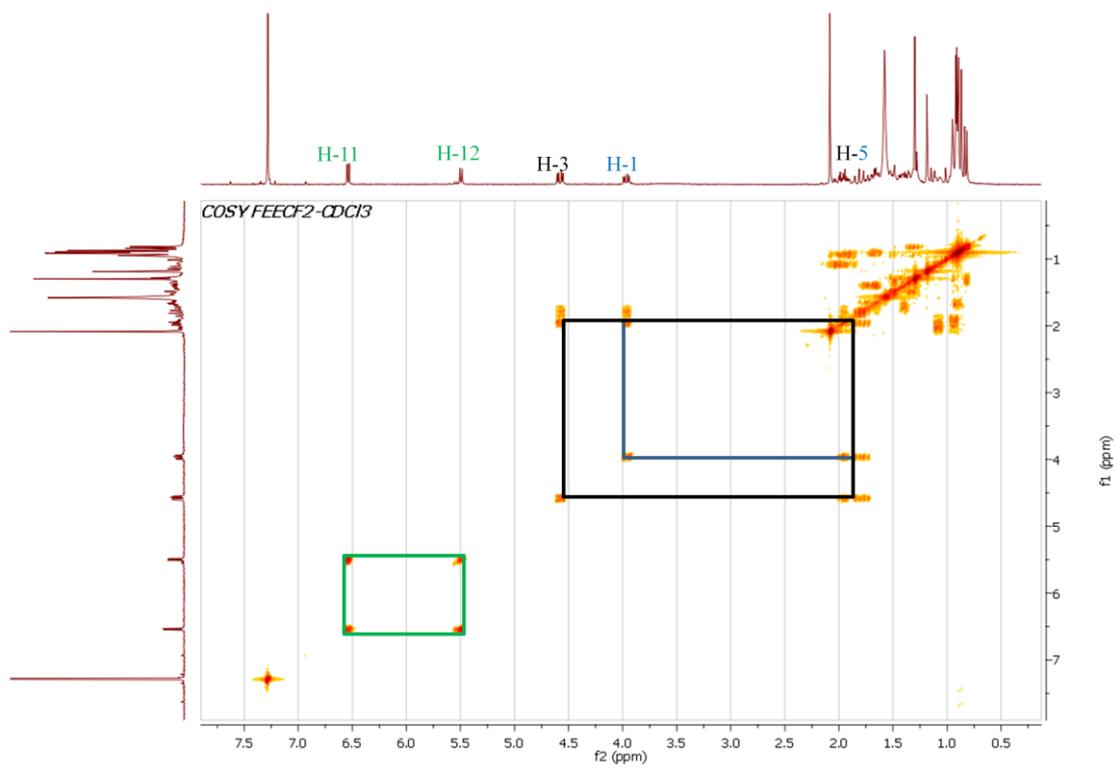
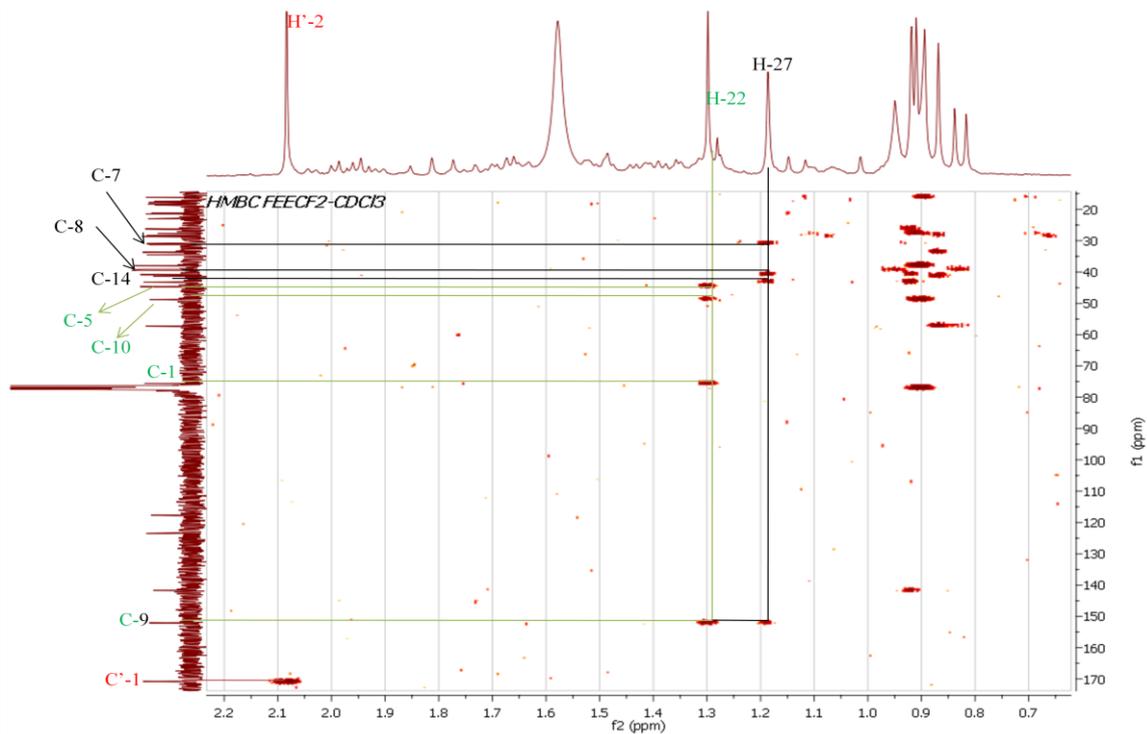
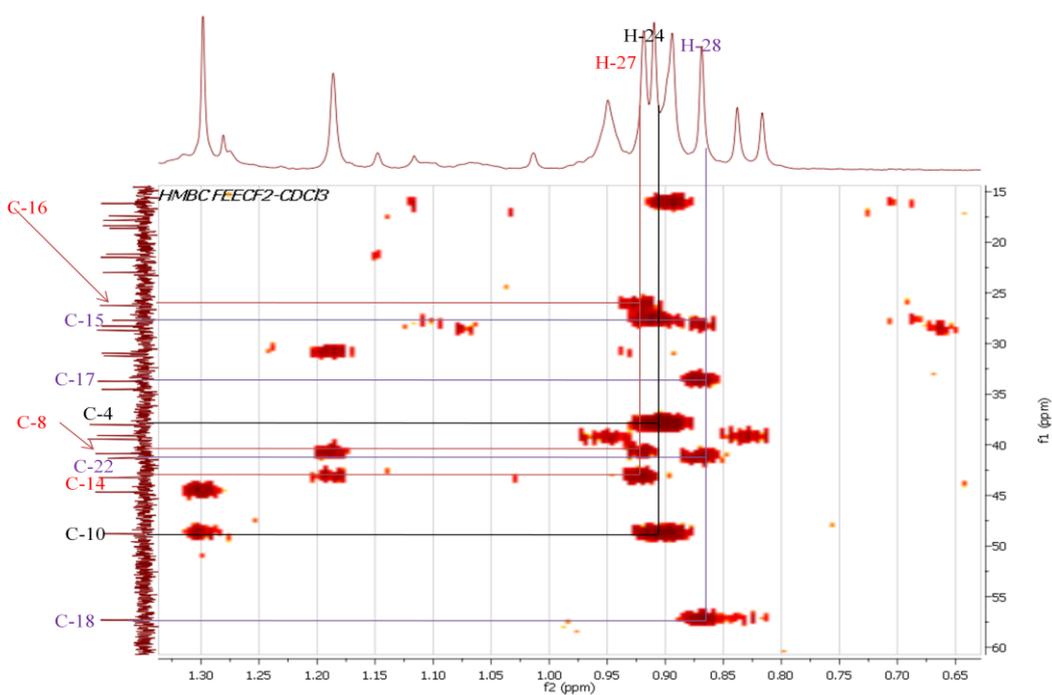


Figure 13 : Spectre COSY de FEECF2



A



B

Figure 14 : Spectre HMBC de FEECF2 (A) et spectre HMBC élargi (B) de FEECF2

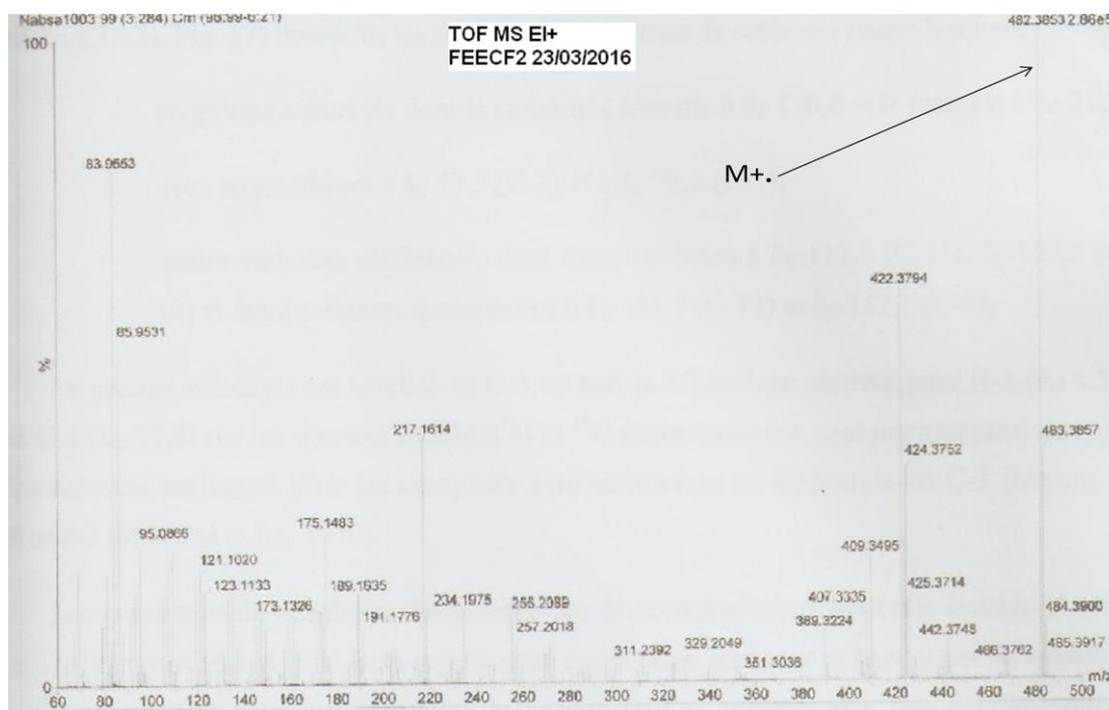


Figure 15 : Spectre de masse de FEECF2

M^+ 482.3853 (calc. 482.3819 $C_{32}H_{50}O_3$)



INTERET PEDAGOGIQUE

INTERET PEDAGOGIQUE

Dans cette partie, nous établissons le lien entre le présent travail et son apport pour notre future carrière d'enseignant. Ainsi, l'élaboration de ce mémoire, bien qu'étant un exercice fastidieux, nous a permis :

- D'assimiler certaines techniques de laboratoire telles que : l'extraction, la filtration, la distillation et la préparation des solutions qui nous permettront de mieux aborder les leçons que nous aurons à enseigner dans les classes de quatrième, seconde, première et terminale de l'enseignement secondaire.
- D'élargir notre champ de connaissance en ce qui concerne les groupements fonctionnels en chimie organique car l'espèce étudiée nous a conduit à l'identification de différents composés renfermant plusieurs groupements fonctionnels tels que la fonction alcool, alcène et ester qui sont des contenus dispensés dans les programmes du second cycle de l'enseignement secondaire.
- De maîtriser davantage l'utilisation de l'outil informatique car les nouvelles approches pédagogiques insistent sur l'utilisation des techniques de l'information et de la communication dans le processus enseignement apprentissage.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude chimique effectuée sur la fraction au chlorure de méthylène de l'extrait brut au méthanol des feuilles de *Ficus elastica* a abouti à l'isolement de cinq composés indexés de FEECF1 à FEECF5. Sur la base des données physiques et spectroscopiques, deux de ces composés ont été caractérisés et identifiés respectivement à l'acétate de α -amyrine et au 3 β -acetylursa-9(11),12-dièn-1 β -ol (conrauidienol), appartenant tous à la classe des triterpènes pentacycliques.

Les composés obtenus des espèces du genre *Ficus*, présentant généralement des activités biologiques anti-tumorales, anti-cancéreuses et anti-inflammatoires, nous nous proposons à l'avenir de :

- Analyser et caractériser les composés FEECF3, FEECF4 et FEECF5 ;
- Continuer l'étude des sous-fractions restantes ;
- Faire des tests biologiques sur les produits résultants et réaliser leur hémisynthèse ;
- Etendre notre étude à d'autres espèces du genre *Ficus*.



**CHAPITRE III: PARTIE
EXPERIMENTALE**

I. APPAREILLAGE ET MATERIEL VEGETAL

I.1 Appareillage

L'extrait brut des feuilles de *Ficus elastica* obtenu a été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif de fabrication Heidolph WB 2000.

La réalisation de la solubilisation différentielle en vue de l'obtention de l'extrait au chlorure de méthylène s'est faite dans une ampoule à décanter de 2 L puis d'une autre de 1 L.

Les plaques de chromatographie sur couche mince sont des feuilles d'aluminium de dimension 20x20cm de gel de silice GO pour CCM d'épaisseur 0,20mm. Le développement des plaques CCM se fait dans une cuve chromatographique. Les fractions ont été recueillies à l'aide de petits flacons en verre.

La filtration des solutions contenant des cristaux a eu lieu grâce à une pompe à vide.

Une balance électrique de marque COBOS, modèle D-600-SX et de précision 1/10 et une balance ultrasensible de marque SARTORIUS WERKEK, type 242 nous a permis de réaliser les pesées des différentes masses.

Les gels de silice utilisés en CC sont de fabrication Merk, de type GO et de granulométrie 0,04-0,063mm et 0,063-0,200mm.

Les analyses chromatographiques sur couche mince effectuées sont réalisées sur des plaques de silice de marque MERCK, de type TLC silice 60F254, sur feuilles d'aluminium de 0,2mm d'épaisseur.

La révélation s'est faite à la lampe ultra-violette de marque VL-6.LC et de fabrication française (puissance 24W, longueurs d'onde 254nm et 365nm) et la pulvérisation à l'acide sulfurique dilué (H_2SO_4/H_2O 50-50) à 50% suivi d'un chauffage de la plaque à l'étuve (de marque Memmert854) à environ 80°C.

Les spectres de résonance magnétique nucléaire (RMN) du proton et carbone ont été enregistrés sur les appareils BRÜKER Avance opérant à 300MHz avec comme référence interne le tétraméthylsilane (TMS).

I.2 Matériel végétal

Les feuilles de *Ficus elastica* ont été récoltées en Juillet 2014 à Yaoundé, dans la région du Centre Cameroun, plus précisément à Ngoa-Ekellé. L'identification de cette espèce

a été réalisée par M. NANA Victor, botaniste à l'Herbier National du Cameroun. Elles ont été séchées et écrasées ; ce qui nous conduit à l'obtention de 2,1802 Kg de poudre.

II. EXTRACTION ET ISOLEMENT DES PRODUITS

La poudre obtenue a subi une extraction au méthanol à la température ambiante pendant 48h de trempé. Après concentration par évaporation du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif, nous avons obtenu 128,6g d'extrait au méthanol. Cet extrait au méthanol a été dissout dans 500mL d'un mélange MeOH/H₂O à 10/90 puis soumis à une solubilisation différentielle dans le chlorure de méthylène. La concentration de la fraction au chlorure de méthylène à l'aide d'un évaporateur rotatif à la température de 60°C nous conduit à 51,4g d'extrait. L'extrait organique au chlorure de méthylène (51,4g) a été fixé sur une masse équivalente de silice et la séparation des constituants de ce dernier a été réalisée dans une colonne chromatographique avec des solvants de polarité croissante. Puis, suivant une chromatographie d'exclusion en ce qui concerne les fractions regroupées contenant des produits de polarités voisines. Le chromatogramme d'isolement de ses composés est présenté par le tableau 17.

Tableau 17: Le chromatogramme d'extraction des composés

Eluant	Fractions	Eluant de la CCM	Observations
Hex pur	F1-F8	Hex/AE 95-5	Mélange jaunâtre et complexe de composés dont la couleur diminue de F1 à F8
Hex/AE 95-5	F9-F16	Hex / AE 95-5	Mélange de composés huileux et jaune. Après CCM, filtration et lavage : -F9 est un mélange de composés dont FEECF1 est majoritaire -F11 mélange de composé dont FEECF2 est majoritaire -F12 conduit au composé FEECF3 -F13 conduit au composé FEECF4 -F13' conduit au composé FEECF5
Hex/AE 90/10	F17-F24	Hex/AE 95-5	Mélange de composés de couleur verte
Hex/AE 85/15	F25-F31	Hex/AE 90-10	Mélange complexe de composés de couleur verte claire

Hex/AE 80/20	F32-F36	Hex/AE 90-10	Mélange de composés verdâtres
Hex/AE 75/25	F37-F42	Hex/AE 90-10	Mélange de composés de couleur verte foncée
Hex/AE 70/30	F43-F47	Hex/AE 90-10	Mélange de composés de couleur verte
Hex/AE 65/35	F48-F51	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 95-5	Mélange de composés de couleur verte claire
Hex/AE 60/40	F52-F57	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 95-5	Mélange de composés de couleur jaune
Hex/AE 55/45	F58-F61	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 95-5	Mélange complexe de composés jaunes
Hex/AE 50/50	F62-F66	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 95-5	Mélange de composés de couleur jaunâtre
Hex/AE 45/55	F67-F71	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 95-5	Mélange de composés jaunâtres
AE pur	F72-F73	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 90-10	Mélange de composés de couleur jaune
AE/MeOH 45/55	F74	CH ₂ Cl ₂ /MeOH 90-10	Mélange de composés de couleur noire

III. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET SPECTROSCOPIQUES DES COMPOSES ISOLES

➤ Composé FEECF1

- Cristaux blancs provenant de la fraction 9 au mélange Hex/AE 95-5 soluble dans le chlorure de méthylène.
- Formule brute : C₃₂H₅₂O₂
- Test de Liebermann-Buchard: positif
- Spectre de RMN ¹H : 300 MHz, chloroforme
- Spectre de RMN ¹³C : 75 Mhz, CDCl₃
- Spectre DEPT 135° : CDCl₃
- Spectre HMQC : CDCl₃
- Spectre COSY : CDCl₃
- Spectre HMBC : CDCl₃



➤ **Composé FEECF2**

- cristaux blancs provenant de la fraction 11 au mélange Hex/AE 95-5 soluble dans le chlorure de méthylène.
- Formule brute : $C_{32}H_{50}O_3$
- Test de Liebermann-Burchard: positif
- Spectre de RMN 1H : 300 MHz, chloroforme
- Spectre de RMN ^{13}C : 75 MHz, $CDCl_3$
- Spectre DEPT 135° : $CDCl_3$
- Spectre HMQC : $CDCl_3$
- Spectre COSY : $CDCl_3$
- Spectre HMBC : $CDCl_3$
- Spectre de masse EI+

➤ **Composé FEECF3**

Poudre blanche provenant de la fraction 12 au mélange Hex/AE 95-5 soluble dans le chloroforme.

➤ **Composé FEECF4**

Cristaux blancs provenant de la fraction 13 au mélange Hex/AE 95-5 soluble dans le chlorure de méthylène et dans le méthanol.

➤ **Composé FEECF5**

Poudre de couleur blanche provenant de la fraction 13' au mélange Hex/AE 95-5 soluble dans le chlorure de méthylène.

IV. TESTS CARACTERISTIQUES

Test de Liebermann-Burchard (A. Tchoukoua 2006) :

But : Identification des triterpènes et des stéroïdes.

Réactifs : $CHCl_3$, Ac_2O , H_2SO_4 concentré.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amonkan K., Kam-Coulibay S., Kouadio Y., Offoumou A. (2005)** Comparaison du potentiel diurétique et électrolytique de l'extrait aqueux de *Ficus exasperata* (Moraceae) et du furosémide chez le rat. Le pharmacien d'Afrique 186 :15-22.
- Arbonier M. (1961)** Arbre, Arbuste, et liane des zones sèches d'Afrique de l'Ouest éd. museum national d'histoire naturelle, 411.
- Aubreville A. (1954)** Flore du Cameroun Moraceae 28; Ed. Muséum national d'histoire naturelle, Paris 5^e, 4, 113-114.
- Baumgartner B., Clemens A., Erdelmeier D., Wright T. (1990)** An antimicrobial alkaloid from *Ficus septic.* Phytochemistry 29: 3327-3330.
- Berg C., Hijman E., Weerdemburg J. (1985)** Flore du Cameroun. MESRES, Yaoundé Cameroun 28 : 4-8.
- Berhaut J. (1979)** Flore illustrée du Sénégal. Ministère du développement rural et de l'hydraulique, Dakar, Tome IV, 419-469.
- Bouquet A., Dedray M. (1974)** Plantes médicinales de la Cote d'Ivoire. O.R.S.T.O.R.M., Paris, 123.
- Bruneton J. (1993)** Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales, Techniques et documentation Lavoisier, 2^{ème} édition, Rue Lavoisier, 816-822.
- Bruneton J. (1999)** Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales, 3^{ème} édition, Rue Lavoisier, 279-283.
- Chiang M., Kuo Y. (2003)** Two novels α -tocopheroids from aerial roots of *Ficus microcarpa*. Tetrahedron letters 44: 5125-5128.
- Chiang Y., Chang J., Kuo C., Chang C., Kuo H. (2005)** cytotoxic triterpenes from the aerial roots of *Ficus microcarpa*. Phytochemistry 66: 495-501.
- Chiang Y., Kuo H. (2001)** New peroxy triterpenes from the aerial roots of *Ficus microcarpa*. Journal of Natural Products 64: 436-439.
- Connolly J., Hill A. (1991)** Methods in plant biochemistry, 7 academy press limited: 331-359.
- Darbour N., Bayet C., Rodin-Bercion S., Elkhomsy Z., Lurel F., Chaboud A., Guilet D. (2007)** Isoflavones from *Ficus nymphaefolio*. Natural Products Research 21: 461-464.

- Das M., Mahato S. (1983)** A fucidooleanen-3-one from *Salacia reticulata* var *diandra* Celastraceae. *Phytochemistry* 22: 1071-1095.
- Diaz G., Arruda A., Mara S., Muller A. (1997)** Methoxy flavones from *Ficus maxima*. *Phytochemistry* 45: 1697-1699.
- Dongo E. (1990)** Contribution à l'étude phytochimique de trois plantes médicinales du genre *Dorstenia* : *D. Psilurus*, *D. Kameruniana*, *D. Mannii* et Hémisynthèse de quelques flavonoides. Thèse de doctorat de 3^e cycle en chimie organique, université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Dutta C. (1981)** Botany for degree student. Oxford, Calcutta Oxford University Press, 697.
- Flahaut A., Zylberman P. (2008)** Des épidémies et des hommes. Edition la Martinière, 4.
- Innocenti G., Bettero A., Caporale B. (1982)** Determination of the coumarinic constituents of *Ficus carica* leaves by HPLC. *II Farmaco Edizione Scientifica* 37: 475-485.
- Johns S., Russel J. (1965)** Ficin a novel flavonoidal alkaloids from *F. pantoniana*. *Tetrahedron Letters* 24: 4414-4438.
- Kahbé S. (2006)** Quelques triterpènes Pentacycliques isolés des écorces des racines de *Ficus benjamina* (Moraceae). Mémoire de D.E.A en Chimie Organique, Université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Kallapa M., Hosamani C., Ravisa J., Pahanashehan N. (2003)** Occurrence of unusual fatty acids in *Ficus benghalensis* seed oil. *Science direct Industrial Crops and Products* 22 : 1-6.
- Kapche F. (2000)** Contribution à l'étude phytochimique de deux plantes médicinales du Cameroun : *Dorstenia poinsettiiifolia* et *Dorstenia psilurus* (Moraceae) et Hémisynthèse de quelques Flavanones. Thèse de doctorat de 3^e cycle en chimie organique, Université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Kengap R., Kapche D., Dzoyem P., Simo K., Ambassa P., Sandjo P., Adegaz M., Ngadui T. (2011)** Isoprenoids and flavonoids with antimicrobial activity from *Ficus conraui* WARBURG (Moraceae) 94, 2231-2238.
- Kerharo J. (1974)** La pharmacopée traditionnelle sénégalaise, plantes médicinales et toxiques. Paris, Vigot-frère, 594.

- Paris R., Debray M., Etchepare S. (1966) Les flavonoïdes d'une Moracée de la Côte d'Ivoire : le *Morus mesozygia*. *Staph. Annales Pharmaceutiques Françaises* 24 : 745-748.
- Pine H., Hendrickson B., Cram J. (1991) Organic chemistry 4e edition, Mc grawhill, 195.
- Satabie B. (1985) Flore du Cameroun. Moraceae (incl.Cécropiacées) par C. C. Berg, M.E.E. Hijmann & J. C. A. Weerdenburg Utrecht. Yaoundé, MESRES, 274.
- Seebacher W., Simic N., Weis R., Saf R., Kurnert O. (2003) Magnetic Resonance. 41 : 636.
- Senghor, L. S. (1979) Flore illustrée du Sénégal. Tome VI, Dakar, 257.
- Sheu W., Chiang C., Chen S., Chen C., Tsai L. (2005) Cytotoxic flavonoids and new chromenes from *Ficus formosana*. *Planta Medica* 71: 1165-1167,
- Subramaniam G., Kenny A., Siewbee N., Anthony B., Mark B. (2009) A benzopyrroloisoquinoline alkaloid from *Ficus fistulosa*. *Phytochemical Letters* 2 : 88-90.
- Tabopda K. (2006) Thèse de doctorat de 3^e cycle. Université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Taraxerol F., Orhara Y., Tsuda Y. (1966) Terpénoides, *Phytochemistry* 19 : 2539-2543.
- Tchamo T. F. (2006) Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale du Cameroun: *Ficus mucoso* (Moraceae). Mémoire de DEA en chimie organique, Université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Tchoukoua A. (2006) Etude phytochimique et évaluation des activités antibactérienne et antifongique de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae). Mémoire de D.E.A en Chimie organique, Université de Yaoundé I, faculté des sciences, Cameroun.
- Tene M. (1999) Etude chimique de quelques Plantes Antiparasitaires du Cameroun : *Echinops giganteus*, *Microglossa angolensis*, *Néoboutonia glabrescens* et *Néoboutonia Mannii*. Transformations chimiques et activités biologiques de quelques produits isolés. Thèse de doctorat de 3^e cycle en Chimie Organique, Université de Yaoundé, facultés des sciences, Cameroun.

