

UNIVERSITE DE KISANGANI

Département des Sciences
Biotechnologiques

FACULTE DES SCIENCES



B .P : 201 2

KISANGANI

**CONTRIBUTION A L'ANALYSE CHIMIQUE ET NUTRITIONNELLE
DES DEUX PLANTES ALIMENTAIRES SAUVAGES CONSOMMES A
KISANGANI ET SES ENVIRONS : *Zanthoxylum gillettii* DEWIL.
(*Fagara macrophylla*) et de *Euphorbia hirta* L**

Par

Jules Tonganga Kalimasi

**Travail de fin de cycle présenté en vue de
L'obtention de grade de gradué en sciences
Option : Biologie
Orientation : Biotechnologie
Directeur : professeur Tchatchambe J. W.B
Encadreur : C.T Solomo Elumbu**

ANNEE ACADEMIQUE : 2013-2014

Deuxième – Session

DEDICACE

A l'Eternel DIEU le Père Tout puissant.

A vous mes chers parents, pour toute affection, encadrement et éducation jusqu'à faire de moi ce que je suis devenu.

Ce travail est le vôtre.

Jules Tonganga Kalimasi

AVANT PROPOS

Au terme de ce travail de fin de cycle, nous voulons rendre hommage à tous ceux qui, près ou de loin, nous ont prêté main forte d'une manière ou d'une autre. Nous adressons nos remerciements à tout le personnel académique et scientifique de la faculté des sciences.

Nos remerciements les plus sincères au Professeur Tchatchambes J.W.B. Qui malgré ses multiples occupations a accepté de diriger ce travail et aussi au CT Solomo qui avait guidé nos pas du début jusqu'à la fin de ce travail, qu'à tous les enseignants de la Faculté des Sciences ainsi que notre humble papa Tshitenge André qui nous a bien encadré.

Nos remerciements à nos parents, Tumiladi Tonganga et Bulahimu Fatuma qui nous ont soutenu, tant moralement que matériellement. Nous rendons hommage à notre défunt oncle paternel Tumiladi Mutungula, que son âme repose en paix. Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos frères et sœurs et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Jules Tonganga Kalimasi

RESUME

Contenus dans les organes comestibles de quelques P.A.S, consommées à KISANGANI L'objectif essentiel de ce travail est d'analyser quantitativement les substances toxiques et les groupes phytochimiques et ses environs, avant et après cuisson.

Nous avons utilisé deux analyses composés de différents méthodes qui nous ont aidé à déterminer les taux des: l'humidité relative, l'acide ascorbique, l'acide citrique, le vitamine A, le thiamine, le riboflavine, pyridoxine et des sucres totaux, avec les matières fraîches. Les taux des ; protéine brute, cendre brute, fibre brute, calcium, magnésium, fer, phosphore et de lipide, avec les matières sèches. Les teneurs en ; nitrate, nitrite, cyanure et en oxalate avec les substances toxiques. Les teneurs en; alcaloïde, flavonoïde, tanin et stérol et terpène ; avec les groupes phytochimiques.

Les feuilles de *Euphorbia hirta* L et l'écorce de tige *Zanthoxylum gillettii* DEWIL. (*Fagara macrophylla*) ont servi à nos analyses. L'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* contient 26,6% d'Humidité relative, 3,7% de cendres brutes, 0,7% des protéines brutes, 1,28g/100g des matières grasses brutes, 1g/100g de calcium, 0,65g/100g de magnésium , 4,02g/100g de fer, 0,596mg/100g de phosphore, 0,187mg/100g de carotènes, 1,33mg/100g de thiamine, 0,25 mg/100g de riboflavine, 0,30mg/100g de pyridoxine, 4,30 mg/100g d'acide ascorbique, 0,423 équivalent d'acide citrique, 1,52 g/100g des sucres totaux et 7% de fibre brute. Les feuilles d'*Euphorbia hirta* contiennent 32,20% d'humidité relative, 7,6% de cendres brutes, 0,527% des protéines, 0,14g/100g de matières grasses brutes, 1,04 g/100g de calcium, 2,18g/100g de magnésium, 4,19g/100g de fer, 0,462mg/100g de phosphore, 0,187mg/100g de carotène, 1,005 mg/100g de thiamine, 0,13 mg/100g de riboflavine, 0,20mg/100g de pyridoxine, 6,78mg/100g d'acide ascorbique, 0,173 équivalent d'acide citrique, 2,92g/100g des sucres totaux et 4% de fibre brute.

Cependant, ces plantes contiennent, parfois aussi quelques substances toxiques ou indésirables, notamment les alcaloïdes, les tanins les stérols et les terpènes. Des traces de nitrates, de nitrites et de cyanures. De ce qui précède, nos hypothèses selon lesquelles, les parties comestibles de ces différentes P.A.S. contiendraient des nutriments tels que des protéines, vitamines, lipides, glucides et minéraux à des concentrations différentes. Ces nutriments seraient parfois associés à des substances anti-nutritionnelles, indésirables ou toxiques.

SUMMARY

The important objective of this work is to analyze quantitatively the nourishing substances and qualitatively poisonous substances and the phytochemical groups contained in the edible organs of some untamed food plants eaten in Kisangani and its surroundings before and after the cooking.

We have used two analyses composed of different methods which have allowed us to determine:

The rate of relative humidity, ascorbic acid, citric acid, vitamin A, thiamin and the total sugars with the cold matters

The rate untreated protein, untreated cinder, untreated fiber, calcium, magnesium, iron,

Contains in nitrate, nitrite, cyanide and oxalate.

Contains in alkaloid, flavonoid, tannin, and sterol and terpen.

The bark of *zanthoxylum gillettii* (DEWILD) contain 26,6% relative humidity, 1,28g/100g of untreated fiber, 1g/100g of calcium, 0,65g/100g of magnesium, 4,02g/100g of Iron, 0,596mg/100g of phosphorus, 0,187mg/100g of caroten, 1,33mg/100g of thiamin, 0,25 mg/100g of riboflavin, 0,30mg/100g of pyridoxin, 4,30 mg/100g of ascorbic acid, 0,423 Equivalent of citric acid, 1,52 g/100g of the total sugars and 7% of the untreated fiber .

The leaves of *Euphorbia hirta* contain 32,20% of relative humidity, 7,6% of untreated fiber, 0,527% of untreated protein, 0,14g/100g of untreated fiber, 1,04 g/100g of calcium, 2,18g/100g of magnesium, 4,19g/100g of iron, 0,462mg/100g of phosphorus, 0,187mg/100g of caroten, 1,005 mg/100g of thiamin, 0,13 mg/100g of riboflavin, 0,20mg/100g of pyridoxine, 6,78mg/100g of ascorbic acid, 0,173 Equivalent of citric acid, 2,92g/100g of the total sugars and 4% of the untreated fiber .

To end results found by chemical analyses show that the studied wild food plants bring an important additional contribution of nourishing elements. However, these plants contain some poisonous substances or undesirable as well.

0. INTRODUCTION

0.1. PROBLEMATIQUE

Vivant dans un pays où la malnutrition est chose courante et pose un problème de santé publique, toute solution pouvant améliorer cette souffrance est la bienvenue. La République Démocratique du Congo est caractérisée par des niveaux élevés de malnutrition protéino-énergétique. Pour remédier à ces insuffisances, les populations rurales font recours aux produits de cueillette dont les plantes alimentaires sauvages (PAS).

Or pour mieux se développer, améliorer la santé et se reproduire, l'organisme humain a besoin de différents éléments nutritifs dont nous trouvons dans les aliments. Mais pour des raisons sociales, économiques et culturelles telles que la pauvreté, l'homme n'a pas souvent accès aux aliments contenant les nutriments, alors qu'avec diverses combinaisons d'aliments, il est possible que celui-ci trouve un régime alimentaire bien équilibré dans sa vie.

Donc pour lutter contre ces problèmes de la sous-alimentation et de la malnutrition, il serait souhaitable que l'homme introduise les PAS dans l'alimentation humaine (ONYAMBOKO et TCHACHAMBE, 1998). C'est ainsi que l'analyse chimique des parties comestibles des plantes comme par exemple dans notre cas, les feuilles d'*Euphorbia hirta* L et l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* (DE WILD.) P.G. WATERMAN (*Fagara macrophylla* OLIVIER) doit être réalisée pour connaître la valeur nutritive des aliments afin de surmonter ces catastrophes qui attaquent presque toutes les sociétés du tiers monde.

0.2. HYPOTHESE

Comme hypothèses de notre travail, nous supposons que :

- Les feuilles d'*Euphorbia hirta* et l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii*, contiendraient des nutriments tels que : les lipides, les protéines, les sucres, les sels minéraux et certaines vitamines.
- Ces nutriments seraient parfois associés à des substances indésirables.

0.3. OBJECTIFS

3.1. OBJECTIF GENERAL.

Notre travail a comme objectif général de déterminer la composition chimique de 2 PAS en vue de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire de la population du District de la Tshopo.

3.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

Notre travail a comme objectifs spécifiques :

- D'analyser quantitativement les substances nutritives contenues dans les feuilles d'*Euphorbia hirta* avant cuisson et dans l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* après cuisson.
- D'Analyser qualitativement les substances toxiques et les groupes phytochimiques contenues dans les parties comestibles de ces deux plantes.

0.4. INTERET

Ce travail constitue une contribution à la connaissance de la composition chimique des feuilles d'*Euphorbia hirta* et des écorces de tige *Zanthoxylum gillettii* pour leur utilisation rationnelle afin d'améliorer la sécurité alimentaire de la population pauvre du District de la Tshopo.

0.5. TRAVAUX ANTERIEURS

Plusieurs travaux ont été déjà réalisés sur la détermination de la composition chimique des PAS. Nous citons à titre d'exemple, les travaux de: ONYAMBOKO et TCHATCHAMBE(1988) sur la contribution à l'analyse chimique comparative de deux légumes feuilles, *Talinum triangulare* et *Cyphostema adenocaulum*; de ONAUTSHU (1996) portant sur l'analyse chimique de quelques légumes feuilles cultivés et spontanés de la région de district de la Tshopo (*Talinum triangulare*, *Cyphostema adenocaulum*, *Cola brunelii* et *Peperomia pellucida*) après cuisson; de MUMBERE (2005) portant sur la contribution à l'analyse chimique et comparative de deux PAS consommées à Kisangani et ses environs; de BOTCHAKA.(2011) sur la contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois PAS (*Manihot esculenta*, *Sherbournia bignoniifolia* et *Morinda morindoides*).

CHAPITRE UN : GENERALITES

I.1. DESCRIPTION DES PLANTES ETUDIEES

I.1.1. *Zanthoxylum gillettii* (DE WILD.) P.G.WATERMAN(*Fagara macrophyla* OLIVIER)

Nom vernaculaire : Kikoko chez les bangubangu

Cette plante appartient à la famille de *Rutaceae*, elle représente les caractères morphologiques suivants: l'arbre atteignant 35m de hauteur, tronc rameaux, les pétioles et rachis aiguillonnés. Les feuilles atteignant 1,8m de long, composés imparipennés, alternes, 12-20 paires de folioles et un pétiole terminal ovale-lancéolé à elliptique oblongue, très asymétrique à la base crénelée sur les bords, munies des glandes rougeâtres non translucides à la face supérieure. L'inflorescence en panicules atteignant 90 cm de long, fleurs unisexuées sessile, verdâtres. Fruits folliculaires solitaires subglobuleux de 4-6mm de diamètre. (LEJOLY *et al*, 2010)

I.1.2. *Euphorbia hirta* L.– [syn. *Euphorbia hypericifolia* L.]

Nom vernaculaire : Mayani ya misa en Swahili

Euphorbia hirta L est une espèce qui appartient à la famille d'*Euphorbiaceae*. C'est une herbe annuelle ; à tiges atteignant 40 cm de long, dressées ou décombantes, couvertes d'un indument crispé. Feuilles opposées, distiques, courtement pétiolées ; limbe lancéolé à elliptique, dissymétrique à la base, aigu au sommet, atteignant 6 cm de long et 1,5 cm de large, denticulé sur les bords, pubescent sur les 2 faces, souvent teinté de rouge. Inflorescences en cyathiums de glomérules pédonculés, axillaire, capituliformes et globuleux. Fleurs unisexuées, très petites, verdâtres. Capsules à 3 coques.

Habitant : Endroits rudéraux, endroits dégradés au bord des forêts ripicoles. (LEJOLY *et al*, 2010)

La description photographique de ces deux plantes décrites est donnée par les figures 1 à 2 ci-dessous :



Fig1.*Euphorbia hirta*(feuilles) Fig2. *Zantoxylum gillettii*(écorce de tige)

I.2. BREF APERCU SUR QUELQUES SUBSTANCES NUTRITIVES ET INDISPENSABLES CHEZ LES PLANTES

I.2.1. PROTEINES

Les protéines sont des macromolécules biologiques obtenues à la suite de la polymérisation de plusieurs acides aminés de configurations L liées entre eux par des liaisons peptidiques (NSIMBA,2014).

Le mot protéine peut être pris comme l'acronyme de leurs rôles: protection(immunoglobuline), régulation, mouvement, transport, énergie, influx nerveux, enzymes et structural(APFELBAUM *et al*, 2004).

Ce sont les nutriments apportant des radicaux azotés. Leur rôle principal est de constituer les protéines, enzymes qui accomplissent dans l'organisme toutes les fonctions métaboliques (APFEBAUM *et al*, 2004). A côté de leur rôle secondaire de producteur d'énergie qu'elles partagent avec les graisses et les hydrates de carbone, on reconnaît aux protéines un rôle plus fondamental, celui d'être l'unique source d'azote de tous les constituants azotés de l'organisme (acide

nucléiques, enzymes, certaines hormones, certains neurotransmetteurs, ainsi que quelques phospholipides).

Les protéines alimentaires sont constituées de diverses proportions d'acides aminés. Il existe trois sortes d'acides aminés :

- Les acides aminés essentiels, parce qu'ils sont indispensables à la synthèse protéique. Ils sont au nombre de huit (Isoleucine, Leucine, Lysine, Méthionine, Phénylalanine, Tryptophane, Valine), ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme et doivent être journalièrement apportés de l'extérieur par l'alimentation ;
- Les acides aminés semi-essentiels, pouvant être synthétisés à partir de précurseurs carbonés et azotés (Arginine et Histidine) chez l'adulte, mais pas chez l'enfant en croissance ;
- Les acides aminés non essentiels (TANDU, 2001).

I.2.2. LIPIDES

Les lipides sont les substances organiques formées de C, H, O et sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants non polaires comme le chloroforme lipidique. En fait, ce support peut être remplacé par les glucides car la capacité de lipidogénèse n'est jamais un facteur limitant (NSIMBA,2014).

Ils jouent un rôle énergétique évident puisque, de tous les nutriments, ce sont ceux qui ont le plus fort rendement calorique, mais aussi un rôle fonctionnel important, comme lipides de constitution et comme précurseurs de métabolites importants (JACOB et CAMPILLO, 2003). Un gramme de lipides fournit environ 38Kilojoules, soit 9Kilocalories d'énergie (MAYNART, 2007).

I.2.3. LES VITAMINES

Les vitamines sont des composés organiques indispensables, dont l'organisme a besoin en très petite quantité. Elles participent de façon spécifique à l'action des enzymes en activant les réactions cellulaires. Elles sont apportées par une alimentation équilibrée ou sont synthétisées par l'organisme, comme les vitamines A et D. Les vitamines sont classées en vitamines hydrosolubles, c'est-à-dire solubles dans l'eau (vitamines du groupe B et C), et en vitamines liposoluble, insoluble dans l'eau mais solubles dans les graisses (vitamines A, D, E et K), (<http://extranet.editis.com/300/doc>).

I.2.4. LES MINERAUX

I.2.4.1. LE CALCIUM

Les principales fonctions du calcium sont: la formation des os, l'excitation neuromusculaire, la coagulation sanguine, les fonctions musculaires et nerveuses (CHEVALIER ,2003 ; CAMPBELL *et al*2004), sa carence entraine le retard de croissance, la perte de masse osseuse et la tétanie musculaire (CAMPBELL *et al* ,2004).

I.2.4.2. LE PHOSPHORE

Il intervient dans la formation des os et des dents, l'équilibre acido-basique et la synthèse de nucléotide, entraine la faiblesse, la déminéralisation des os et la perte de calcium (CAMPBELL *et al* 2004).

I.2.4.3. LE MAGNESIUM

Le magnésium est un composant essentiel du pigment du monde végétal, il fait partie de la structure des os avec le calcium et le phosphore (PAMPLONA, 2000). Le magnésium joue une fonction particulièrement importante dans le système nerveux en regulant la transmission des impulsions tout au long des muscles périphériques nerveux.il agit comme catalyseur dans les réactions métaboliques de production d'énergie. La carence en magnésium se manifeste par des symptômestrès divers notamment la fatigue générale, les crampes musculaires tremblement des paupières (fibrillation musculaires),troubles neurauxvégétatifs, menstruation et des palpitations cardiaques (PAMPLONA, 2000).

I.2.4.4.LEFER

L'organisme humain d'un adulte contient 3 à 4 g de fer. C'est assurément une très petite quantité, mais elle réalise des fonctions vitales. La plus grande partie de fer se trouve dans le sang et entre dans la composition de l'hémoglobine,qui lui donne sa couleur et permet le transport de l'oxygène des poumons vers toutes les cellules. Dans l'organisme, le fer n'existe pas comme un élément chimique isolé, qui serait alors un poison, mais il est associé aux protéines surtout à celle appelée ferritine (PAMPLONA,2000)

I.2.4.5. FIBRE BRUTE

Les fibres alimentaires sont dessubstances fibreuses provenant des végétaux comestibles (fruit, légume, céréale...) indigestes.

Dès l'avènement des techniques précises permettant de quantifier les divers composés d'un produit, les fibres sont connues comme des polysaccharides non amidonnés, donc des structures glucidiques, sauf la lignine qui est un polymère aromatique des phénols propane.

Ce sont des mélanges complets des glucides comprenant en particulier de la cellulose dont la paroi cellulaire des plantes est à leur origine, et n'ont pas par conséquent une valeur nutritionnelle apparente.

Pourtant après les avoir très longtemps négligés, les nutritionnistes reconnaissent depuis une vingtaine d'année l'importance des fibres dans l'équilibre alimentaire.

Il est démontré qu'une alimentation riche en fibre contribue à réduire le taux du cholestérol sanguin et à prévenir les maladies coronariennes et également réduit les risques des cancers en se liant à certaines substances carcinogènes des aliments qui ne sont pas absorbés lors de la digestion. Par ailleurs, un apport insuffisant en fibre provoque une constipation et une augmentation de la pression dans l'appareil intestinal (PAMPLONA, 2000).

I.3. LES SUBSTANCES INDESIRABLES ET LEURS EFFETS

En dehors de nutriments, les aliments peuvent contenir des substances naturellement toxiques indésirables ou anti- nutritionnelles. Parmi ces substances, on peut citer à ce titre:

I.3.1. LES NITRATES

Les nitrates sont irritants et hygroscopiques. Les nitrates produisent les congestions et l'hémorragie au niveau des muqueuses intestinales et de l'appareil urinaire. Ils sont excrétés par les urines (MITCHELLE et *al*, 1982).

I.3.2. LES NITRITES

Les nitrites sont les de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de la formule HNO_2 . Sa présence dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrite>).

I.3.3. LES CYANURES

Ils inhibent la respiration cellulaire suite à leur combinaison avec les enzymes respiratoires importants au niveau de cytochromes. Les mécanismes d'action et le même par inhalation en tant que gaz ou ingérée sous forme d'acide cyanhydrique ou en tant que sel de potassium ou de sodium ou encore une combinaison des deux. Les doses létales pour l'acide cyanhydrique sont de 1 à 1,4 mg/kg pour le cyanure de potassium chez l'homme(TCHATCHAMBE 1995).

I.3.4. L'OXALATE

L'oxalate entraîne après absorption de l'acidose non gazeuse, il crée des lésions génératrices, des troubles urinaires. (MITCHELLE *etal*, 1982).

I.3.5. LES ALCALOÏDES

Les alcaloïdes provoquent des troubles neurologiques et ont une action tératogène.(GODON *etal*, 1985).

I.3.6. LES FLAVONOÏDES ET TANINS.

Ils provoquent l'altération du goût et de la couleur des aliments, la complexation des protéines, l'inhibition des enzymes actives ostrogéniques, action anti vitaminique K, action sur la mobilité des muscles lisses (GODON *etal* ,1985).

CHAPITRE DEUX: MATERIEL ET METHODES

II.1. MATERIEL

Les feuilles d'*Euphorbia hirta* L et les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (DE WILD), ont servi comme matériels à nos différentes analyses. Les feuilles de *Euphorbia hirta* ont été récoltées dans la ville de Kisangani, tandis que l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* ont été récoltées à YOKO, cette réserve est localisée dans la localité de Bakumu-mangongo, territoire d'Ubundu, District de la Tshopo dans la province orientale. Elle est traversée par la rivière YOKO qui la divise en deux parties: la partie nord avec 3370 hectares et la partie sud dont la surface est de 3605 hectares. Soit une superficie totale de 6975 ha. Elle est délimitée au nord par la ville de Kisangani, la forêt perturbée au sud et à l'est par la rivière Bialo qui forme une demie-boucle, à l'ouest par la voie ferrée de la route Kisangani-Ubundu, le long de laquelle elle s'étend sur une distance kilométrique de 21 à 38 (LOMBA et NDJELE, 1998).

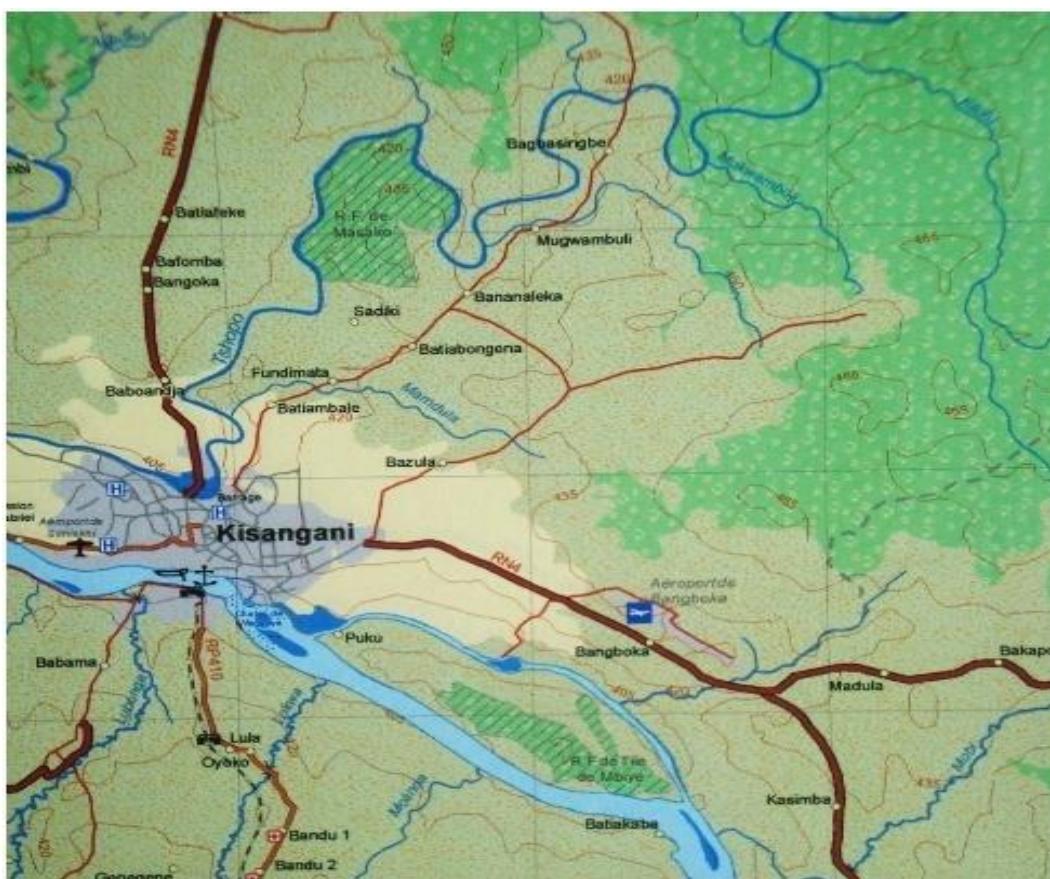


Figure 3 : Carte de la ville Kisangani (image Landsat, collection 2005-2010, Daum : WGS 84, Labo carto RRN/PO).

Les échantillons frais ont été utilisés pour le dosage de l'humidité, la détermination des acides ascorbique et citrique, le dosage des vitamines A, B1, B2, et B6. En ce qui concerne les protéines brutes, cendres brutes, les sucres totaux, les fibres brutes, les cyanures, les nitrates, les nitrites, les lipides, les oxalates, les minéraux, et les groupes phytochimiques, ils ont été obtenus à partir de ces échantillons après les avoir séchés à la température de laboratoire.

II.2. METHODES D'ANALYSES

II.2.1. Analyses qualitatives

II.2.2. Détermination de l'humidité

La détermination de la teneur en eau a été effectuée après un séchage à l'étuve des échantillons traités, à la température de 105 °C pendant 24h jusqu'à un poids constant. La différence du poids frais et du poids sec déterminé avec une balance analytique a permis de déterminer l'humidité. (FOUASSIN & NOIRFALISE, 1981).

Le mode opératoire mis en œuvre est le suivant :

On pèse l'échantillon à l'état frais (P1) posé sur un cylindre en aluminium pesant (P0). Après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24h, le cylindre contenant l'échantillon est porté pour être refroidi dans le dessiccateur avant d'être pesé (P3) puis on déduit le poids de l'échantillon sec (P2). La différence de ces deux poids (P1 – P2) nous permet de déduire la teneur en eau.

➤ Mode de calcul

La teneur en eau en %, ou % d'humidité, est déterminée par la relation suivante :

$$\% \text{Humidité} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Où: P1 = poids de l'échantillon frais, en g ;

P2 = le poids (g) de l'échantillon sec équivalent à P3 – P0 ;

P3 = le poids (g) du cylindre contenant l'échantillon sec et

P0 = le poids (g) du cylindre vide ;

MS = matière sèche = 100 - %H.

II.2.3. Détermination des cendres brutes (GROEGAERT,1958)

a. Principe

Les cendres brutes sont obtenues suite à la calcination à très haute température, au moyen du four à moufle à 550⁰C du matériel végétal préalablement séché à l'étuve à 105⁰C. L'échantillon de poids connu est mis au four à moufle jusqu'à sa réduction complète en cendres.

b. Mode opératoire

Prendre 2gr de poudre préalablement séchée à l'étuve à 105⁰C, mettre dans un creuset, peser à la balance et tarer puis l'introduire dans le four à moufle. Chauffer pendant environ 4h à 550⁰C, laisser refroidir dans l'étuve à 105⁰C puis peser.

c. Calcul

La teneur en cendres brutes est évaluée selon l'expression ci-après:

$\%CB = P2/P1 \times 100$ ou $P1 =$ poids de l'échantillon avant calcination,

$P2 =$ Poids de l'échantillon après calcination,

$\%CB =$ pourcentage de cendres brutes dans 100g de la matière sèche.

II.2.4. DETERMINATION DE L'EQUIVALENT ACIDE CITRIQUE (MVUNZU ,1981)

a. Principe

L'équivalent d'acide citrique ou acidité titrable a été déterminé par la neutralisation de l'extrait aqueux de l'échantillon au moyen de NaOH 0,1N en présence de phénolphthaléine 1%.

b. Réactif

Les réactifs utilisés sont:

- Solution de NaOH 0,1N
- Phénophtaléine 1%

c. Mode opératoire

Les opérations suivantes ont été effectuées :

- Broyer 5g de matière fraîche dans un mortier ;

- Ajouter 50ml d'eau distillée et laisser reposer pendant 10 min ;
- Filtrer et prélever 10ml du filtrat auxquels est ajouté une goutte de phénophtaléine 1% ;
- Titrer avec le NaOH 0,1N jusqu'au virage en rose.

L'équivalent d'acide citrique est déterminé par l'équation suivante :

$$A : \frac{V_{NaOH} \times N \times V_1 \times 0,064}{P \times V_2} \times 100$$

Où A = % équivalent acide citrique dans la matière fraîche

VNaOH = Nombre de ml de NaOH utilisé pour titrer ;

N = Normalité de NaOH (0,1N) ;

V₁ = Volume total du filtrat en ml ;

V₂ = Volume de l'extrait titré en ml ;

0,064 = Poids d'un milliéquivalent d'acide citrique

P = Poids de l'échantillon broyé (g)

II.2.5.DOSAGE DE LIPIDES (PEARSON, 1981)

a. Principe

La méthode universelle pour déterminer les teneurs en matière grasse dans les aliments est la méthode de WELBULL. Dans cette méthode, l'échantillon pesé est chauffé par un bain de vapeur avec HCl dilué, puis bouilli sur une flamme. La solution de l'échantillon est filtrée à travers un filtre et ensuite séchée au four et placée directement dans un appareil de SOXHLET et extrait à l'éther de pétrole. Après cette extraction à froid discontinu, le solvant est évaporé, le résidu gras est pesé.

➤ Remarque

Dans le filtre humide, les pores sont remplis d'eau. Pour cette raison, les graisses restent sur le filtre. De même, lors de rinçage avec de l'eau chaude, la graisse ne peut pas se glisser à travers le filtre non plus.

b. Réactif

- HCl 25%,
- L'eau chaude,

- Ether de pétrole.

➤ **Appareillage et matériels**

- Ballon à fond plat(250ml) avec verre mixte plus bécher de 250ml,
- Eprouvette graduée de 50ml et de verre de montre,
- Pierres ponce, papier filtre et papier indicateur de pH,
- Extracteur de SOXHLET,
- Balance analytique.

➤ **Remarque**

Pour les aliments avec graisses libres, il est recommandé d'extraire les lipides sans étape d'isolement.

➤ **Extraction de lipide proprement dite**

Mettre la douille dans l'extracteur et fermer avec de l'ouate. Siphonner pendant 4h avec 300 ml d'éther de pétrole dans un récipient sec et taré qui contient quelques pierres de ponce. Laisser évaporer le solvant dans le rota vapeur à 45°C. Sécher dans l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant, refroidir et peser.

c. Calcul

La teneur en matière grasse brute est déterminée par la formule ci-après:

$$\% \text{ de Lipides} = x = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

$m_2 - m_1$: = poids des lipides en gramme

m_1 : = poids du flacon vide en gramme

m_2 : = poids du flacon contenant la matière grasse en gramme

m : = poids de l'échantillon soumis à l'extraction.

II.2.6. DOSAGE DES PROTEINES BRUTES

Dosage de l'azote total selon Kjeldahl (**GROEGAERT, 1958**)

a. Principe

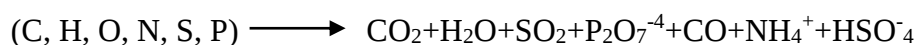
La méthode de Kjeldahl se réalise en 3 étapes essentielles qui sont: la minéralisation ou digestion, l'alcalinisation puis la distillation et le titrage, permet de doser l'azote contenu dans

les groupements amines, amides, nitrates, nitrites et acides nucléiques. On obtiendra l'azote total.

➤ **Minéralisation ou digestion**

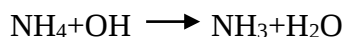
On attaque la matière organique par l'acide sulfurique concentré à chaud en présence du catalyseur mixte.

Au cours de cette attaque, il se passe la réaction suivante:



Alcalinisation et distillation

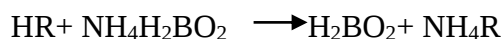
Un excès de base neutralise l'acide sulfurique et libère l'ammoniac suivant la réaction:



L'ammoniac libéré est distillé par entraînement à la vapeur puis recueilli quantitativement dans un récipient contenant une solution d'acide borique et l'indicateur mixte. Il se forme alors le borate d'ammonium $H_2BO_2 + NH_4^+ + OH^- \longrightarrow NH_4H_2BO_2 + H_2O$

➤ **Titrage**

On détermine la quantité d'ammoniac par titrage avec l'acide sulfurique 0,01N. L'indicateur mixte de TASHIRO est utilisé pour repérer le point d'équivalence. L'équation de la réaction est:



b. Réactif

H_2SO_4 0,01N,

- NaOH (40%),
- Catalyseur mixte: mélange de 80 g de K_2SO_4 de 20 g de $CuSO_4$ et 2g de sélénium sont dans les proportions 40:10:1
- Indicateur mixte de Tashiro: mélange en volume égal de vert de bromocresol (0,33%) et de rouge de méthyle (0,66%) dans l'alcool éthylique à 25%.

c. Mode opératoire

➤ Minéralisation

- On met 200mg de poudre séchée dans un ballon de Kjeldahl de 250 ml en évitant de la déposée sur le col. On ajoute 5 ml de H₂SO₄ concentré et on laisse macérer pendant 30 minutes.
- Ajouter ensuite 200mg de catalyseur mixte, chauffer d'abord doucement pendant quelques minutes puis porter à l'ébullition jusqu'à la coloration de la solution en brun verdâtre, on retire le ballon et on laisse refroidir le mélange en vue de diluer à 50ml avec l'eau distillée.

➤ Alcalinisation et distillation

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, on place 10ml de la solution de H₃BO₃ et 0,5ml de l'indicateur mixte. On veille à ce que le bout inférieur de réfrigérateur plonge dans la solution de l'acide borique. On introduit successivement dans l'appareil à distiller 10ml de minéralisât et 10ml de NaOH 40% en rinçant chaque fois l'entonnoir à l'aide de l'eau distillée,
- Distiller par entraînement à la vapeur pendant 5minutes. La présence de l'ammoniac s'implique par le changement de coloration de la solution d'acide borique au vert dès la première goutte du distillat;
- Couper l'arrivée de la vapeur et retirer le béccher contenant le distillat ainsi que le tube contenant le résidu.

➤ Le titrage

Le distillat est titré avec une solution de H₂SO₄ 0,01N. La fin de titrage est marquée par l'apparition d'une teinte rose.

d. Calcul

$$\text{La teneur de l'azote est donnée par la formule suivante: } \%N = \frac{EqN \cdot N_1 \times V_1 \cdot V_2}{P \times V_3} \times 100$$

Où EqN = Equivalent gramme d'azote ;

N₁ = Normalité du titrant (0,01N) ;

V₁ = Volume du titrant (en ml)

V₂ = Volume total du minéralisât ;

P = Poids de l'échantillon sec

V₃ = Volume du minéralisât pour distillation

➤ Détermination des protéines brutes

La teneur en protéines brutes de l'échantillon est donnée par l'expression ci-après:

$\%PB = \%N \times 6,25$ ou $\%N = \text{teneur en azote total de l'échantillon}$

6,25=facteur de conversion de la teneur d'azotes en protéine.

II.2.7.DETERMINATION DES SUCRES TOTAUX (DUBOIS *et al*, 1956)

a. Réactifs

- H_2SO_4 :1,5N
- H_2SO_4 , concentré
- Ethanol 70%
- Sulfate de Zinc
- Phénol aqueux 5%
- $K_4[Fe(CN)_6]$

b. Mode opératoire

- Prélever 0,5g de poudre de l'échantillon ;
- Ajouter 10ml de H_2SO_4 1,5N ;
- Mélanger les deux et laisser à la température d'ébullition ($100^\circ C$) au bain marie pendant 15 minutes ;
- Laisser refroidir à la température ambiante et ajouter ensuite 10ml d'éthanol à 70% et 0,5ml de sulfate de Zinc (2g/100ml et 0,5 ml de $K_4 [Fe(N)_6]$ (10,6g/100ml).
- La suspension est filtrée dans une fiole de 50ml est amené au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Réactif	1	2	3	4	5	Echantillon
Etalon de glucose	0	0,5	1	1,5	2	
(ml) à 0,05mg/ml						
Minéralisant	-					0,5
Eau distillée (ml)	2	1,5	1	0,5	0	1,5
Phénol aqueux (ml)	1	1	1	1	1	1
H_2SO_4 Conc (ml)	5	5	5	5	5	5

NB : Attendre 10 minutes et lire à 490nm.

c. Calcul

$$Q = \frac{DO}{0,0072} \times 10$$

DO= Densité optique = Qx 0,0072.

II.2.8. VITAMINE A ET β -CAROTENE (WELCHER, 1963)

a. Principe

La réaction de la vitamine A avec le trichlorure d'antimoine donne une coloration bleue qu'on peut lire à 620 nm. La vitamine A et le carotène sont extraits par l'éther de pétrole. La densité optique de carotène est lue à 490nm. Extraction et dosage de caroténoïdes dans un tube à centrifuge :

- Mettre 5g de l'échantillon
- Ajouter 5ml d'éthanol (95%) puis agiter.
- Ajouter 12ml d'éther de pétrole, agiter 10min, centrifuger puis prendre la phase éther c'est à dire 10ml du liquide surnageant et lire à 490nm contre l'éther de pétrole.

Standard: 0,2% $K_2Cr_2O_7$ donne la même coloration de carotène de 1,12mg par ml soit 1,12g/l.

➤ Dosage de la vitamine A

Evaporer la phase éther à 45°C, le résidu est dissout dans 1ml de chloroforme et 5 ml du réactif de trichlorure d'antimoine sont ajoutés rapidement. La lecture se fait à 620nm contre le chloroforme.

N.B: 88 µg de carotène correspondent 88,1 unités de vitamine A.

b. Calcul

La concentration de vitamine A est donnée par la formule suivante:

$$C_{inc} = C_{St} \frac{DO_{Inc}}{DO_{St}} \times d$$

Avec comme:

C_{inc}= concentration de l'inconnu

Cst:=concentration du standard

DOInc= Densité optique de l'inconnu

DOST:=Densité optique du standard

Fd=facteur de dilution

II.2.9. VITAMINE B1 OU THIAMINE (WELCHER, 1963)

a. Principe

La forme oxydée de la vitamine B1 sous forme de thiochrome est extraite par isobutanol. Un témoin est préparé de façon analogue mais sans oxydation préalable. La différence de fluorescence convenablement filtrée correspond à l'effet du thiochrome(METHODE DE WANG ET HARRIS).

b. Réactifs

- Tampon acétate 0,2M, pH=4
- 0,2N HAC 1,15ml/100mlH₂O
- 0, 2 NaAC 2,72g/l 100mlH₂O. Mélanger 82ml de a et 18ml de b.
- Standard 200mg/ml dans 2 parties égales d'eau distillée et tampon acétate.

Tableau 1 : Mode opératoire de dosage de thiamine.

REACTIFS	TUBE			
	a.	b.	c.	BLANC
	INCONNU(1ml)	STANDARD(1ml)	H2O+tampon(1:1)	1ml
Methanol	1ml	1ml	1ml	
NaOH 30%	0,5ml	0,5ml	0,5ml	
Ferricyanure de K (2%)	3 gouttes	3 gouttes	3gouttes	
Eau distillée	1ml	1ml	1ml	
Alcool isoamylique	10ml	10ml	10ml	

On agite et on centrifuge à 2000 tours par minute. On prélève la phase aqueuse et on lit à 570 nm.

c. Calcul

La concentration en thiamine est donnée par l'expression suivante :

$$C_{inc} = C_{st} \frac{DO_{inc}}{DO_{st}} fd$$

Avec comme:

C_{inc} = concentration de l'inconnu

C_{st} = concentration du standard

DO_{inc} = Densité optique de l'inconnu

DO_{st} = Densité optique du standard

Fd = facteur de dilution

II.2.10. DOSAGE DE VITAMINE B₂ ou RIBOFLAVINE (WELCHER, 1963).

a. Principe

Oxydation de riboflavine par $KMnO_4$ en présence de l'eau oxygénée

b. Réactifs

- $KMnO_4$
- H_2O_2
- HAC. 2N
- Standard : riboflavine: 10mg/100ml de HAC 0,02N.

c. Mode opératoire

Tableau 2 : Mode opératoire de dosage de riboflavine.

REACT	TUBE		
	a.	b.	c.
IFS	INCONNU(1ml)	STANDARD(1ml)	BLANC (1ml d'eau distillée)
H_2O	1ml	1ml	1ml
$KMnO_4$	0,5ml	0,5ml	0,5ml
H_2O_2	4 gouttes	4 gouttes	4 gouttes

La lecture de la densité sera faite à 620 nm.

a. Calcul

La concentration en riboflavine est donnée par l'expression $C_{inc} = C_{st} \frac{DO_{inc}}{DO_{st}} fd$

Avec comme:

C_{inc} = concentration de l'inconnu

C_{st} = concentration du standard

DO_{inc} = Densité optique de l'inconnu

DO_{st} = Densité optique du standard

Fd = facteur de dilution.

II.2.11. DOSAGE DE VITAMINE B6 OU PYRIDOXINE (WELCHER,1963).

a. Principe

On extrait la vitamine B6 avec le méthanol dans le milieu acide (HCl 0,1N). Après l'oxydation, on détermine la fluorescence due au ferrocyanure nécessaire suffisante pour l'oxydation. La lecture de la densité optique se fait à 550nm

b. Réactifs

- Standard de pyridoxine est de 10mg/ml dans 0,1N HCl
- L'échantillon: extraire la vitamine avec 0,1N HCl.

c. Mode opératoire

REACTIFS	TUBE		
	a.	b.	c. BLANC
	INCONNU(1ml)	STANDARD(1ml)	1ml HCl 0,1N
Methanol	1ml	1ml	1ml
NaOH 30%	0,5ml	0,5ml	0,5ml
Ferricyanure de K 2%	4 gouttes	4 gouttes	4 gouttes
Eau distillée	4 ml	4 ml	4 ml

On lit à 550m dans l'intervalle de 5min la teneur de la densité optique.

d. Calcul

$$C_{\text{Inc}} = C_{\text{St}} \frac{DO_{\text{Inc}}}{DO_{\text{St}}} \text{ fd ou } C_{\text{Inc}} =: \text{concentration de l'inconnu}$$

Cst: concentration du standard

DOInc: Densité optique de l'inconnu

DOST: Densité optique du standard

Fd: facteur de dilution.

II.2.12. DOSAGE D'ACIDE ASCORBIQUE (VITAMINE C)

Le dosage de la vitamine C a été fait par la méthode de l'oxydation à l'iode telle que décrite par FABERT(1964). L'extraction de vitamine a été obtenue après broyage en milieu(HCl 2%).

a. Principe

La méthode de dosage de l'acide ascorbique est basée sur son pouvoir réducteur vis à vis de quelques réactifs. La réaction d'oxydation de l'acide ascorbique avec iode donne de bons résultats. Cette réaction est: Acide L – ascorbique $\xrightarrow{I_2}$ l'acide L-déshydro-ascorbique+HI (1)

L'iode nécessaire pour cette réaction provient de la réaction entre l'iode et l'iodure en milieu acide.



La solution contenant de l'acide ascorbique est additionnée de KI et de l'amidon. Le KIO_3 qui y tombe au titrage réagit avec KI (réaction) et l'iode produit oxyde la vitamine(réaction 2). Lorsque toute la vitamine C est oxydée, l'iode produit développe en présence de l'amidon une coloration bleue.

b.Réactifs

HCl 2% (54, 3 Conc/litre)

KIO_3 0,001N (0, 0428 g/litre)

KI 1% (1g/100ml d' H_2O)

Solution d'amidon 0, 5%.

c.Mode opératoire

➤ Extraction de la vitamine C

Peser 10gr de matière fraîche que l'on broie dans un mortier, ajouter 50ml de HCl 2% et laisser reposer pendant 10minutes, transvaser quantitativement l'extrait obtenu dans un ballon jaugé de 100ml et porter au trait de jauge avec le HCl 2%, agiter puis filtrer immédiatement l'extrait vitaminique obtenu.

➤ Titrage de l'extrait obtenu

Prélever 1ml de l'extrait et ajouter à 3ml d'eau distillée contenue dans un erlen meyer. Ajouter 0,5 ml de KI 1% et 2ml de la solution d'amidon 0,5%. Titrer immédiatement avec une solution fraîche de KIO_3 0,001N à l'aide d'une micro burette jusqu'à ce que la solution vire au bleu persistant à l'agitation. Effectuer dans les mêmes conditions une épreuve témoin en utilisant 1ml de HCl 2% à la place de l'extrait vitaminique.

d.Calcul

La teneur en acide ascorbique est donnée par l'expression suivante:

$$r = \frac{(v_e - v_b) \times N \times 88 \times v_t}{p \times v} \times 100 \quad \text{Avec } r = \text{mg d'acide ascorbique dans } 100\text{g de matière fraîche}$$

V_e = ml de KIO_3 utilisé pour titrer l'extrait

V_b = ml de KIO_3 utilisé pour le blanco (témoin)

N = normalité de KIO_3 (0,001N)

88 = Poids de milliéquivalent d'acide ascorbique

P = poids de la matière fraîche broyée (gr)

V = volume de l'extrait titre.

II.2.13. DETERMINATION DES ELEMENTS MINERAUX

La Minéralisation (RANST, 1999).

a. Principe

Ce principe consiste à faire la destruction des composés organiques par calcination à haute température (550°C) suivi de la solubilisation de la cendre brute dans un acide minéral.

b. Mode opératoire

- ✓ Peser 1 gr d'échantillon préalablement séché à l'étuve à 105°C pendant 24h et est calciné au four à moufle pendant 4 heures pour avoir des cendres ;
- ✓ Laisser refroidir dans un dessiccateur,
- ✓ Ajouter 5 ml de HNO_3 6M ;
- ✓ Chauffer lentement sur une plaque chauffante jusqu'à ce qu'il reste 1ml ;
- ✓ Ajouter 5 ml de HNO_3 3M et chauffer pendant quelques minutes : (courte durée) filtrer la solution à chaud ;
- ✓ Nettoyer plusieurs fois les résidus se trouvant dans le creuset avec le HNO_3 1%
- ✓ Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (50ml)
- ✓ La solution obtenue est appelée minéralisât qui servira pour le dosage des éléments minéraux notamment le calcium ,le magnésium , le fer et le phosphore etc..

II.2.14. DETERMINATION DES CENDRES BRUTES (GROEGART, 1958)

a. Principe

Les cendres brutes sont obtenues après la calcination à très haute température au moyen du four à moufle à 550°C du matériel végétal préalablement séché à l'étuve à 105°C. L'échantillon de poids connu est mis au four à moufle jusqu'à sa réduction complète en cendres.

b. Mode opératoire

Prendre 2gr de poudre préalablement séchée à 105°C, mettre dans un creuset puis l'introduire dans le four à moufle. Chauffer pendant 4 à 5 heures à 550°C. Laisser refroidir dans l'étuve à 105°C puis dans un dessiccateur et enfin peser.

c. Calcul

La teneur en cendre brute est évaluée selon l'expression ci-après: $\%CB = P1/P2 \times 100$ ou $P1$ =poids de l'échantillon avant calcination, $P2$ =Poids de l'échantillon après calcination, $\%CB$ = Pourcentage de cendres brutes dans 100g de la matière sèche.

II.2.15. DOSAGE DU CALCIUM (CHARLOT, 1960)

a. Principe

Le dosage de calcium a été effectué par la méthode complexiométrique à l'EDTA. Le sel bi sodique de l'acide éthylène diamine tetracétique(EDTA) forme des complexes avec les métaux bis et trivalents. Il donne avec l'ion Ca^{2+} un complexe très stable en milieu alcalin. Le titrage se fait en présence d'un indicateur, le cation qui fait virer la solution du rouge violet en bleu à la fin du titrage. Comme la plupart de ces cations sont aussi complexés dans la même condition, il est nécessaire de les éliminer du milieu réactionnel par triethanolamine.

d. Réactifs

- KCN 1%(1g/100ml) ou pyridine
- Chlorhydrate de triethanolamine (133ml de triethanolamine+86,4ml de HCl concentré, ramener à 1l avec l'eau distillée)
- NaOH 2N (80g/l)
- EDTA 0,02N(3,72g/l)
- Calcon 0,4% (0,2 g de calcon dans 500ml de méthanol)

c. Mode opératoire

- Prélever exactement 1ml de minéralisât
- Introduire l'aliquote dans un Erlenmeyer de 25ml, puis ajouter 2ml d'eau distillée
- Ajouter successivement 1ml de KCN, 1ml de chlorhydrate de triethanolamine
- Ajouter lentement du NaOH 2N pour ajuster le pH à 12 (environ 2ml suffisent), le pH est contrôlé à l'aide d'un papier indicateur universel
- Ajouter 2 gouttes de la solution de calcon (une pincée) et la solution prend la coloration rouge violet
- Titrer avec l'EDTA à 0,02N jusqu'au virage en bleu.

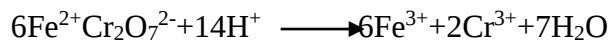
e. Calcul

Gramme de calcium dans 100gr de la matière sèche = $V \cdot N \cdot 20$ ou V = nombre de ml de l'EDTA utilisé pour le titrage, N = normalité de l'EDTA (0,02N) et 20 = facteur de dilution.

II.2.16. DOSAGE DE FER (DESSART *et al*, 1973)

a. Principe

Le dosage est basé sur la réaction:



La teneur de titrage est repérée par diphénylamine indicateur interne qui produit une coloration violette dans la solution au point d'équivalence.

b. Réactifs

- Une solution de H_2SO_4 concentré, H_3PO_4 concentré, H_2O dans les proportions 1:1:5.
- Indicateur de diphénylamine 1% dans H_2SO_4 concentré
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,01N

c. Mode opératoire

- Prélever 2ml de minéralisât
- Ajouter 2ml de la solution H_2SO_4 concentré, H_3PO_4 concentré, H_2O dans les proportions 1:1:5.
- Ensuite ajouter 3 gouttes de l'indicateur diphénylamine 1% et titrer avec $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,01N
- L'apparition de la coloration bleue violette persistante indique la fin du titrage

d. Calcul

Le % de Fer est donné par la formule:

% de Fer = $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 1,675$ (ONYAMBOKO et TCHACHAMBE, 1988)

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: volume de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ utilisé pour titrage

1,675 = facteur tenant compte des dilutions

% de Fer = pourcentage de fer.

II.2.17. DOSAGE DE MAGNESIUM (Charlot, 1966)

Le magnésium a été dosé par complexations de la somme de Ca^{2+} et Mg^{2+}

a. Principe

Le principe est exactement le même que celui de la détermination de calcium, mais ici, on complexe le magnésium sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$. On travaille en pH inférieur à 12 (pH=10), on maintient le pH en utilisant le tampon ammoniacal.

b. Réactifs

- EDTA, 0,02N (3,73g/l),
- Tampon ammoniacal $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{-pH}^{10}$ (3,5g de NH_4Cl + 30ml de NH_4OH 25% ramener à 50 ml de solution avec l'eau distillée)
- Indicateur noir d'ériochrome T (0,2g+300g Na Cl)
- KCN 1% (1g/100 ml) ou pyridine

c. Mode opératoire

- Pipeter 10ml de minéralisât
- Introduire dans un Erlenmeyer de 25ml puis porter à 50ml avec l'eau distillée
- Ajouter successivement 2ml de KCN 1%, 10ml de tampon ammoniacal (vérifier le pH et l'ajuster à 10) et une pincée de noir d'ériochrome T. la solution prend une coloration rouge violet
- Titrer lentement avec EDTA 0,02N jusqu'à l'apparition de la coloration bleuflanc ou bleudélavé.

d. Calcul

La teneur en magnésium est donnée par la formule suivante $M_s = \frac{(V_1 - V_2)N.F.12.10}{2a}$

Gramme de Mg dans 100g de ou V_1 =nombre de ml de l'EDTA pour la somme de Ca+Mg

V_2 =Nombre de l'EDTA (0,02N)

FC=Facteur de correction de l'EDTA(1,064)

12= équivalent de Mg^{2+}

10^{-2} = facteur de conversion de mg en g

10^2 =volume total du minéralisât extrait

10^2 =100g de matière sèche

P= Poids de l'échantillon pour incinération (1g), a=aliquote (10ml).

II.3. ANALYSE QUANTITATIVE DES GROUPES PHYTOCHIMIQUES

II.3.1. TEST D'OXALATE (FEIGL *et al*, 1966)

a. Réactifs

- Poudre de diphénylamine

b. Procedure

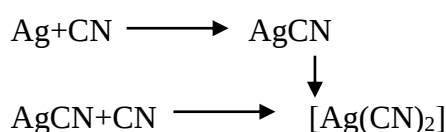
- Prendre un peu de poudre ou fragment de l'échantillon et mettre dans un tube à essai.
- Ajouter la poudre de diphénylamine et mélanger

- Chauffer à la flamme jusqu'à fondre la diphénylamine en présence de l'échantillon. L'apparition de la coloration bleue indique la présence de l'oxalate, si non le test est négatif.

II.3.2. TEST DE CYANURE (DESSART *et al*, 1973)

a. Principe

Une solution de cyanure traitée par le nitrate d'argent donne un précipité blanc du AgCN à la zone de contact de deux solutions. Le précipité est soluble après agitation de la solution à cause de la formation d'un ion complexe argent-cyanure.



Lorsque la réaction de complexations est terminée, l'addition d'un excès d'ions Ag^+ donne un précipité blanc de dicyanoargentate d'argent. Le terme du titrage est indiqué par l'apparition d'un trouble dans la solution.

b. Mode opératoire

- Mettre un peu de poudre de l'échantillon dans un tube à essai, ajouter progressivement la solution de nitrate d'argent jusqu'à son excès afin d'observer la formation d'un précipité blanc.

II.3.3. TEST POUR LE NITRATE (FRETS ET VINZENZE, 1966)

a. Principe

Prendre quelque poudre de diphénylamine, mélanger avec l'acide sulfurique concentré. Un petit volume d'eau distillée est ajouté. Lorsque la dissolution est complète, une bonne quantité d'acide sulfurique concentré est ajouté environ 1ml de solution fine du réactif.

b. Mode opératoire

- Prendre un peu de poudre qu'on met dans un tube à essai
- Ajouter dans le tube 0,5ml du réactif obtenu dans l'étape ci-haut
- L'apparition de couleur bleue indique la présence du nitrate.

II.3.4. TEST DE NITRITE (DESSART *et al*, 1973)

a. Principe

Le KMnO_4 en solution acide est décoloré par le nitrite. Il y a formation d'ion Mn^{2+} incolore suivant la réaction: $5\text{NO}_2^- + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ \longrightarrow 5\text{NO}_3^- + 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$

b. Mode opératoire

- Mettre une solution de KMnO_4 acidifié dans un tube à essai et ajouter progressivement la solution d'échantillon.
- S'il ya coloration de KMnO_4 nous avons un test positif dans le cas contraire le test est négatif.

II.3.4. DETECTION DES ALCALOÏDES (MABIKA, 1983)

a. Réactifs

- HCl 1%
- réactif de Dragendorff
- a. 1,7 g de nitrate de bismuth + 50ml d'eau distillée + 10ml de CH_3COO ,
- 10gr de KCl + 40ml d'eau distillée,
- mélanger a et b.
- réactif de Meyer 6,77g de HgCl_2 + 25g de KI dissout dans 100ml d'eau distillée
- Acetate d'éthyle.

b. Mode opératoire

1gr de poudre de l'organe est laissé en macération dans 10 ml d'une solution de HCl 1% pendant 24h. Le macéré est filtré et testé avec quelques gouttes de réactif de Dragendorff et de Meyer. Les alcaloïdes forment un précipité rouge avec le réactif de Dragendorff et un précipité blanc avec le réactif de Meyer.

II.3.5. DETECTION DES FLAVONOÏDES (WEAST et ROBERT, 1970)

a. Réactifs

- Ethanol: 95%
- Acide chlorhydrique concentré
- Coupeau de magnésium
- Alcool isoamylique.

b. Mode opératoire

On infuse 5gr de matériel réduit en morceaux dans 45ml d'eau distillée bouillante pendant 30min. Puis, on filtre et de la solution obtenue, on prélève 5ml, on y ajoute 5 ml d'éthanol 95%, 2ml de HCl concentré, 0,5gr de copeaux de magnésium et 5 gouttes d'alcool iso amylique. L'apparition d'une coloration rose, orange ou rouge violette dans la couche surnageant d'alcool iso amylique indique la présence d'un flavonoïde.

II.3.6. DETECTION DES TANINS (WEAST et ROBERT, 1970)

a. Réactifs

Chlorure ferrique 1%

b. Mode opératoire

- Dans 5ml d'infuse obtenu dans le test des flavonoïdes, on ajoute 5 gouttes d'une solution de chlorure ferrique 1%
- L'apparition d'un précipité montre que le test est positif dans le cas contraire, il est négatif.

II.3.7. DETECTION DES STEROLS ET TERPENES (WEAST et ROBERT, 1970)

a. Réactifs

- Ether diéthylique
- Anhydride acétique
- H_2SO_4 32%

b. Mode opératoire

- On met 1g de matériel grossièrement broyé en macération pendant 24h dans une fiole contenant 20ml d'éther diéthylique.
- Quelques gouttes de solution en macération sont évaporées sur un verre de montre, le résidu est repris par 2 gouttes d'anhydride acétique
- L'addition d'une goutte de solution d'acide sulfurique 32% donne en présence des composés stéroliques ou terpéniques une coloration mauve virant au vert, si non le test est négatif.

II.3.8. DETERMINATION DE FIBRE BRUTE (TOUSSIN et NOIRFALISE, 1981).

a. Principe

Les principes de la détermination de la teneur en fibre reposent sur la solubilisation de polyholosides non cellulosique des protéines, des lipides et des acides nucléiques par un mélange d'acide nitrique

Le résidu est constitué essentiellement des celluloses et des lignocellulosique ainsi que des faibles quantités minérales d'acide formique (TOUSSIN et NOIRFALISE, 1981).

b. Réactifs

- Acide acétique 80% : CH_3COOH
- Acide nitrique concentré
- Ethanol : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

c. Mode opératoire

0,5 gr de l'échantillon (P1) à analyse, ont été introduits dans un ballon, 30 ml d'acide acétique 80% ont été ajoutés au ballon et 3ml d'acide nitrique, ont également été chauffés pendant 30 minutes.

Après refroidissement, la solution a été filtrée sur un papier filtre préalablement taré (Po).

Après lavage à l'eau distillée bouillante et à l'éthanol, la papier filtre contenant les résidus a été séché à l'étuve pendant 24heures puis, refroidi dans le dessiccateur et pesé (p₃).

d. Calcul

$$\% \text{de fibre} = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

Po = poids du papier filtre

P1 = poids de l'échantillon

P2 = poids du papier filtre avec fibre, P2 = P3-P0 poids de fibre.

CHAPITRE TROIS: RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses chimiques quantitatives des substances nutritives et des analyses chimiques qualitatives des groupes phytochimiques et des substances toxiques ou indésirables contenues dans les PAS étudiées sont présentés dans les tableaux 4 à 5 et les figures 4 à 7 ci-après.

III.1. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES QUALITATIVES

Les résultats des analyses chimiques qualitatives des groupes phytochimiques et substances toxiques sont consignés dans les tableaux 4 à 5 ci-après :

Tableau 4. Résultats de tests qualitatifs des principaux groupes phytochimiques

Paramètres	Espèces étudiées	
	<i>Euphorbia hirta</i>	<i>Zanthoxylum gillettii</i>
Alcaloïdes	—	+
flavonoïdes	++	+
tannins	++	+
Sterols et terpènes	—	—

Légende: += positif sous forme de traces, ++= positif en quantité moyenne et - =test négatif

Ce tableau nous montre que dans nos échantillons, il y a présence de flavonoïdes et des tannins en quantité moyenne dans les feuilles d' *Euphorbia hirta* et sous forme de traces dans les écorces de tige de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) alors qu'il y a absence des stérols et terpènes dans les deux plantes. Nous remarquons aussi qu'il y a la présence des alcaloïdes sous forme de traces dans les écorces de tige de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) et leur absence dans les feuilles d' *Euphorbia hirta* L.

Tableau 5. Résultat de tests qualitatifs de substances toxiques ou indésirables

Paramètres	Echantillons	
	Euphorbia hirta	Zanthoxylum gillettii
Nitrate	+	—
Nitrite	+	+
Cyanure	++	—
Oxalate	—	—

Légende: += positif sous forme de traces, ++= positif en quantité moyenne et - =test négatif

Ce tableau montre que dans nos échantillons, il y a présence de nitrite sous forme de traces dans toutes les deux plantes, de nitrates sous forme de traces et de cyanures en quantité moyenne dans les feuilles d'*Euphorbia hirta* et leur absence dans les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophyla*). On remarque aussi la présence de cyanures sous forme de traces dans les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* et l'absence d'oxalates dans les deux plantes.

III.2. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES QUANTITATIVE

Les résultats des analyses chimiques quantitatives des substances nutritives sont consignés dans les figures 4 à 19 ci-après :

III.2.1. Taux d'humidité

La variation du taux de l'humidité de nos échantillons analysés est présentée dans la figure 4 ci-dessous :

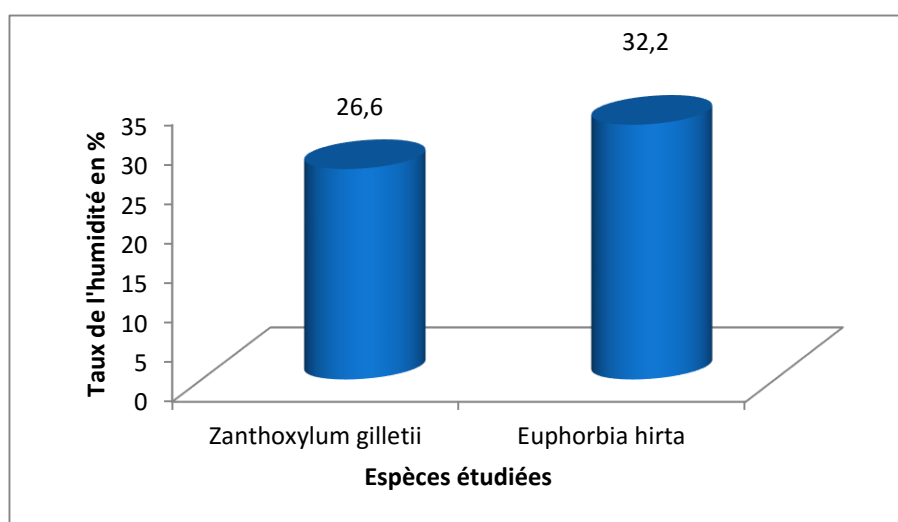


Fig. 4. Teneur en humidité relative dans les feuilles et les écorces de tiges des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous voyons que la teneur en humidité dans les feuilles d'*Euphorbia hirta* L avant cuisson est plus élevée (32,20 %) que dans les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) (26,6%) après cuisson. Si nous comparons nos données à celles de BONDJAMBE (2013), nous remarquons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* L contiennent moins d'humidité relative avant cuisson que celles de *Moringa oleifera* (73,02%). Les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophyla*) renferment moins d'humidité après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (44,8%) et les racines de *Pentadiplandra brazzeana* (44,81%) avant cuisson (SOLOMO et al ,2011).

III.2.2. Taux de cendres brutes

La figure 5 nous renseigne sur la teneur en cendres brutes chez les plantes étudiées

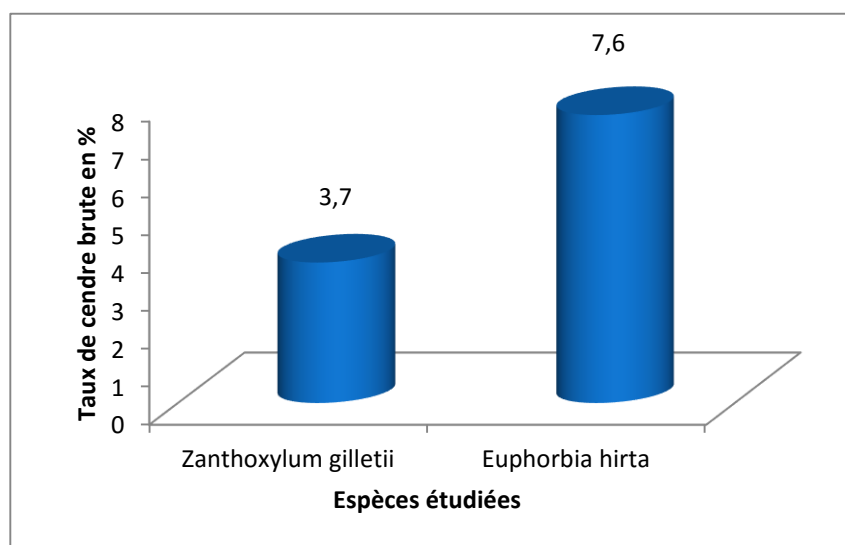


Fig. 5. Teneur en cendres brutes dans les feuilles avant cuisson et dans les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous remarquons que la teneur de cendres brutes est plus élevée chez les feuilles d'*Euphorbia hirta* L (7,6%) avant cuisson que chez les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophyla*) (3,7%) après cuisson.

En comparant nos résultats à ceux de BANGALA (2013), nous constatons que les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophyla*) possèdent moins de cendres brutes après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (4,76%) après cuisson. Les feuilles d'*Euphorbia hirta* L renferment plus de cendres brutes avant cuisson que celles de *Costus lucanusianus* (5%) et de *Manniophyton fulvum* (6,5%) mais moins que celles de *Musanga cercropioides* (9,5%) analysées par ZELEMADE (2013).

III.2.3.Taux de protéines

La figure 6 nous montre la variation du taux de protéines dans les feuilles et les écorces de tiges des PAS étudiées :

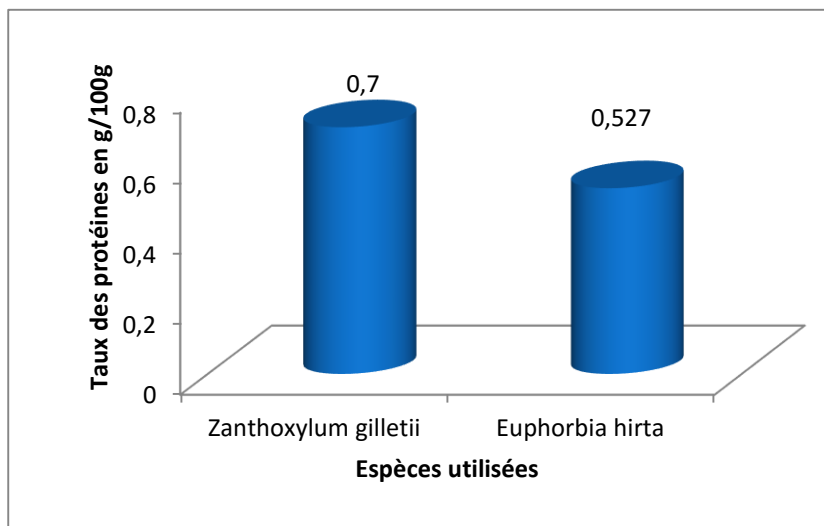


Fig. 6.Teneur en protéines brutes dans les feuilles et les écorces de tiges des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous constatons que la teneur en protéines brutes est plus marquée chez *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) (0,7 %) après cuisson que chez *Euphorbia hirta* (0,527%) avant cuisson. En comparant nos données à celles de MUNGANGA (2013), nous remarquons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* contiennent moins de protéines avant cuisson que celles de *Piper guineensis* (5,72%) et de (*Crassocephalum bumbense* (9,53%).

Les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*)renferment plus de protéines après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (0,31%) après cuisson analysées par BANGALA (2013)

III.2.4. Taux de lipides

La figure 7 nous donne les taux des lipides dans nos échantillons étudiés



Fig. 7. Teneur en lipides dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

On remarque dans cette figure que la teneur en lipides est élevée chez les écorces de tiges *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) (1,28 %) par rapport aux feuilles d'*Euphorbia hirta* (0,14 %). Nos résultats comparés à ceux de ZELEMADE (2013), nous remarquons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* analysées possédant moins de lipides avant cuisson que celles de *Costus lucanusianus* (14%), de *Manniophyton fulvum* (9,66%) et de *Musanga cercropioides* (6,4%).

Les écorces de tiges *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) renferment moins de lipides après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (4,4 g/100 g) analysées par BANGALA (2013).

III.2.5.Taux d'équivalent acide citrique

La figure 8 ci-dessous nous donne les taux de l'équivalent acide citrique dans les plantes étudiées

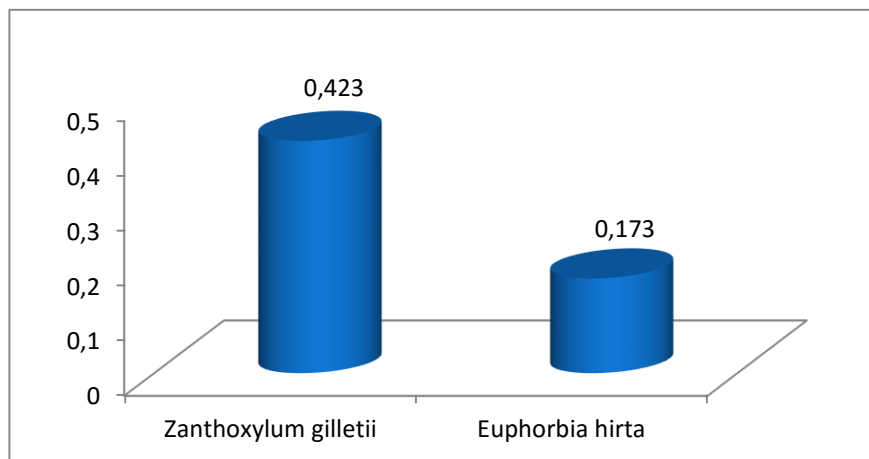


Fig.8.Teneur en Equivalent acide-citrique dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Cette figure montre que la teneur en équivalent acide-citrique est élevée chez *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) (0,423 méq/100g)) après cuisson par rapport à celle des feuilles d'*Euphorbia hirta* (0,173méq/100g).

En comparant nos données à celles de UTSHUDI (2008), nous constatons que les feuilles d'*Ancistrophyllum secundiflorum*(0,987meg/100g) renferment un taux plus élevé en équivalent d'acidecitrique par rapport à celles d'*Euphorbia hirta* analysées

Les feuilles d'*Euphorbia hirta* Lrenferment plus d'équivalent d'acide citrique avant cuisson que celles de *Solanum americanum*(0,039 méq/100g) et de *Laportea aestuans* (0,006 méq/100g) analysées par NGABU (2007). Les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) contiennent plusd'équivalent d'acide citrique après cuisson que celles de*Scorodophloeus zenkeri* (0,32méq/100g) après cuisson analysées par BANGALA (2013).

III.2.6.Taux de vitamine A

La figure 9 suivante nous donne les taux de vitamine A. dans les différentes plantes analysées

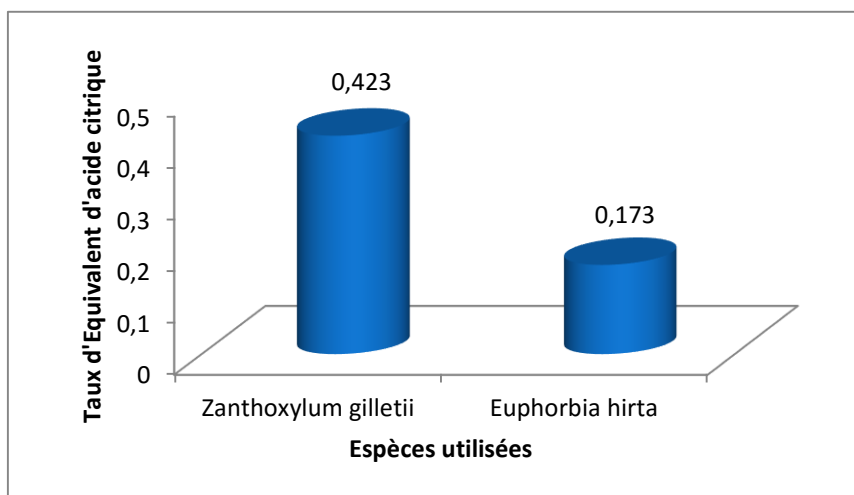


Fig. 9. Teneur en vitamine A dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous voyons que les deux plantes ont le même taux de vitamine A soit 0,187 mg/100g. Nos résultats comparés à ceux de TCHATCHAMBE (2009), nous remarquons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* L contiennent les teneurs moins élevées en vit A avant cuisson que celles de *Vernonia hochestetteri* 0,75mg/100g, d'*Ipomea aquatica* et de *Dewevreabilabiata* avec chacun 0,37mg/100g. Les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) renferment moins de vitamine A après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (0,76mg/100g) après cuisson (BANGALA, 2013).

III.2.7. Taux de thiamine

La figure .10.Ci-dessous nous montre la variation de la teneur en thiaminechez les plantes étudiées

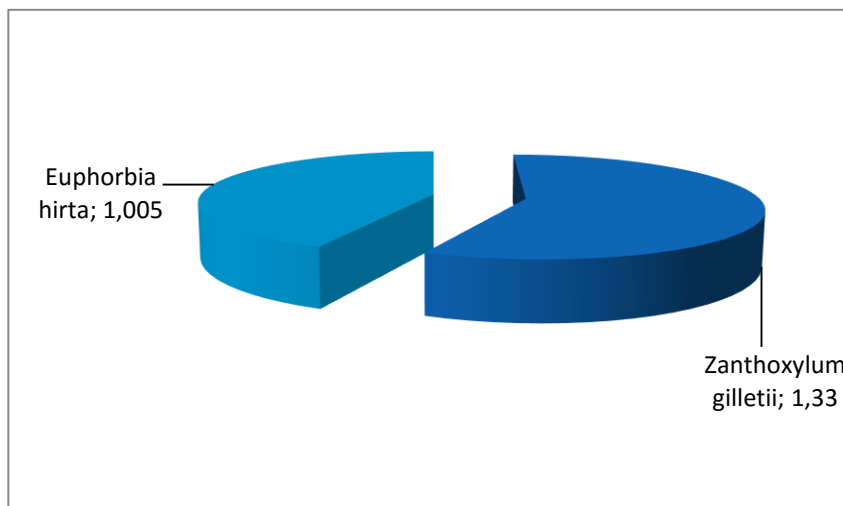


Fig.10. Teneur en vitamine B1 ou Thiamine dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Cette figure nous montre que les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) ont une teneur en vitamine B1 plus élevée (1,33mg/100g) après cuisson que les feuilles d'*Euphorbia hirta* L (1,005mg/100g) avant cuisson.

Nos résultats comparés à ceux de ZELEMADE (2013), nous voyons que les feuilles d'*Euphorbia Hirta* contiennent plus de thiamine avant cuisson que celles de *Musanga cercropioides*(0,67mg/100g) et de *Manniophyton fulvum*(0,335mg/100g)mais elles en contiennent moins que celles de *Costus lucanusianus*(2,68 mg/100g).

Les feuilles de *Talinum triangulare* (3,35 mg%) renferment plus de thiamine avant cuisson que celles d'*Euphorbia hirta* qui contiennent à leur tour plus de vitamine B1 avant cuisson que celles d' *Hua gaboni* (0,67 mg%) analysées par MUNDAY (2012).

III.2.8. Taux de riboflavine

Les taux de riboflavine dans les plantes étudiées sont présentés dans la figure 11 ci-dessous :

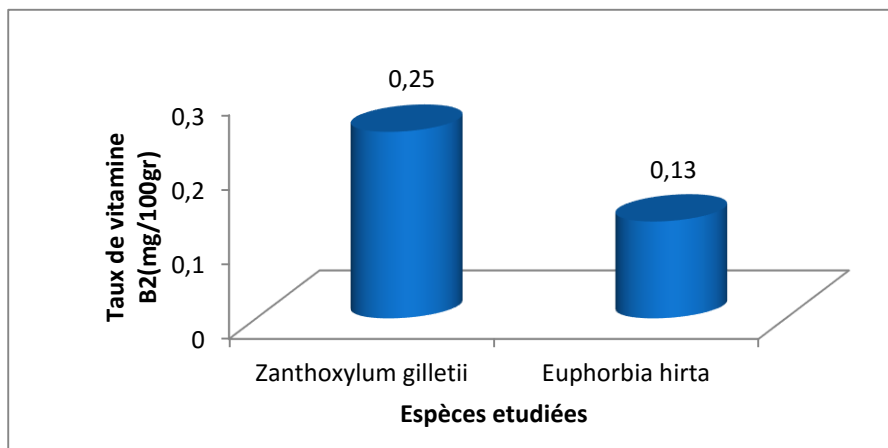


Fig.11. Teneur en vitamine B2 ou riboflavine dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Cette figure nous montre que les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) contiennent la teneur plus élevée en riboflavine (0,25 mg/100g) après cuisson que les feuilles de *Euphorbia hirta* L (0,13mg/100g) avant cuisson.

En comparant nos résultats à ceux de PAMPLONA (2011), nous remarquons que les feuilles de *Euphorbia hirta* étudiées renferment plus de riboflavine avant cuisson que le chou (0,040mg/100g) mais elles en contiennent moins que l'épinard (0,189 mg/100g).

BANGALA (2013) indique que le taux de riboflavine dans les écorces de tiges de *Scorodophloeus zenkeri* est de 1,53mg/100g. En partant de nos résultats, nous constatons que les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) possèdent moins de riboflavine après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri*.

III.2.9.Teneur en vitamine B6 ou Pyridoxine

La valeur de vitamine B6 chez les feuilles et les écorces de tiges des plantes analysées est donnée par la figure 12 ci- dessous :

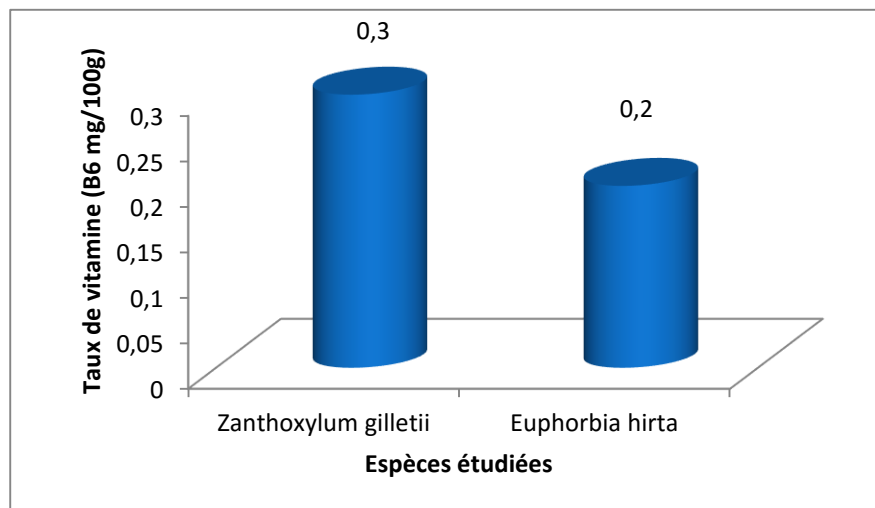


Fig .12. Teneur en vitamine B6 ou pyridoxine dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Cette figure nous montre que la teneur de Pyridoxine est plus élevée chez les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) (0,30mg/100g) que chez les feuilles de *Euphorbia hirta*. (0,20 mg/ 100g).

Les feuilles de *Euphorbia hirta* L contiennent moins de pyridoxine avant cuisson que celles de *Costus lucanusianus* et de *Musanga cercropioïdes* (0,40mg/100g) et *Manniophyton fulvum* (0.50mg/100g) comme nous indique ZELEMAGE (2013). Par contre, les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) renferment plus de vitamine B6 après cuisson que celles de *Scorodophloeuszenkeri* (0,01mg/100g) analysé par BANGALA (2013).

III.2.10. Teneur en acide ascorbique

La valeur de vitamine C ou acide ascorbique chez les feuilles d'*Euphorbia hirta* et l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* des plantes analysées est donnée par la figure 13 ci – dessous :

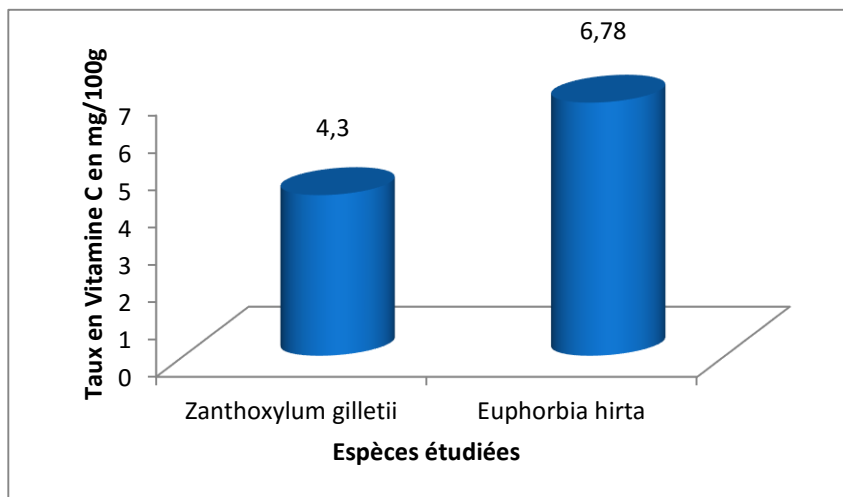


Fig. 13. Teneur en acide ascorbique dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

La teneur en acide ascorbique varie entre 4,30 et 6,78 mg/100g, cela montre qu'elle est plus élevée chez *Euphorbia hirta* L par rapport au *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*)

En comparant nos résultats à ceux d'UTSHUDI (2006), nous remarquons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* L étudiées ont une teneur en acide ascorbique plus élevée que celles, de *Hillieria latifolia*(2,03 mg/100g).

Les écorces de *Scorodophloeus zenkeri* renferment moins de vitamine C après cuisson que celles de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*)(BANGALA, 2013).

III.2. 11. Teneur en fer

La figure 14 ci-dessous montre la variation de la teneur en fer dans nos échantillons analysés avant cuisson (feuilles) et après cuisson (écorces de tiges)

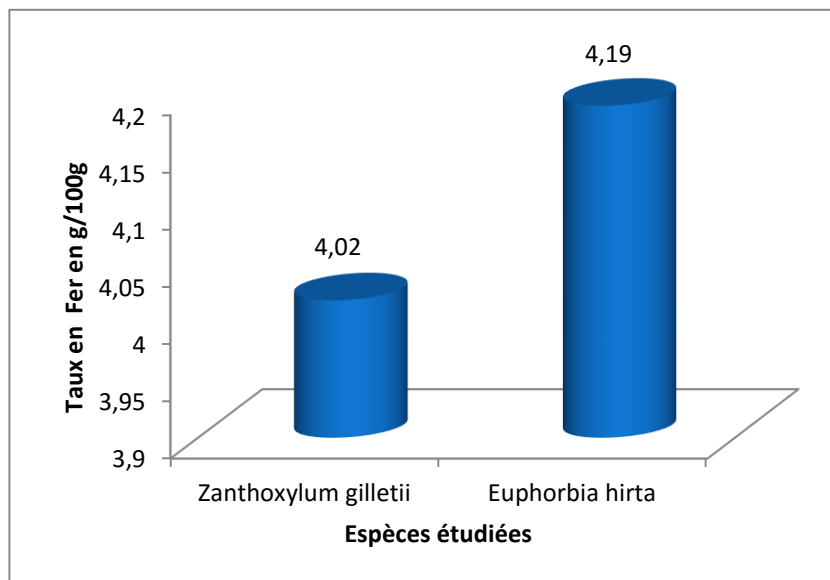


Fig. 14. Teneur en fer dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées. On remarque dans cette figure que la teneur en fer varie entre (4,02g/100g) chez *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) et (4,19g/100g) chez *Euphorbia hirta* possédant ainsi la teneur la plus élevée que l'autre.

Si nous comparons nos résultats à ceux de ZELEMADE (2013), nous constatons que les feuilles de *Euphorbia hirta* renferment plus de fer avant cuisson que celles de *Costus lucanusianus* (0,335 g/100g), de *Musanga cercropioides* (0,837g/100g) et de *Manniophyton fulvum* (0,502g/100g).

En comparant nos données à celles de TCHATCHAMBE (2009), nous voyons que les feuilles d'*Euphorbia hirta* étudiées sont plus riches en fer avant cuisson que celles d'*Ipomea aquatica* et de *Dewevreabilabiata* (0,754gr/100g et 0,503g/100g) respectivement avant et après cuisson. Compte tenu de leur composition, les feuilles de ces espèces pourraient contribuer à corriger l'anémie par leur quantité importante de fer constaté. Les écorces de tiges de *Zanthoxylum Gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) contiennent plus de fer après cuisson que celles de *Scorodophloeus zenkeri* (3,51 g/100g) analysées par BANGALA (2013)

III. 2.12. Teneur en phosphore

Les résultats du dosage de phosphore dans les plantes analysées sont présentés dans la figure 15 suivante :

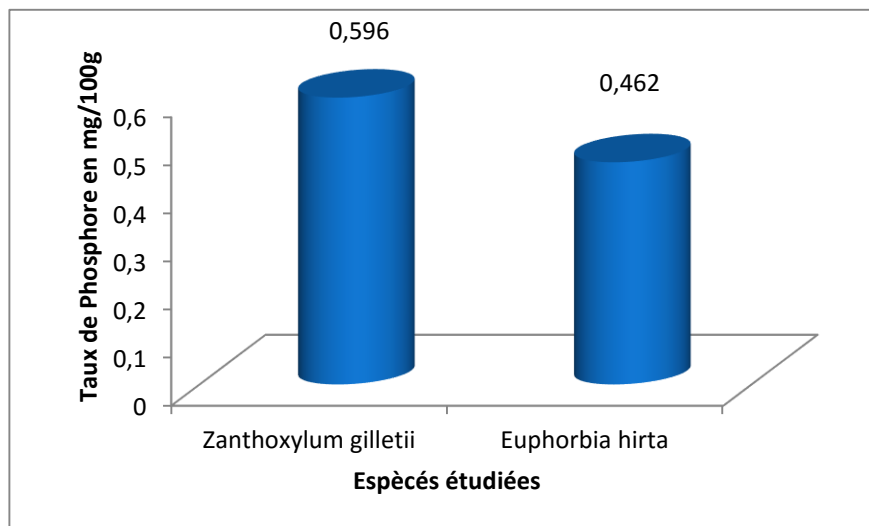


Fig. 15. Teneur en phosphore dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Cette figure nous montre que le taux de phosphore dans nos échantillons varie entre 0,462 mg/100g chez *Euphorbia hirta* L et 0,596 mg/100g chez *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) qui a la teneur la plus élevée que l'autre.

En référant nos données avec celles de TCHATCHAMBE (2009), nous constatons que les feuilles de *Euphorbia .hirta* renferment une quantité importante de phosphore avant cuisson que celles de *Vermonia hochstetteri* (0,27gr/100gr) et de *Vitex welwitschii* (0,168gr/100gr) avant cuisson. Cette différence peut être due au type du sol et du climat.

Les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) possèdent plus de phosphore après cuisson que celles de *Scorodophloeuszenkeri*(0,025g/100g) étudiées par BANGALA (2013).

III.2.13. Teneur en Calcium

Dans la figure 16 suivante, nous avons illustré les différentes variations de la teneur en calcium pour 100 g d'échantillon analysés

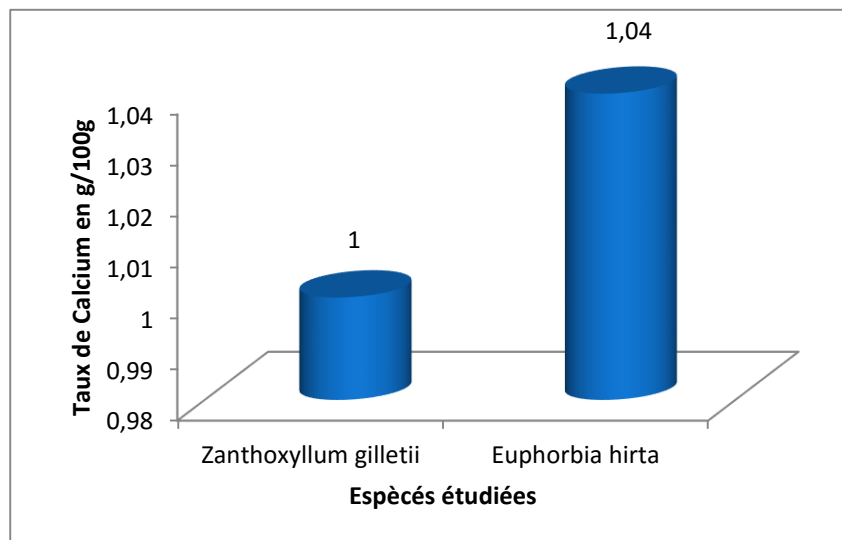


Fig. 16. Teneur en Calcium dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous voyons que la teneur en calcium est presque identique entre *Euphorbia hirta* L et *Zanthoxylumgillettii*(ex *Fagara macrophyla*).

Nos résultats comparés à ceux de ZELEMADE (2013), nous constatons que les feuilles de *Euphorbia .hirta* renferment plus de calcium avant cuisson que celles de *Costus lucanusianus*(0,6g%), de *Musanga cercropioïdes* (0,64g%)et de *Manniophyton fulvum* (0,48%).

BANGALA (2013) indique que le taux de calcium les écorces de tiges de *Scorodophloeuszenkeri* est de 0,13g/100g. En partant de nos données, nous remarquons que les écorces de tiges de *Zanthoxylumgillettii* (ex *Fagara macrophyla*)possèdent plus de calcium après cuisson que celles de *Scorodophloeuszenkeri* analysées par cet auteur.

III.2 .14. Teneur en magnésium

Les résultats de la teneur en magnésium sont donnés dans la figure 17 ci-dessous.

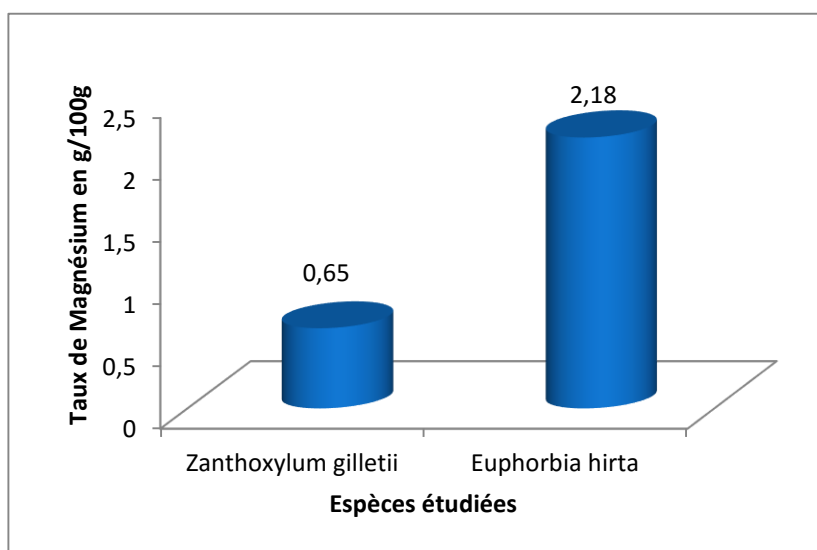


Fig 17. Teneur en magnésium dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Dans cette figure, la teneur en magnésium est plus élevée chez *Euphorbia hirta* (2,18g/100g) par rapport au *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) (0,65g/100g).

En comparant nos données à celles de MUZA (2013), nous constatons que les feuilles de *Euphorbia hirta* L ont une teneur élevée en magnésium (2,18g/100g) avant cuisson que celles de *Lagenaria breviflora* (0,07g/100g) avant cuisson

III.2 .15 Teneur en sucres totaux

Cette figure 18 nous donne la teneur en sucres totaux chez les plantes analysées

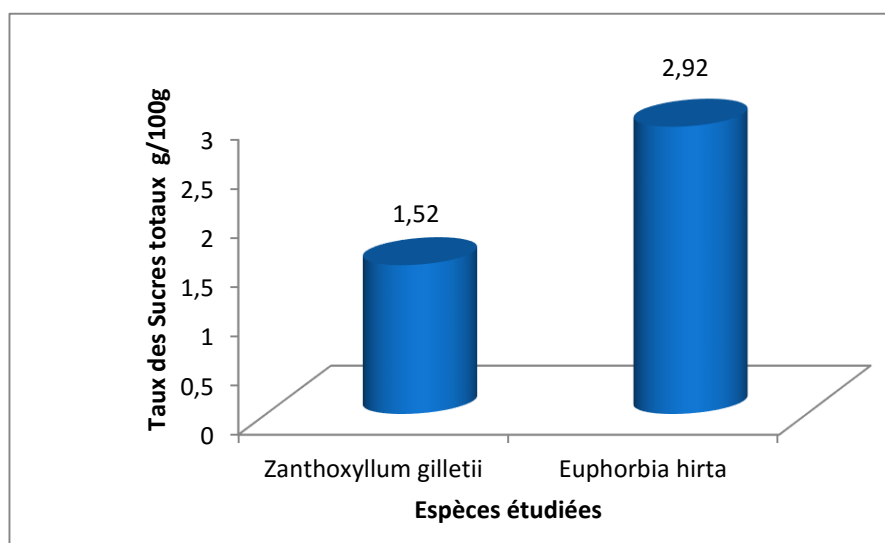


Fig .18. Teneur en sucres totaux dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées.

Dans cette figure, nous remarquons que la teneur en sucres totaux est plus élevée chez les feuilles de '*Euphorbia hirta* L (2,92g/100g) avant cuisson que chez les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophyla*) (1,52g/100g) après cuisson. En comparant nos données avec celles de MUZA (2013), nous voyons que les feuilles de *Euphorbia hirta*L étudiées contiennent plus de sucres totaux avant cuisson que celles de *Lagenaria breviflora* (0,0833g/100g) et les écorces de tiges de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophyla*) renferment plus de sucres totaux que celles de *Zanthoxylum gillettii*(ex. *Fagarainaequalis*) contenant 0,111g /100g de sucres totaux.

III .2 .16. Taux de fibres brutes

La figure 19 nous présente la .teneur en fibres brutes dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson des plantes étudiées

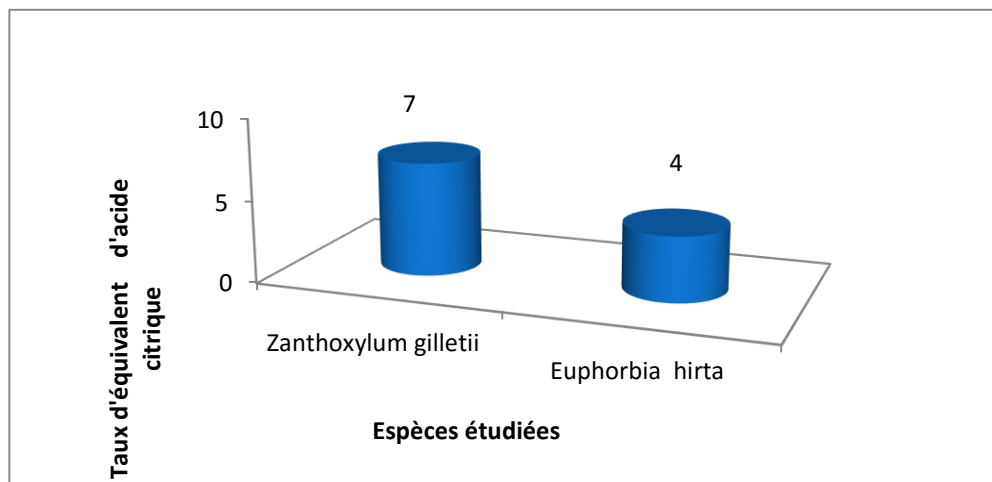


Fig. 19 teneur en fibre brute des échantillons analysés dans les feuilles avant cuisson et les écorces de tiges après cuisson

Il ressort de cette figure 19 que les feuilles *Euphorbia hirta* analysés avant cuisson contiennent moins de fibre que l'écorce de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) (7%) après cuisson. En comparant avec celle de MUZA (2013), les taux des fibres brutes de *Lagenaria brevifloa* (4%) et celle de *Zanthoxylum gillettii* (ex. *Fagarainaequali*) (6%). En cela nous remarquons que nos échantillons, tous deux ont un taux plus élevées que celle de MUZA.

Tableau synthétique

NUTRIMENTS	Espèces	
	Ecorce des Zanthoxylum gillettii AVC	Feuilles d'Euphorbia hirta APC
MATIERES FRAICHE		
Humidité relative (%)	26,6	32,20
Acide ascorbique (mg/100g)	4,30	6,77
Acide citrique (%)	0,423	0,173
Vitamine A et carotène (mg/100g)	0,187	0,187
Thiamine (mg/100g)	1,33	1,005
Riboflavine (mg/100g)	0,25	0,13
Pyridoxine	0,30	0,20
Sucres totaux	1,52	2,92
MATIERE SECHE		
Protéine brute (mg/100g)	0,7	0,527
Cendre brute(%)	3,7	7,6
Fibre brute (%)	7	4
Calcium (mg/100g)	1	1,14
Magnésium (mg/100g)	0,65	2,18
Fer (mg/100g)	4,02	4,19
Phosphore (mg/100g)	0,596	0,462
Lipide	1,28	0,14
SUBSTANCE TOXIQUE		
Nitrate	+	—
Nitrite	+	++
Cyanure	+	++
Oxalate	—	—
GROUPE PHYTOCHIMIQUE		
Alcaloïde	—	+
Flavonoïde	+	+
Tanins	—	++
Stérol et terpène	—	—

CONCLUSION ET SUGGESTION

Pour clore ce travail qui avait comme objectif essentiel d'analyser quantitativement les substances nutritives et qualitativement les substances toxiques et les groupes phytochimiques contenus dans les organes comestibles de quelques PAS consommées dans le District de la Tshopo avant et/ou après cuisson, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- Les feuilles d'*Euphorbia hirta* L et l'écorce de *Zanthoxylum gillettii*(ex *Fagara macrophylla*) contiendraient des nutriments tels que les lipides, les protéines, les sucres, les sels minéraux et certaines vitamines.
- Ces nutriments seraient parfois associés à des substances indésirables ou toxiques.

Pour démontrer ces hypothèses, nous avons procédé par l'identification puis l'analyse chimique de l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* (ex *Fagara macrophylla*) et les feuilles de *Euphorbia hirta* L.

Les résultats obtenus des analyses chimiques indiquent que les PAS étudiées constituent un apport complémentaire important des éléments nutritifs de valeur concernant le protéine brute, le lipide, les sucres, la fibre, le calcium, le magnésium, le fer, le phosphore et les vitamines (A, B₁, B₂, B₆, et C). Pour les feuilles de *Euphorbia hirta* L, les valeurs les plus élevées ont été obtenus en : protéines(0,527%), sucres totaux(2,92g/100g) cendres(7,6%), humidité(32,20%), fer(4,19g/100g), calcium(0,04mg/100g), magnésium (2,18g/100g) acide ascorbique (6,78mg/100g), vitamine A et carotène (0,187mg/g) et pour l'écorce de tige de *Zanthoxylum gillettii* les valeurs les plus élevées ont été obtenus en : thiamine (1,33mg/100g), pyridoxine (0,30mg/100g) riboflavine (0,25mg/100g) phosphore (0,596mg/100g), et équivalent acide citrique(0,423).

Cependant, ces plantes contiennent, parfois aussi quelques substances toxiques ou indésirables, notamment les alcaloïdes, les tanins les stérols et les terpènes. Des traces de nitrates, de nitrites et de cyanures. De ce qui précède, nos hypothèses selon lesquelles, les parties comestibles de ces différentes P.A.S. contiendraient des nutriments tels que des protéines, vitamines, lipides, glucides et minéraux à des concentrations différentes. Ces nutriments seraient parfois associés à des substances anti-nutritionnelles, indésirables ou toxiques et la cuisson influencerait la qualité nutritionnelle de ces plantes sont confirmées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- AMBEGEBO A.R., 2012 Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de deux plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs. Cas de *Cyphostema adenocaula* et *Ipomea involucrata*
- APFELBAUM, M, et al : 2004 diélectique et nutrition .6^e édition Masson SAS.PARIS Pp, 36, 54, 112,120.
- BAA.M.O ,2013 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de deux plantes alimentaires sauvage consommées dans la district de la Tshopo et ses environs : cas de *La genariabreviflora* et *Zanthoxylumgilletii*, Monographie Fac Sc. UNIKIS.
- BALANGA.M.1990 : Contribution à l'analyse chimique comparative de cinq légumes feuilles sauvages,*Crassocephalumbumbense*, *Erythroccaoleracea*, *Hibissousrostellatus*, Seuel et perre.Var *rostelatushilleria*, *Lotofofia*(Lam) *walter* et *umbelatium*-L.
- BALEKAGE B.J.P, 2007 Contribution à l'étude nutritionnelle et chimique de cinq plantes consommées à Kisangani et ailleurs pour leur revalorisation : *Pteridium aquilinum*, *scorophrynim macrostachym*, *Xanthosoma sagitifolia*, *phaseolis vulgaris* et *cuccubita peppo*. TFC, FS, Unikis.
- BONDJAMBE.M .2013 : Contribution à la détermination de la valeur nutritive des feuilles et de graines de *Moringa oleifera* .Mémoire Fac Sc. UNIKIS, 59P.
- BOTCHAKA LIFOKA, 2009 Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, travail de cycle, Unikis 2009.
- CAMPBELL.N .A.RECCE, J.B, 2004 : Biologie 2^{em} éd de BOEK.BRUXELLES, PP925-928.
- CHALOT. G ,1966 méthode de chimie analytique, analyse quantitative .Masson Parus.
- CHEVALIER, L.2003.Nutrition principes et conseils Masson, Parus, P255.
- DILUBENZI. M .J 2012: Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages « *Huagaboni*, *Pentadiplandra brazzeana* et *Talinumtriangilare* » consommées à Kisangani et ses environs 63p.
- DILUBENZI.M .2012 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages « *Huagaboni*, *Pentadiplandrabrazzeana* et *Talinumtriangulare*» consommées à Kisangani et ses environ.
- ETOBO .K.1990: Contribution à l'analyse chimique comparative de trios légumes feuilles consommées à KISANGANI, Monographie inédit, Faculté des Sciences, UNIKIS, 40P.

- ETOBO.K.2010 : Etude de l'activité antibactérienne des extraits de quelques plantes médicinales sur les souches bactériennes résistantes aux antibiotiques courantes à Kisangani (RDC) 131p
- FABERT.D.1964 ; la prodigieuse famille des vitamines nouveaux horizons.
- FEIGL.FV *etal* 1966: sport tests in organic analyses 7th éd.new York, Elsevier publishing; company .267 -458P.
- GODON et al 1985, Protéines végétales techniques et documentation, Lavoisier, Paris 692P.
- IDI RASHIDI, 2006 « contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois plantes : *Amaranthus viridis*, *piper guineensis* et *cola acuminata* narite rouge, travail de fin de cycle Fac des sciences UNKIS, P43
- ITEKIU, Y; 2007 : Contribution à l'étude chimique et nutritionnelles de trois plantes sauvages : *Afromomum*. ...47P.
- KAYISU.2005-Cours de nutrition et diétiques. Faculté des Sciences .UNIKIS.
- Kayolongo NIMIKAOLO, 2012 Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de 2 plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs. Cas de *Hibiscus rostellatus* et *Hibiscus surrantensis*
- KISOHOLO M. 2007, Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées après cuisson de trois légumes consommées (*Amaranthus viridis*, *conetum africanum* et *piper guineensis*) pour leur revalorisation, T.F.C, FS, UNIKIS
- LEJOLY, J., NDJELE, M.B. ET GEERINCK, D. 2010. Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RD Congo), 343 p
- LIFOKO B.F.2011 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages (*Monotes expansa*, *Sherbouniabignoniflora* et *Morindamorindoides*) consommées à Kisangani et ses environnement Mémoire Fac des Sc. UNIKIS.
- LOMBA B.L et NDJELE M.B, 1998 : Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de Phytodiversité dans la réserve de YOKO, Ann. Fac Sc. UNIKIS vol 11:35-46.
- MABIKA.K.1983:Plantes médicinales et médecine traditionnelle au Kasaï occidental Thèse inedit Fac des Sciences /UNIKIS. 510P.
- MALESSE, 1997: se nourrir en forêt claire Africaine approche écologique et nutritionnelle presse agronomique de GEMBLoux.FCCTA.384P.
- MASTAKI. K .M:2012 Plantes aphrodisiaques utilisées par les KUMU de YOKO (UBUNDU, P.O, RD Congo) TFC, F MABIKA.K.1983:Plantes médicinales et médecine traditionnelle au Kasaï occidental Thèse inedit Fac des Sciences /UNIKIS. 510P ac Sc. UNIKIS.

- MEA. M.E.2013 Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de deux plantes alimentaires sauvages consommées dans la district de la Tshopo (*Piper guineensis* et *Crassocephalum bumbense*, 53p.
- MICHELELLE, MURRAY, GRANNER ,1982 Précis Biochimie de HARPER de BOECK LARCIER, Parus –Bruxelles.
- MUMBERE M., 2005 : Contribution à l'analyse chimique et comparative de deux plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, FS 41p
- MVUNZU, et al 1981, contribution à l'étude de la composition chimique et de l'extraction des protéines des feuilles de Listings (*Phytolacca dodecanadra* l'hérîte) récolté à Yangambi, in ann.DE L'IFA YANGAMBI, 1,84-100.
- NGABU DHEDA, 2005, contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois légumes sauvages *scorodophlogue Zenkeri*, *Physalis angulata masa ssp.* Consommées à Kisangani et ses environs. Travail de fin de cycle, Unikis 2005.
- NSIMBA.L.2014:Cours de Biochimie Fac Sc. UNIKIS, P372.
- NZELEMADE.I.M.2013:Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, Mémoire, FacSc. UNIKIS.P63.
- ONAUTSHU O. 1996. Analyse chimique comparative de deux légumes feuilles (*Boerhaavia diffusal* et *Talinum triangulare*, après cuisson, monographie faculté des sciences, 36p.
- ONYAMBOKO.N.V, TCHATCHAMBE W.B. 1988, contribution à l'analyse chimique comparative de deux légumes feuilles *Talinum triangulare* et *cyphostemma adenocaule*. Annales facultés des sciences vol.5
- PAMPLONA.2000.Guide des plantes médicinales et guide de la nutrition – pouvoir lucratif des aliments, publié en France (Parus).
- PEARSON, 1981, chemical analysis of foods, Livingston .P20-23.
- POULTON.J.L.1990: Cyanogenesis in plants. Plants physiol.N°94, PP401-405.
- RANST, V, E; VEROO, M DEMEYER, And PAUWELS, J.M 1999:Manual for soil chemistry and Fertility, Laboratory: Analytical Methode for soils and plants Equipment and Management of Consumables. University of Gent,Belgium,ISBN.P243.
- SOLOMO E, 2007 Valeurs nutritionnelles et toxicologiques des quelques plantes alimentaires sauvages, dissertation inédite DEA, FS. UNIKIS, 97p
- SOLOMO.E, TCHATCHAMBE.J.W.B, KATEMWA.K, TERMOTE.C, et DHEDA.D:Valeurs nutritives et toxiques des quelques plantes alimentaires sauvages consommées à KISANGANI et ses environs.Ann.Fac.Sc UNIKIS Vol14.p43-56 (2011)

- SOLOMO.E.2007, Valeurs nutritionnelle et toxicologiques des quelques plantes alimentaires sauvages, dissertation inédit DE A.FS.UNIKIS, 97P.
- TANDU.N.F.B.2001:Nutrition de la théorie à la pratique, presse de l'Université de KINSHASA .PP14-15,265.
- TCHATCHAMBE : 1995 notes de cours de Biochimie chimique Cours inedit FAC de Médecine.
- TCHATCHAMBE.N B.2009,Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de quatre légumes alimentaires sauvages consommées à KISANGANI et ses environs.63P.
- UTSHUDI. B., 2008, Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de cinq légumes feuilles et fruits consommés dans la ville de Kisangani et ses environs : mémoire inédit FS, Unikis, 57p.
- UTSHUDI: 2006.Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle des trois plantes sauvages: *Colaacuminata*, (variété jaune), *Hillerialatifolia* et *Myrianthusarboreus*, Monographie inedit, Faculté des Sciences, UNIKIS, 48P.
- WEAST *etal*, 1970: Hand book of chemistry and physics-50th éd chemical Rubber company gram wold parc way.Chever land, Ohio; 1150 P.
- Willy NGABU DHED'A, 2006 Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de quatre légumes alimentaires sauvages : *Solanum americanum*, *Thaumatococcus danielli*, *laportea aestuans* et *vernonia amydalina*, consommées à Kisangani et ses environs.

WEBGRAPHIE

<http://www.africa.win.com/give>

(<http://extranet.editis.com/300/doc>).

(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrite>)

TABLE DES MATIERES

DEDICACE

AVANT PROPOS

RESUME

SUMMARY

0. INTRODUCTION.....	1
0.1. PROBLEMATIQUE	6
0.2. HYPOTHESE	6
0.3. OBJECTIFS.....	7
3.1. OBJECTIF GENERAL.	7
3.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	7
0.4. INTERET.....	7
0.5. TRAVAUX ANTERIEURS	7
CHAPITRE UN : GENERALITES.....	3
I.1. DESCRIPTION DES PLANTES ETUDIEES.....	8
I.1.1. Zanthoxylum gillettii (DE WILD.) P.G.WATERMAN (Fagara macrophyla OLIVIER)	8
I.1.2. Euphorbia hirta L– [syn. Euphorbia hypericifolia L.].....	8
I.2. BREF APERCU SUR QUELQUES SUBSTANCES NUTRITIVES ET INDISPENSABLES CHEZ LES PLANTES	9
I.2.1. PROTEINES	9
I.2.2. LIPIDES.....	10
I.2.3. LES VITAMINES.....	10
I.2.4. LES MINERAUX	11
I.3. LES SUBSTANCES INDESIRABLES ET LEURS EFFETS	12
I.3.1. LES NITRATES	12
I.3.2. LES NITRITES.....	12
I.3.3. LES CYANURES	13
I.3.4. L'OXALATE	13
I.3.5. LES ALCALOÏDES.....	13
I.3.6. LES FLAVONOÏDES ET TANINS.	13
CHAPITRE DEUX: MATERIEL ET METHODES.....	9
II.1. MATERIEL	14
II.2.1. Analyses qualitatives	15
II.2.2. Détermination de l'humidité	15
II.2.3. Détermination des cendres brutes (GROEGAERT, 1958)	16

II.2.4. DETERMINATION DE L'EQUIVALENT ACIDE CITRIQUE (MVUNZU ,1981).....	16
II.2.5. DOSAGE DE LIPIDES (PEARSON, 1981)	17
II.2.6. DOSAGE DES PROTEINES BRUTES	18
II.2.7. DETERMINATION DES SUCRES TOTAUX (DUBOIS <i>et al</i> ,1956).....	21
II.2.8. VITAMINE A ET β -CAROTENE (WELCHER, 1963)	22
II.2.9. VITAMINE B1 OU THIAMINE (WELCHER, 1963).....	23
II.2.10. DOSAGE DE VITAMINE B ₂ ou RIBOFLAVINE (WELCHER, 1963).	24
II.2.11. DOSAGE DE VITAMINE B6 OU PYRIDOXINE (WELCHER, 1963).....	25
II.2.12. DOSAGE D'ACIDE ASCORBIQUE (VITAMINE C)	26
II.2.13. DETERMINATION DES ELEMENTS MINERAUX.....	27
II.2.14. DETERMINATION DES CENDRES BRUTES (GROEGART, 1958)	28
II.2.15. DOSAGE DU CALCIUM (CHARLOT, 1960).....	29
II.2.16. DOSAGE DE FER (DESSART <i>et al</i> , 1973)	30
II.2.17. DOSAGE DE MAGNESIUM (Charlot, 1966).....	30
II.3. ANALYSE QUANTITATIVE DES GROUPES PHYTOCHIMIQUES	31
II.3.1. TEST D'OXALATE (FEIGL <i>et al</i> , 1966).....	31
II.3.2. TEST DE CYANURE (DESSART <i>et al</i> , 1973).....	32
II.3.3. TEST POUR LE NITRATE (FRETS ET VINZENZE, 1966)	32
II.3.4. TEST DE NITRITE (DESSART <i>et al</i> , 1973).....	33
II.3.4. DETECTION DES ALCALOIDES (MABIKA, 1983).....	33
II.3.5. DETECTION DES FLAVONOIDES (WEAST et ROBERT, 1970).....	33
II.3.6. DETECTION DES TANINS (WEAST et ROBERT, 1970).....	34
II.3.7. DETECTION DES STEROLS ET TERPENES (WEAST et ROBERT, 1970).....	34
II.3.8. DETERMINATION DE FIBRE BRUTE (TOUSSIN et NOIRFALISE, 1981).	35
CHAPITRE TROIS: RESULTATS ET DISCUSSION	31
III.1. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES QUALITATIVES	36
III.2. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES QUANTITATIVE	38
III.2.1. Taux d'humidité	38
III.2.2. Taux de cendres brutes	39
III.2.3. Taux de protéines	40
III.2.4. Taux de lipides	41
III.2.5. Taux d'équivalent acide citrique	42
III.2.6. Taux de vitamine A	43
III.2.7. Taux de thiamine	44
III.2.8. Taux de riboflavine.....	45

III.2.9. Teneur en vitamine B6 ou Pyridoxine	46
III.2.10. Teneur en acide ascorbique	47
III.2. 11. Teneur en fer.....	48
III. 2.12. Teneur en phosphore	49
III.2.13. Teneur en Calcium.....	50
III.2 .14. Teneur en magnésium.....	51
III.2 .15 Teneur en sucres totaux	52
III .2 .16. Taux de fibres brutes	53
Tableau synthétique.....	49
CONCLUSION ET SUGGESTION	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	51