

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix – Travail – Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEURE  
DEPARTEMENT DE CHIMIE

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace – Work – Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

\*\*\*\*\*

## **ÉTUDE CHIMIQUE DE L'EXTRAIT A L'ACETATE D'ETHYLE DES ÉCORCES DU TRONC DE FICUS ELASTICA (MORACEAE)**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme des professeurs de  
l'enseignement secondaire deuxième grade (Di.P.E.S II)

Par :

**MAKOUDJOU Fongang Laure D.**  
**Licenciée es sciences**

Sous la direction  
**KAPCHE W. F.G. Deccaux**  
**Maître de Conférences**

Année Académique  
2015-2016





## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire de Yaoundé I. Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

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

Contact : [biblio.centrale.uyi@gmail.com](mailto:biblio.centrale.uyi@gmail.com)

## WARNING

This document is the fruit of an intense hard work defended and accepted before a jury and made available to the entire University of Yaounde I community. All intellectual property rights are reserved to the author. This implies proper citation and referencing when using this document.

On the other hand, any unlawful act, plagiarism, unauthorized duplication will lead to Penal pursuits.

Contact: [biblio.centrale.uyi@gmail.com](mailto:biblio.centrale.uyi@gmail.com)

## CERTIFICATION

Je soussigné, Pr KAPCHE. W. F. G. Decaux, certifie que les travaux effectués par l'étudiante MAKOUDJOU FONGANG Laure Doloresse, matricule 09S08997, portant sur L'ETUDE CHIMIQUE DE L'EXTRAIT A L'ACETATE D'ETHYLE DES ECORCES DU TRONC DE *Ficus elastica*, sont ses propres travaux et ont été faits sous ma supervision au Laboratoire de Chimie Organique de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I.

Fait à Yaoundé le.....

## DEDICACES

Je dédie ce travail à:

Mes parents M. Fongang Jean et Mme Djouka Octavie

Mon mari Chedjou Fabrice

Ma fille Debno Océane

## REMERCIEMENTS

Ce travail à été réalisé au Laboratoire de Chimie des Substances naturelles de l'École Normale Supérieure de Yaoundé sous la direction du Professeur Kapche W. F. G. Decaux que je tiens à remercier très sincèrement pour m'avoir accueilli dans son équipe de recherche, pour m'avoir proposé ce sujet ainsi que pour ses encouragements et ses conseils judicieux qui ont été déterminants pour la réalisation de ce travail.

Je remercie:

- Le Professeur Fon Abi Charles, chef de Département de chimie de l'ENS et à tous les enseignants de l'ENS en particulier ceux du Département de Chimie pour leur disponibilité et leur dévouement à ma formation.
- Mes aînés de laboratoire Dr Ango Yves, Mr Radius Melong pour leur encadrement et inlassables conseils.
- Le Professeur Joseph Tamesse pour tous ses encouragements et son soutien moral.
- Mes frères et soeurs Tchedjou Ghislain, NDE Philippe, Djoukam Marie, Fodop Achille et Sikadi Éric pour leur soutien et encouragements permanents.
- Tous mes camarades de classe en particulier ceux du laboratoire pour les discussions constructives que nous avons eues.
- Ma belle famille je pense ici particulièrement à Fogang Marcel, Matsinku Lydie, Mouafo Achille et Mafoba Irène pour tout leur soutien moral et encouragements.
- Mes amies Djochou Diane, Tsoto Achille et Nangmou Brice pour leur soutien quotidien, leur disponibilité et leur amitié.
- Tous les enseignants du Lycée Bilingue D'application de Yaoundé en particulier Mme TAKOU Béatrice qui m'a encadré durant mon stage pratique.
- Une pensée très spéciale aux membres de ma famille qui ont toujours su m'encourager et ont toujours été là pour moi.

# TABLE DES MATIÈRES

CERTIFICATION.....	Erreur ! Signet non défini.
DEDICACES .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
TABLE DES MATIÈRES .....	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES.....	vii
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES SCHÉMAS.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPIRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
1.1- Aperçu botanique :.....	4
1.1.1- La famille des <i>Moraceae</i> .....	4
1.1.2. Le genre <i>Ficus</i> .....	4
1.1.3- L'espèce <i>Ficus elastica</i> .....	5
1.2-Quelques usages des plantes du genre <i>Ficus</i> .....	6
1.3-Travaux chimiques antérieurs sur le genre <i>Ficus</i> .....	8
1.3.1- Les triterpénoïdes.....	8
1.3.1.1- Généralités sur les triterpénoïdes.....	8
1.3.2- Les alcaloïdes .....	10
1.3.3- Les lignanes .....	12
1.3.4- Les composés phénoliques .....	12

1.3.5-Les stéroïdes .....	12
1.3.6- Les flavonoïdes.....	13
1.3.6.1-Généralités sur les flavonoïdes .....	13
1.3.6.2-Revue de la littérature sur les flavonoïdes .....	15
CHAPIRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	24
2.1- INTRODUCTION.....	25
2.2-DETERMINATION STRUCTURALE DES COMPOSES ISOLES .....	27
2.2.1-Identification de FEEAET2.....	27
2.2.2-Identification de FEEAET1 .....	32
INTERETS PEDAGOGIQUES .....	39
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....	40
CHAPIRE 3 : PARTIE EXPERIMENTALE.....	42
3.1-Appareillage et matériel végétal .....	43
3.1.1- Appareillage .....	43
3.1.2- Matériel végétal.....	43
3.2-Extraction et isolement des composés .....	43
3.2.1-Extraction .....	43
3.2.3-Purification des produits.....	46
3.3-Caractéristiques physico-chimiques des composés isolés. ....	46
3.3.1-Composé FEEAET1 .....	46
3.3.2-Composé FEEAET2.....	46
3.3.3-Composé FEEAET3 .....	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	47

## LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

AE	Acétate d'éthyle
APT	Attached Proton Test
CC	Chromatographie sur Cologne
CCM	Chromatographie sur Couche Mince
COSY	Corrélation Spectroscopy
<i>d</i>	Doublet
<i>dd</i>	Doublet dédoublé
$\delta$	deplacement chimique
EI	<i>Electronic Impact</i>
ESI	Ionisation electro-spray
fig	Figure
Hex	Hexane
HMBC	Heteronuclear Multiple Bond Corrélation
HMBC	Heteronuclear Multiple quantum Coherence
Hz	Hertz
F.	<i>Ficus</i>
J	Constante de couplage
MHz	Mégahertz
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ppm	Partie par Million
RMN <sup>1</sup> H	Résonance Magnétique Nucléaire du proton
RMN <sup>13</sup> C	Résonance Magnétique Nucléaire du carbone
<i>S</i>	singulet
<i>t</i>	triplet
UV	Ultra violet

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photos des feuilles et tronc de <i>Ficus elastica</i> . .....	6
Figure 2 : Spectre RMN $^1\text{H}$ (600MHz, acétone- $\text{d}_6$ ) de FEEAET2.....	28
Figure 3 : Spectre COSY de FEEAET2 .....	28
Figure 4 : Spectre APT de FEEAET2 .....	29
Figure 5: Spectre de RMN $^{13}\text{C}$ de FEEAET2 .....	29
Figure 6: Spectre HMQC de FEEAET2.....	30
Figure 7 : Le spectre HMBC de FEEAET2 .....	31
Figure 8: Spectre RMN $^1\text{H}$ (600MHz, Acétone- $\text{d}_6$ ) de FEEAET1.....	33
Figure 9: Spectre COSY de FEEAET1 .....	35
Figure 10: Spectre RMN $^{13}\text{C}$ (600MHz, Acétone- $\text{d}_6$ ) de FEEAET1.....	35
Figure 11: Spectre HMQC FEEAET1 .....	36
Figure 12: Spectre HMBC FEEAET1 .....	37

## LISTE DES SCHÉMAS

Schéma 1 : Biosynthèse des flavonoïdes.....	19
Schéma 2: Fragmentation des flavones par rétro Diels Alder.....	20
Schéma 3: Protocole expérimental d'extraction des composés des écorces de <i>Ficus elastica</i>	26
Schéma 4: Principales corrélations observées sur les spectres COSY et HMBC du composé FEEAET2 .....	32
Schéma 5:Principales corrélations observées sur les spectres COSY et HMBC du composé FEEAET 1 .....	38

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Quelques espèces du genre <i>Ficus</i> au Cameroun .....	5
Tableau 2 : Quelques triterpénoïdes isolés du genre <i>Ficus</i> . .....	9
Tableau 3 : Quelques alcaloïdes isolés du genre <i>Ficus</i> . .....	11
Tableau 4 : Un lignane isolé du genre <i>Ficus</i> . .....	12
Tableau 5: Un composé phénolique isolé du genre <i>Ficus</i> . .....	12
Tableau 6 : Stéroïdes isolés du genre <i>Ficus</i> . .....	13
Tableau 7 : Quelques flavonoïdes isolés du genre <i>Ficus</i> . .....	14
Tableau 8: Différentes bandes d'absorption de quelques classes de flavonoïdes.....	21
Tableau 9: Quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action du méthoxyle de sodium. ....	22
Tableau 10 : Quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action de l'acétate de sodium. ....	22
Tableau 11 : Déplacements chimiques des protons de quelques classes de flavonoïdes. ....	23
Tableau 12: Déplacements chimiques des carbones centraux de quelques classes de flavonoïdes. ....	23
<b>Tableau 13</b> : Données spectrales du composé FEEAET2 comparées à celle de la littérature . .....	32
Tableau 14 : Données spectrales du composé FEEAET2 comparées à celle de la littérature .	38
Tableau 15: Chromatogramme des fractions. ....	45
Tableau 16: Chromatogramme de la fraction Fc.....	45

## RESUME

Le présent travail porte sur l'extraction, l'isolement, la purification et la caractérisation de quelques métabolites secondaires isolés d'une plante médicinale du Cameroun: *Ficus elastica*, une espèce de la famille des *Moraceae*.

De l'extrait à l'AE des écorces de cette plante, nous avons obtenu, après séparation et purification par des méthodes chromatographiques usuelles (CC,CCM), trois composés. Deux de ces composés ont été identifiés à 5,2',4'-trihydroxy-7,8-(2'',2''diméthylpyrano)-3-prénylflavone et 4,7,4'-trihydroxy-2'-méthoxyflavone. Les structures de ces composés ont été élucidés au moyen des méthodes spectroscopiques usuelles (RMN <sup>1</sup>H, RMN <sup>13</sup>C, COSY, HMBC , APT et HMQC). Ces structures ont été confirmées par comparaison de leurs données spectrales avec celles décrites dans la littérature.

Mots clés; *Moraceae* ; *Ficus elastica* ; 5,2',4'-trihydroxy-7,8-(2'',2''diméthylpyrano)-3-prénylflavone ; 4,7,4'-trihydroxy-2'-méthoxyflavone

## ABSTRACT

This work deals with the extraction, separation, purification and identification of some secondary metabolites from the stem barks of *Ficus elastica*, belonging to the *Moraceae*.

From the EtOAC extract, we have isolated using usual chromatographic methods namely column chromatography and thin layer chromatography, three compounds. From the analysis using usual spectroscopic methods (RMN  $^1\text{H}$ , RMN  $^{13}\text{C}$ , COSY, APT, HMBC and HMQC), the structure of two of these compounds have been identified as 5, 2',4'-trihydroxy-7,8-(2'',2''dimethylpyrano)-3-prenylflavone and 4,7,4'-trihydroxy-2'-methoxyflavone. These structures were confirmed by comparison of their spectral data with those in the literature.

Keys words: *Moraceae*; *Ficus elastica*; 5, 2',4'-trihydroxy-7,8-(2'',2''dimethylpyrano)-3-prenylflavone and 4,7,4'-trihydroxy-2'-methoxyflavone.



## **INTRODUCTION GENERALE**

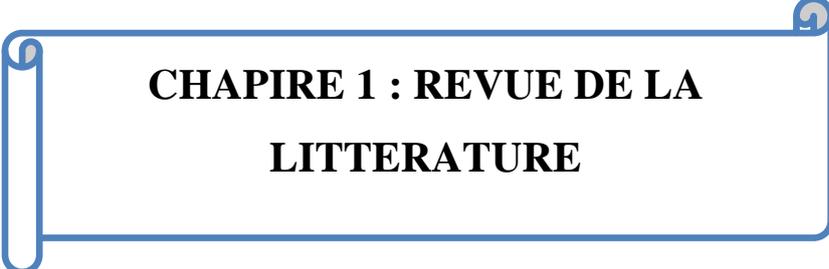
Les humains ont toujours eu à bénéficier des vertus médicinales des plantes. Pendant des siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicinales paraissent étranges et semblent souvent relever de la fiction, d'autres au contraire semblent plus fondées et plus efficaces. Pourtant toutes ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des humains.

Selon l'OMS, près de 6377 espèces de plantes médicinales constituent 90% de la médecine traditionnelle (Diallo 2005). Dans le but de valoriser cette médecine, le département de Chimie de l'École Normale Supérieure a mis sur pied des axes de recherche dont l'un est orienté vers la valorisation des plantes médicinales du Cameroun, dont l'objectif est l'isolement et la caractérisation des métabolites secondaires des plantes et la recherche des principes actifs, antibactériens, antifongiques, anti-inflammatoire, antiviraux, et antioxydants pour ne citer que ceux là.

Notre équipe de recherche s'intéresse depuis des années à l'étude de la famille des *Moraceae*. C'est ainsi que 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 (D.I.P.E.S II), nous avons entrepris l'étude chimique de l'extrait à l'acétate d'éthyle des écorces du tronc de *Ficus elastica*, une plante médicinale du Cameroun de la famille des *Moraceae*.

Le choix de cette plante réside dans le fait que, d'une part, les *Moraceae* en général et les plantes de genre *Ficus* en particulier sont largement utilisées dans la pharmacopée traditionnelle camerounaise et d'autre part, à notre connaissance seules les feuilles de *Ficus elastica* ont fait l'objet d'étude phytochimique.

L'objectif général est de contribuer à une meilleure connaissance chimique de cette plante. Les objectifs spécifiques sont l'isolement et la caractérisation des métabolites de cette espèce. Après une revue de la littérature sur la famille des *Moraceae*, le genre *Ficus* et l'espèce *Ficus elastica*, nous présenterons et discuterons des résultats obtenus lors de notre séjour au laboratoire, présenterons les méthodes et matériels utilisés et la bibliographie consultée.



## **CHAPIRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE**

## 1.1- Aperçu botanique :

### 1.1.1- La famille des *Moraceae*.

Le mot *Moraceae* vient du latin « *Morus* » qui veut dire mûrier. La famille des *Moraceae* appartient à l'embranchement des phanérogames, au sous embranchement des angiospermes, à la classe des dicotylédones, à la sous classe des monoclamidés et constitue l'une des familles les plus importantes de l'ordre des Urticales (Simo 2006). Elle fournit des espèces à intérêt alimentaire que l'on utilise quelquefois à titre thérapeutique (Chukwunonye et al.1980).

Les plantes de cette famille se présentent le plus souvent sous la forme d'arbres ou d'arbustes, mais on peut aussi rencontrer des lianes ou même des plantes herbacées. (Walter et al. 2001).

Elles sont de formes monoïques ou dioïques, avec des feuilles stipulées et disposées en spirales. Leurs plantules sont très souvent caractérisées par des feuilles primaires, simples opposées ou sub-opposées et à limbes dentés. Les inflorescences se présentent par paires et sont variées, claviformes et parfois pistillées, à fleurs staminées avec pétales libres ou soudées contenant 1 à 4 étamines. Leurs fleurs unisexuées sont disposées en cimes, en capitule ou en disque. Les fruits sont déhiscent et contiennent des graines à testa mince (Tsopmo et al. 1998).

La famille des *Moraceae* renferme près de 1 400 espèces réparties en 60 genres parmi lesquels 13 genres et 99 espèces sont recensés au Cameroun (Berg et al. 2001). Nous pouvons citer entre autre les genres *Morus*, *Fatoua*, *Milicia*, *Perebea*, *Sorocea*, *Trophis* etc... Les deux genres de la famille comptant le plus grand nombre d'espèces sont *Dorstenia* et *Ficus*, ce dernier fera l'objet de notre étude (Walter et al. 2001).

### 1.1.2. Le genre *Ficus*.

*Ficus* désignant généralement en français le nom figuier, est un genre qui comporte des arbres, des arbustes ou des lianes. Il est représenté par un ensemble d'espèces aux allures générales diverses : grands arbres pouvant atteindre jusqu'à quarante mètres de hauteur, arbrisseaux buissonnants, lianes tapissant etc.... (Judd et al. 2001).

Toutes les espèces du genre *Ficus* produisent des « faux-fruits » appelés figes, issus d'un type d'inflorescence très particulier, le sycone. Les fleurs des figuiers, qu'elles soient mâles ou femelles, sont très petites et sont situées à l'intérieur d'un réceptacle creux, ouvert à son extrémité par un ostiole par où peuvent passer les insectes pollinisateurs. L'ovaire monocarpique de chaque fleur produit un akène qui reste incorporé dans le réceptacle. La fige n'est donc pas à proprement parler un fruit mais une infrutescence, les véritables fruits étant les petits "grains" (les akènes) qui se trouvent à l'intérieur et qui contiennent chacun une seule graine. Les bourgeons sont de forme conique. Ils sont dépourvus d'écaillés et donnent l'impression d'être nus ; ils sont en fait pourvus de stipules enveloppantes qui se détachent très rapidement. Certaines espèces sont hermaphrodites (figes à la fois mâle et femelle), d'autres

sont monoïques (figes mâles et femelles distinctes mais portées par une même plante), d'autres enfin sont dioïques (plantes mâles et plantes femelles distinctes) (Judd et al 2001).

Ce genre est représenté par 750 espèces environ réparties le plus souvent dans les régions tropicales. Ils montrent une différence considérable et sont facilement reconnaissables. Parmi ces espèces on récence 100 en Afrique dont 99 se retrouvent au Cameroun (Mathieu et al 2004). Nous pouvons citer entre autre : *F. Cordata*, *F. Platyphylla*, *F. Lutea*, *Ficus religiosa*, *Ficus benjamina* etc... (Adam 1961). Le tableau 1 présente quelques espèces du genre *Ficus* au Cameroun.

**Tableau 1 : Quelques espèces du genre *Ficus* au Cameroun (Sadjo 2009)**

	Espèces	Auteurs	Aspect	Répartition géographique
1	<i>F. asperifolia</i>	Miquel	Arbust	Edea, Eséka, Bafia, Kribi, Abong-bang, Melong, Mbalmayo.
	<i>F. bubu</i>	Warburg	Arbre	Yokadouma, Deng-deng, Maroua .
3	<i>F. conrani</i>	Gentil, Wildean Warburg	Arbust	Eséka, Foumban, Kribi, Edea, Nkongsamba, Mont Cameroun.
4	<i>F. destipulata</i>	Wildeman	Arbuste	Ekuk
5	<i>F. exaspera</i>	Vahl	Arbre	Bertoua, Batouri, Yaoundé, Doumé.
6	<i>F. ingens</i>	Miquel	Arbre	Ngaoundéré, Mokolo, Garoua.
7	<i>F. lutea</i>	Vahl	Arbuste	Eblowa, Makak, Kribi, Limbé, Banganté, Bipindi.
8	<i>F. macroperma</i>	Mildbread et Burret	Arbre	Mt. Cameroun, Limbé, Batouri, Bamenda, Bipindi
9	<i>F. mercurvata</i>	Wildeman	Arbre	Limbé, Yokadouma.
10	<i>F. ousbia</i>	Berg	Arbre	Foumban.
11	<i>F. polita</i>	Vahl	Arbre	Mt. Cameroun, Garoua, Mokolo Kumba, Yaoundé.
12	<i>F. saussurean</i>	Candolle	Arbuste	Ebolowa, Batouri, Doumé.
13	<i>F. thonningii</i>	Blume	Arbre	Buéa, Maroua, Ngaoundéré.
14	<i>F. umbellata</i>	Vahl	Arbre	Yokadouma, Lokomo, Ebolowa.
15	<i>F. varifolia</i>	Warburg	Arbre	Yokadouma, Lomié, Bipindi.
16	<i>F. elastica</i>		Arbre	Yaoundé
17	<i>F. wildemania</i>	Warburg, Durand	Arbuste	Nkolbison, Mintoum II, Djoum.

### 1.1.3- L'espèce *Ficus elastica*.

*Ficus elastica* est un arbre d'origine géographique asiatique (Nord de l'Inde, Indonésie, Malaisie et Myanmar), que l'on rencontre dans les régions Tropicales et subtropicales humides. Etant une espèce introduite elles sont rencontrées au Cameroun plus précisément dans la région du Centre.

C'est un arbre à cime arrondie supportée par un tronc et des piliers racinaires entre branches et sol ; Il peut atteindre une taille imposante sous le climat tropical, autant par sa hauteur (20 m) que par son diamètre (plusieurs mètres). Au pied du tronc adulte se trouvent des ébauches de racines aplaties qui peuvent se souder avec les racines aériennes. Feuillage persistant, brillant, coriace et vert sombre. Feuilles alternes, grandes (15 à 25 cm), oblongues à elliptiques, arrondies aux deux extrémités, à nervure centrale plus claire. Les jeunes feuilles

sont enroulées et enveloppées dans leurs stipules rougeâtres. Chaque blessure des feuilles, des branches ou de l'écorce fait couler abondamment un latex épais, laiteux et collant. Les fruits, qui n'apparaissent que lorsque l'arbre est âgé, sont des figes petites et allongées, jaunâtres à maturité. Il peut être facilement multiplié par bouturage de terminaison de tiges, par marcottage terrestre et aérien, possible par semis (www.homejardin.com). Les figures A et B montrent les feuilles et le tronc de *F. elastica*.



A- Feuilles du *F. elastica* (photo Makoudjou, Février 2015).



B- Tronc du *F. elastica* (photo Makoudjou, Février 2015). )

**Figure 1** : Photos des feuilles et tronc de *Ficus elastica*.

Les plantes du genre *Ficus* sont utilisées à de nombreuses fins.

### **1.2-Quelques usages des plantes du genre *Ficus*.**

En général les plantes du genre *Ficus* (*Ficus elastica*) sont des plantes ornementales, elles font d'excellentes décorations pour les coins de murs. Elles sont aussi cultivées en grande partie grâce à leur latex qui sert dans la fabrication du caoutchouc. Elles sont utilisées dans d'autres domaines telles que :

#### **➤ Dans le domaine de la médecine alternative.**

En Afrique, les feuilles, l'écorce et les racines des *F.elastica* sont généralement associées à des organes d'autres plantes pour soigner, soulager ou prévenir des souffrances et des maladies

Dans les régions tropicales d'Afrique, les feuilles de *F. elastica* sont utilisées pour le traitement des infections de la peau et comme agent diurétique (Arbonier 1961).

Au Togo, *Ficus platyphylla* seule ou en association avec d'autres plantes, est utilisée contre diverses infections fongiques telles que les dermatoses et d'autres mycoses. L'écorce de la tige de *Ficus platyphylla* est utilisée pour le traitement de plusieurs autres maladies, y compris l'insomnie, la psychose, le fibrome, la dépression, et aussi comme un analgésique (Arbonier 1961).

Au Sénégal les feuilles sont utilisées avec des coques d'arachide macérées dans l'eau contre l'épilepsie (Arbonier 1961). *F. glumosa*, *F. ingens*, *F. iteophylla* et *F. lutea*, sont utilisés pour soigner la stérilité (Kerharo et Bouquet 1950).

Le décocté des feuilles du *Ficus septica* est utilisé pour faire baisser la fièvre et comme antibactérien (Erdelmeier et al. 1990).

En médecine traditionnelle, le décocté des racines de *Ficus exasperata* est utilisé pour traiter les maladies sexuellement transmissibles (MST) notamment la blennorragie (Senghor 1979).

Le décocté du fruit du *Ficus capensis* est donné en boisson aux femmes stériles et le macéré de ses racines est donné en boisson lors des accouchements difficile (Senghor 1979).

#### ➤ **Dans le domaine alimentaire.**

La conservation des figuiers est une stratégie de diversification des ressources alimentaires aussi bien pour les humains que pour les animaux.

Les figues de *F. dicranostyla*, des deux variétés de *F. glumosa*, de *F. ingens*, de *F. iteophylla*, et de *F. platyphylla* sont consommées crues par les enfants ou utilisées comme condiments dans les repas quotidiens (couscous chez les Sérères au Sénégal) (Schnel 1957).

L'infusion des feuilles de *F. umbellata* sert de boissons. Les feuilles de *F. glumosa* sont consommées dans des soupes (Schnel 1957).

Les feuilles et les figues sont aussi appréciées par les animaux sauvages (singes, oiseaux, chauves-souris, etc.) ou domestiques (ânes, chèvres, moutons et vaches) (Raponda-Walker et Sillans 1961).

#### ➤ **Dans le domaine de l'artisanat.**

En sculpture et en menuiserie, les feuilles de *F. exasperata* sont utilisées comme papier à polissage (Berhaut 1979).

Le bois de *F. sycomorus* est utilisé dans la fabrication des cuves à bière (Bellakhdar 2004).

L'écorce de *F. thonningii* est utilisé pour la confection de pagnes (Raponda-Walker et Sillans 1961).

C'est en raison de ces utilisations que les chercheurs se sont intéressés à ce genre dans le but d'isoler certains de ces composés.

### 1.3-Travaux chimiques antérieurs sur le genre *Ficus*.

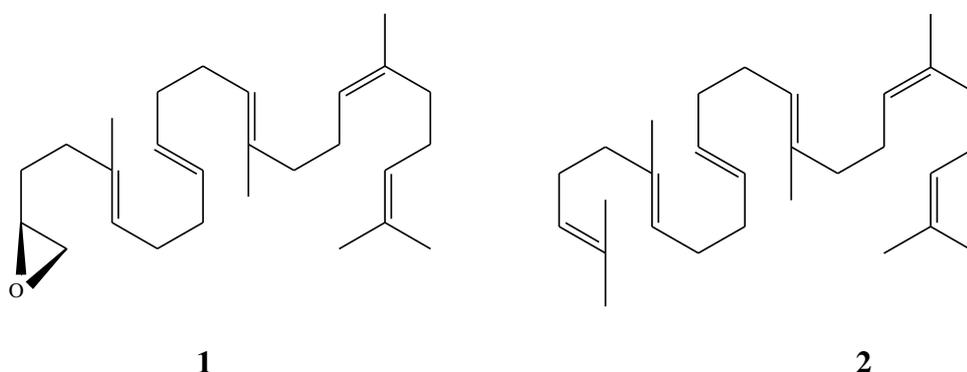
Plusieurs études ont été effectuées sur les plantes du genre *Ficus* et ont conduit à l'isolement et à la caractérisation des composés appartenant aux classes suivantes et bien d'autres :

- Les triterpénoïdes ;
- Les alcaloïdes ;
- Les lignanes ;
- Les composés phénoliques;
- Les stéroïdes ;
- Les flavonoïdes .

#### 1.3.1- Les triterpénoïdes.

##### 1.3.1.1- Généralités sur les triterpénoïdes.

Les triterpénoïdes représentent un groupe de produits naturels dans de nombreuses familles botaniques. Ils contiennent dans leur squelette de base une trentaine d'atomes de carbone, et dérivent de la cyclisation du 2,3-époxy-squalène **1** ou du squalène **2** à travers diverses cyclisations et autres modifications (Bruneton 1993). Ils peuvent être regroupés en : triterpènes acycliques, monocycliques, dicycliques, tricycliques, tétracycliques et pentacycliques.



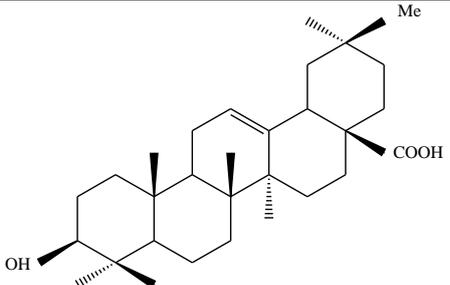
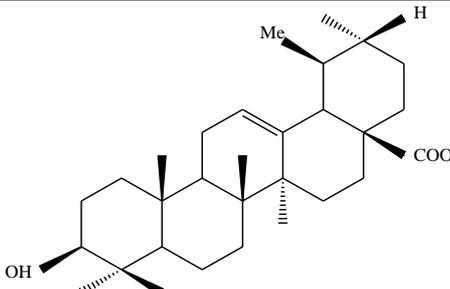
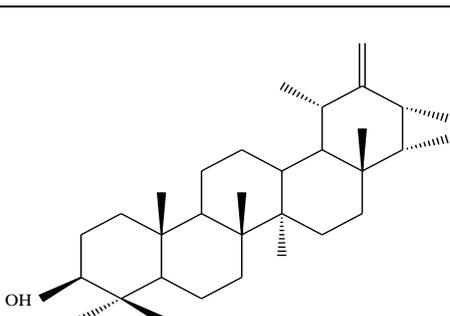
Les terpénoïdes sont largement utilisés comme arôme dans l'alimentation et en médecine traditionnelle et conventionnelle. Leur biosynthèse se fait à partir des unités d'isoprène de formule moléculaire  $C_5H_8$ . Leur classification est basée sur le nombre d'unités isopréniques entrant dans la molécule. C'est la règle de l'isoprène. Le couplage «tête à queue» permet la formation des sous classes des terpénoïdes.

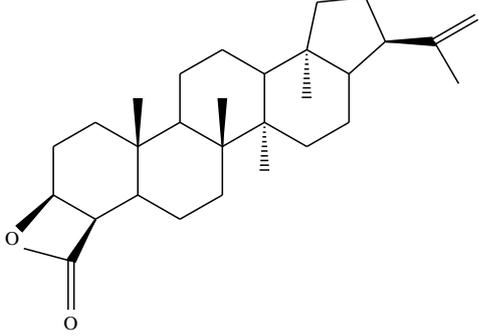
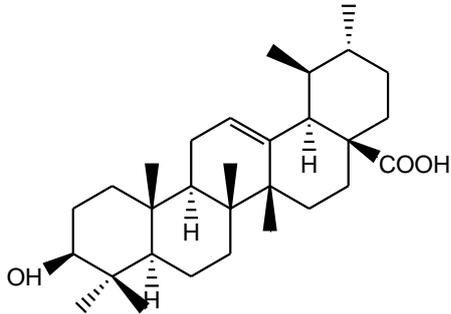
Suivant le nombre d'unités isopréniques, les terpènes résultants sont classés selon leur taille en :

- Hemiterpènes, constitués d'une seule unité isopréniques.
- Monoterpènes, constitués de deux unités isopréniques ( $C_{10}H_{16}$ ).

- Sesquiterpènes, constitués de trois unités isopréniques (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>).
  - Diterpènes, constitués de quatre unités isopréniques (C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>).
  - Sesterterpènes, constitués de cinq unités isopréniques (C<sub>25</sub>H<sub>40</sub>).
  - Triterpènes, constitués de six unités isopréniques (C<sub>30</sub>H<sub>48</sub>).
  - Tétraterpènes, constitués de huit unités isopréniques (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>).
- Le tableau 2 présente quelques triterpénoïdes isolés du genre *Ficus*.

**Tableau 2** : Quelques triterpénoïdes isolés du genre *Ficus*.

STRUCYURES ET NOMS	SOURCES ET REFERENCES
 <p>acide oléanolique (3)</p>	<p>Feuilles du <i>Ficus elastica</i></p>
 <p>acide ursolique (4)</p>	<p>(Ogunwande et al. 2011),</p>
 <p>Ptiloépoxyde(5)</p>	<p><i>F. microcarpa</i></p> <p>(Kuo et Chaiang, 1999)</p>

 <p>Moréténolactone (6)</p>	<p><i>Ficushispida</i></p> <p>(Lopes et al. 1993)</p>
 <p>6β-hydrohystigmata-4,22-dien-3-one(7)</p>	<p><i>Ficus conraui</i></p> <p>(Kengap et al 2011)</p>

### 1.3.2- Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés organiques à bases azotées, le plus souvent hétérocyclés, très majoritairement d'origine végétale. On distingue trois types d'alcaloïdes:

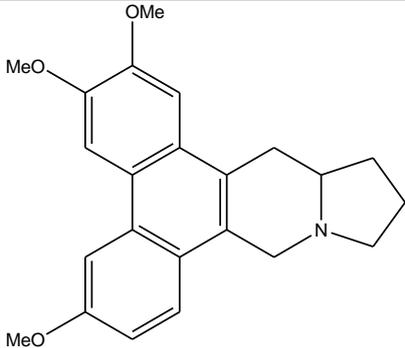
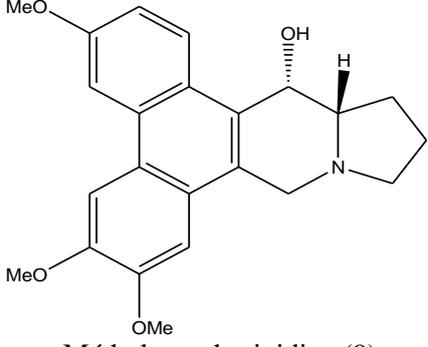
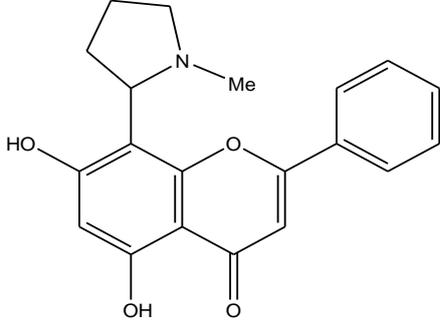
-Les alcaloïdes vraie: Ce sont des substances de structure souvent complexe, azotés (N inclus dans l'hétérocycle), de caractère basique; ils existent dans la plante sous forme de sel et ont pour origine biosynthétique un acide aminé. Ils sont dotés d'activités pharmacologiques significatives.

- Les pseudo-alcaloïdes: ils présentent des caractéristiques similaires aux alcaloïdes vraie exceptés leur origine biosynthétique; ils dérivent de l'acétate et de composés isoprenoïdes.

- Les proto-alcaloïdes: ce sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans l'hétérocycle, ils sont élaborés *in vivo* à partir d'acides aminés (Arnold 1989).

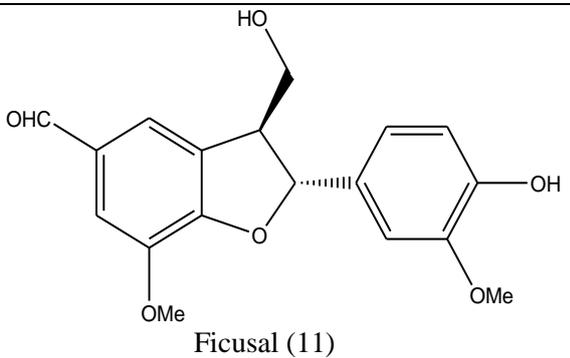
Le tableau 3 nous présente quelques alcaloïdes isolés du genre *Ficus*.

**Tableau 3 :** Quelques alcaloïdes isolés du genre *Ficus*.

STRUCTURES ET NOMS	SOURCES ET REFERENCES
 <p style="text-align: center;">Antofine (8)</p>	<p><i>Ficus septica</i></p> <p>(Erdelmeier et al.1990).</p>
 <p style="text-align: center;">o-Méthyltycophorinidine (9)</p>	<p><i>Ficus Hispida</i></p> <p>(Pereza-Sanchez et al. 2002)</p>
 <p style="text-align: center;">Ficine (10)</p>	<p><i>Ficus pantoniana</i></p> <p>(Russel et Hofferman 1965).</p>

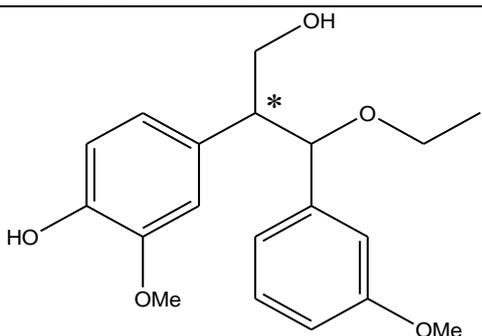
### 1.3.3- Les lignanes

**Tableau 4** : Un lignane isolé du genre *Ficus*.

STRUCTURE ET NOM	SOURCES ET REFERENCES
 <p>Ficusal (11)</p>	<p><i>Ficus microcarpa</i> (Li et Kuo 2000).</p>

### 1.3.4- Les composés phénoliques

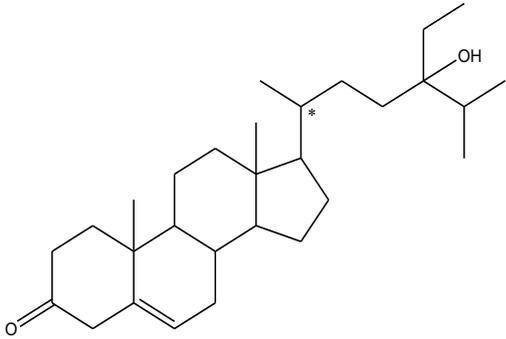
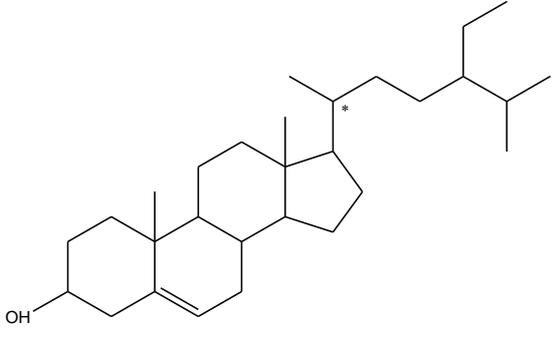
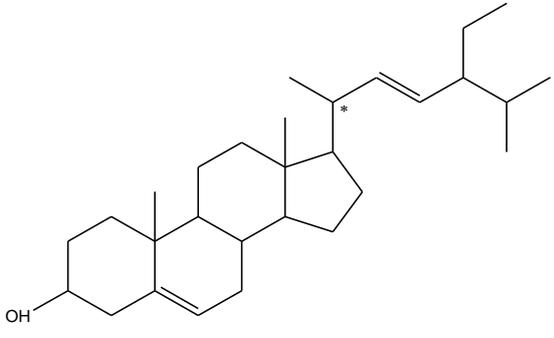
**Tableau 5**: Un composé phénolique isolé du genre *Ficus*.

STRUCTURE ET NOM	SOURCES ET REFERENCES
 <p>Thréo-2,3-bis(4-hydroxy-3-méthoxyphényl)-3-éthoxypropan-1-ol. (12)</p>	<p><i>Ficus beecheyana</i> (Lee et al. 2004)</p>

### 1.3.5- Les stéroïdes

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. La synthèse débute avec l'acétylCoA et aboutit au squalène, lequel est par suite cyclisé (Bruneton 1993 ). Le tableau 6 nous présente quelques stéroïdes isolés du genre *Ficus*.

**Tableau 6 : Stéroïdes isolés du genre Ficus.**

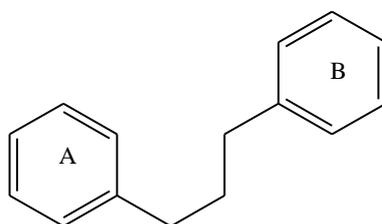
Structures et noms	Sources et references
 <p>24-hydroxystigmast-5-en-3-one(13)</p>	<p><i>Ficus pumila</i> (Amoa 2010)</p>
 <p>Sitostérol(14)</p>	<p><i>Ficus pumila</i> (Amoa 2010)</p>
 <p>stigmastérol(15)</p>	<p><i>Ficus pumila</i> (Amoa 2010)</p>

### 1.3.6- Les flavonoïdes.

#### 1.3.6.1-Généralités sur les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent un groupe de produits naturels largement distribués dans le règne végétal et sont couramment consommés sous forme de fruits, de légumes et de boissons telles que le vin, le thé. Des remèdes à base de plantes renfermant des flavonoïdes ont été utilisés en médecine traditionnelle de par le monde; c'est ainsi que des travaux relatifs aux flavonoïdes se sont multipliés. Le squelette de base comporte quinze atomes de carbone. Ils ont une origine biosynthétique commune et possèdent de ce fait le même élément

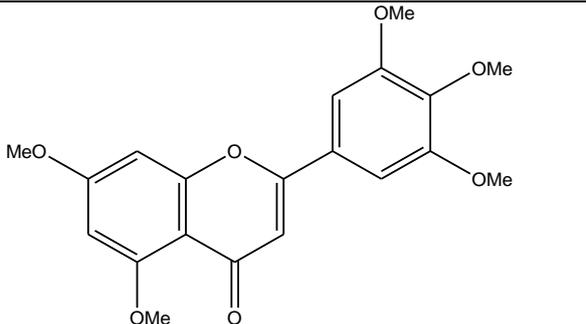
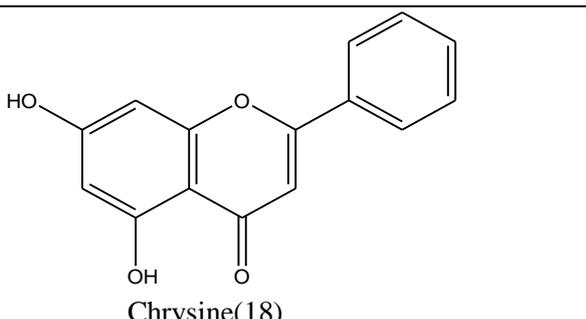
structural de base à savoir l'enchaînement C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> correspondant à la diphenylpropane **16** (Bruneton 1993).

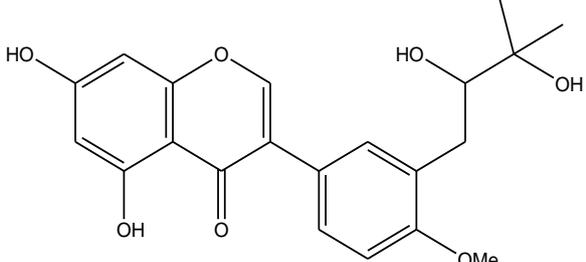
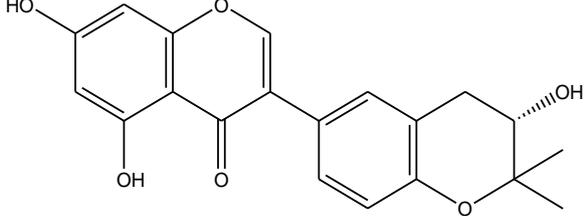


**16**

Ils peuvent être classés selon la nature des différents substituants présents sur les cycles de la molécule et du degré de saturation du squelette du diphenylpropane. C'est ainsi qu'on distingue: les flavones, les flavanones, les flavanols, et les hydroflavanols ( Amella et al 1985) . Le tableau 7 nous présente quelques flavonoïdes isolés du genre Ficus.

**Tableau 7 : Quelques flavonoïdes isolés du genre Ficus.**

STRUCTURES ET NOMS	SOURCES ET REFERENCES
 <p>5,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone (17)</p>	<p><i>Ficus maxima</i> (Gaspar et al. 1997)</p>
 <p>Chrysin(18)</p>	<p><i>Ficus pantoniana</i> (Russel 1965 )</p>

 <p>5,7-dihydroxy-4'-méthoxy-3'-(2,3-dihydroxy-3-méthylbutyl) isoflavone (19)</p>	<p><i>Ficus nymphaefolia</i></p> <p>(Darbour et al. 2007)</p>
 <p>Ficusiflavone (20)</p>	<p><i>Ficus microcarpa</i></p> <p>(Li et Kuo 1997)</p>

La majorité des composés que nous avons isolés au cours de notre séjour au laboratoire étant des flavonoïdes, il nous a paru important de faire une revue de la littérature sur cette famille de composés.

### 1.3.6.2- Revue de la littérature sur les flavonoïdes a-Classification des flavonoïdes.

Cette famille de composés présente une variété de structures provenant des substitutions diverses telles que: l'hydroxylation, la méthylation, l'acétylation, l'isoprénylation, la glycosylation, la dimerisation ; lesquelles se distinguent par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyle, méthoxyle et autres) sur des cycles A et B et la chaîne en C<sub>3</sub> intermédiaire. Regroupés en plusieurs classes, les flavonoïdes peuvent être subdivisés en trois grands groupes.

#### i) Les flavonoïdes proprement dits

Ce sont des composés dont le squelette de base est celui du 1,3-diphénylpropane. Ils sont fréquents chez les bryophytes (mousses). On peut citer:

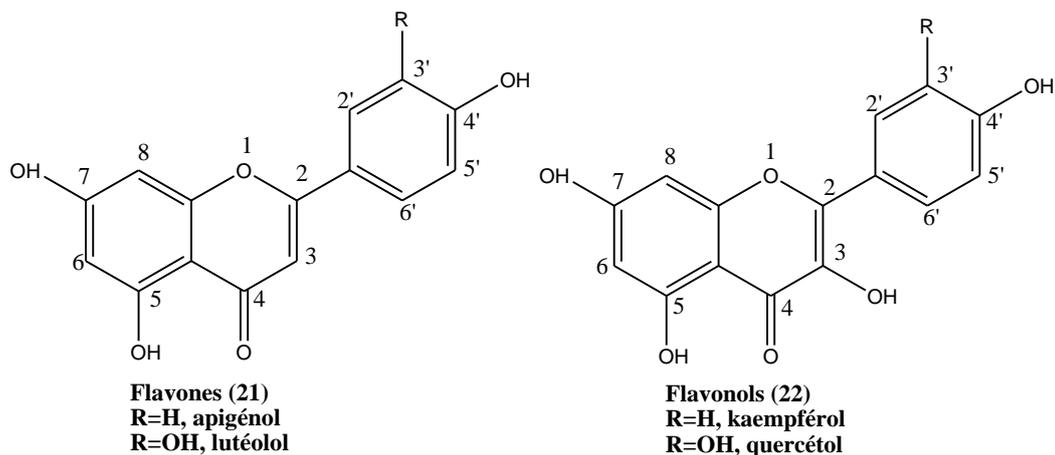
#### \* Flavones et flavonols

Les flavones et les flavonols simples sont constitués de trois cycles: le cycle A, B et le cycle central dénommé cycle C. Le cycle A dans plus 90% des cas est substitué par deux hydroxydes phénoliques en C<sub>5</sub> et C<sub>7</sub> lesquels peuvent être libres ou étherifiés. Un troisième hydroxyle, libre est à l'origine de l'atome d'oxygène du cycle pyranique. Les flavone-

synthases transforment les flavanones en flavones par introduction d'une double liaison entre les carbones  $C_2$  et  $C_3$  dû à l'élimination directe de protons en  $C_2$  et  $C_3$ .

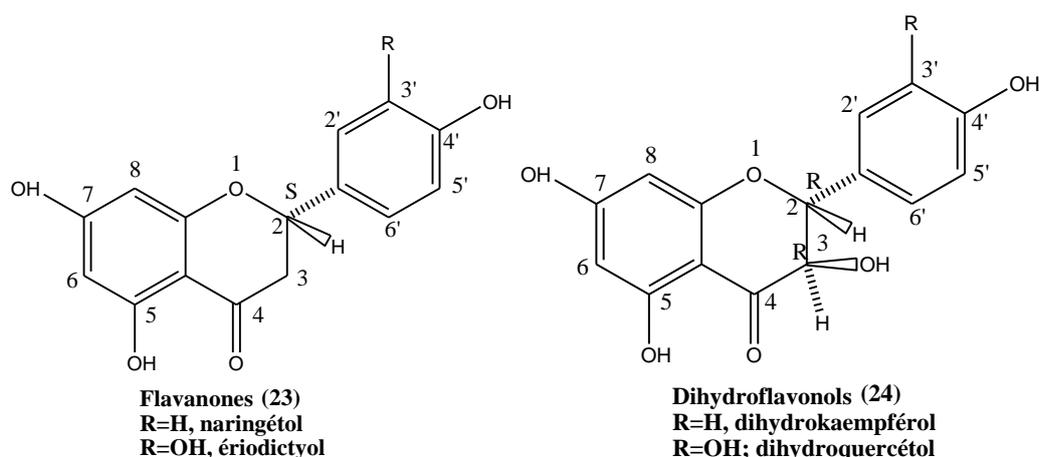
Le cycle B quant à lui substitué dans 80% de cas en  $C_4'$  peut être 3', 4'-disubstitué ou 3', 4', 5'-trisubstitué; ces substituants pouvant être des groupes hydroxydes ou méthoxyl.

Les flavonols se distinguent des flavones par la présence d'un groupement hydroxyle en  $C_3$ , provenant de l'hydroxylation catalysée par les flavone-synthases (Bruneton 1999). Les structures 21 et 22 représentent quelques composés de ces deux classes de flavonoïdes.



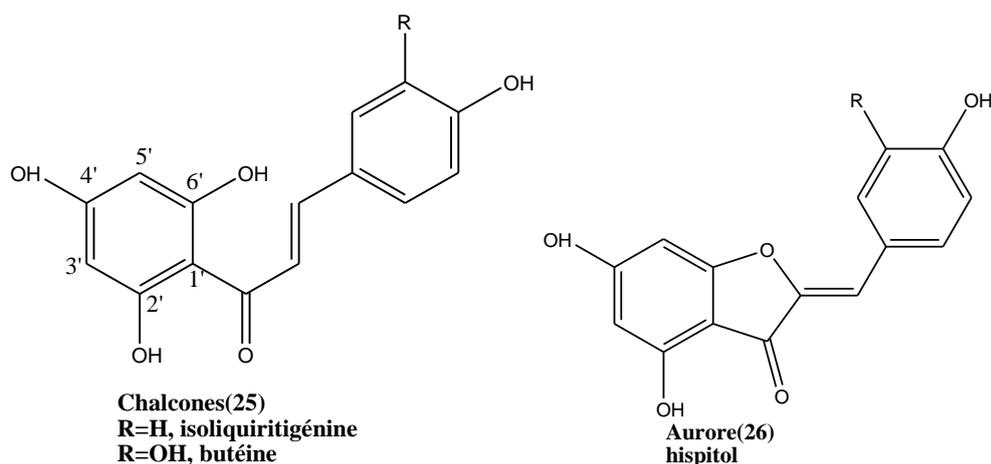
### \*Flavanones et Dihydroflavonols

Ces deux classes renferment tout comme les flavones trois cycles, on les reconnaît par l'absence des doubles liaisons en  $C_2$  - $C_3$  et par la présence des centres asymétriques. Le carbone  $C_2$  est de configuration  $2S$  chez les flavanones alors que les carbones  $C_2$  et  $C_3$  sont de configuration  $(2R,3R)$  chez les Dihydroflavonols, avec le phényle et l'hydroxyle en position trans (Bruneton 1999). Les structures 23 et 24 représentent quelques composés de ces deux classes de flavonoïdes.



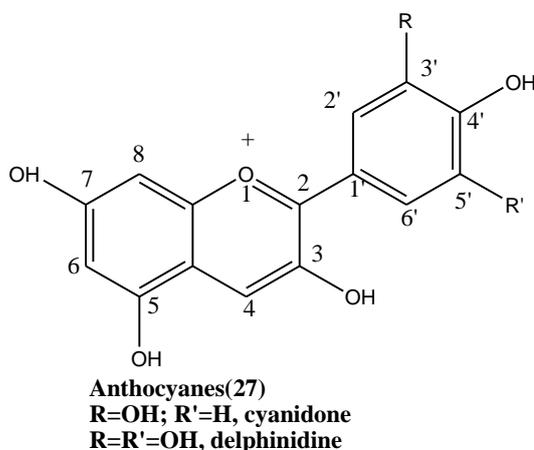
## ii) Chalcones et aurores .

Les chalcones, dépourvus de l'hétérocycle central, sont caractérisés par la présence d'un chaînon tri carboné cétonique  $\alpha,\beta$  insaturé. Ils ont leur noyau B fréquemment non substitué et leur noyau A comporte un troisième hydroxyle libre qui est à l'origine de l'atome d'oxygène du cycle pyranique des autres flavonoïdes et du cycle furanique des aurores (Bruneton 1999). Les structures 25 et 26 représentent quelques composés de ces deux classes de flavonoïdes.



## iii) Anthocyanes.

Les anthocyanes sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose, ou orange. Ils absorbent la lumière visible ; ainsi leur présence dans la plante est facilement détectée à l'œil nu. Ce sont des hétérosides substitués d'un noyau dérivant de celui de la flavonol. Ils se présentent sous forme cationique (Bruneton 1999). . La structure 27 représente un composé de la classe des anthocyanes.



## **b-Propriétés des flavonoïdes.**

### **i) Propriétés physico-chimiques**

Leur principale propriété est la pigmentation des plantes. Les flavonoïdes en particulier les anthocyanes sont les seules molécules du règne végétale capables de produire une vaste gamme de couleurs susceptibles de donner des teintes allant du jaune-orangé au bleu en passant par le pourpre et le rouge.

Les flavonoïdes (aurores et chalcones) donnent plutôt les couleurs jaunes, beiges, voire blanches ou participent à la nuance produite par les anthocyanes et les caroténoïdes. L'un des rôles importants de la couleur chez la plante est d'attirer les insectes afin de déclencher la fécondation, les échanges de pollens ou de graines de façon à en assurer la dissémination nécessaire à la reproduction de l'espèce. Si tous les flavonoïdes n'absorbent pas dans le visible, ils présentent néanmoins tous une bande d'absorption dans l'UV et de plus l'oxygénation croissante sur leur squelette entraîne une absorption dans les grandes longueurs d'ondes.

La plupart des flavonoïdes présentent deux bandes d'absorption principales, l'une entre 240-295nm et l'autre entre 300-400nm, dont les intensités dépendent du degré de conjugaison de la structure.

### **ii) Propriétés biologiques et thérapeutiques**

Par leur propriété antioxydante, les flavonoïdes diminuent la perméabilité des vaisseaux capillaires, renforçant ainsi leur résistance. Ils agissent contre des radicaux libres dont l'excès est considéré aujourd'hui comme une source de cancer, captant ou détruisant les particules dangereuses pour la santé des cellules. Des propriétés anti-inflammatoires, anti-hypoglycémiques et anti-allergiques ont été démontrées chez les flavonoïdes isolés des *Moraceae*. De façon générale les flavonoïdes diminuent le taux de cholestérol, ils sont diurétiques. De plus ils luttent contre l'altération des fibres de collagène, ralentissant ainsi de ce fait leur vieillissement et permettant le maintien du tonus dans les tissus. Les flavonoïdes isolés des *Moraceae* révèlent des propriétés antioxydantes, ils favorisent la relaxation vasculaires et empêchent l'agglutination des plaquettes sanguines, ils réduisent ainsi la coagulation du sang (Koshihara et al. 1988 ).

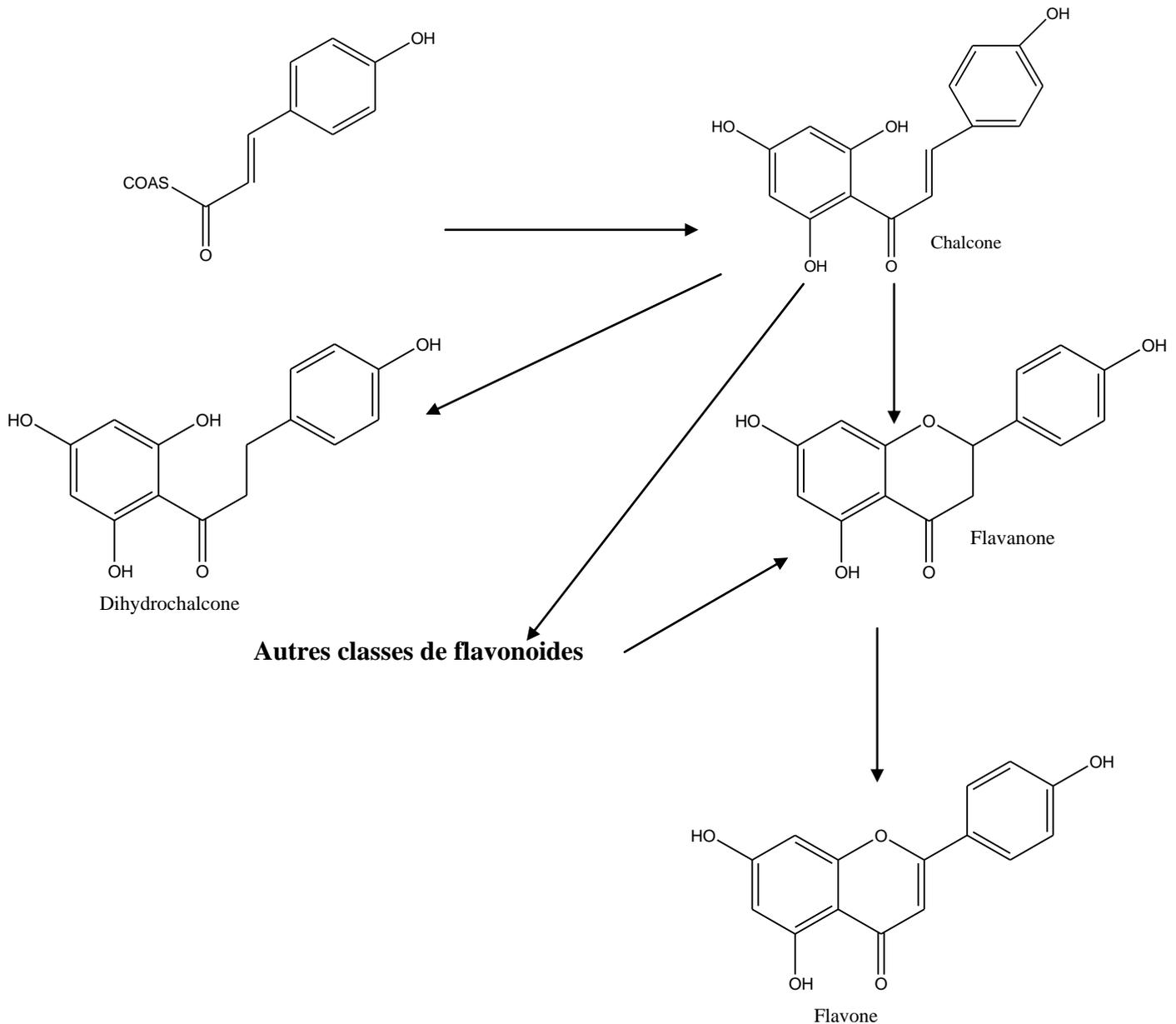
De nos jours les propriétés des flavonoïdes sont exploitées dans le domaine de la médecine où on reconnaît leurs activités : anti-inflammatoire, antivirale, anti-tumorale, anticancéreuse, antihépatotoxique, hypocholestérolémiant, diurétique, antibactérien et pour un petit nombre d'entre eux les propriétés cytotoxiques *in vitro* ( Bruneton 1999).

## **c- Biosynthèse des flavonoïdes.**

Les flavonoïdes sont issus de la condensation du cinnamate Coenzyme A et du malonate Coenzyme A. Il en résulte principalement des chalcones et les dihydrochalcones qui, à la suite d'autres transformations comme les réductions et les oxydations conduisent aux

autres classes de flavonoïdes dont les flavones, les flavanones. Le schéma 1 nous présente la biosynthèse des flavonoïdes (Ango 2006).

3CH<sub>3</sub>COSCoA



**Schéma 1** : Biosynthèse des flavonoïdes

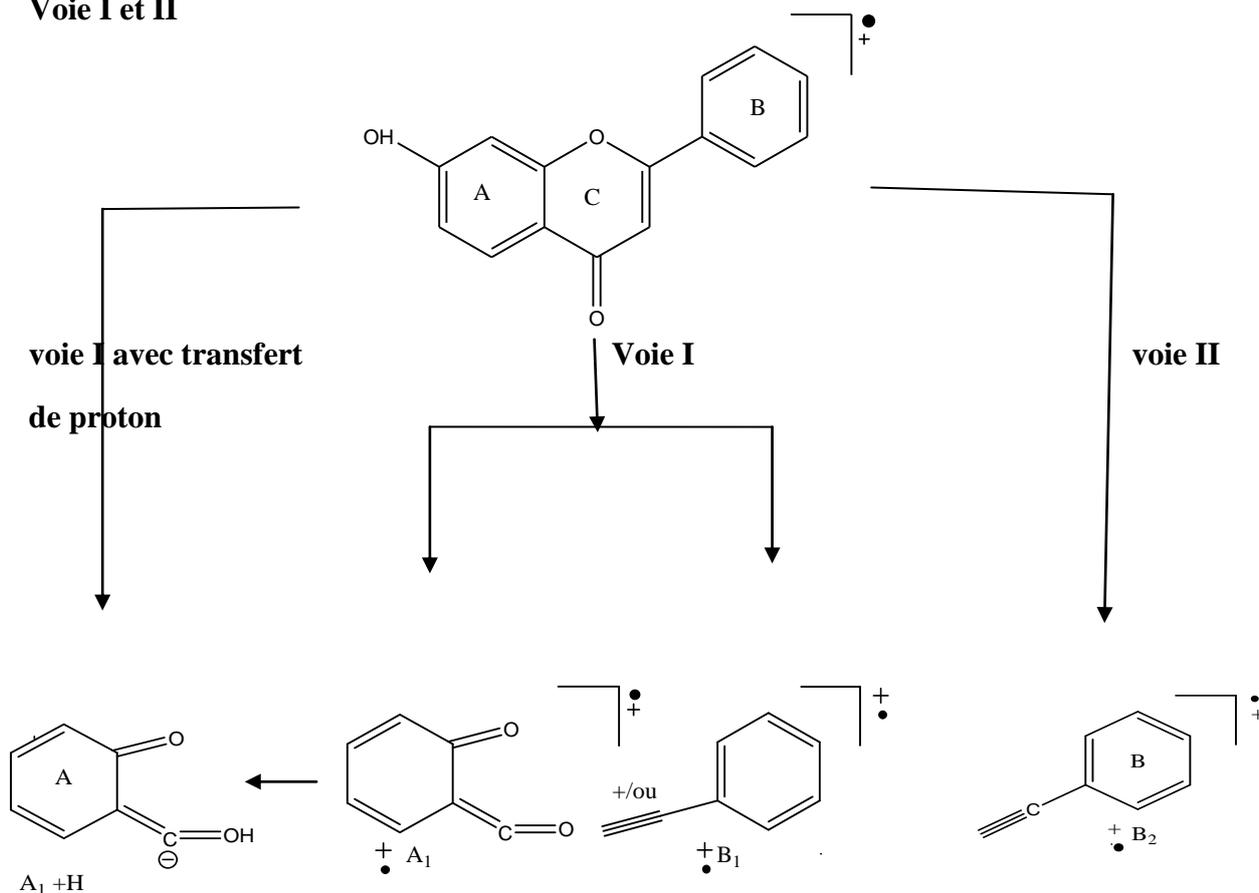
#### d- Méthodes de détermination des structures des flavonoïdes.

Les flavonoïdes peuvent être identifiés sur la base de leurs données spectroscopiques tels que la spectrométrie de masse, la RMN, l'ultra violet et l'infra rouge.

## i) Spectrométrie de masse

La spectrométrie de masse a l'avantage sur les autres techniques qu'elle nécessite de très faibles quantités de produits. Elle nous permet de déterminer la masse molaire du composé et nous renseigne aussi sur la distribution des substituants sur les cycles A et B. La fragmentation obéit généralement à deux voies, les fragments les plus importants et utiles sont ceux issus de la rétro DielsAlder. Le schéma 2 nous présente la fragmentation retro Diels Alder des flavones (Kapche 2000).

### Voie I et II



**Schéma 2:** Fragmentation des flavones par rétro DielsAlder.

## ii) Spectroscopie ultraviolette

Les spectres UV des flavonoïdes peuvent être obtenus dans le méthanol ou additionné à certains réactifs. En dehors des bandes d'absorption des différents chromophores présents dans les flavonoïdes, ce spectre nous renseigne aussi sur le type de squelette des flavonoïdes et sur la position des groupements hydroxydes ( Bruneton 1999 ).

### **\*Type de squelette des flavonoïdes**

Le type de squelette des flavonoïdes peut être connu à partir de la position et de l'intensité relative des bandes d'absorption. Les flavonoïdes présentent sur leur spectre une bande d'absorption comprise entre 300 et 400 nm (bande 1) attribuable au système cinnamoylé caractéristique du cycle B et une autre comprise entre 245 et 295 nm attribuable au système benzoylé du cycle A (bande 2). Le tableau 8 donne les différentes bandes d'absorption de quelques classes de flavonoïdes ( Bruneton 1999).

**Tableau 8:** Différentes bandes d'absorption de quelques classes de flavonoïdes.

<b>Bande 1(<math>\lambda_{\max}</math> en nm)</b>	<b>Bande 2(<math>\lambda_{\max}</math> en nm)</b>	<b>Classes de flavonoïdes</b>
310-330	250-280	Flavones
330-360	250-280	Flavonols
310-330	245-295	Isoflavones
300-330	275-295	Flavones et Isoflavones
340-390	230-270	Chalcones
380-430	230-270	Aurores
465-500	270-280	Anthocyanidines et anthocyanines

### **\* Détection des hydroxyles phénoliques sur les cycles A, B et l'hétérocycle C**

Pour déterminer la position des OH sur le squelette des flavonoïdes, on se sert des effets bathochromes induits par la présence de certains réactifs tels que le méthoxyle de sodium et l'acétate de sodium (Bruneton 1999).

#### ***▪Action du méthoxyle de sodium***

La base forte ionise tous les hydroxyles et y entraîne un déplacement vers les grandes longueurs d'ondes de la bande 1 (60-70 nm) et de la bande 2 (45-65 nm). Le tableau 9 nous présente quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action du méthoxyle de sodium. (Bruneton 1999).

**Tableau 9:** Quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action du méthoxyle de sodium.

Bande 1( $\lambda_{\max}$ en nm)	Bande 2( $\lambda_{\max}$ en nm)	Classes de flavonoïdes	Position de OH
45-65	45-65	Flavones	4' ou 3-OH
60-70	-	Aurores	6-OH

#### ▪Action de l'acétate de sodium

L'acétate de sodium est une base plus faible que le méthoxyle de sodium qui ionise prioritairement les groupes OH des positions (7, 3, 4'). La bande 2 étant surtout associée à l'absorption sur le cycle A, l'ionisation du OH en position 7 entraîne un déplacement bathochrome de cette bande ce qui peut être utilisé pour la caractérisation des OH phénoliques (Kapche 2000). Le tableau 10 résume quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action de l'acétate d'éthyle.

**Tableau 10 :** Quelques déplacements des bandes d'absorption dues à l'action de l'acétate de sodium.

Classes de flavonoïdes	Bande 1 ( $\lambda_{\max}$ en nm)	Bande 2 ( $\lambda_{\max}$ en nm)	Position de OH
Flavones et isoflavones	-	5-20	7-OH
Flavones	-	35	7-OH avec 5-OH
Dihydroflavones	-	60	7-OH avec 5-OH

#### iii) Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire du proton.

De toutes les méthodes de détermination des structures des flavonoïdes, la RMN<sup>1</sup>H apparaît comme la plus efficace, elle permet d'identifier les protons des cycles A, B et C et ceux des groupes hydroxyle et méthoxyle. En RMN<sup>1</sup>H, les déplacements chimiques des protons du cycle permettent de savoir à quel classe de flavonoïdes on a à faire (Bruneton 1999). Certaines de ces valeurs sont consignés dans le tableau 11.

**Tableau 11** : Déplacements chimiques des protons de quelques classes de flavonoïdes.

Classes de flavonoïdes	H <sub>2</sub> (δ en ppm)	H <sub>3</sub> (δ en ppm)
Dihydroflavones	5.2	4.2
Flavones	5.0-5.5	6.5-6.8
Isoflavones	7.7-7.8	3.9-4.0

#### iv) Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire du <sup>13</sup>C.

La RMN <sup>13</sup>C des flavonoïdes est pratique pour la localisation des substituants sur les cycles aromatiques. De plus les déplacements chimiques des carbones centraux C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont très utiles pour la détermination de la classe du flavonoïde étudié. Le tableau 12 nous présente quelques déplacements chimiques des carbones centraux de quelques classes de flavonoïdes (Kapche 2000).

**Tableau 12**: Déplacements chimiques des carbones centraux de quelques classes de flavonoïdes.

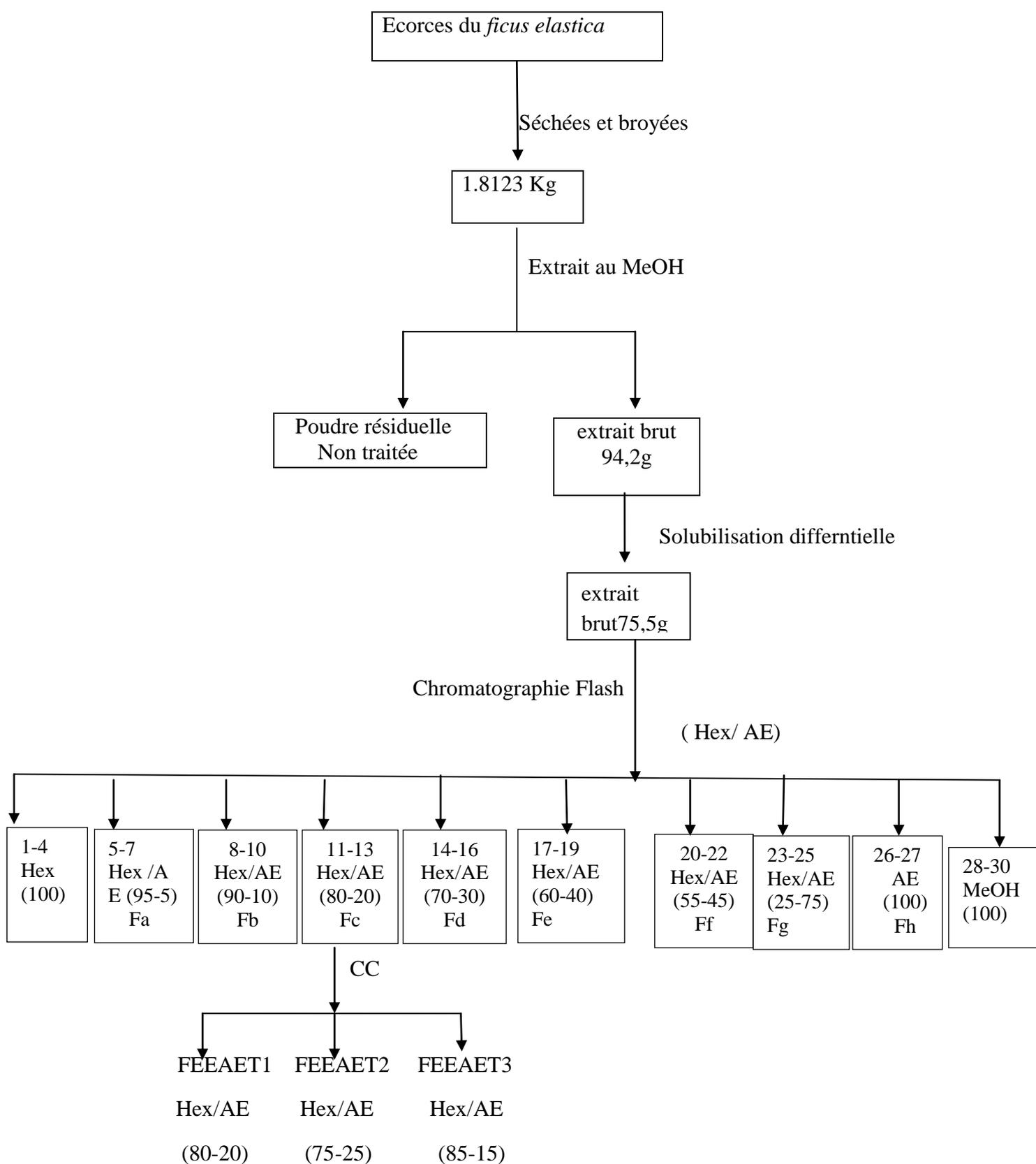
Classe de flavonoïdes	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
Flavones	160,5-165,5 (s)	103,9-112,9 (d)	176,3-183,5 (s)
Flavonols 3-OH libre 3-OH chélate ou glycosylé	145,4-157,1 (s) 151,4-156,4 (s)	133,4-141,4 (s) 136,0-138,1 (s)	172,4-176,7 (s) 173,6-180 (s)
Isoflavones	149,8-155,4 (s)	119,3-125,9 (s)	174,5-180,6 (s)
Dihydroflavonols	78,3-83,6 (d)	70,9-72,5 (d)	189,7-198,4 (s)
Flavanones	75,0-80,3 (d)	42,0-44,8 (t)	189,5-196,7 (s)
Isoflavanones	71,5-71,7 (t)	50,9-51,5 (d)	190,4-190,6 (s)
Catechines	78,1-81,2 (d)	65,1-66,6 (d)	28,0-28,1 (t)
Isiflavanes	69,6-70,3 (t)		
Chalcones	136,5-145,8 (d) Carbone β	116,6-128,1 (d) Carbone α	188,6-195,0 (s) C=O
Aurores	146,1-147,7 (s)	111,6-111,9 (d) =CH-	182,5-182,7 (s) C=O

Nous constatons que les plantes du genre *Ficus* contiennent en général les flavonoïdes, les triterpénoïdes, les alcaloïdes etc. Puisque notre plante appartient au genre *Ficus*, notre travail portera sur la question de savoir si elle contient également ces métabolites?

## **CHAPIRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION**

## 2.1- INTRODUCTION.

Les écorces de *Ficus elastica* récoltées en novembre 2014 à Yaoundé dans la région du centre (Cameroun) ont été découpées, séchées puis broyées. La poudre obtenue de masse 1,8123 Kg a été soumise à l'extraction au méthanol par macération à température ambiante pendant 48 heures. Après filtration, la solution obtenue a été concentrée, conduisant à 94,2g d'extrait brut. Ce dernier est soumis à une solubilisation différentielle à l'acétate d'éthyle pour donner 75,5g d'extrait à l'acétate d'éthyle. Cet extrait est soumis à une chromatographie flash suivit d'une chromatographie sur colonne à gel de silice avec l'éluant fait d'un gradient croissant du système Hex/AE. Après séparation et purification nous avons ainsi obtenu 3 composés indexés FEEAET1, FEEAET2 et FEEAET3, les structures de FEEAET1 et FEEAET2 ont été élucidés sous la base de leurs données spectroscopiques. Le schéma 3 présente le protocole d'extraction des composés des écorces de *Ficus elastica*.



**Schéma 3:** Protocole expérimental d'extraction des composés des écorces de *Ficus elastica*

## 2.2-DETERMINATION STRUCTURAL DES COMPOSES ISOLES

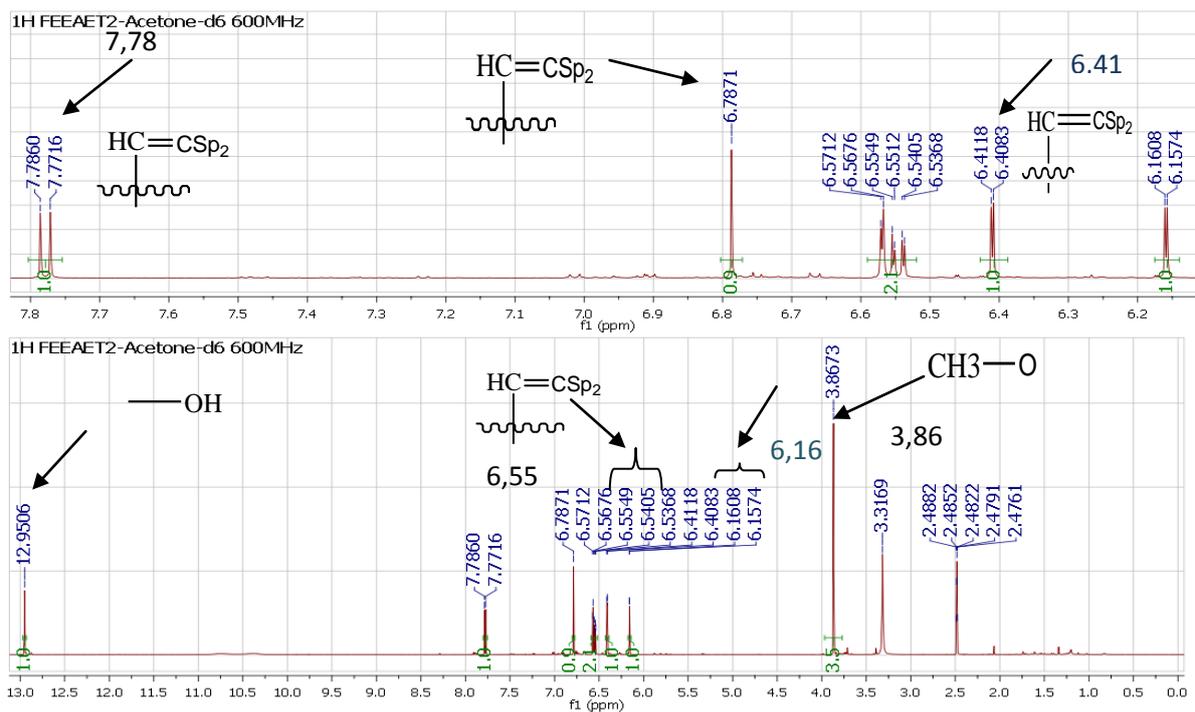
### 2.2.1-Identification de FEEAET2

FEEAET2 est obtenu sous forme de poudre jaunâtre dans le système Hex/AE (75/25). Il est soluble à l'acétone et donne avec le chlorure ferrique une coloration bleue caractéristique des hydroxyles phénoliques ; il donne également une coloration jaune orangée au test de Shinoda caractéristique des flavonoïdes.

Le spectre de masse à haute résolution en ESI nous donne le pic de l'adduit sodique  $[M+Na^+]$  à  $m/Z$  323.0532 compatible avec la formule brute  $C_{16}H_{12}O_6Na$ , nous déduisons au composé FEEAET2 la formule  $C_{16}H_{12}O_6$  renfermant 11 insaturations.

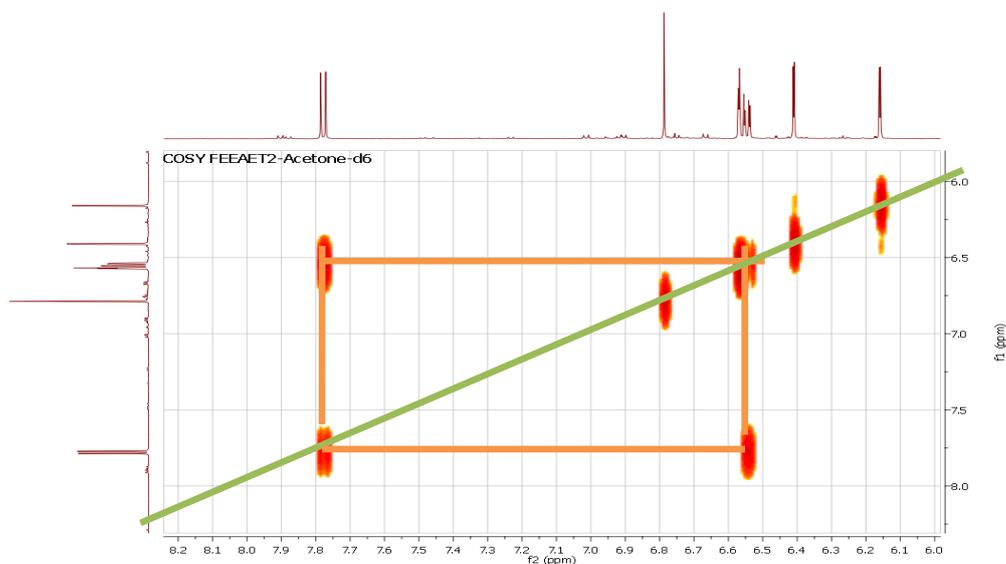
Sur son spectre de RMN  $^1H$  (600MHz, Acétone- $d_6$ , fig2, Tableau13) on observe :

- Un singulet à 3,86 ppm intégrant pour trois protons, attribuable aux protons d'un méthyle lié à un oxygène.
- Un doublet intégrant pour un proton à 6,16 ppm ( $d, J=1,92Hz$ ) attribuable à un proton benzénique couplant en *meta* avec un autre proton.
- Un doublet intégrant pour un proton à 6,41 ppm ( $d, J=2,1Hz$ ) attribuable à un proton benzénique couplant en *meta* avec un autre proton.
- Un doublet dédoublé intégrant pour un proton à 6,55ppm ( $dd, J=2,2Hz, J=8,6Hz$ ) attribuable à un proton benzénique couplant à la fois en *ortho* et en *meta* avec deux autres protons.
- Un doublet à 6,56ppm intégrant pour un proton ( $d, J=2,2Hz$ ) attribuable à un proton benzénique couplant en *meta* avec un autre proton.
- Un singulet à 6,78ppm intégrant pour un proton, attribuable à  $H_3$  de la classe des flavone.
- Un doublet intégrant pour un proton à 7,78ppm ( $d, J=8,6Hz$ ) attribuable à un proton benzénique couplant en *ortho* avec un autre proton.
- Un singulet intégrant pour un proton à 12,95ppm attribuable à un proton lié à un oxygène.



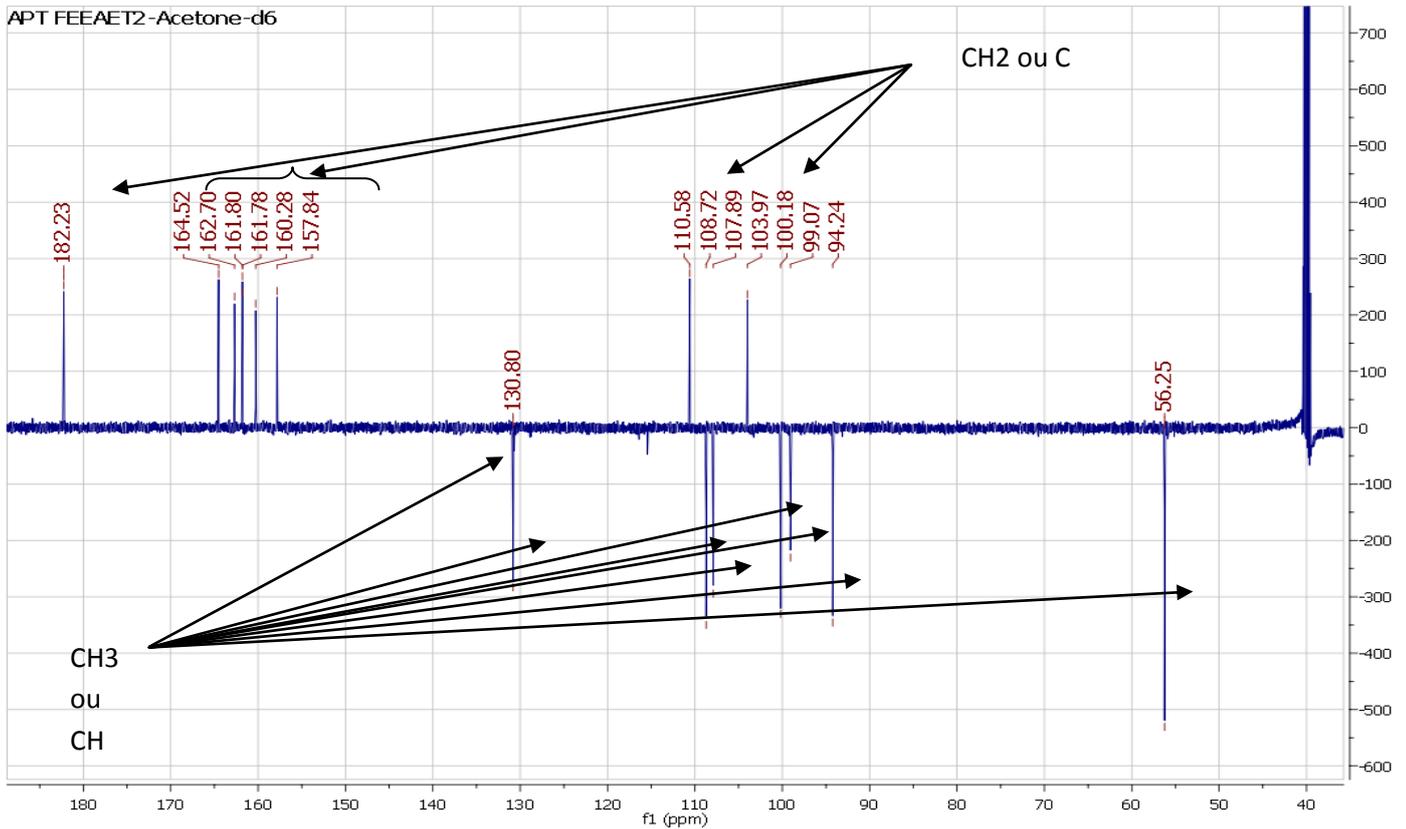
**Figure 2 :** Spectre RMN <sup>1</sup>H (600MHz, acétone-d<sub>6</sub>) de FEEAET2

Le spectre COSY (fig3 ) de FEEAET2 présente une tâche de corrélation entre le proton à δ<sub>H</sub> 7,78 et celui à 6,55.



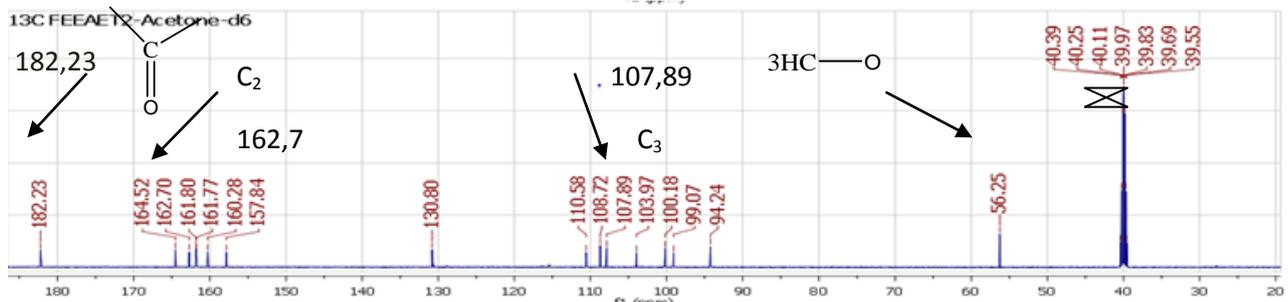
**Figure 3 :** Spectre COSY de FEEAET2

Dans la phase positive du spectre APT (fig4), on observe 9 signaux à  $\delta_C$  103,97 ; 110,58 ; 157,84 ; 160,28 ; 161,78 ; 161,80 ; 162,70 ; 164,52 ; 182,23 attribuables à des méthylènes ou aux carbones quaternaires. La phase négative de ce spectre présente 7 signaux à  $\delta_C$  56,25 ; 94,24 ; 99,07 ; 100,18 ; 107,89 ; 108,72 ; 130,80 attribuables à des méthynes ou à des méthyles.



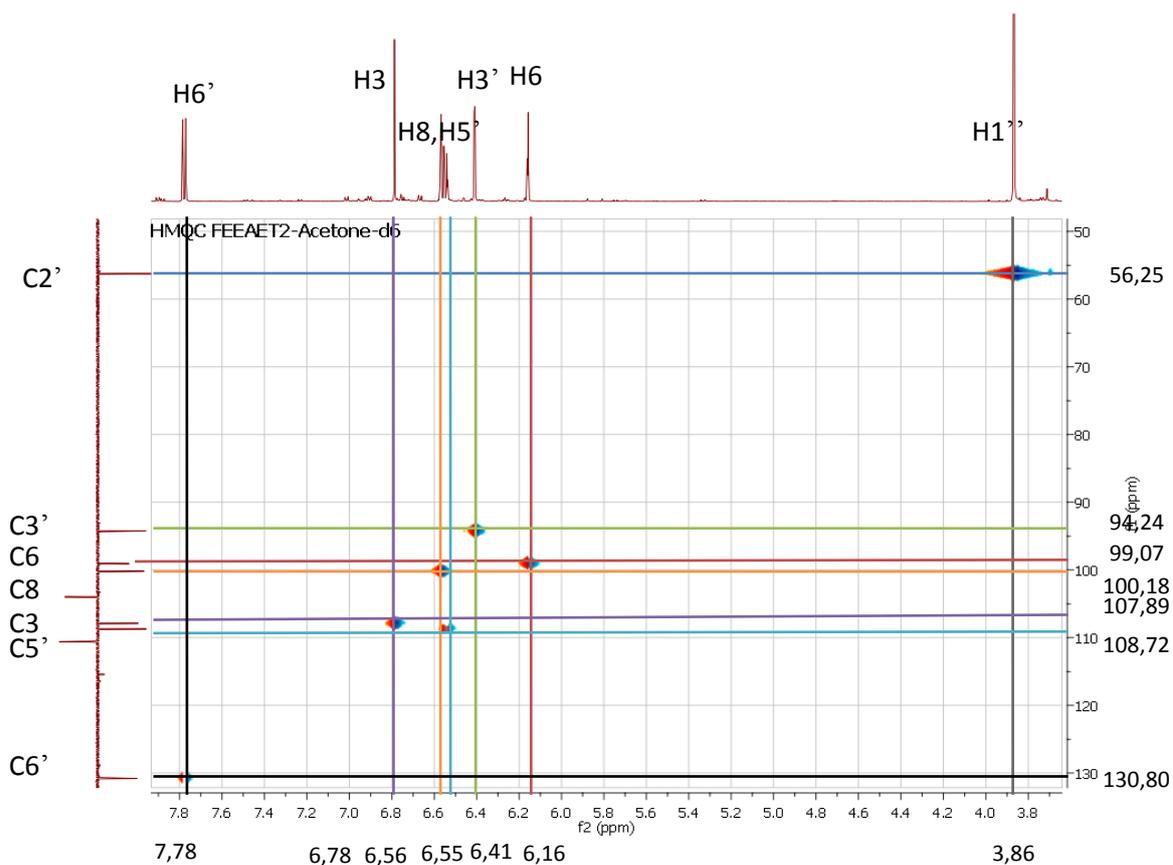
**Figure 4 : Spectre APT de FEEAET2**

L'analyse du spectre de RMN  $^{13}C$  (600MHz, Acétone-d6, fig5, tableau13) découplé large bande nous laisse voir 16 signaux parmi lesquels :  $\delta_C$  182,2 caractéristique des carbonyles de la fonction cétone et  $\delta_C$  56,25 attribuable à un carbone lié à un oxygène. On observe également les signaux à  $\delta_C$  162,7 et 107,89 caractéristiques des carbones  $C_2$  et  $C_3$  des flavones.



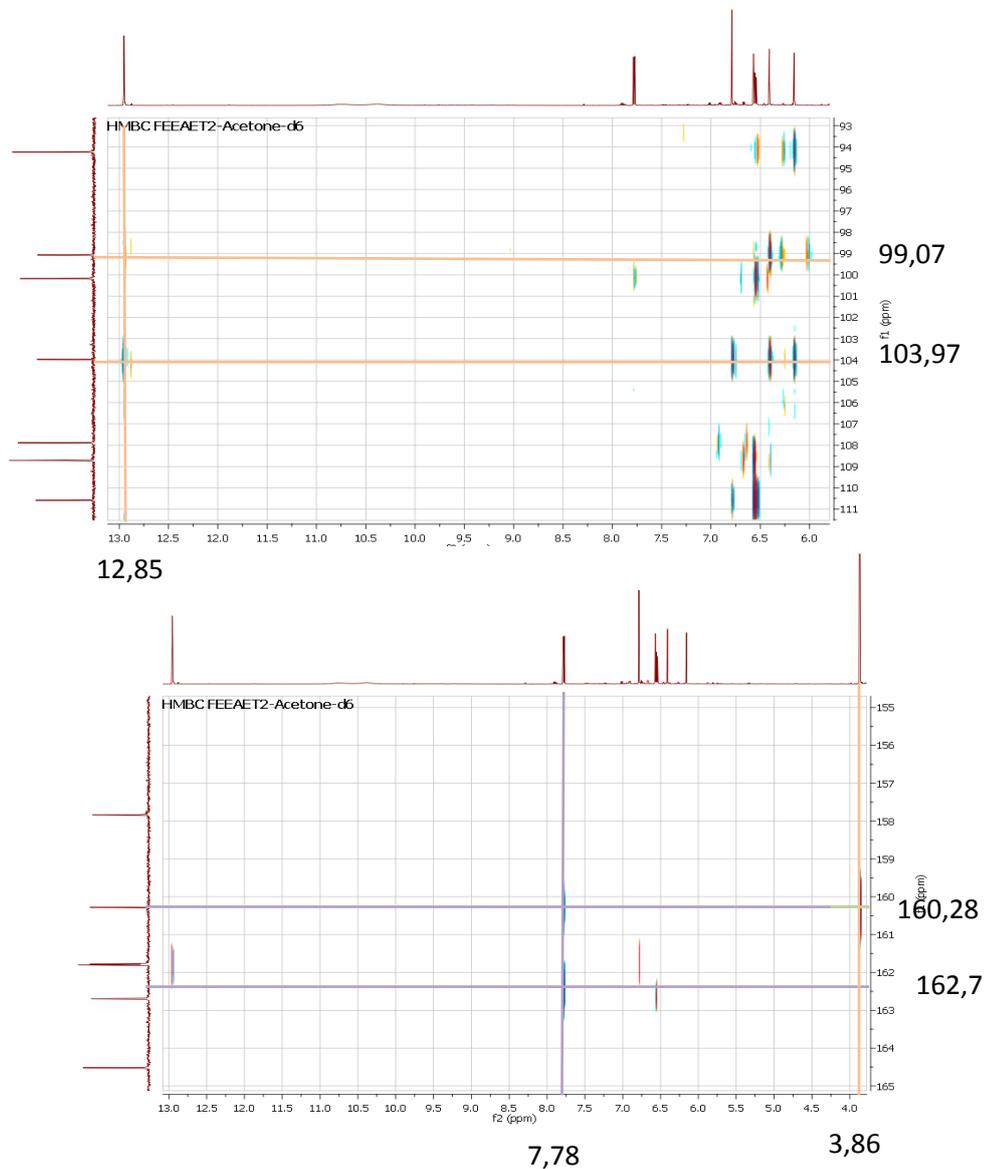
**Figure 5: Spectre de RMN  $^{13}C$  de FEEAET2**

L'analyse du spectre HMQC (fig 6 ) montre que les protons à  $\delta_H$  3,86 ; 6,41 ; 6,16 ; 6,56 ; 6,78 ; 6,55 ; 7,78 sont portés respectivement par les carbones à  $\delta_C$  56,25 ; 94,24 ; 99,07 ; 100,18 ; 107,89 ; 108,72 ; 130,80 .



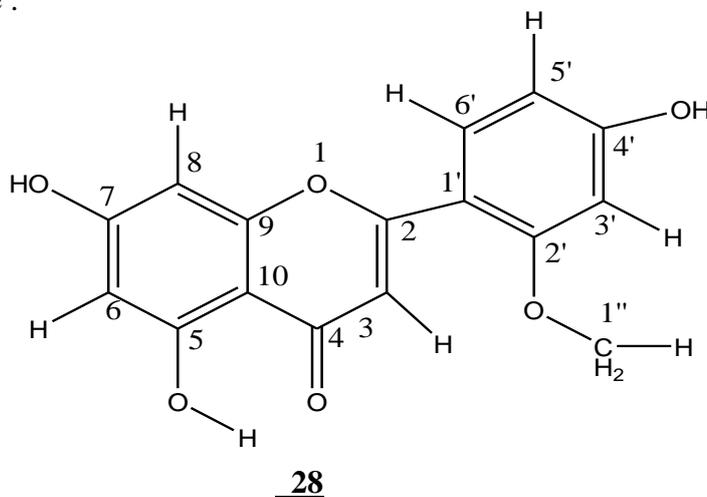
**Figure 6:** Spectre HMQC de FEEAET2

Le spectre HMBC (fig 7) de FEEAET2 laisse apparaitre plusieurs tâches de corrélation parmi lesquelles celles entre le proton à  $\delta_H$ 12,85 et les carbones à  $\delta_C$ 99,07 et 103,97 ; entre le proton à  $\delta_H$ 7,78 et les carbones à  $\delta_C$ 160,28 et 162,7 ; entre le proton à  $\delta_H$ 3,86 et le carbone à  $\delta_C$ 160,28.



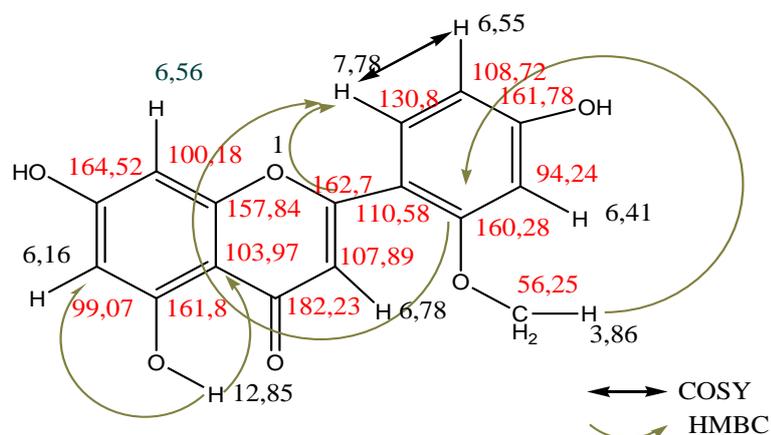
**Figure 7 : Le spectre HMBC de FEEAET2**

L'ensemble de ces données spectrales comparées à celle de la littérature nous a permis d'attribuer à FEEAET2 la structure 28 qui est celle d'une flavone de la famille de flavonoïde :



**Tableau 13** : Données spectrales du composé FEEAET2 comparées à celle de la littérature (Silvie 2011).

N	$\delta^1\text{H}$ (600 MHz)	$\delta^{13}\text{C}$ (600MHz)	$\delta^{13}\text{C}$ (littérature)
2		162,7	163,7
3	6,78	107,89	104,5
4		182,23	182,é
5 C-OH	12,85	161,8	163,9
6	6,16	99,07	98,3
7		164,52	166,4
8	6,56	100,18	98,0
9		157,84	160,1
10		103,97	105,5
1'		110,58	102,8
2'		160,28	159,1
CH3-O	3,86	56,25	56,3
3'	6,41	94,24	101,9
4'		161,78	158,7
5'	6,55	108,72	108,1
6'	7,78	130,80	128,8



**Schéma 4**: Principales corrélations observées sur les spectres COSY et HMBC du composé FEEAET2

### 2.2.2-Identification de FEEAET1

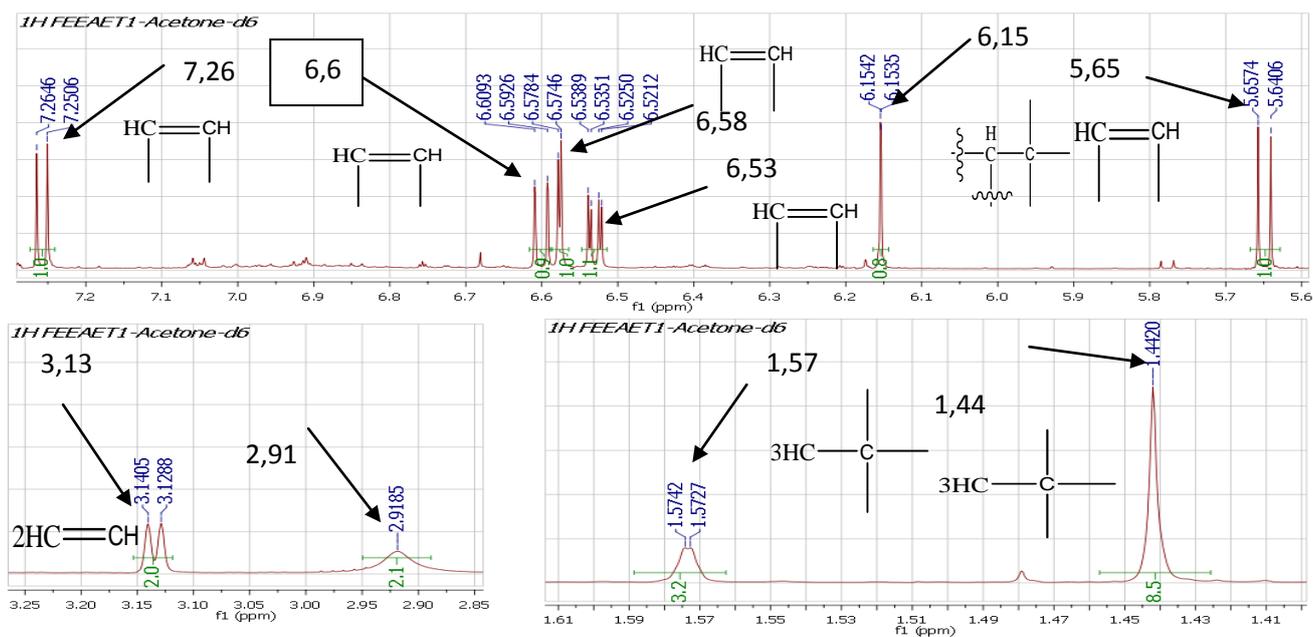
FEEAET1 est obtenu sous forme de poudre jaunâtre dans le système Hex/AE (80 /20). Il est soluble à l'acétone et donne avec le chlorure ferrique une coloration marron caractéristique des hydroxyles phénoliques ; il donne une coloration jaune au test de Shinoda caractéristique des flavonoïdes.

Le spectre de masse à haute résolution TOF EI nous donne une masse  $m/Z$  de 420,1506 compatible avec la formule brute  $C_{25}H_{24}O_6$  renfermant 14 insaturations.

Sur son spectre de RMN  $^1H$  (600MHz, Acétone- $d_6$ , fig 8, tableau 14) on observe :

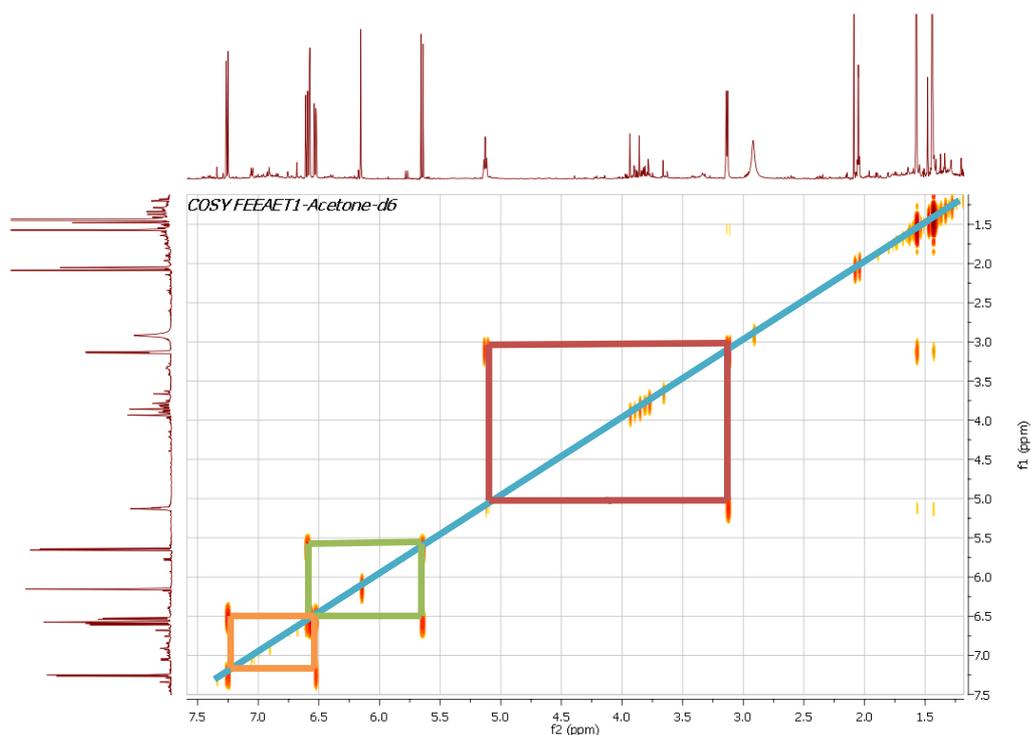
- Un singulet à 1,44 ppm intégrant pour 9 protons, attribuable aux protons méthyles liés à un carbone quaternaire.
- Un singulet à 1,57 ppm intégrant pour 3 protons, attribuable aux protons méthyles liés à un carbone quaternaire.
- Un singulet à 2,91 ppm intégrant pour 2 protons, attribuable aux protons méthyles liés à un carbone quaternaire.
- Un doublet à 3,13 ppm intégrant pour 2 protons (d,  $J=8,4Hz$ ), attribuable aux protons liés à un méthyne.
- Un triplet à 5,1 ppm intégrant pour 1 proton, attribuable à un proton lié à un méthylène.
- Un doublet à 5,65 ppm intégrant pour 1 proton (d,  $J=10,1Hz$ ) attribuable à un proton lié à un méthyne.
- Un singulet à 6,15 ppm intégrant pour un proton, attribuable à un proton méthyle lié à un carbone quaternaire.
- Un doublet dédoublé à 6,53 ppm intégrant pour 1 proton (d,  $J=2,3Hz$ ,  $J=8,3Hz$ ), attribuable à un proton couplant à la fois en *ortho* et en *méta* avec d'autres protons.
- Un doublet à 6,58 ppm intégrant pour 1 proton (d,  $J=2,3Hz$ ), attribuable à un proton couplant en *méta* avec un autre proton.
- Un doublet à 6,6 ppm intégrant pour 1 proton (d,  $J=10Hz$ ) attribuable à un proton lié à un méthyne.
- Un doublet à 7,26 ppm intégrant pour 1 proton (d,  $J=8,4 Hz$ ) attribuable à un proton lié à un méthyne.
- Un singulet à 8,0034 ppm intégrant pour 1 proton attribuable à un proton lié à un oxygène.
- Un singulet à 13,23 ppm intégrant pour 1 proton attribuable à un proton lié à un oxygène.

**Figure 8: Spectre RMN  $^1H$  (600MHz, Acétone- $d_6$ ) de FEEAET1**



**Figure 8: Spectre RMN  $^1\text{H}$  (600MHz, Acétone- $d_6$ ) de FEEAET1**

Le spectre COSY (fig 10 ) de FEEAET1 présente trois tâches de corrélation entre le proton à  $\delta_{\text{H}}$  7,26 et celui à 6,53; le proton à  $\delta_{\text{H}}$  6,6 et celui à 5,65; et le proton à  $\delta_{\text{H}}$  3,13 et celui à 5,1.



## Figure 9: Spectre COSY de FEEAET1

L'analyse du spectre RMN  $^{13}\text{C}$  (600MHz, Acétone- $\text{d}_6$ , fig 10 ) découplé large bande nous laisse voir 24 signaux parmi lesquels :  $\delta_{\text{C}}$  182,34 caractéristique des carbonyles de la fonction cétone et :  $\delta_{\text{C}}$  160,7 caractéristique des  $\text{C}_2$  des flavones.

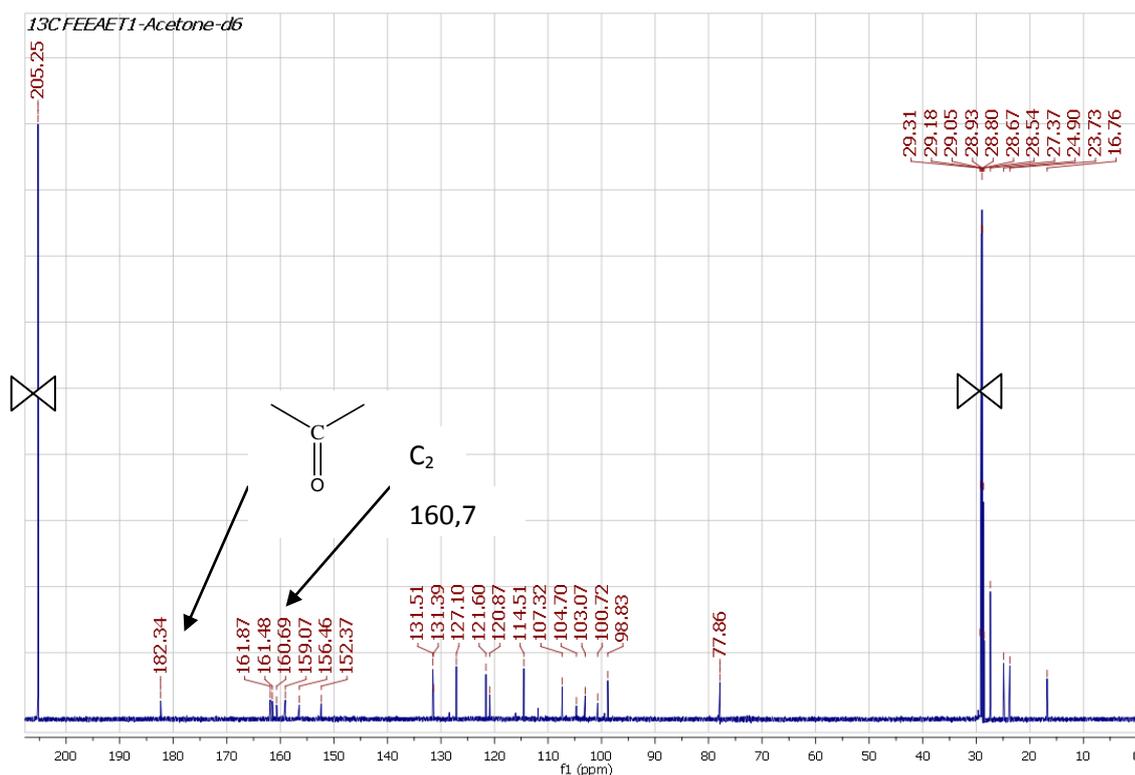
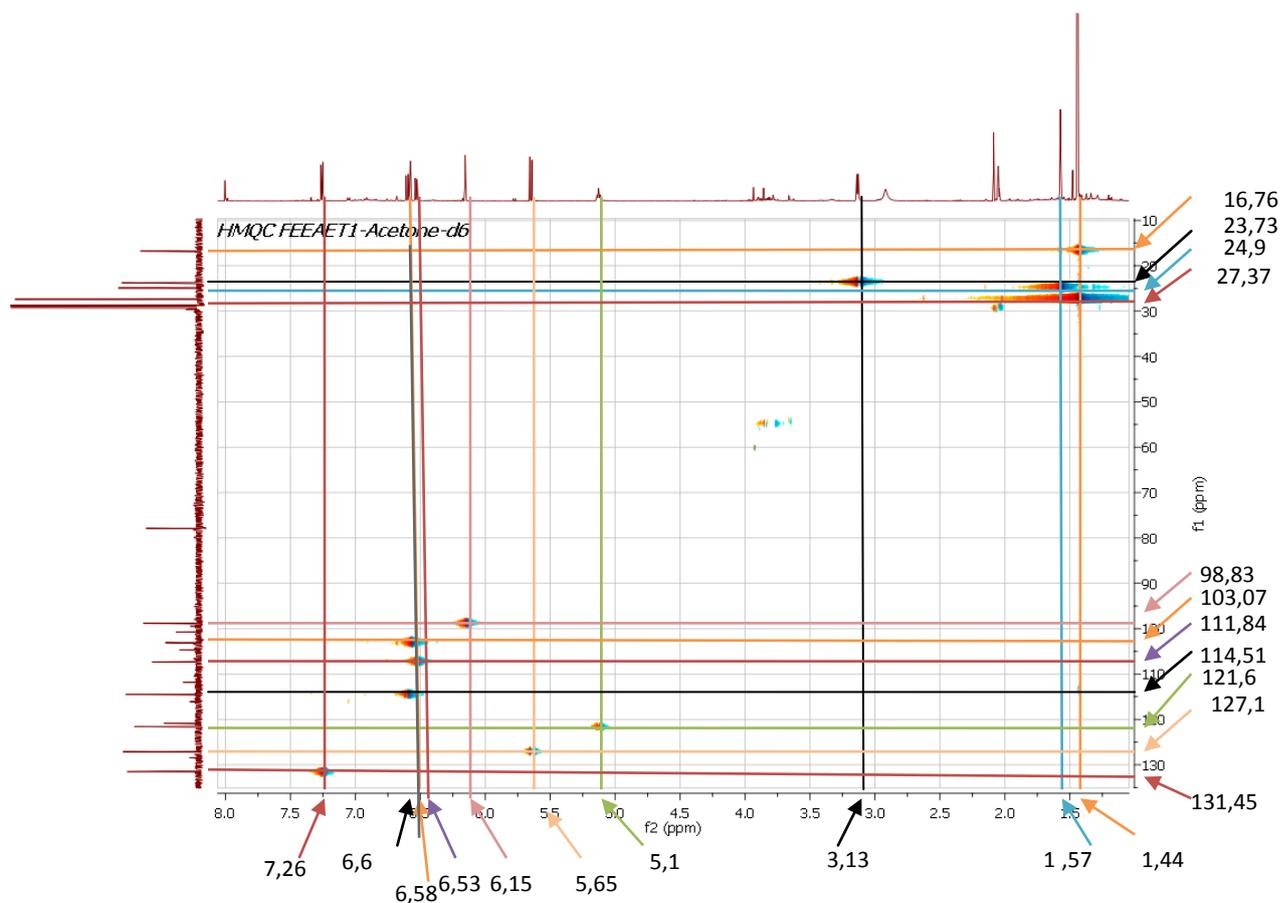


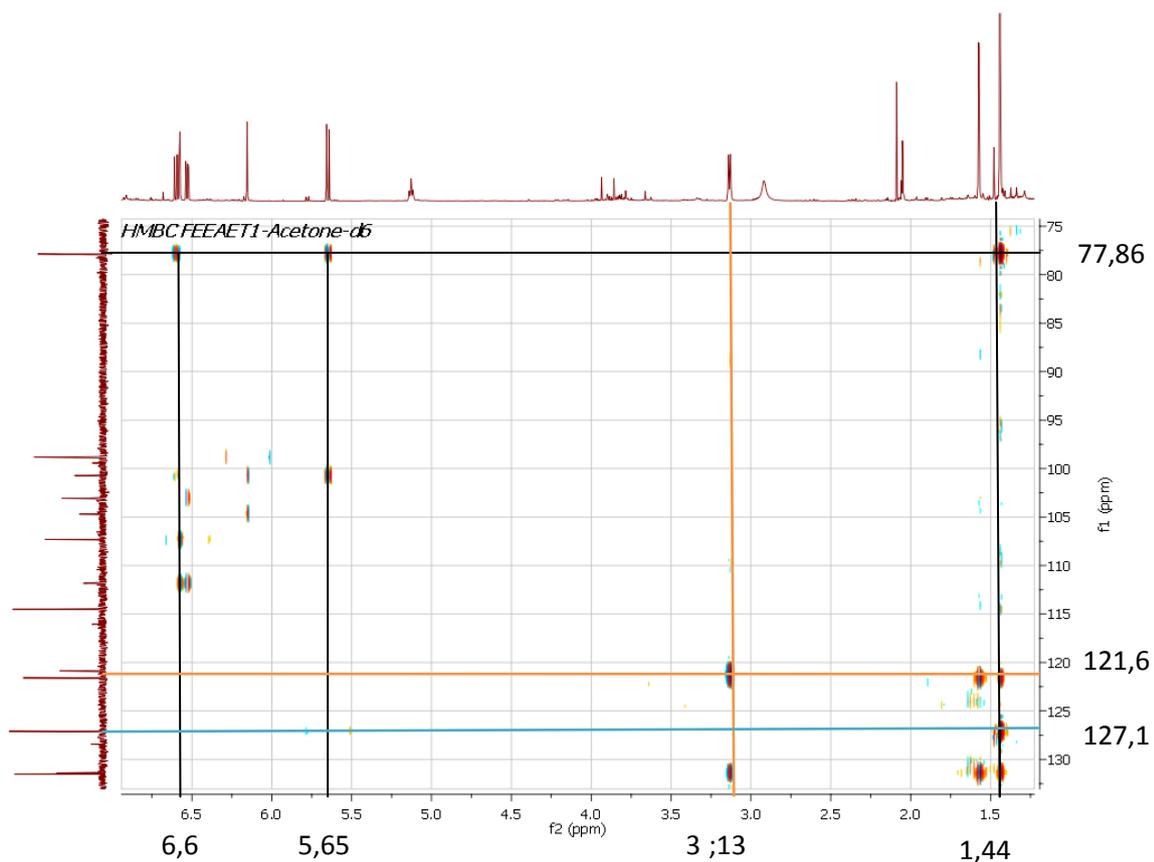
Figure 10: Spectre RMN  $^{13}\text{C}$  (600MHz, Acétone- $\text{d}_6$ ) de FEEAET1

L'analyse du spectre HMQC (fig 11 ) montre que les protons à  $\delta_{\text{H}}$  1,44; 3,13 ; 1,57; 1,44; 6,15 ; 6,58 ; 6,53 ; 6,6 ; 5,1 ; 5,65; 7,26 sont portés respectivement par les carbones à  $\delta_{\text{C}}$  16,76 ; 23,73 ; 24,90 ; 27,37 ; 98,83 ; 103,07 ; 111,84 ; 114,51 ; 121,6 ; 127,1 ; 131,45 .



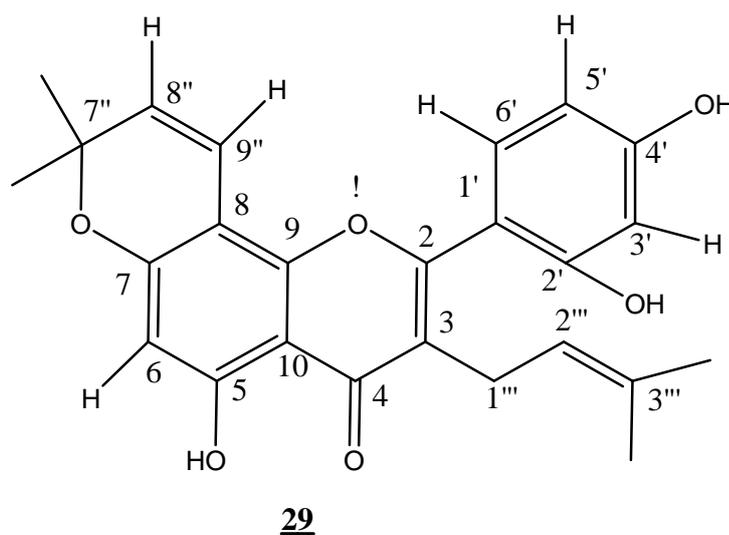
**Figure 11: Spectre HMQC FEEAET1**

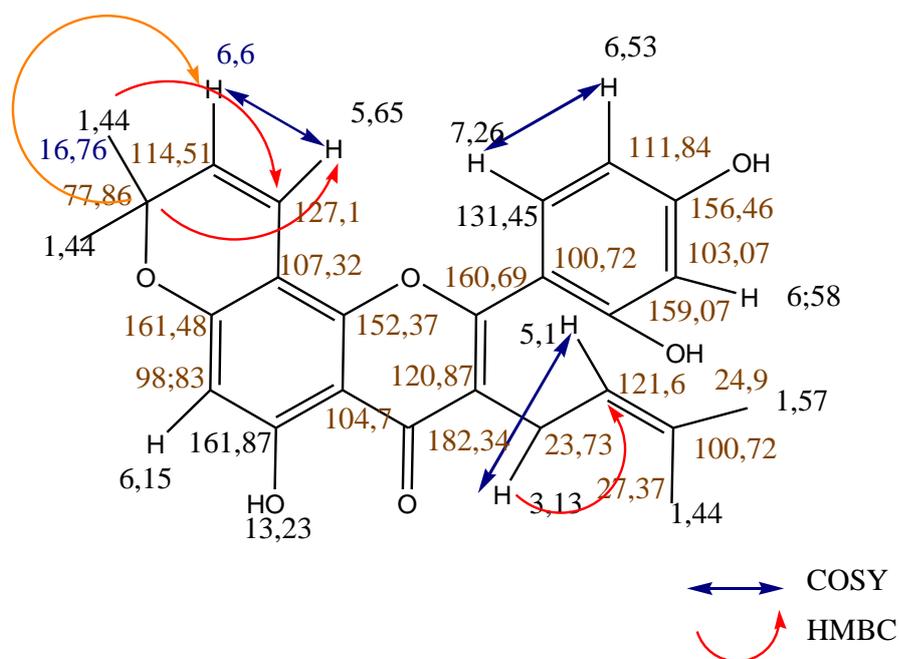
Le spectre HMBC (fig 12) de FEEAET1 laisse apparaître plusieurs tâches de corrélation parmi lesquelles celles entre le proton à  $\delta_{\text{H}3,13}$  et le carbone à  $\delta_{\text{C}121,6}$  ; entre le proton à  $\delta_{\text{H}1,44}$  et le carbone à  $\delta_{\text{C}127,1}$  ; entre les protons à  $\delta_{\text{H}6,6}$  et 5,65 et le carbone à  $\delta_{\text{C}77,86}$ .



**Figure 12: Spectre HMBC FEEAET1**

L'ensemble de ces données spectrales comparées à celle de la littérature nous a permis d'attribuer à FEEAET1 la structure suivante qui est celle d'une flavone de la famille de flavonoïde.





**Schéma 5:** Principales corrélations observées sur les spectres COSY et HMBC du composé FEEAET 1

**Tableau 14 :** Données spectrales du composé FEEAET1 comparées à celle de la littérature (Silvie 2011).

N	$\delta^1\text{H}$ (600 MHz)	$\delta^{13}\text{C}$ (600MHz)	$\delta^{13}\text{C}$
2	-	160,69	160,2
3	-	120,87	121,2
4	-	182,34	183,1
5 C-OH	13,23	161,87	163,3
6	6,15	98,83	96,7
7	-	161,48	162,4
8	-	107,32	105,5
9	-	152,37	154,6
10	-	104,7	104,4
7''	-	77,86	77,2
C-CH3	1,44	16,76CH3	28,2
8''	6,6	114,51	118,0
9''	5,65	127,1	128,4
1'	-	100,72	104,4
2' C-OH	-	159,07	159,7
3'	6,58	103,07	103,5
4' C-OH	-	156,46	159,5
5'	6,53	111,84	108,4
6'	7,26	131,45	129,2
1'''	3,73	23,73	22,1
2'''	5,1	121,6	122,6
3'''	1,57CH3 1,44CH3	24,9 27,37	19,7 25,7

## INTERETS PEDAGOGIQUES

Les travaux de recherche et la rédaction de ce mémoire que nous avons effectués nous ont été d'une importance considérable sur le plan pédagogique à plusieurs niveaux :

La rédaction de ce mémoire a commencé par une recherche bibliographique, ce qui nous a permis de nous familiariser avec l'outil informatique et les méthodes de recherches de l'information, de cultiver en nous l'esprit de recherche. En effet, lors de la préparation des leçons, nous aurons à consulter plusieurs sources d'information (livres, livres programme ; internet...).

Les travaux au laboratoire nous ont permis de nous familiariser d'avantage avec le matériel et les techniques de laboratoire (décantation, filtration, chromatographie ...). De surcroît, étant donné que la chimie est une science expérimentale, nous aurons à organiser les séances de travaux pratiques avec les apprenants afin de les permettre de bien cerner leurs cours et de lier la théorie à la pratique.

Enfin, il faut signaler que les travaux de recherche et la rédaction de ce mémoire nous ont permis de revisiter les classes de composés telles que les alcools, les alcènes, les cétones etc. qui font l'objet de certains chapitres au secondaire que nous aurons à dispenser ; ils nous ont permis aussi d'inculquer certaines qualités et surtout des habiletés indéniables à l'Homme de science et surtout aux futurs enseignants des sciences physiques et chimie du secondaire que nous sommes.



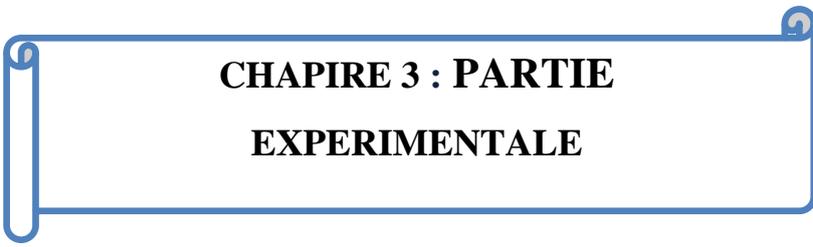
**CONCLUSION GENERALE ET  
PERSPECTIVES**

L'étude de l'extrait à l'acétate d'éthyle des écorces du tronc de *Ficus elastica* a conduit à l'isolement et à la purification de trois produits indexés FEEAT1, FEEAT2 et FEEAT3 au moyen des méthodes chromatographiques usuelles (CC, CCM).

Les techniques spectroscopiques (RMN <sup>1</sup>H, RMN <sup>13</sup>C, APT) nous ont permis d'identifier les composés FEEAT1 à 5,2',4'-trihydroxy-7,8-(2'',2'' diméthylpyrano)-3-prénylflavone et FEEAT2 à 4,7,4'-trihydroxy-2'-méthoxyflavone .

Malgré les difficultés rencontrées, nous pensons avoir partiellement atteint nos objectifs à savoir une meilleure connaissance chimique de l'espèce *Ficus elastica*, la familiarisation avec le matériel de laboratoire d'une part et l'acquisition d'un savoir faire expérimentale d'autre part.

Nous souhaitons dans la suite de nos travaux de recherche parachever l'élucidation de la structure de l'autre composés restant et soumettre l'ensemble des composés isolés avec l'aide des biologistes aux test d'activités biologiques et de toxicité dans l'optique de confirmer ou d'infirmer les propriétés médicinales attribuées à cette plante, afin de recommander ou de proscrire son usage aux populations.



**CHAPIRE 3 : PARTIE  
EXPERIMENTALE**

### **3.1-Appareillage et matériel végétal**

#### **3.1.1- Appareillage**

L'extrait brut des écorces du *Ficus elastica* que nous avons obtenu a été concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif de marque Heidolph.

Les différentes masses ont été pesées sur une balance électronique de marque COBOS.

Les chromatographies-flash ont été réalisées sur un büchner, tandis que, les chromatographies sur colonne l'ont été avec des tubes en verre.

Les plaques de CCM utilisées étaient des plaques en aluminium de dimensions 20×20cm, d'épaisseur 0.20 mm et recouvertes d'une couche de gel de silice de type 60 Merck avec indicateur de fluorescence UV 254.

Les séparations chromatographies ont été faites en utilisant comme absorbant le gel de silice de granulométrie: 0.063-0.2 mm.

Les spots chromatographiques sur les plaques de CCM ont été révélés par pulvérisation au moyen d'un mélange acide sulfurique-eau ou par visualisation sur lumière UV de longueur d'onde:254-366 nm.

Les analyses RMN <sup>1</sup>H et RMN <sup>13</sup>C ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre de marque AGILENT.

#### **3.1.2- Matériel végétal**

Les écorces de *Ficus elastica* ont été récoltées dans la région du centre plus précisément à Yaoundé (Quartier Général) en novembre 2014.

### **3.2-Extraction et isolement des composés**

#### **3.2.1-Extraction**

Les écorces de *Ficus elastica* sont séchées et broyées. La poudre obtenue (1,8123kg) a été macérée dans le méthanol à température ambiante pendant 48heures. Après filtration, la solution obtenue a été concentrée, conduisant à 94,2g d'extrait brut.

La totalité de cet extrait est soumise à une solubilisation différentielle à l'acétate d'éthyle, 75,5g d'extrait sont recueilli.

L'extrait à l'acétate d'éthyle est ensuite soumis à un dégrossissement par chromatographie-flash sur gel de silice, en utilisant comme éluant le mélange Hex/AE de polarités croissantes et le méthanol, les fractions de 400mL sont récupérées et regroupées.

Après avoir effectué des CCM sur nos fractions nous les avons regroupées en 8 séries : Fa, Fb, Fc, Fd, Fe, Ff, Fg ; Fh. Le tableau 15 présente le chromatogramme des fractions :

**Tableau 15: Chromatogramme des fractions.**

Système d'élution	Fractions	Système CCM	Séries	Observation
Hex/AE (95:5)	5-7	Hex /AE (95:5)	Fa (1,2g)	4 tâches
Hex/AE (90:10)	8-10	Hex/AE (95:5)	Fb (3.3g)	4 tâches
Hex/AE (80:20)	11-13	Hex/AE (82:18)	Fc (2.7g)	3taches
Hex/AE (70:30)	14-16	Hex/AE(75:25)	Fd(7.4g)	Trainee
Hex/AE(60 :40)	17-19	Hex/AE(65:35)	Fe(8.9g)	Trainée
Hex/AE(55 :45)	20-22	HEX /AE(60 :40)	Ff(1,2g)	Plusieurs taches
Hex/AE(25 :75)	23-25	Hex/AE(35 :65)	Fg(3,1)	Trainée
AE(100)	26-27	-	Fh(39.1g)	-
MeOH(100)	28-30	-	-	

### 3.2.2-Isolement des composés

La série Fc de masse 2.7g a été fixée sur de la silice puis soumise a une CC. L'élution s'est faite à l'hexane pur, au mélange n-Hex/AE de polarités croissantes. Les fractions de 100mL chacune sont recueillies et regroupées sur la base d'une CCM ; le tableau 16 présente le chromatogramme des différentes fractions.

**Tableau 16: Chromatogramme de la fraction Fc**

Système d'elution	Fractions	Regroupements	Observations
Hex 100%	1-3		Plusieurs taches
Hex/AE(95-5)	4-8	8	Plusieurs taches
Hex/AE (90-10)	9-13	10	Environ 4 tâches
Hex/AE (85-15)	14-18	18	Environ 4 tâches dont celle de FEEAET3
Hex/AE (80-20)	19	19	2 tâches dont celles de FEEAET1
Hex/AE (75-25)	20-25	20	2 tâches dont celles de FEEAET2
Hex AE (60-40)	26-30	27	plusieurs taches

### **3.2.3-Purification des produits.**

Après lavage à l'acétone et filtration des extraits 19, 20 et 27, on procède à la CCM afin de vérifier leur pureté. Les produits FEEAET1, FEEAET2 et FEEAET3 sont ainsi obtenus respectivement des extraits 19, 20 et 27.

### **3.3- Caractéristiques physico-chimiques des composés isolés.**

#### **3.3.1-Composé FEEAET1**

\*formule brute:  $C_{25}H_{24}O_6$

\*degré d'insaturation: 14

\*description physique: poudre jaune

\*masse moléculaire: 420,1506 g/mol

\*test Shinoda: positif

#### **3.3.2-Composé FEEAET2**

\*formule brute:  $C_{16}H_{12}O_6Na$

\*degré d'insaturation: 11

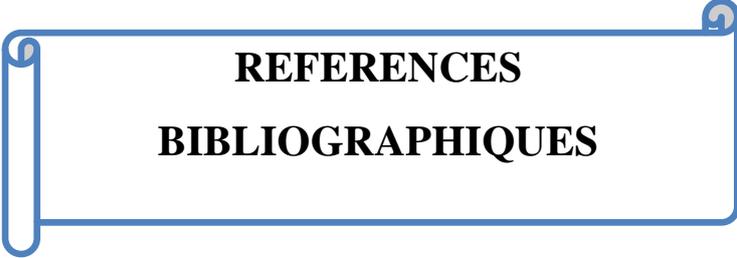
\*description physique: poudre jaune

\*masse moléculaire: 323.0532 g/mol

\*test de Shinoda: positif

#### **3.3.3-Composé FEEAET3**

\*description physique: huile jaune-orangée



**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

- Adam J. (1961). Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de l'Afrique occidentale. La basse Casamance (Sénégal). Première partie. *Bulletin. IFAN XXIII* n°4. 911-993.
- Ango Y. (2006). Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale du Cameroun : *Gnetum Africanum* (*Gnetaceae*). Mémoire de D.E.A en chimie organique, Université de Yaoundé I. 11.
- Amella M, Bonner C, Brian F. (1985). Inhibition of mast cell histamine release by flavanols and bioflavonoid. *Planta medicinale* 51(1) : 16-20.
- Amoa O. (2010). Etude phytochimique de l'écorce de *Ficus burretiana* (*Moraceae*). Mémoire DIPES II. Université de Yaoundé I, Cameroun.
- Arnold B. (1989). The alkaloids, chemistry and pharmacology, academic press.
- Arbonier M. (1961). Arbre, arbuste et liane des zones sèches d'Afrique de l'ouest. 2<sup>ème</sup> édition. Museum national d'histoire naturelle.411.
- Audu J. (1989). Medicinal herbs and their uses in Bauchi State. *The Nigeria Field*. 54 (Part 3-4): 157-168.
- Berhaut J. (1979). Flore illustrée du Sénégal. Dakar : Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts ; Clairafrique Éditions.
- Berg C, Hijman E, Weerdemburg J. (1965). Flore du Cameroun. MESRES, Yaoundé Cameroun.
- Bellakhdar J. (2004). Le figuier sycomore. *Ficus sycomorus au Proche-Orient* : éléments d'histoire, d'ethnobotanique et d'étymologie.
- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie, Phytochimie et plantes Médicinales, Techniques et documents Lavoisier. Paris, 3<sup>e</sup> Edition. 663-669.
- Bruneton J., (1999). Pharmacognosie, Phytochimie et plantes Médicinales. Paris, (tome3) troisième édition. 266-293.
- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. 2<sup>ème</sup> édition, Techniques de documentation Lavoisier. 816-822
- Chukwunonye M, Okogun J, Okorie D. (1980). Triterpene Acids from *Myrianthus arboreus*. *Phytochemistry* 19: 2482-2483.

- Darbour N, Bayet C, Bercion S, Elkhomsi Z, Lurel F, Chaboud A, Guilet D. (2007). Isoflavones from *Ficus nymphaefolio*. *Natural Products Research* 21: 461-464.
- Diallo A. (2005). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* (*Myrtaceae*). Thèse de Doctorat d'Etat en pharmacie, Faculté de Médecine Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (FMPOS). Université de Bankomo. 2-6.
- Erdelmeier B, Wright A, Rali T, Sticher O. (1990). An antimicrobial alkaloid from *Ficus septica*. *Phytochemistry* 29: 3327-3330.
- Gaspar D, Alberto C, Mara S, Adolfo H. (1997). Methoxyflavones from *Ficus maxima*. *Phytochemistry*. 45.
- [http:// www.homejardin.com](http://www.homejardin.com).(2007). Caoutchouc ou *Ficus elastica*. Droits enregistrés sous le N° 00045038 auprès de Copyrightdepot.com. Hebergeur : ONLINE SAS. Consulté le 28/05/2016.
- Judd, Campbell, Kellogg et Stevens. Botanique systématique : Une perspective génétique, De Boeck, 1<sup>e</sup> édition.
- Kapche D. (2000). Contribution à l'étude phytochimique de deux plantes médicinales du Cameroun: *Dorstenia poinsettiifolia* et *Dorstenia psilurus* (Moracées) et hémisynthèses de quelques flavanones. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> ème cycle. Département de Chimie Organique. Université de Yaoundé I, Cameroun.
- Kengap T, Kapche G, Dzoyem J, Simo I, Ambassa P, Sandjo L, Abegaz B, Ngadjui B, (2011). Isoprenoids and Flavonoids anti microbial activity from *Ficus conraui* (*Moraceae*). *Helvetica Chimica Acta*.
- Kerharo J, Bouquet A. (1950). Plantes médicinales et toxiques de la Côte d'Ivoire - Haute Volta. *Paris* :Vigot Frères.103-134.
- Kitajima J, Kimizuka K, Tanaka Y. (2000). Three new sesquiterpenoid glucoside from *Ficus pumina* fruits. *Chemical and pharmaceutical bulletin* .48,77-80.
- Koshihara Y, Fujimoto Y, Inoue H. (1998). Pharmacological studies of flavonoid from *Artocarpusaltilis*. *Journal of chromatography* 37: 2161.
- Kuo H, Chaiang Y. (1999) Five new taraxastane-type triterpènes from the aerial roots of *Ficus microcarpa*. *Chemical and pharmaceutical bulletin* 47: 498-500.
- Lee C, Lu C, Kuo Y, Chen J, Sun G. (2004). New Prenylated Flavones from the roots of *Ficus beecheyana*. *Journal of the chinese chemical society* 51: 437-441 .

- Li V, Kuo Y. (2000). Four new compounds, *ficusal*, *ficus esquilignan* and *ficus olidedi*, from the heartwood of *Ficus microcarpa*. Chemical and pharmaceutical bulletin 48: 1862-1865 .
- Li Y, Kuo H. (1997). Two new isoflavone from the bark of *Ficus microcarpa* . Journal of natural products 60: 292-293.
- Lopes D, Villela C. Kaplan M, Carauta J. (1993). Moretenolactone, a  $\gamma$ -lactone hopanoid from *Ficus hispida*. Phytochemistry 34: 279-280.
- Mathieu A, Remmelink M, D'Haene , Penant S, Gaussin J, Van G, Darro F, Kiss R, Salmon, I. (2004). Development of a chemoresistant ortho topichumannon small cell lung carcinoma model in nude mice 101: 1908–1918.
- Ogunwande I, Flamini G, Adefuye E, Lawal N, Moradeyo S, Avoseh N. (2011). Afric journal botanic 77: 645.
- Pereza-Sanchez S, Chai H, Chin H, Santisuk T, Reutrakul V, Farnsworth N. (2002). Constituents of the leaves and twigs of *Ficus hispida*. Planta medicinal 68: 186-188. .
- Raponda-Walker A, Sillans R. (1961). Les plantes utiles du Gabon. Paris : Le Chevalier. 296-299.
- Russel J, Hofferma J, (1965). Ficine, a novel flavonoidal alkoid from *Ficus pantoniana*. Tetrahedron Letters 24 :4414-4438.
- Sadjo S. (2009). Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale du Cameroun : *Ficus ovata* (Moraceae). Mémoire de DIPES II. Université de Yaoundé I, Cameroun.
- Schnell R. (1957). *Plantes alimentaires et vie agricole de l'Afrique noire*. Paris . Éditions Laros.
- Senghor L. (1979). *Flore illustré du Sénégal*. Dakar , tome VI. 257.
- Simo I, (2006). Etude Comparative des métabolites Secondaires de *Dorstenia barteri* (Moraceae). Evaluation des activités antimicrobiennes et réaction de cyclisation et d'hydrogénation de quelques flavonoïdes isolés. Université de YAounde1, Cameroun. 4.
- Silvie M. (2011). Etude phytochimique et évaluation biologique de *Derris ferruginea* Benth (Fabaceae). Biochemistry, molecular biology. Université d'Angers, France. 115-117.
- Tsopmo A, Tene M, Kamnaing P, Ngokam D, Ayafor J, Sterner O. (1998). Economic Products of the *Malay Peninsula*. Ministry of Agriculture and Co-operatives.
- Walter S, Christopher S, Campbell E, Kellog A, Peter S. (2001). *Botanique systématique : Une perspective génétique*. De Boeck, (ISBN 978-2744501234) , 1<sup>e</sup> éd. 468.

