

DEDICACE

A toi notre père Augustin TSHINKULU,

A toi notre mère Gertrude TSHINKULU,

A vous nos frères et notre sœur : OLIVIER, THIERRY, BLAISE, PATRICK et GRACE respectivement.

AVANT PROPOS

Au terme de ce travail de Fin Cycle, nous nous permettons d'exprimer notre profonde gratitude envers tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Nos sincères remerciements s'adressent plus particulièrement à l'Eternel Dieu, maître de temps et de circonstance, au professeur TCHATCHAMBE pour la direction de ce travail et à notre encadreur chef de Travaux SOLOMO ;

Nous tenons à remercier également l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (I.F.A) plus particulièrement le laborantin LISANGI qui nous a aidé à réaliser quelques analyses (lipide et fibre) ainsi que tous les Professeurs, Chefs de Travaux et Assistants de la Faculté des Sciences.

Enfin, nous remercions tous nos camarades de l'auditoire, amis et connaissances pour leur sympathique compagnie et leur soutien moral et matériel. Nous citons : TONGANGA, DEREVA, Crispin ISUGA, Elie MUNGANGA et Xavier LOLA.

Hugues TSHINKULU SHABANTU

RESUME

Une étude sur la valeur nutritive et toxicologique des feuilles de *Solanum nigrum* a été réalisée avant et après cuisson.

Il ressort de cette analyse que les feuilles de cette plante constituent de compléments alimentaires de valeur en ce qui concerne les protéines brutes, les lipides, les fibres, les sucres totaux, les minéraux et les vitamines. Voici les résultats avant cuisson: 91,5% d'humidité relative ; 17g/100g de lipides ; 26,345g/100g de protéine ; 7,8g/100g de fibre brute ; 0,209% d'équivalent acide citrique ; 0,373mg% de vitamine A; de 0,26mg% de vitamine B6 ; 13,464mg% de vitamine C ; 12,9% de cendre brute ; 29,16g/100g de sucre ; 0,16g% de calcium ; 1,005 de fer ; 0,446g% de magnésium et 0,057g% de phosphore. Et ceux d'après cuisson sont: 85,5% d'humidité; 9,6g/100gde matières grasses ; 12,85g/100gde protéine ;7,4g/100g de fibre brute ;0,199% d'équivalent acide citrique ; 0,187mg% de vitamine A; 0,33mg% de vitamine B6 ;12,012mg% de vitamine C ; 0,05% de cendre brute ; 16,19g/100g de sucre ; 0,08g% de calcium ; 0,585de fer ; 0,242g% de magnésium et 0,023g% de phosphore.

En outre ces feuilles ne contiennent pas du cyanure, ni du nitrate ou encore du nitrite mais en revanche elles contiennent un des groupes phytochimiques sous forme de traces à savoir l'alcaloïde.

L'ensemble de ces résultats prouvent que ces feuilles constituent des compléments alimentaires importants dans l'alimentation humaine plus particulièrement dans celle de la population du District de la Tshopo.

Mots clés :

0. INTRODUCTION

0.1. PROBLEMATIQUE

Les problèmes d'alimentation se posent toujours dans les pays du tiers monde et en République Démocratique du Congo (R.D.C), notre pays ne fait pas exception face à ce fléau (famine, mal nutrition).

Pour mieux se développer, se performer et se maintenir en bonne santé, l'organisme humain a besoin de différents nutriments. Cependant la R.D.C est un vaste pays de l'Afrique Centrale qui couvre une superficie de 2.345.000Km², avec ses climats, reliefs et couvre 47% de la forêt équatoriale africaine. Jusqu'à nos jours, l'Afrique et surtout la R.D.C. connaît encore des problèmes liés à la famine (MUNGANGA, 2013).

Face à ce fléau et vu les conditions socio-économiques de la vie actuelle des pays sous-développés, l'homme recourt à la nature sauvage pour la récolte et la consommation de légumes, fruits, racines dans lesquels se trouvent les nutriments principalement les protéines, les lipides, les glucides, les minéraux, vitamines et etc. C'est dans ce contexte que nous allons réaliser les analyses chimiques, qualitatives et quantitatives de quelques substances nutritives et indésirables ou toxiques.

0.2 HYPOTHESES

Compte tenu du fait que certaines populations, Boyomaise en l'occurrence, utilisent cette plante comme aliments, nous supposons que

- Les feuilles de *Solanum nigrum* contiendraient des substances nutritives telles que les lipides, les protéines, les glucides, les vitamines, minéraux et etc ; en proportion différentes.
- Ces substances nutritives seraient parfois associées à des substances toxiques ou indésirables.

0.3. BUT ET INTERET DU TRAVAIL

0.3.1. But du travail

Le but de ce travail est :

- D'analyser quantitativement les substances (humidité, protéines, lipides, glucides, etc) contenues dans les feuilles de *Solanum nigrum* avant et après cuisson ;
- De détecter l'analyse qualitative des substances toxiques ou indésirables et des groupes phytochimiques contenus dans les feuilles de cette plante avant et après cuisson.

0.3.2. Intérêt du travail

Ce travail nous permet de déterminer la composition chimique et nutritionnelle des feuilles de *Solanum nigrum* afin de les mettre en valeur et de les utiliser objectivement pour assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population de Kisangani et ses environs.

0.4. TRAVAUX ANTERIEURS

Plusieurs thèmes ont été abordés sur la détermination de la composition chimique et nutritionnelle des plantes alimentaires sauvages (PAS). Nous pouvons citer les travaux de : ONYAMBOKO et TCHATCHAMBE (1988) ; NGABU (2005) ; SOLOMO (2007) ; BOTCHAKA (2011) ; MUNGANGA (2013) ; qui ont tous œuvré sur la contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de quelques PAS avant et/ou après cuisson.

0.5. DIVISION DU TRAVAIL

Hormis l'introduction et la conclusion et suggestion, le présent travail est subdivisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre va concerner les généralités ;
- Le deuxième traitera les matériels et méthodes ;
- Le troisième enfin s'occupera des résultats et discussion.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. DESCRIPTION DE LA PLANTE ANALYSEE

1.1.1. *Solanum nigrum* (Tshaku-tshaku, en Swahili)

Thérophyte pouvant atteindre 70cm appartenant à la famille des *Solanaceae* ; noms vernaculaires : la Morelle noire, tomate du diable (Dumas, 2010).

Le *Solanum nigrum*, son habitat est cosmopolite. En ville, on la trouve au pied des murs, des arbres, dans les haies etc. feuilles simples alternées, pétiolées, limbe (20-70mm), nervures secondaires en saillie dans la face inférieure. Inflorescence en cyme unipare scorpioïde. Fleures hermaphrodites. Fruits baies rondes 6-10mm de diamètre (LAMBINO et COL, 2008), d'abord vertes devenant noir violacé à maturité. Tiges ramifiées. Racine fasciculée et blanche (Julve et Philippe, 1998).

La morelle noire est considérée comme plante hautement toxique pour l'homme (4-5mg chez l'enfant et 20-25 chez l'adulte) à cause notamment de la Solanine, un alcaloïde présent dans les feuilles et dans les baies surtout celles qui sont immatures. En revanche cette même plante a un effet médicinal, par exemple en usage externe, elle est employée contre les affections cutanées diverses et variées, les hémorroïdes etc. (Valnet, 1985).

Distribution : Afrique (R.D. Congo, Nigéria, Cameroun, Ethiopie...), Europe (Crête, Grèce, France), Australie, USA, Caraïbes (Dumas, 2010).

Position taxonomique :-Règne : *Plantae*

-Division : *Magnoliophyta*

-Classe : *Magnoliopsida*

-Ordre : *Solanales*

-Famille : *Solanaceae*

-Genre : *Solanum*

-Espèce : *Solanum nigrum*



Fig. 1 : Solanum nigrum

1.2. BREF APERCU DE QUELQUES SUBSTANCES NUTRITIVES ET INDESIRABLES CHEZ LES PLANTES ALIMENTAIRES SAUVAGES

Certains légumes que nous consommons renferment quelques métaux et non métaux (le bore, ...) notamment, le magnésium, le fer, le calcium, le phosphore et le cuivre pour ne citer que ceux-là qui sont rencontrés souvent en proportion variables. Ces métaux et non métaux rendent possibles certaines réactions métaboliques telles que la glycolyse, la respiration, l'ossification et la phosphorylation. Les légumes peuvent contenir également certaines substances réductrices comme l'acide ascorbique (Vit C), des protéines, des lipides ainsi que certaines substances toxiques telles que l'acide cyanhydrique (Joseph & FRUCTON, 1963)

1.2.1. Protéines

Les protéines sont des composés essentiels de toutes les cellules vivantes. Ce sont des macromolécules qui sont fabriquées à partir des acides aminés de configuration L, (HAROLD, 1969). Leur rôle est de produire l'énergie nécessaire à l'organisme et elle est aussi source importante d'azote de tous les constituants azotés de l'organisme. Elle a également un rôle de protection, régulation, mouvement et transport. Les protéines alimentaires sont constituées des diverses proportions d'acides aminés. Alors il existe trois sortes d'acides aminés :

- ✓ Les acides aminés essentiels car ils sont indispensables à la synthèse de protéines, ils sont au nombre de huit : isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, valine et thréonine. Ces acides aminés ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme mais doivent être apportés de l'extérieur par les aliments.
- ✓ Les acides aminés semi-essentiels pouvant être synthétisés chez l'adulte à partir de précurseurs carbonés et azotés mais pas chez l'enfant en croissance. Ce sont de : arginine & histidine
- ✓ Les acides aminés non essentiels : alanine, asparagine, proline, cystéine, glutamine, glycine, serine, tyrosine, aspartate et glutamine (TANDU, 2001).

1.2.2. Les Lipides

Les lipides simples, selon leur définition biochimique, sont des composés formés de C, H et O et sont insolubles dans l'eau. Ils sont également classés parmi les substances naturelles. Ils peuvent être classifiés en lipides simples insaponifiables comprenant

les terpènes et en lipides complexes ou saponifiables comprenant les glycérols, les cires, les sphingolipides et les phosphatides (NSIMBA, 2014).

Dans l'alimentation, les lipides constituent une source d'acides gras essentiels (acide linoléique, acide arachidonique) et des vitamines liposolubles (HAROLD, 1969).

1.2.3. Les Vitamines

Les vitamines sont des composés organiques indispensables, en petite quantité pour le bon fonctionnement de l'organisme. Elles sont aussi appelées biocatalyseurs car elles activent les enzymes pour assurer le bon fonctionnement de l'organisme et de la croissance chez les enfants. Elles interviennent aussi à la synthèse des hormones et du matériel génétique. On dénombre treize vitamines indispensables, classées en deux groupes (NSIMBA, 2014).

Il existe des vitamines liposolubles (A, D, E & K) qui sont généralement absorbées avec des aliments et peuvent être stockées dans les graisses de l'organisme. Il est donc conseillé de ne pas le consommer quotidiennement. Les vitamines hydrosolubles (les huit vitamines B et vitamine C) ne peuvent pas être stockées dans l'organisme. Il faut donc les consommer régulièrement (Microsoft Encarta 2008). Toutes les vitamines ne sont pas synthétisées par l'organisme ; elles proviennent des aliments mais seule la vitamine D peut être synthétisée par l'organisme. Certaines personnes sont appelées à avoir besoin d'un apport vitaminique supplémentaire, comme par exemple les femmes enceintes ou allaitantes, des personnes qui suivent les régimes (NSIMBA, 2014).

a. Vitamine A

La vitamine A intervient dans la synthèse et le métabolisme de la peau, des muqueuses, des os, de dents, dans la vision et la reproduction.

- En cas de carence, il y a une mauvaise vision, la sécheresse de la peau, de la sécrétion muqueuse réduite et le dysfonctionnement des glandes lacrymales.
- Source de la vitamine A : elle peut être synthétisée à partir du carotène, présent dans les légumes tels que : les épinards, le chou vert, les patates douces, et l'huile végétale. Elle est également trouvée dans les dérivés des produits animaux herbivores tels que le lait, de fromage, le jaune de l'œuf, le foie et l'huile de foie de poissons.
- Un apport excessif de la vitamine A est toxique et se manifeste par un retard de croissance chez l'enfant, de malformation de globules rouges, des maux de tête, et de nausées. (Microsoft Etudes Encarta, 2007)

b. Vitamine B

Ces vitamines sont connues sous le nom de complexe vitaminique, elles sont hydrosolubles. Certaines d'entre elles sont importantes pour le métabolisme de glucide (Micro soft Etudes Encarta, 2007).

o Vitamine B1

Connue aussi sous le nom de thiamine, c'est une substance incolore qui agit comme catalyseur du métabolisme des glucides en permettant l'acide pyruvique d'être métabolisé et aux glucides de libérer l'énergie.

La carence à cette vitamine est responsable du bériberi qui se caractérise par une faiblesse musculaire, une hypertrophie cardiaque et les crampes. La source de la thiamine est le porc, le foie, le cœur, les reins, la levure de bière, les viandes blanches, les œufs et les légumineuses.

o Vitamine B2.

Appelée autrement riboflavine ; la vitamine B2 intervient dans le métabolisme des glucides, des lipides, des protéines et sur la chaîne respiratoire. La carence de la riboflavine est associée à une déficience des autres vitamines. Le foie, le lait, la viande, certains légumes verts, les céréales, le pain, les champignons sont les principales sources de riboflavine (Microsoft Etudes Encarta, 2007).

o **Vitamine B6**

Aussi appelée pyridoxine, la vitamine B6 est indispensable à l'absorption et au métabolisme des acides animés. Elle joue également un rôle important dans l'utilisation des graisses et la formation des globules rouges. La carence à cette vitamine se manifeste par des nausées, une anémie, une langue sans papules et des vertiges (« vitamines » Microsoft étude Encarta 2008).

Les avocats, le pain, les épinards, les haricots et les bananes constituent les principes sources de pyridoxine.

o **Vitamine C.**

L'acide ascorbique ou vitamine C joue un rôle important dans le maintien du matériel intercellulaire du cartilage et des Os ; Elle intervient dans la formation de l'hémoglobine, dans l'absorption fer et dans le métabolisme de la folacine, elle offre à l'organisme une résistance contre les infections (HARD et *al*, 1969).

1.2.4. LES MINERAUX

Les sels minéraux qui entrent dans la constitution des tissus des animaux ou de végétaux, sont soit en solution dans le milieu cellulaire ou dans les liquides circulant soit à l'état solide ou en combinaison avec les composés organiques. Parmi les minéraux dont l'organisme humaine a plus besoin, on peut distinguer les macroéléments (Ca, Mg, P) et les oligoéléments (Fe, I, Se,...) ils sont toxiques à des fortes doses(HARPER, 1969).

a. Le Calcium

C'est le minéral le plus abondant de l'organisme humain. Ses sels forment la substance qui confère la dureté au squelette et aux dents. Le corps d'un adulte contient 1kg de calcium dont la grande partie est dans le sang. Le calcium intervient dans la transmission des impulsions nerveuses (rythme cardiaque), il régule l'équilibre acido-basique du sang. La carence en calcium se manifeste par la tétanie, le rachitisme (une perte de la dureté normale des os chez les enfants), l'ostéoporose et l'ostéomalacie chez les adultes, les douleurs articulaires et les chutes de dents (PAMPLONA, 2000).

b. Le magnésium

Le magnésium est un composant essentiel du principal pigment du monde végétal. Il fait partie de la structure des os avec le calcium et le phosphore. Le magnésium joue une fonction particulièrement importante dans le système nerveux en régulant 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 symptômes très divers notamment la fatigue générale, les crampes musculaires, le tremblement des paupières (fibrillation musculaire), troubles neuro-végétatifs, menstruation et des palpitations cardiaques (PAMPLONA, 2000).

c. Le phosphore

Presque la totalité du phosphore contenue dans l'organisme humain se trouve dans les os et les dents, associée au calcium. La quantité de phosphore absorbée doit aller de paire avec le calcium. Le phosphore se trouve en quantité suffisante dans tous les aliments tant d'origine végétale qu'animale. Son apport ne pose aucun problème. Cependant, le principal problème du phosphore réside dans son excès (surtout dans le régime carné) par rapport au calcium. Cet excès c'est ce qui explique la grande fréquence d'ostéoporose chez les femmes qui consomment beaucoup de viande (PAMPLONA, 2000).

d. Le fer

L'organisme humain d'un adulte contient 3 à 4 grammes 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).

1.2.5. Les Substances Toxiques ou Indésirables

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

a. Les nitrites

Les nitrites transforment l'hémoglobine en méthémoglobine qui paralyse les vaisseaux en provoquant la vasodilatation. Ils sont, de ce fait, à l'origine de l'hypotension (TCHATCHAMBE, 1995).

b. Les nitrates

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

c. Les oxalates.

Les oxalates entraînent après absorption de l'acidose non gazeuse, créent des lésions génératrices des troubles urinaires (MITCHELLE *et al*, 1982).

d. Les cyanures

Les cyanures inhibent la respiration cellulaire à cause de sa combinaison avec les enzymes respiratoires importantes au niveau de cytochromes. Le mécanisme d'action est le même par inhibition 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 de 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).

1.2.6. Les groupes phytochimiques

a. Les alcaloïdes

Ils représentent un ensemble de molécules d'origine naturelle (végétale surtout) renfermant du carbone, de l'hydrogène et spécialement de l'azote (ETOBO, 2012).

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

b. 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 oestrogéniques, action anti vitaminique K, action sur la mobilité des muscles lisses (GODON *et al.* 1985).

c. Terpènes et stérols

Ils sont responsables des parfums caractéristiques de certaines plantes (feuilles de laurier) (NSIMBA, 2014).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. MILIEU D'ETUDE

La ville de Kisangani, Chef-lieu de la province orientale a une superficie de 2.109 Km² et est située à 25° de longitude et 0° de latitude Nord (PROMOSANTE, 1994). Elle a un climat équatorial chaud et humide avec abondance de pluies un peu désordonnées le long de l'année ; on distingue quatre saisons dont deux saisons de pluie la petite et la grande et deux saisons sèches, la petite et la grande (VAN WEMBEKE et LIBENS, 1957). La végétation est une forêt ombrophile ayant laissée plusieurs groupements rudéraux herbacés, adventices et postes culturaux. Au bord de la ville on a trouvé encore quelques répliques de la forêt primaire (BOLA et SZAFRANSKI, 1991).

2.2. MATERIEL VEGETAL

Les feuilles de *Solanum nigrum*(Tshaku-tshaku) ont constitué le matériel végétal pour les différentes analyses effectuées. Ces échantillons ont été récoltés aux espaces verts de notre Faculté et achetés au marché central de Kisangani.

2.3. METHODES D'ANALYSES

Les feuilles de *Solanum nigrum* ont été analysées avant cuisson (AVC) et après cuisson (APC). Des échantillons frais concernaient la détermination de l'humidité, la détermination de l'acide citrique et quelques vitamines (A, B1, B2, B6 et C). Tandis que les cendres brutes, sucres totaux, lipides, les groupes phytochimiques, substances toxiques ou indésirables, ont été analysées à partir des feuilles de cette espèce après séchage à l'étuve à 37°C pendant 24-48 heures puis réduite en poudre fine.

Ainsi nous avons utilisé deux types d'analyses à savoir :

- Analyses quantitatives des substances nutritives ;
- Analyses qualitatives des groupes phytochimiques et des substances toxiques.

2.4. ANALYSES QUANTITATIVES

2.4.1. Détermination de l'humidité(DUFEY, 1986)

Pour la détermination de l'humidité , on prend les échantillons frais qui seront pesés puis séchés à 105°C jusqu'au point constant. Après séchage , on pèse de nouveau l'échantillon afin d'établir la différence entre les deux poids ,ce qui

conduira à l'obtention du % de l'humidité . L'humidité est obtenue par la relation suivante.

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

Ou %H= Pourcentage en poids de l'humidité

P₁ = Poids de l'échantillon frais

P₂ = Poids de l'échantillon sec

2.4.2. Détermination de cendres (Groegaert, 1958)

a. Principe

Les cendres brutes sont obtenues après calcination à haute température d'un matériel sec. L'échantillon à analyser de poids et d'humidité connus est chauffé au four électrique jusqu'à sa calcination complète en cendres.

b. Mode opératoire

On prélève 2 g de poudre préalablement séchée dans le four à 105° C dans un creuset taré. On introduit le creuset dans le four à moufle, chauffer pendant 4 à 5 heures à 550°C. On laisse refroidir dans le dessiccateur et enfin on le pèse.

c. Calcul

La teneur en cendres brutes est donnée par l'expression suivante :

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

Avec P₁ = Poids de l'échantillon avant calcination

P₂ = Poids de l'échantillon après calcination

%CB = Pourcentage de cendres brutes dans la matière sèche.

2.4.3. Dosage de protéines brutes.

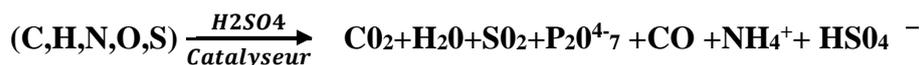
2.4.3.1. Dosage de l'azote total selon Kjeldahl (GROEGEART, 1958)

1. Principe

La méthode de Kjeldahl permet de doser l'azote contenu dans les groupements aminés, amides, nitrites et acides nucléiques. Ainsi, on obtiendra l'azote total. Cette méthode se réalise suivant les étapes essentielles ci-après : la minéralisation ou digestion, l'alcalinisation, la distillation et le titrage proprement dit.

a. Minéralisation

On minéralise les matières organiques contenues dans la prise d'essai par l'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré à chaud, à l'aide d'un catalyseur mixte. Il se passe une réaction suivante :



b. Alcalinisation et distillation

Un excès de base neutralise l'acide sulfurique, et la vapeur d'eau est recueillie quantitativement dans un récipient contenant une solution d'acide borique (H_3BO_3) et l'indicateur mixte. Il se forme alors le borate d'ammonium selon la réaction suivante :



c. Titrage

On détermine la quantité de l'ammoniac formée par le titrage avec l'acide fort (H_2SO_4 0,01N). L'Indicateur mixte de TASHIRO est utilisé pour repérer le point équivalent. L'équation de la réaction est la suivante :



2. Réactifs

Les réactifs utilisés sont les suivants :

- H_2SO_4 concentré (d= 1,84).
- H_2SO_4 (0,01 N)
- H_3BO_3 (4%)
- NaOH (40%)

Catalyseur mixte $K_2SO_4 + CuSO_4 + Se$ (40 :10 :1) indicateur mixte de TASHIRO est mélangé en volumes égaux avec le vert de bromocrésol (0,33%) , le rouge de méthyl (0,66%) dans l'alcool éthylique à 25 %.

3. Mode opératoire

a. Digestion

On pèse 0,2 g de l'échantillon que l'on met dans un ballon Kjeldhal de 250ml en évitant de le déposer sur le col. On ajoute 5ml de H_2SO_4 concentré, on laisse macérer pendant 30 minutes et on ajoute 0,2g de catalyseur mixte. On place le ballon Kjeldhal dans le digesteur et on chauffe doucement jusqu'à l'ébullition . On arrête alors le chauffage lorsque la masse prend une coloration bleu verdâtre . On enlève le ballon Kjeldhal du digesteur, on laisse refroidir et on ajoute 30 ml d'eau distillée. On verse le contenu dans un ballon jaugé de 50 ml et on porte le volume au trait de jauge avec l'eau distillée.

b. Distillation

Dans un erlenmeyer de 250ml, on place 10ml de la solution de H_3BO_3 et on y ajoute 0,5ml d'indicateur mixte. On place le b cher et son contenu dans le distillateur de manière que le bord inférieur du réfrigérant plonge dans cette solution. On introduit successivement 10 ml du digestat dans un tube Kjeldhal et on ajoute 10ml de NaOH 40% dans le distillateur. On distille par entraînement à la vapeur pendant 5 minutes. La présence de l'ammoniac est indiquée par le changement de coloration de la solution de l'acide borique au vert de la première goutte de distillat , on coupe l'arrivée de la vapeur et enfin , on retire le b cher contenant le distillat ainsi que le tube contenant le résidu.

c. Dosage

On titre la solution verte de distillation par le H_2SO_4 (0.01N). La fin du titrage est marquée par l'apparition d'une teinte rose.

4. Calcul

Le pourcentage d'azote est donnée par l'expression suivante :

$$\%N = \frac{E_q N \times N_1 \times V_1 \times V_2}{P \times V_3} \times 100$$

Où $E_q N$ = masse d'équivalent gramme d'azote (0,014gr)

N_1 = Normalité du titrant

V_1 = volume du titrant (en litre)

V_2 = volume total du minéralisât

P = poids de l'échantillon sec

V_3 = volume du minéralisât pour distillation

2.4.4. Dosage de lipides (Soxhlet)

1. Principe

La méthode au Soxhlet consiste à extraire la matière grasse dans un échantillon sec et extrêmement moulu à l'aide d'un solvant organique apolaire. Le réactif utilisé est l'Ether du pétrole 40  C.

2. Mode Opératoire

Les opérations suivantes sont effectuées :

- ✓ Peser 5gr de la matière sèche que l'on introduit dans une cartouche ;

- ✓ Mettre ensuite dans l'extracteur soxhlet en ajoutant 350 ml de l'éther de pétrole ,
- ✓ Siphonner pendant 8 heures ou plus ;
- ✓ Arrêter après extraction, le chauffage et récupérer l'éther de pétrole ;
- ✓ Mettre la matière grasse dans un bêcher :
- ✓ Peser et tarer, placer ensuite dans l'étuve à 37° C pendant 24h après l'évaporation de l'éther de pétrole , retirer de l'étuve et peser de nouveau le bêcher contenant la matière grasse .

3. Calcul

La teneur en matière grasse brute est déterminée par l'expression ci-après :

$$\text{Lipide \%} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Où $m_2 - m_1$ = Poids de lipides en gramme

m_1 = poids de flacon vide en gramme

m_2 = poids de flacon contenant les matières grasse en gramme

m = Poids de l'échantillon soumis à l'extraction.

2.4.5. Détermination des fibres brutes (AOAC,1990)

A l'aide des cartouches qui ont servi pour l'analyse de lipide, on récupère à l'intérieur des cartouches, on pèse la dite poudre, on met dans un Erlen Meyer. Puis on ajoute 200 ml d'acide sulfurique 1,25%.

Bouillir 30 minutes et laissé refroidir puis filtré avec le papier filtre puis laver 3 fois ces résidus dans le papier filtre avec 50ml de l'eau chaude ;

Les résidus sont retournés dans l'Erlen Meyer tout en ajoutant 200ml de NaOH 1,25%, chauffer le mélange pendant 30 minutes ;

Laisser refroidir est filtré de nouveau et laver 3 fois avec l'eau chaude 50ml ;

Enfin mettre 25ml d'éthanol ;

Chauffer de nouveau à 130°C dans l'étuve jusqu'au poids constant ;

Prendre les creusets mettre au four pendant 1 heures et laisser refroidir dans le dessiccateur, puis peser les creusets vide, mettre les échantillons dans les creusets ;

Mettre au four pendant 2 heures à 550° C, enlever les creusets refroidir et peser.

Calcul :

$$X = \frac{W1 - W2}{W0} \times 100$$

Où : w_0 = poids de l'échantillon avant l'extraction de lipide

X= pourcentage de fibre W_2 = poids de l'échantillon après la calcination

W_1 = poids des tourteaux après l'extraction de lipide

2.4.6. Détermination de l'équivalent acide citrique (MVUNZU, 1981).

1. Principe

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

2. Réactifs

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

3. Mode Opérateur

Les opérations suivantes sont effectuées :

- ✓ Broyer 5 gr de matières fraîches dans un mortier
- ✓ Ajouter 50 ml d'eau distillée et laisser reposer pendant 10 minutes :
- ✓ Filtrer et prélever 10 ml du filtrat auxquels est ajouté une goutte de phénophtaléine ;
- ✓ Titrer avec le NaOH 0,1N jusqu'au virage au rose.

4. Calcul

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

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

- A = % équivalent acide citrique dans la matière fraîche
- V_{NaOH} = Nombre de ml de NaOH utilisé pour titrer ;
- N = Normalité de NaOH (0,1N)
- V_1 = Volume total du filtrant
- V_2 = volume de l'extrait titré
- 0,064 = Poids d'un milliéquivalent d'acide citrique
- P = Poids de l'échantillon broyé (g)

2.4.7. Détermination des éléments minéraux

Minéralisation (VAN, 1999)

1. Principe

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

2. Mode opératoire de minéralisât

- ✓ Peser 1 gr d'échantillon puis chauffer au four pendant 4 heures pour avoir des cendres ;
- ✓ Laisser refroidir à l'air ambiant dans un dessiccateur,
- ✓ Ajouter 5 ml de HNO_3 6M ;
- ✓ Bouillir lentement sur une plaque chauffante jusqu'à ce qu'il reste 1ml ;
- ✓ Ajouter 5 ml de HNO_3 3M, chauffer pendant quelques minutes (courte durée) et 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 et servira pour le dosage des éléments minéraux notamment calcium , magnésium , fer et phosphore etc..

2.4.7.1. Dosage du calcium (CHARLOT, 1960)

1. Principe

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

2. Réactifs

Les principaux réactifs utilisés pour le dosage de calcium sont :

- ✓ KCN 1% (1g/100ml) ou pyridine ;
- ✓ Chlorhydrate de triéthanolamine (133 ml de triéthanolamine +86,4 ml de HCl concentré, ramener à 1 litre avec de l'eau distillée).
- ✓ NaOH 2N (80 gr/l)
- ✓ EDTA 0,02N (3,72 g/l)
- ✓ Calcon 0,4% (0,2gr de calcon /50ml de méthanol).

3. Mode opératoire

Les opérations suivantes sont effectuées :

- ✓ Prélever exactement 1 ml de minéralisât
- ✓ Introduire dans un erlenmeyer de 25 ml puis ajouter 2ml d'eau distillée,
- ✓ Ajouter successivement 1 ml de KCN, 1 ml de chlorhydrate de triéthanolamine ;
- ✓ Ajouter lentement du NaOH 2 N pour ajuster le pH à 12 (environ 2ml suffisent)
- ✓ Contrôler le pH à l'aide d'un papier l'indicateur universel ;
- ✓ Ajouter deux gouttes de la solution de calcon (une pincée)
- ✓ La solution prend la coloration rouge -violette ;
- ✓ Titrer avec l'EDTA 0,02N jusqu'au virage au bleu

4. Calcul

Gramme de calcium dans 10gr de MS = $V \times N \times 20$ (ONYAMBOKO & TCHATCHAMBE 1988).

Où :

- ✓ MS= Matière séchée
- ✓ V= Nombre de ml et d'EDTA utilisé pour le titrage
- ✓ N= Normalité de l'EDTA (0,02 N)
- ✓ 20= Facteur de dilution

2.4.7.2. Dosage de magnésium (CHARLOT, 1966)

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

1. 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 à pH inférieur à 12 (pH-10). On maintient le pH en utilisant le tampon ammoniacal.

2. Réactif

Les réactifs utilisés sont :

- ✓ EDTA 0,02N (3,72 gr par litre)
- ✓ Tampon ammoniacal $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ pH 10 (3,5g de NH_4Cl +30ml de NH_4OH 25% et on ramènera à 50 ml de solution avec de l'eau distillée)
- ✓ Indicateur noire de Eriochrome T (0,2g +300gr NaCl)
- ✓ KCN (1% 1g/100ml)

3. Mode opératoire

Les manipulations suivantes sont effectuées :

- ✓ Pipeter 10 ml de minéralisât ;
- ✓ Introduire dans un Erlenmeyer de 250 ml puis porter à 50ml avec de l'eau distillée ;
- ✓ Ajouter successivement 2 ml de KCN ; 10ml de tampon ammoniacal (vérifier le pH et l'ajuster à 10) et une pincée de noir d'eriochrome T, la solution prend une coloration rouge violette ;
- ✓ Titrer lentement avec EDTA, 0,02N jusqu'à l'apparition « Bleu franc ou bleu délavé »

4. Calcul

La teneur en magnésium est donnée par la formule suivante :

$$\text{Gramme de magnésium dans 100 gr de MS} = \frac{(V1-V2) \times N \times FC \times 12 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \cdot 10^2}{P \times a}$$

Où :

- V1=Nombre de ml de EDTA pour la somme de Ca+Mg ;
- V2=Nombre de ml de l'EDTA de Ca ;
- N=normalité de l'EDTA (0,02 N) ;
- FC= facteur de correction de l'EDTA (1,064)
- a= aliquote (10ml)
- p=poids de l'échantillon pour l'incinération (1gr)
- 10^{-3} =Facteur de conversion de mg en gramme
- 10^2 =Volume total du minéralisant (extrait)
- 12=milliéquivalent Mg^{++}
- 10^2 =100gr de matière sèche

2.4.7.3. Dosage de fer (DESSART et al, 1973)

1. Principe

Le dosage de fer est basé sur la relation suivante :



Le terme de titrage est récupéré par le diphénylamine, indicateur interne qui produit une coloration bleu violette dans la solution au point d'équivalence.

2. Réactif

Les réactifs utilisés sont :

- ✓ Solution de H_2SO_4 concentré, H_3PO_4 concentré, H_2O dans la proportion 1 : 1 : 5 ;

- ✓ Indicateur diphénylamine 1% dans H₂SO₄ concentré ;
- ✓ K₂Cr₂O₇ 0,01N (bichromate de potassium)

3. Mode opératoire

Les opérations suivantes sont effectuées :

- ✓ Prélever 2ml de minéralisât ;
- ✓ Ajouter 2 ml de H₂SO₄ concentré /H₃PO₄ concentré, H₂O (1 :1 :5)
- ✓ Ensuite ajouter 3 gouttes de l'indicateur diphénylamine 1% dans H₂SO₄ concentré et titrer avec K₂Cr₂O₇ 0,01 N
- ✓ L'apparition de la coloration bleu violette persistante indique la fin du titrage.

4. Calcul

Le % de fer est donné par la formule suivante :

$$\% \text{fer} = V_{K_2Cr_2O_7} \times 1,675 \text{ (ONYAMBOKO et TCHATCHAMBE, 1988)}$$

Où :

- ✓ $V_{K_2Cr_2O_7}$ = Volume de K₂Cr₂O₇ utilisé pour le titrage ;
- ✓ 1,675 = Facteur tenant compte de dilution.
- ✓ %Fer = Pourcentage de fer

2.5. Analyses qualitatives des substances toxiques

2.5.1. Test qualitatif d'oxalate (FEIGEL et al , 1966)

a. Réactif

Le seul réactif utilisé ici est la poudre de diphénylamine

b. Procédure

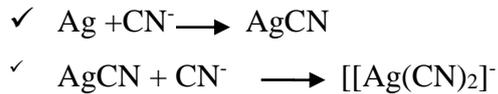
Les opérations suivantes sont effectuées :

- ✓ Prendre un peu de poudre ou fragment de l'échantillon et mettre dans un tube à essai ;
- ✓ Ajouter la poudre 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 d'oxalates, si non le test est déclaré négatif.

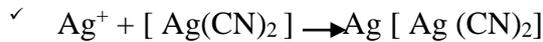
2.5.2. Test de Cyanures (DESSART *et al*, 1973)

a. Principe

Une solution de cyanures traitée par nitrate d'argent donne un précipité blanc du AgCN à la zone de contact de deux solutions. Le précipité est soluble après l'agitation de la solution dont le sel alcalin est soluble :



Lorsque la réaction de complexation est déterminée, l'addition en excès d'ion Ag⁺ donne un précipité blanc de cyanure d'argent.



Le terme du titrage est indiqué par l'apparition d'un trouble dans la solution.

b. Réactif

Le seul réactif utilisé ici est la solution de nitrate d'argent.

c. Mode Opérateur

On utilise le mode opératoire suivant ;

- ✓ On met une solution d'échantillon dans un tube à essai ;
- ✓ On y ajoute progressivement la solution de nitrate d'argent jusqu'à son excès afin d'observer la formation d'un précipité blanc.

2.5.3. Test qualitatif pour les nitrates (FRETS & VINZENZ, 1966)

Pour tester qualitativement les nitrates, il faut prendre un peu de poudre de diphénylamine, le 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 ajoutée environ un mg de solution fine du réactif.

Concrètement, pour mettre en évidence la présence des nitrates, on procède comme suit :

- ✓ On prend un peu de poudre qu'on met dans un tube à essai ;
- ✓ Et on y ajoute 0,5ml du réactif obtenu dans l'étape ci-haut ;
- ✓ L'apparition de la coloration bleue indique la présence de nitrates

2.5.4. Test qualitatif pour le nitrite (DESSART *et al*, 1973)

a. Principe

Le KMnO_4 en solution acide est décoloré par le nitrite. Il ya formation d'ion Mn^{2+} incolore suivant la réaction :



b. Procédure

On met une solution de KMnO_4 acidifié dans un tube à essai et on ajoute progressivement la solution d'échantillon. S'il ya la décoloration de KMnO_4 , nous avons un test positif si non, le test est négatif.

2.5.5. Dosage de phosphore (CHARLOT, 1966)

a. Principe

Les ortho phosphates formant avec le molybdate en milieu acide de sel soluble, le complexe qui se forme est réduit pour le molybdène. Il se forme un complexe soluble de couleur bleue. L'intensité de couleur de la solution est proportionnelle à la quantité de phosphate présente.

b. Réactifs

Les réactifs suivants sont utilisés :

❖ Solution molybdique

- a) -Dissoudre 50gr de molybdate d'ammonium dans 400ml d'eau distillée, chauffer à 50 °C
-Filtrer et laisser refroidir.

- b) –Diluer 500ml d'acide sulfurique concentré dans l'erenmeyer de manière à obtenir 1600ml. Laisser refroidir puis mélanger a et b, porter à deux litres, conserver à l'abri de la lumière.

❖ Solution réductrice

- a) Dissoudre 1,25gr $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dans 40ml de HCl 1N
- b) Filtrer et porter à 250ml (la solution doit être de quantité garantie)

c. Mode opératoire

On prélève 2ml de minéralisât, on y ajoute 1ml de la solution molybdique, on y ajoute ensuite 1 ml de la solution réductrice et on lit la densité optique au spectrophotomètre après développement de la coloration bleue à 420nm.

N.B. : Pour le blanc, on utilise 2ml d'eau distillée à la place de l'échantillon (minéralisât) et on procède de la même façon.

d. Calcul

La teneur de la matière sèche en phosphore est donnée par la relation suivante :

$$\% P = \frac{D.O.In}{D.O.St} \times 1,25 \cdot 10^{-1} \quad (\text{ONYAMBOKO ET TCHATCHAMBE, 1988})$$

Avec :

- ✓ %P= Pourcentage de phosphore dans la matière sèche
- ✓ DOS_t= densité optique standard
- ✓ D.O.In= densité optique inconnue
- ✓ 0,125 = Facteur de dilution

2.6. Analyse qualitative des groupes phytochimiques

2.6.1. Détection des alcaloïdes (MABIKA, 1983)

a. Réactif

Les réactifs utilisés pour ce test sont :

- ✓ HCl 1%
- ✓ Réactif de Drangerdoff

a. 1,5gr nitrate de bismuth + 50ml d'eau distillée + 2 ml d'acide acétique glacial (CH₃ COOH)

b. 10gr de KI + 40 ml d'eau distillée

c. mélanger la solution a et b

- Réactif de Meyer (6,77gr de Hg Cl₂ + 25 gr de KI dissout dans 100ml d'eau distillée :
- Acide chlorhydrique
- Acétate d'éthyl.

b. Mode Opérateur

On prend 1 gr de poudre de l'organe et qu'on laisse en macération dans 10ml d'une solution de HCl 1% pendant 24 heures . Le macéré est filtré et testé avec quelques gouttes de Dangerdoff et de Meyer. Les alcaloïdes forment un précipité rouge avec les réactifs de Drangerdoff. Ceci prouve que le test est positif dans le cas contraire, il est négatif. Les alcaloïdes forment plutôt un précipité blanc avec le réactif de Meyer.

2.6.2. Détection de Flavonoïdes (WEAST et ROBERT, 1970)

a. Réactifs

Les réactifs utilisés sont :

- Ethanol (95%)
- Acide chlorhydrique concentré ;
- Copeau de magnésium
- Alcool isoamylique

b. Mode Opératoire

On infuse 5 g de matériel en morceaux dans 45 ml d'eau distillée bouillante pendant 30 minutes puis on filtre et de la solution obtenue, on prélève 5ml de filtrat et on y ajoute 5ml d'éthanol à 95%, 2ml d'eau distillée, 2 ml d'HCl concentré, 0,5g de copeaux de magnésium et 5 gouttes d'alcool isoamylique. L'apparition d'une coloration rose, orange ou rouge violacée dans la couche surnageant d'alcool indique la présence d'un flavonoïde.

2.6.3. Détection des tanins (WEAST & ROBERT, 1970)

a. Réactif

Le réactif utilisé ici est la solution de chlorure ferrique 1%

b. Mode opératoire

A 5ml de l'infusé obtenu dans le test de flavonoïde, 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, le test est négatif.

2.6.4. Détection de stérols et terpènes (WEAST et ROBERT, 1970)

a. Réactifs

Les réactifs utilisés sont :

- Ether diéthylique
- Anhydride acétique
- H₂SO₄ 32%

b. Mode Opératoire

On prend un gramme de matériel grossièrement broyé qui est mis en macération pendant 24 heures dans une fiole contenant 20ml d'éther diéthylique. Quelques gouttes (environs 5 gouttes) de la 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 d'acide sulfurique 32% donne en présence des composés stéroliques, une coloration mauve virant en vert, si non le test est déclaré négatif.

2.6.5. Vitamine A et carotènes

a. Principe

La réaction de la vitamine A avec le truchement d'antimoine donne une coloration bleu qu'on peut lire à 620nm. La vitamine A et le carotène sont extraits par l'éther de pétrole. La densité optique de carotène est lue à 480nm.

b. Mode opératoire

Pour extraire et doser le carotène, on procède de la manière suivante :

Dans un tube à centrifuger, on met :

- 5gr du broyant de l'échantillon
- 5ml d'éthanol (95%) ou acétone, on agite puis on a ajouté;
- 12 ml d'éther de pétrole ou benzène , on agite 10 minutes ;On centrifuge, puis on prend la phase éther c'est-à-dire 10 ml de liquide , surnageant qu'on met dans la cuve du colorimètre , puis on lit le résultat à 490mm contre l'éther de pétrole.

Comme standard , on prend 0,02% de $K_2Cr_2O_7$ qui donne une même coloration jaune qu'une solution de β -Carotène contenant 1,12 mg par ml , soit 1,12 mg/l.

c. Dosage de vitamine A

Avant tout , il faut évaporer la phase éther à 45% C. le résidu est dissout dans 1ml de chloroforme et 5ml du réactif de trichlorure d'antimoine sont ajoutés rapidement. La lecture se fait à 620mm contre le blanc (Chloroforme). Il faut bien noter que 88 mg de β -Carotène correspond à 84,1 unités de vitamine A

Taux de Vit A réel :

$$\text{Total Vit A} = \frac{\text{mg caroténoïde} \times 0,9}{100}$$

d. Calcul

La concentration de vitamine A

$$CI = \frac{xCS \times DOI \times fd}{D.O_{st}}$$

- ✓ CI à Concentration de l'inconnu ;
- ✓ CS= concentration du standard
- ✓ DOI= densité optique du standard de l'inconnu
- ✓ DOS = densité du standard de l'inconnu
- ✓ fd= Facteur de dilution

2.6.6. Thiamine ou vitamine B1

a. Principe

L'oxydation de la vitamine B1 sous forme du thiochrome est extrait par l'isobutanol un témoin est préparé de façon analogue mais sans oxydation préalable. La différence de fluorescence convenablement filtrée correspond à l'effet du thiochrome seul (méthode de WANG et HARRIS (1920).

b. Réactifs

On utilise

- Tampon acétate 0,2M, Ph4
- 0,2N HAC 1,15 ml/100ml H₂O
- 0,2 NaAC 0,72g/100ml H₂O mélanger 82ml de a et 18ml de b pour faire 100ml.
- Standard 200mg/ml de vit B1 dans deux parties égales d'eau distillée et tampon acétate.

c. Mode Opérateur

Le mode opératoire est résumé dans le tableau 1.

Tableau 1 Mode opératoire du dosage de vit B1

Réactif	TUBE		
	A Inconnu (1ml)	B. Standard (1ml)	C. Blanc H ₂ O + Tampon (1 :1)
Méthanol	1ml	1ml	1ml
NaOH 3%	0,5ml	0,5ml	0,5ml
Ferricyanure de K 2%	3Gouttes	3Gouttes	3Gouttes
Eau distillé	1ml	1ml	1ml
Alcool isoamylique	10 ml	10 ml	10 ml

Premièrement, on agite et on centrifuge l'extrait à 2000t/minute, on prélève la phase aqueuse et on lit à 570 nm. Cet extrait est préparé en présence de tampon d'acétate 0,2M, P^H = 4.

d. Calcul

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

$$CI = \frac{xCS \times DOI \times fd}{D.O_{st}}$$

Où

- ✓ CI= Concentration de l'inconnu
- ✓ CS= concentration du standard
- ✓ DOS= densité optique de l'inconnu
- ✓ DOS= Densité optique du standard
- ✓ Fd = Facteur de dilution

2.6.7. Riboflavine ou vitamine B2

a. Principe

L'oxydation de riboflavine par la $KMnO_4$ en présence de H_2O_2 donne un produit qu'on peut calorimétrer à 620nm.

b. Réactifs

Les réactifs à utiliser sont :

- ✓ $KMnO_4$
- ✓ H_2O_2 (eau oxygénée) 30%
- ✓ HAC 0,02N

Standard riboflavine : 10mg/100ml de HAC 0,02N

c. Mode opératoire

Le mode opératoire est résumé dans le tableau 2

Tableau 2 Mode Opératoire du dosage vit B2

Réactif	TUBE		
	A Inconnu (1ml)	B. Standard (1ml)	C. Blanc (Eau distillé 1ml)
H_2O	1ml	1ml	1ml
$KMnO_4$ 3%	0,5ml	0,5ml	0,5ml
H_2O_2 30%	4Gouttes	4Gouttes	4Gouttes

La lecture se fait à 620nm.

d. Calcul

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

$$CI = \frac{xCS \times DOI \times fd}{D.O_{st}}$$

Où :

- ✓ CI = Concentration de l'inconnu
- ✓ CS = concentration du Standard
- ✓ DOI= densité optique de l'inconnu
- ✓ DOS = Densité optique de Standard
- ✓ FD = Facteur de dilution

2.6.8. Pyridoxine ou Vitamine B6

a. Principe

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

b. Réactifs

Les réactif dont ;

- ✓ Le standard de pyridoxine est de 10mg /ml dans 0,1N Hcl
- ✓ L'échantillon : extrait la vitamine effectué avec 0,1N HCl

c. Mode opératoire

Le mode opératoire est résumé dans le tableau 3

Réactif	TUBE		
	A Inconnu (1ml)	B. Standard (1ml)	C. Blanc HCl 0,1N (1ml)
Méthanol	1ml	1ml	1ml
NaOH 3%	0,5ml	0,5ml	0,5ml
Ferricyanure de K 2%	4Gouttes	4Gouttes	4Gouttes
Eau distillée	4ml	4ml	4ml

La lecture s'effectue à 550nm dans l'intervalle de 5 minutes.

d. Calcul

La concentration de pyridoxine est donnée par l'expression suivante :

$$CI = \frac{xCS \times DOI \times fd}{D.O_{st}}$$

Où :

- ✓ CI = Concentration de l'inconnu
- ✓ CS = concentration du Standard
- ✓ DOI= densité optique de l'inconnu
- ✓ DOS = Densité optique du Standard
- ✓ FD = Facteur de Dilution

2.6.9. Dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C)

Le dosage de l'acide ascorbique 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 broyages en milieu acide (HCl 2%)

1. Principe

La méthode de dosage de l'acide ascorbique est basée sur son pouvoir réducteur vis-à-vis de quelques réactions d'oxydation de l'acide ascorbique avec l'iode et donne des bons résultats. Cette réaction est la suivante :



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



La solution contenant de l'acide ascorbique est additionnée de KI et de l'amidon. Le KIO₃ qui y tombe au titrage réagit avec le KI et l'iode produit de l'oxyde la vitamine C (réaction 2) lorsque toute la vitamine C est oxydée , l'iode produit développe en présence de l'amidon une coloration bleu.

2. Réactifs

Les réactifs suivants ont été utilisés :

- HCl 2% (54, 3 ml concentré par litre) ;
- KIO₃ 0,001 N (0,0428 gr par litre) ;
- KI 1% (1 gr/100ml) ;
- Solution d'amidon 0,5%

3. Mode Opérateur

a. Extraction de la vitamine C

On pèse 5 gr de matière fraîche que l'on broie dans un mortier . On ajoute 25 ml de HCl et on laisse reposer pendant 10minutes , on transvase quantitativement l'extrait obtenu dans un ballon jaugé de 100 ml et on porte à la jauge avec la solution de HCl 2% . On agite puis on filtre immédiatement l'extrait vitaminique obtenu.

b. Titrage de l'extrait obtenu

On prélève 1 ml de l'extrait et on l'ajoute à 3 ml d'eau distillée contenue dans un erlenmeyer. On ajoute 0,5 ml de KI 1% et 2 ml 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 ; on effectue dans les mêmes conditions une épreuve témoin en utilisant 1 ml de HCl 2% à la place de l'extrait vitaminique.

4. Calcul

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

$$\Omega = \frac{(V_e - V_b) \times N \times 88 \times V_t}{P \times V} \times 100$$

Avec Ω = ml d'acide ascorbique dans 100 gr de matière fraîche

- V_e = ml de KIO_3 utilisé pour titrer l'extrait ;
- V_b = ml de KIO_3 utilisé pour titrer le blanc (témoin)
- V_t volume total de l'extrait
- N = normalité de KIO_3 (0,001N)
- P = Poids de matière fraîche broyée (gr)
- 88 = Poids d'un milliequivalent d'acide ascorbique
- V = Volume de l'extrait titré.

2.6.10. Détermination du Sucre total

a. Réactif :

- ✓ Ethanol à 70%
- ✓ Sulfate de Zinc (2gr/100ml)
- ✓ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (10,6gr /100ml)
- ✓ Eau distillée
- ✓ H_2SO_4 1,5M
- ✓ ZnSO_4 2gr/100ml

c. Mode Opérateur

On pèse 0,5 gr de poudre de l'échantillon et on ajoute 10 ml de l' H_2SO_4 1,5N on mélange et laisse à la T° d'ébullition ($100^\circ C$) au bain marie pendant 15 minutes. La préparation est laissée refroidir à la température ambiante, ensuite on ajoute 10 ml de l'éthanol à 70% et 0,5 ml de sulfate de Zinc (2gr/100ml) et 0,5 ml de $K_4 [Fe(CN)_6]$ (10,6gr/100ml).

La solution est filtrée dans une fiole de 50ml et amenée au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Echantillon à doser (ml).

Tableau 4

	Blanc	Inconnue
Echantillon	--	0,5 ml
Eau distillée (ml)	2 ml	1,5ml
Phénol aqueux 5%	1ml	1ml
H_2SO_4 concentré (ml)	5ml	5ml

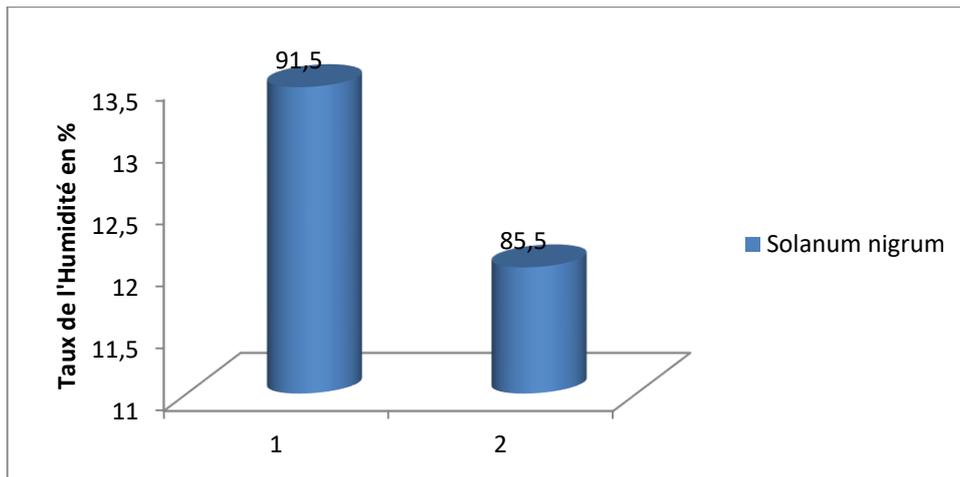
On fait la lecture à 490 nm.

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. SUBSTANCES NUTRIVIVES ANALYSEES AVANT ET APRES CUISSON

3.1.1 Humidité

La valeur de l'humidité chez la plante (feuilles) analysée est présentée dans la figure 2 ci-après :



Légende : 1= AVC et 2=APC

Figure 2 : Taux d'humidité chez la plante (feuilles) analysée avant et après cuisson.

Il ressort de cette figure que la teneur en humidité chez les feuilles de la plante étudiée est de 91,5% avant cuisson et 85,5% après cuisson.

En comparant nos données à celles de MUNDAYI (2012), nous constatons que les feuilles de notre espèce analysée avant et après cuisson renferment plus d'humidité que celles de *Hua gaboni* (AVC : 75,84% et APC : 73,28%) mais elles sont moins riches que celles de *Talinum triangulare* (AVC : 94,1% et APC : 92,27%).

En référant nos données à celles de TCHATCHAMBE (2009), nous remarquons que les feuilles de *Solanum nigrum* étudiées sont plus riches en humidité avant cuisson que celles de *Vitex welwitschii* (86,58% AVC) ; *Dewevrea bilabiata* (87,58% AVC) ; d'*Ipomea aquatica* (91,44% AVC) mais elles en sont moins riches que celles de *Vernonia hochstetteri* (94,66% AVC).

3.1.2. Teneur en cendres brutes

La valeur de cendres brutes dans les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson est présentée dans la figure 3 suivante :

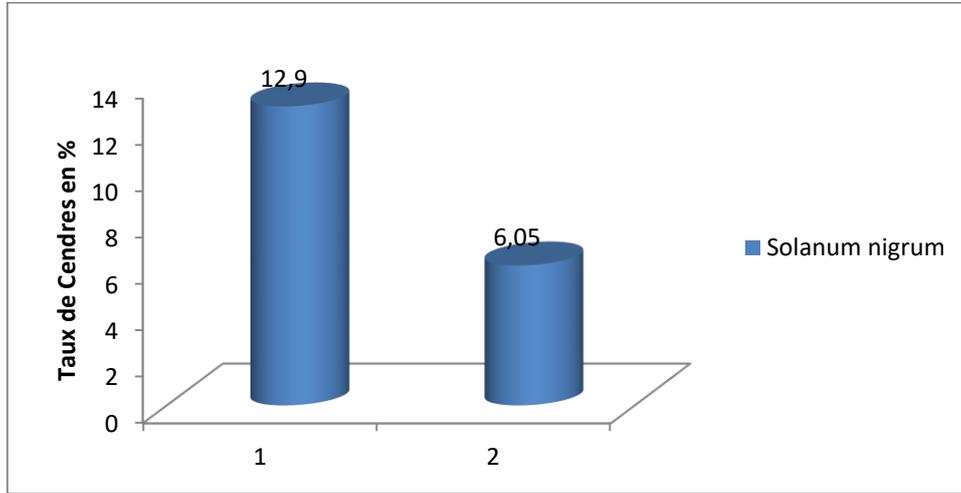


Figure 3. Taux de cendres brutes chez la plante étudiée avant et après cuisson.

Dans cette figure, nous observons que la teneur en cendres brutes varie entre 6,05% (APC) et 12,9% (AVC).

Comparativement aux résultats de MUNDAYI (2012), nous remarquons que les feuilles de *Solanum nigrum* analysées ont un taux plus bas en cendres brutes avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 26,43% et APC : 8,9%) et de *Talinum triangulare* (AVC : 23,79% et APC : 7,18%).

3.1.3. Teneur en lipides

La variation du taux de lipides dans les feuilles de la plante étudiée est présentée dans la figure 4 ci-dessous :

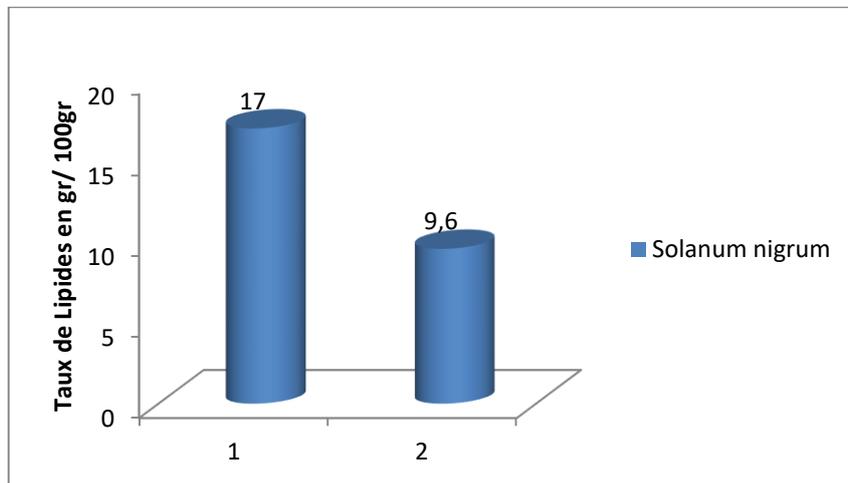


Figure 4 : Taux de lipides dans les feuilles de *Solanum nigrum* avant et après cuisson

Il ressort de cette figure que la teneur en lipides dans les feuilles de la plante analysée varie entre 9,6% (APC) et 17% (AVC).

En comparant nos données à celles d'OTHAMA (2012), nous voyons que les feuilles de la plante analysée contiennent plus de lipides avant et après cuisson que celles d'*Erythrococca oleracea* (AVC : 5,4% et APC : 2,6%), *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 2,2 % et APC : 1,6 %) et *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 2,2 % et APC : 1,8%).

En confrontant nos données avec celles de LANNOY (2001), nous constatons que les feuilles de notre plante étudiée renferment plus de lipides avant cuisson que le chou-frisé.

3.1.4. Teneur en Protéines brutes

La variation de la teneur en protéine brutes chez la plante étudiée avant et après cuisson est donnée par la figure ci-dessous :

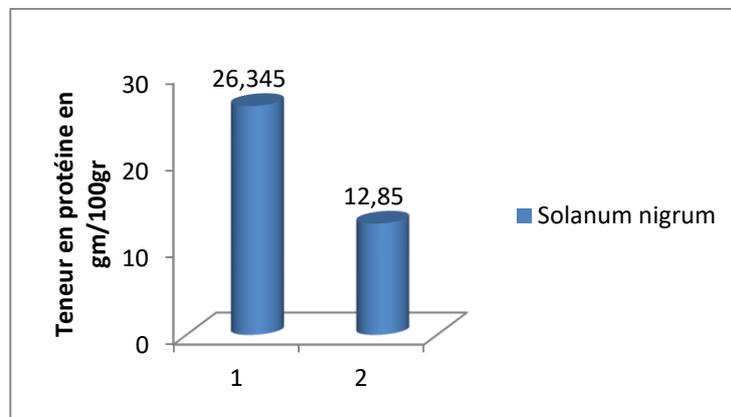


Fig 5 : La teneur en protéine chez les feuilles de l'espèce analysée

La figure 5 ci-haut montre que la teneur en protéine brutes chez le *Solanum nigrum* est de 26,345gr/100gr (AVC) et 12,85gr/100gr (APC).

En comparant nos résultats à ceux de MUNGANGA (2013), nous voyons que les feuilles de notre espèce avant cuisson sont plus riches en protéine que celles de *Piper guineensis* (5,72gr/100gr) et de *Crassocephalum bumbense* (9,53gr/100gr).

3.1.5. Teneur en Fibres brutes

La variation de la teneur en fibres brutes chez la plante étudiée avant et après cuisson est donnée par la figure 6 ci-dessous :

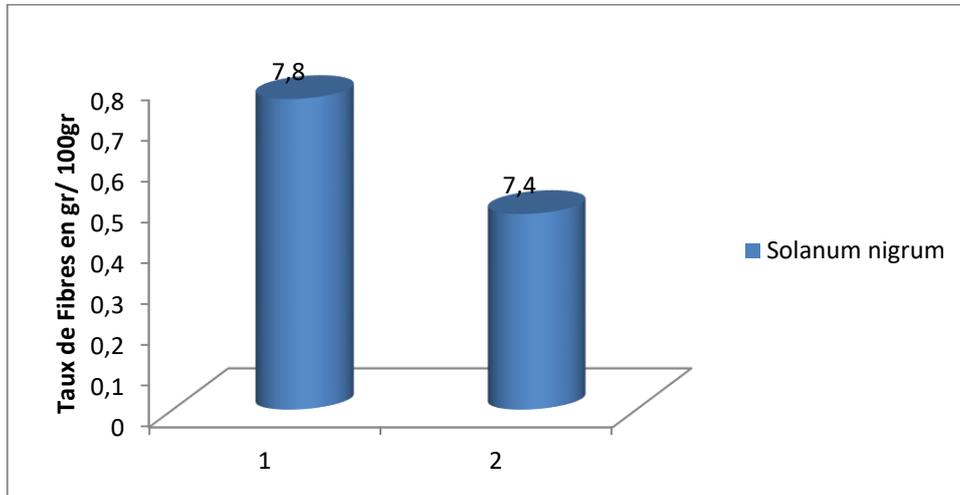


Figure 6. Teneur en fibres brutes chez les feuilles de l'espèce analysée avant et après cuisson

La figure 5 ci-haut montre que la teneur en fibres brutes chez l'espèce analysée varie entre 7,4 % (APC) et 7,8% (AVC).

En comparant nos résultats à ceux d'OTHAMA (2012), nous constatons que les feuilles de *Solanum nigrum* contiennent plus de fibres brutes avant et après cuisson que celles d'*Erythrococca oleracea* (AVC : 4% et APC : 2,6 %), *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 3% et APC : 1,8%) et *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 2,16% et APC : 0,88%).

3.1.6. Teneur en équivalent acide citrique

La valeur de l'équivalent d'acide citrique dans les feuillettes de la plante analysée avant et après cuisson est donnée par la figure 7 ci-dessous :

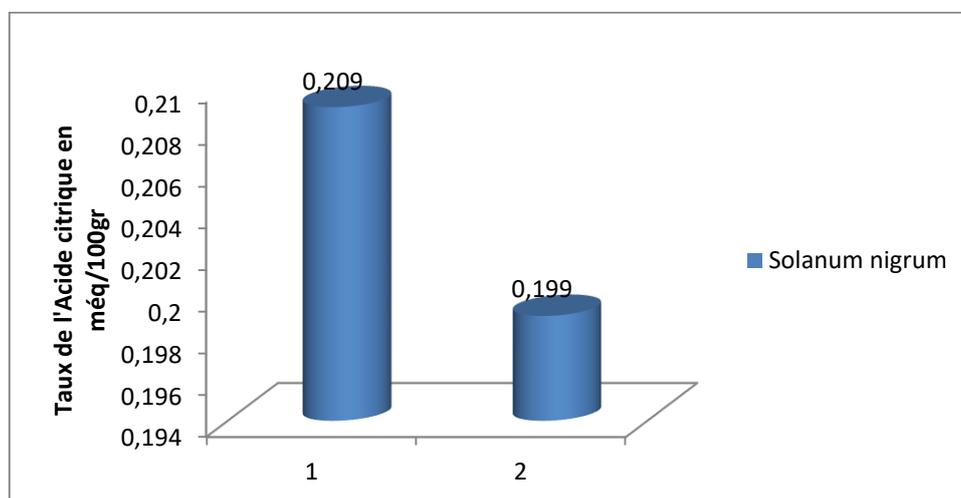


Figure 7. Taux d'équivalent d'acide citrique dans les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson.

Légende : 1= avant cuisson et 2= après cuisson.

Il ressort de la figure 6 que la teneur en équivalent d'acide citrique varie entre 0,199mécq/100g (APC) et 0,209mécq/100g (AVC).

En comparant nos données à celles de MUNDAYI (2012), nous remarquons que les feuilles de notre plante étudiée renferment moins d'équivalent d'acide citrique avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 0,704mécq/100g et APC : 0,576mécq/100g) et de *Talinum triangulare* (AVC : 0,32 méq /100g et APC : 0,25 méq/100g).

En confrontant nos résultats à ceux de SHABANI (2011), nous remarquons que les feuilles de *Solanum nigrum* analysées contiennent moins d'équivalent acide citrique avant cuisson que celles de *Nephrolepis acutifolia* (0,8mécq/100g).

3.1.7. Les vitamines

3.1.7.1. Teneur en vitamine A ou Rétinol

La valeur de vitamine A chez les feuilles de la plante analysée est donnée par la figure 8 ci-dessous :

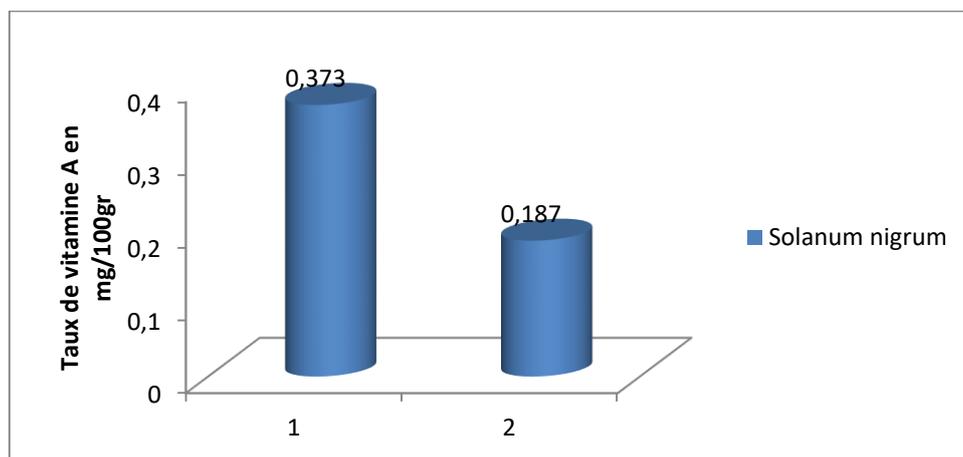


Figure 8. Taux de vitamine A dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

Légende : 1=avant cuisson et 2= après cuisson.

Il ressort de cette figure que la teneur en vitamine A chez les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson varie entre 0,187 mg/100g (APC) et 0,373 mg/100g (AVC).

Si nous comparons nos données par rapport à celles d'OTHAMA (2012), nous remarquons les feuilles de la plante étudiée sont moins riches en vitamine A avant et après cuisson que celles d'*Erythrococca oleracea* (AVC : 1,49mg/100g et 0,37mg/100g), *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 1,49mg/100g et APC : 0,56mg/100g) et *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 0,56mg/100g) mais cependant, notre plante après cuisson possède la même teneur que celle de *Hymenocardia ulmenoides* (APC : 0,18mg/100g).

En référant nos résultats par rapport à ceux de LANNOY (2001), nous remarquons que notre plante étudiée renferme moins de vitamine A avant cuisson qu'*Amaranthus cruentus* mais elle contient plus de vitamine A que le chou-frisé et la tomate

3.1.7.2. Teneur en vitamine B1 ou Thiamine

La valeur de vitamine B1 ou Thiamine chez les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson est donnée par la figure 9 ci-dessous :

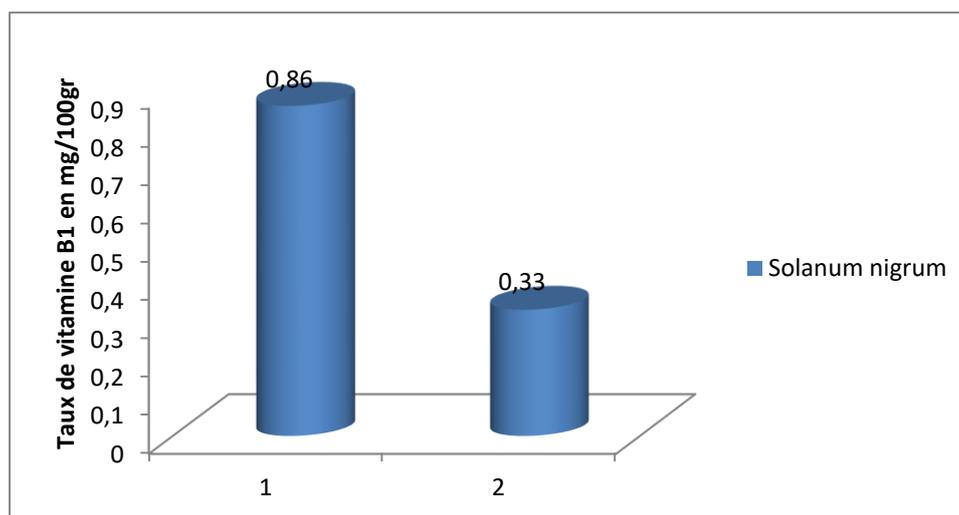


Figure 9 : taux de vitamine B1 de notre plante analysée avant et après cuisson.

Cette figure nous montre que la teneur en thiamine varie entre 0,33mg/100g (APC) et 0,86mg/100g (AVC).

En comparant nos données à celles d'OTHAMA (2012), nous constatons que les feuilles de notre plante sont moins riches en vitamine B1 avant et après cuisson que celles d'*Erythrococca oleracea* (AVC : 1mg/100g et APC : 0,67mg/100g), *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 1,49mg/100g et APC : 0,56mg/100g) et *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 1mg/100g) mais cependant, notre plante après cuisson renferme la même teneur que celle de *Hymenocardia ulmenoides* (APC : 0,33mg/100g).

Les feuilles de notre plante étudiée sont plus riches en thiamine avant cuisson que le chou cabus (0,06mg/100g) (LANNOY, 2001).

3.1.7.3. Teneur en vitamine B2 ou Riboflavine

La figure 10 ci-dessous présente la teneur en vitamine B2 ou riboflavine chez la plante analysée.

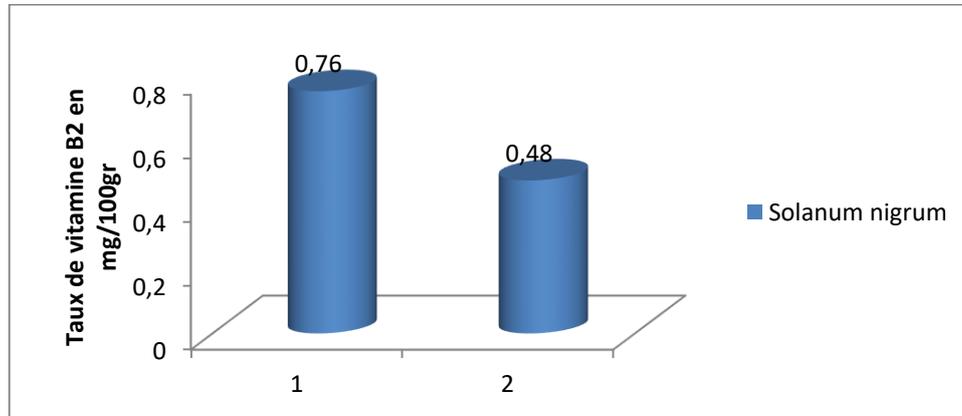


Figure 10 : Taux de vitamine B2 dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

Légende : 1=avant cuisson et 2=après cuisson.

Il ressort de cette figure que le taux de riboflavine dans les feuilles de la plante étudiée varie entre 0,48mg/100g (APC) et 0,76 mg/100g (AVC).

En comparant nos résultats à ceux d'OTHAMA (2012), nous constatons que les feuilles de notre plante sont riches avant et après cuisson que celle de *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 0,375mg/100g et APC : 0,25mg/100g) et *Hymenocardia ulmenoides* (APC : 0,12mg/100g) et moins riches que celles d'*Erythrocca oleracea* (AVC : 1,3mg/100g et APC : 0,5mg/100g) et de *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 1,3mg/100g).

En confrontant nos résultats à ceux d'APFELBAUM *et al* (2004), nous observons que les feuilles de notre plante analysée avant cuisson possèdent plus de vitamine B2 avant cuisson que l'épinard et le haricot blanc.

3.1.7.4. Teneur en vitamine B6 ou Pyridoxine

La valeur de Pyridoxine chez les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson est donnée par la figure 11 ci-dessous :

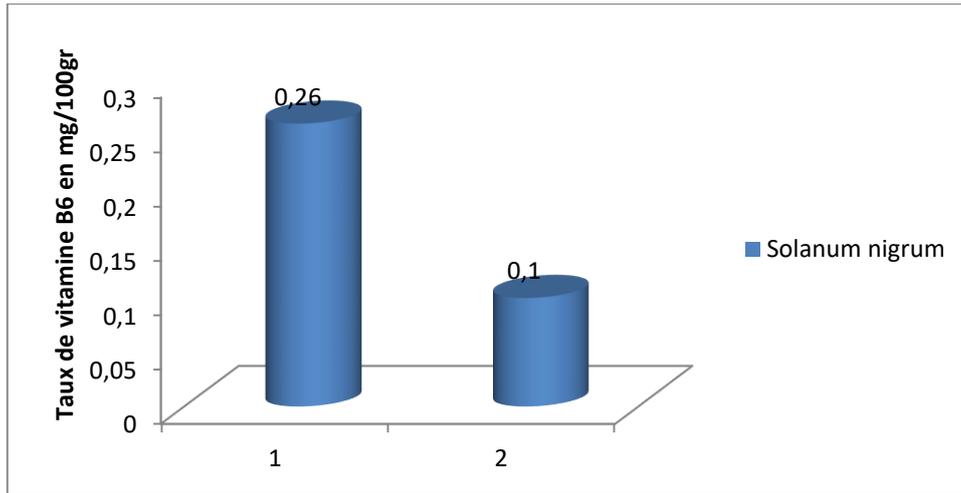


Figure 11. Taux de vitamine B6 dans les feuilles de la plante étudiée.

Nous remarquons à partir de cette figure que la teneur en pyridoxine varie entre 0,1mg/100g (APC) et 0,26mg/100g (AVC).

En comparant nos données à celles de MUNDAYI (2012), nous remarquons que les feuilles de *Solanum nigrum* ont une teneur en vitamine B6 avant cuisson supérieure à celles de *Hua gaboni* (AVC : 0,2 mg/100g) et de *Talinum triangulare* (AVC : 0,2mg/100g) mais cette teneur après cuisson est égale à celle de *Talinum triangulare* (APC : 0,1mg/100g). Par contre, les feuilles de notre plante renferment au contraire une teneur inférieure en pyridoxine après cuisson que celles de *Hua gaboni* (APC : 0,2mg/100g).

3.1.6.5. Teneur en vitamine C ou acide ascorbique

La teneur en acide ascorbique dans les feuilles de la plante avant et après cuisson est présentée dans la figure 12 ci-après :

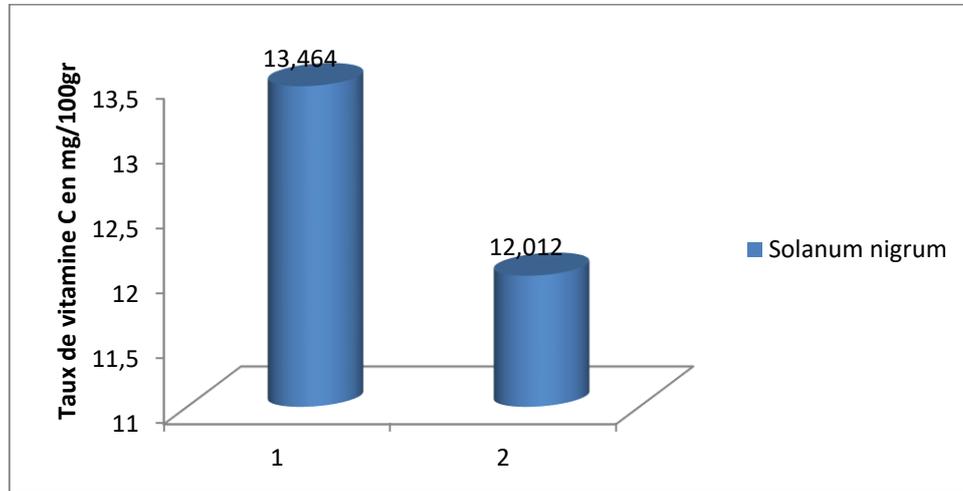


Fig12. Taux de vitamine C dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

L'examen de cette figure montre que la teneur en acide ascorbique chez les feuilles de *Solanum nigrum* varie entre 12,012 mg/100g (APC) et 13,464 mg/100g (AVC).

En comparant nos données à celles de MUNDAYI (2012), nous voyons que les feuilles de notre plante renferment plus de vitamine C avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 3,96 mg/100 et APC : 0,04mg/100g) et *Talinum triangulare* (AVC : 1,76mg/100g et APC : 1,76mg/100g).

En confrontant nos résultats à ceux de TCHATCHAMBE et al (1988), nous voyons que les feuilles de notre plante possèdent moins de vitamine C avant cuisson que *Boerhavia diffusa* (85,3mg/100g) mais elles en sont plus riches après cuisson que celles de *Talinum triangulare* (3,5mg/100g AVC) alors qu'après cuisson, les feuilles de *Solanum nigrum* sont les plus riches que celles de *B. diffusa* et *Talinum triangulare* (0,0 mg toutes deux).

3.1.8. Les minéraux

3.1.8.1. Teneur en calcium

La valeur de calcium dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson est présentée dans la figure 13 ci-dessous :

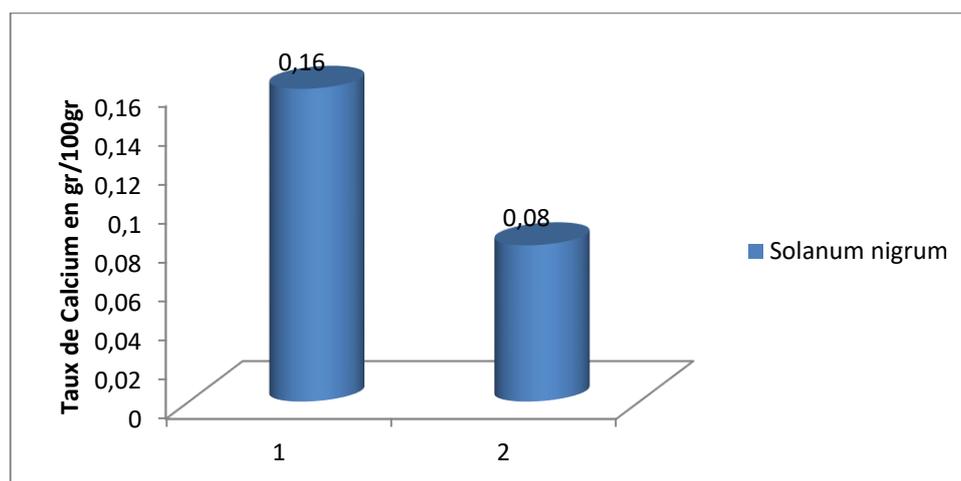


Fig. 13 .Teneur en calcium dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

Légende :1=avant cuisson et 2= après cuisson.

Cette figure montre que la teneur en calcium dans les feuilles de la plante étudiée varie entre 0,16% (AVC) et 0,08% (APC).

Nos résultats comparés à ceux de MUNDAYI (2012), nous voyons que les feuilles de notre plante renferment moins de calcium avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 1,6% et APC : 1%) et de *Talinum triangulare* (AVC : 1,2% et APC : 0,8%).

En référant nos données à celles de KEKUMBA (2011), nous trouvons que les feuilles de *Solanum nigrum* étudiées possèdent moins de calcium avant cuisson que celles de *Bidens pilosa* (1,3%), d'*Ipomea involucrata*(1,2%) et de *Solanum aethiopicum* (0,7%) avant cuisson.

3.1.8.2. Teneur en fer

La teneur de fer dans les feuilles de la plante étudiée est présentée dans la figure 14 ci-dessous :

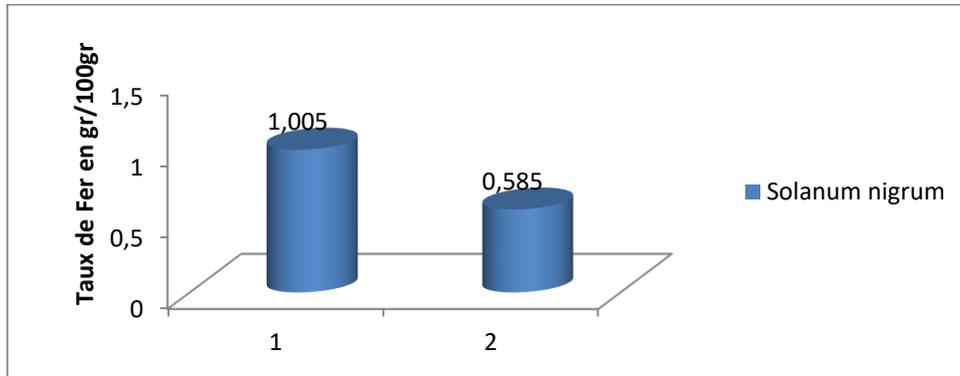


Fig 14 : Teneur en fer dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

Légende : 1=avant cuisson et 2= après cuisson.

En analysant cette figure, nous remarquons que la teneur en fer dans les feuilles de la plante étudiée varie entre 0,585% (APC) et 1,005% (AVC).

En comparant nos données à celles de MUNDAYI (2012), nous constatons que les feuilles de *Solanum nigrum* contiennent moins de fer avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 1,34% et APC : 0,83%) et de *Talinum triangulare* (AVC : 1,34% et APC : 1,005%).

Signalons que SOLOMO (2007) indique que les taux de fer chez les *Solanum americanum* et *Pteridium aquilinum* sont respectivement de 0,85% et 0,84% avant cuisson.

En partant de nos résultats, nous constatons que les feuilles de *Solanum nigrum* étudiées possèdent plus de fer avant cuisson que celles des deux plantes analysées par cet auteur.

3.1.8.3. Teneur en magnésium

La valeur de magnésium dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson est présentée dans figure 15 ci-dessous :

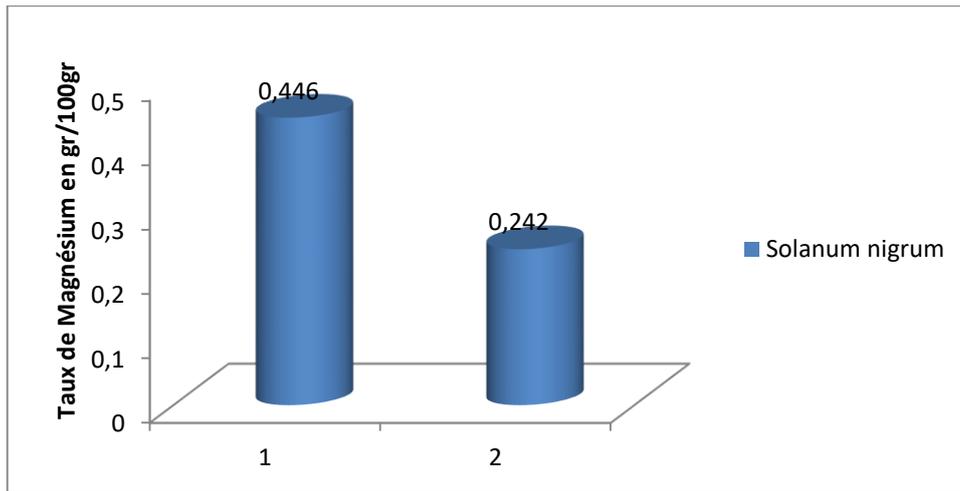


Fig 15. Taux de magnésium dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

L'examen de cette figure montre que la valeur de magnésium dans les feuilles de la plante analysée varie entre 0,242g/100g (APC) et 0,446g/100g (AVC).

En comparant nos résultats à ceux de MUNDAYI (2012), nous remarquons que les feuilles de *Solanum nigrum* renferment plus de magnésium avant et après cuisson que celles de *Hua gaboni* (AVC : 0,014% et APC : 0,012%) et de *Talinum triangulare* (AVC : 0,144% et APC : 0,14%).

Selon IDI (2008), le taux de magnésium dans les feuilles d'*Alchornea yambuyaensis* est de 0,5% et 0,6% respectivement avant et après cuisson. En partant de nos données, nous constatons que les feuilles de notre plante analysée possèdent moins de magnésium avant et après cuisson que celles d'*Alchornea yambuyaensis*.

3.1.8.4. Teneur en Phosphore

La figure 16 ci-dessous présente le taux de phosphore dans les feuilles de l'espèce étudiée avant et après cuisson :

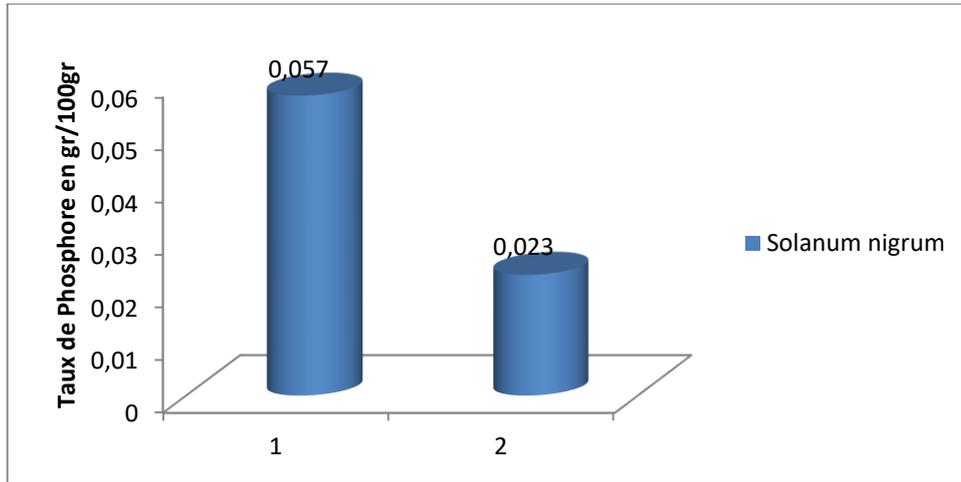


Fig 16 : Taux de phosphore dans les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson.

L'examen de cette figure montre que la teneur en phosphore dans les feuilles de la plante étudiée varie entre 0,023% (APC) et 0,057% (AVC).

En référant nos résultats avec ceux de BOTCHAKA (2011), nous observons que les feuilles de *Solanum nigrum* avant cuisson renferment plus de phosphore avant cuisson que celles de *Manotes expansa* (0,017%).

3.1.9. Teneur en sucres totaux

La valeur de sucres totaux dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson est présentée dans la figure 17 :

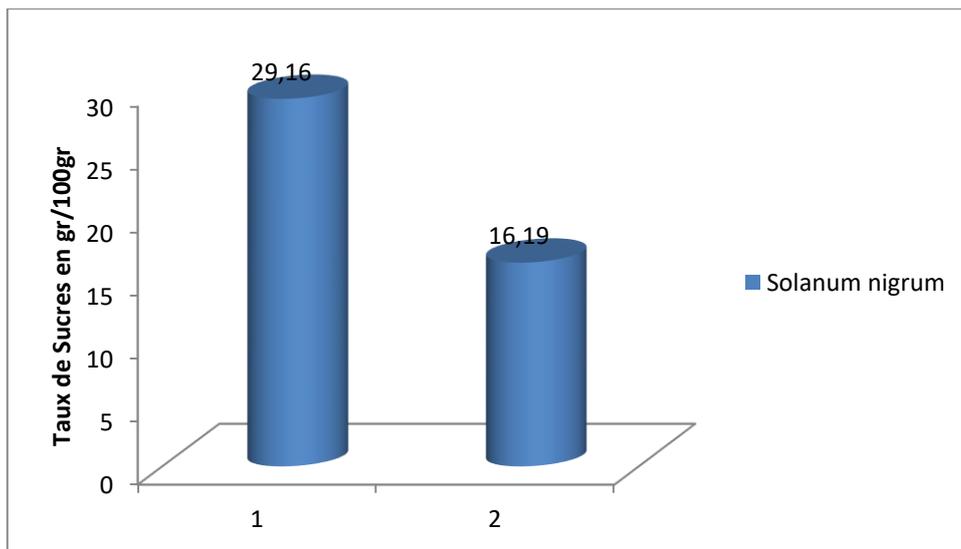


Fig 17 : Teneur en sucres totaux dans les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson.

Il ressort de cette figure que la teneur en sucres totaux dans les feuilles de la plante analysée varie entre 16,19% (APC) et 29,16% (AVC).

En comparant nos données à celles de OTHAMA (2012), nous voyons que les feuilles de la plante étudiée contiennent plus de sucres avant et après cuisson que celles d'*Erythrococca oleracea* (AVC : 4gr/100gr et APC : 2,6gr/100gr), de *Laccosperma secundiflorum* (AVC : 3gr/100gr et APC : 1,8gr/100gr) et de *Hymenocardia ulmenoides* (AVC : 1,26gr/100gr et APC : 0,88gr/100gr).

En référant nos données à celles de LANNON (2001), nous remarquons que notre plante contient plus de glucides totaux que le *chou-frisé* (7,7gr/100gr), la tomate (4,8gr/100gr) et *Amaranthus tricolor* (1,3gr/100gr).

3.2. SUBSTANCES TOXIQUES OU INDESIRABLES ET LES GROUPES PHYTOCHIMIQUES

3.2.1. Les substances toxiques ou indésirables

Tableau 5 : Résultats de test qualitatif des substances toxiques dans les feuilles de la plante analysée avant et après cuisson.

Tableau 5

Substances toxiques	<i>Solanum nigrum</i>	
	AVC	APC
Oxalates	-	-
Nitrates	-	-
Nitrites	-	-
Cyanures	-	-

Légende : - = Négatif

Ce tableau nous montre qu'il y a l'absence d'oxalates, nitrates, nitrites et cyanures dans les feuilles de *Solanum nigrum* avant et après cuisson.

3.2.2. Les groupes Phytochimiques

Tableau 6. Résultats de tests qualitatifs de principaux groupes Phytochimiques dans les feuilles de la plante étudiée avant et après cuisson.

Tableau 6

Groupes phytochimiques	<i>Solanum nigrum</i>	
	AVC	APC
Alcaloïdes	+	+
Flavonoïdes	-	-
Tanins	-	-
Stérols et terpènes	-	-

Légende : + = test positif sous forme de traces

- = test négatif

Il ressort de ce tableau qu'il y a présence d'*alcaloïdes* sous forme de traces chez les feuilles de *Solanum nigrum* avant et après cuisson tandis que les autres groupes phytochimiques sont absents avant et après cuisson.

3.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ANALYSES REALISEES

Les tableaux 7 et 8 donnent la synthèse des résultats de différentes analyses effectuées.

Tableau 7 : Récapitulatif des résultats d'analyses des substances avant et après cuisson.

Analyses	<i>Solanum nigrum</i> (espèce analysée)	
	AVC	APC
Humidité relative (%)	91,5	85,5
Lipides (g/100g)	17	9,6
Protéines (g/100g)	26,345	12,85
Fibres (g/100g)	7,8	7,4
Acide citrique (éqac%)	0,209	0,199
VITAMINES		
Vitamine A en carotène (mg%)	0,373	0,187
Thiamine au vit B1 (mg%)	0,86	0,33
Riboflavine ou vit B2 (mg%)	0,76	0,48
Pyridoxine ou vit B6 (mg%)	0,26	0,1
Acide ascorbique ou vit C (mg%)	13,464	12,012

MINERAUX		
Cendres brutes (%)	12,9	6,05
Sucres (g/100g)	29,16	16,19
Calcium (g/100g)	0,16	0,08
Fer (g/100g)	1,005	0,585
Magnésium (g/100g)	0,446	0,242
Phosphore (mg/100g)	0,057	0,023

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des résultats d'analyses de substances toxiques et des groupes phytochimiques avant et après cuisson.

Analyses	<i>Solanum nigrum</i> (espèce analysée)	
	AVC	AVC
SUBSTANCES TOXIQUES		
Oxalates	-	-
Nitrates	-	-
Nitrites	-	-
Cyanures	-	-
GROUPE PHHYTOCHIMIQUES		
Alcaloïdes	±	±
Flavonoïdes	-	-
Tanins	-	-
Stérols et terpènes	-	-

Légende : ± = test positif sous forme de traces

- = test négatif

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

1. Conclusion

C' était dans le grand souci d'apporter une contribution fiable à la connaissance de quelques plantes alimentaires sauvages (PAS) consommées dans le District de la Tshopo que nous avons effectué nos analyses sur les feuilles de *Solanum nigrum* afin de connaître leur valeur nutritive et de les revaloriser.

Les analyses de ce travail confirment notre apport par rapport à l'étude des P.A.S plus spécifiquement celle des feuilles de *Solanum nigrum* consommées dans le District de la Tshopo.

Les résultats obtenus après nos analyses montrent que les feuilles de notre plante présentent avant et après cuisson de valeurs nutritives importantes concernant par exemple les lipides, vitamines, minéraux et sucres.

Nos analyses indiquent que les feuilles de la plante étudiée renferment la solanine qui est l'alcaloïde, nocif à la santé de l'homme. Ces légumes contiennent en outre les alcaloïdes sous forme de traces et sont dépourvues des autres groupes phytochimiques (tanins, flavonoïdes et stérols et terpènes) avant et après cuisson.

2. Suggestions

Vu certaines difficultés rencontrées pendant les analyses, nous osons émettre quelques suggestions :

- Bien que les feuilles de *solanum nigrum* soient consommées par certains Boyomais et paysans, nous recommandons aux scientifiques de faire des analyses quantitatives des alcaloïdes, révélés dans notre travail pour en préciser les poids correspondant à la dose létale pour les consommateurs.
- Nous suggérons également que les études ultérieures soient effectuées sur l'analyse quantitative des acides aminés, des monosaccharides et des acides gras contenus dans les feuilles de cette plante.
- Que notre département organise des campagnes de sensibilisation (émissions télé et radio) afin d'informer la population Boyomaise et ses environs qui ignorent encore l'utilité nutritionnelle des P.A.S.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AOAC, 1990** : Official Methods of Analysis, 14th E dn., Association of Official Analytical Chemists, Washington D C. Arlington, Virginia, USA.
2. **APFELBAUM, M ; ROMON, M et DUBUS, M, 2004** : Diététique et nutrition, Masson, 6^e édition, Paris, p.533.
3. **BOLA et SZAFRANSKI, 1991** : Plantes spontanée à feuilles légumes et ses environs (Zaires) Belgicain Journal of Botany (122-134p).
4. **BOTCHAKA, F., 2011** : Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ailleurs, mémoire inédit, faculté des Sciences, UNIKIS ,56p.
5. **CHARLOT, G., 1966** : Les méthodes de chimie analytique, analyse quantitative, éd. Masson, Paris, 68p.
6. **DESSART, JODOGNE et PAUL, 1993** : Chimie analytique, 10^e A de Boek, Bruxelles, 164p.
7. **ETOBO, J.P, 2012** : Etude de l'activité antibactérienne des extraits de quelques plantes médicinales sur les souches bactériennes résistantes aux antibiotiques courants à Kisangani, Thèse de doctorat, UNIKIS, Fac .Sciences, 14p.
8. **HAROLD et ARMAND, 1969** : Précis de Biochimie, Laval ,565p .
9. **IDI, R., 2008** : Contribution à l'étude nutritionnelle et toxicologique de cinq plantes alimentaires sauvages consommées, Mémoire inédit, Faculté des sciences, UNKIS ,43p .
10. **KEKUMBA, U., 2011** : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, mémoire inédit, Faculté des sciences, UNIKIS.
11. **LANNOY, G., 2001**, Legume, in : Raemaekers. R.H, Agriculture en Afrique tropicale DGI. Bruxelles, **KOBEL, L., 1970** : travaux pratiques d'analyse quantitative, préparation chimique, Masson et cie, paris 286p.
12. **MUNDAYI, S., 2012** : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani, Mémoire inédit, Faculté des Sciences, UNIKIS.

- 13. MUNGANGA, E.**, 2013 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de deux plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, Monographie inédit, Faculté des Sciences, UNIKIS.
- 14. NGABU, D.**, 2012 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs.
- 15. NSIMBA, S.**, 2014 : Cours de biochimie, Faculté des sciences, UNIKIS.
- 16. ONYAMBOKO et TCHATCHAMBE**, 1988 : Contribution à l'analyse chimique comparative de deux légumes feuilles, *Talinum triangulare* et *Cyphostemma adenocaula* (stend.) Descoing. Ann. Fac. Sci. UNIKIS.
- 17. OTHAMA, J, C.**, 2012 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ses environs, mémoire inédit, Faculté de médecine,
- 18. SHABANI, L.**, 2011 : Contribution à l'étude chimique et nutritionnelle de trois plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ailleurs, Mémoire inédit, Faculté d s sciences, UNIKIS.
- 19. SOLOMO**, 2007 : Valeurs nutritionnelles et toxicologiques de quelques plantes alimentaires sauvages, Dissertation inédite DEA, Faculté des sciences, UNIKIS.
- 20. TCHATCHAMBE, J.**, 2009 : Contribution à l'analyse chimique et nutritionnelle de quatre plantes alimentaires sauvages consommées à Kisangani et ailleurs, mémoire inédit, faculté des sciences, UNIKIS.
- 21. VALNET** ,1985 : Se soigner par les légumes, les fruits et les céréales, Ed. Le livre de poche .Paris, 450
- 22. WEAST ET ROBERT**, 1970: Hand book of chemistry and physics, 50th ed. chemical rubber company gram word park way, chevelard, onio.

WEBOGRAPHIE

0. <http://www.Jfdumas.fr/la-morelle-noire-solanum-nigrum-a-138.html>.
1. <http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-64930>.
2. <http://www.vegetox.envt.fr/Monographies-html/Morelle-noire.html>.
3. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Morelle-noire>.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
RESUME	
0. INTRODUCTION	1
0.1. PROBLEMATIQUE	1
0.2. HYPOTHESES	1
0.3. BUT ET INTERET DU TRAVAIL	1
0.3.1. But du travail	1
0.3.2. Intérêt du travail	1
0.4. TRAVAUX ANTERIEURS	2
0.5. DIVISION DU TRAVAIL	2
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES	3
1.1. DESCRIPTION DE LA PLANTE ANALYSEE	3
1.1.1. <i>Solanum nigrum</i> (Tshaku-tshaku)	3
1.2. BREF APERCU DE QUELQUES SUBSTANCES NUTRITIVES ET INDESIRABLES	
CHEZ LES PLANTES ALIMENTAIRES SAUVAGES	5
1.2.1. Les protéines	5
1.2.2. Les lipides	5
1.2.3. Les vitamines	6
1.2.4. Les minéraux	8
1.2.5. Les Substances Toxiques ou Indésirables	10
1.2.6. Les groupes phytochimiques	10
CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODE.....	12
2.1. MILIEU D'ETUDE	12
2.2. MATERIEL VEGETAL	12
2.3. METHODES D'ANALYSES	12
2.4. ANALYSES QUANTITATIVES	12
2.4.1. Détermination de l'humidité (DUFÉY, 1986)	12
2.4.2. Détermination de cendres (Groegaert, 1958)	13
2.4.3. Dosage de protéines brutes	13
2.4.3.1. Dosage de l'azote total selon Kjeldahl (GROEGEART, 1958)	13
2.4.4. Dosage de lipides (Soxhlet)	15
2.4.5. Détermination des fibres brutes (AOAC, 1990)	17
2.4.6. Détermination de l'équivalent acide citrique (MVUNZU, 1981)	18
2.4.7. Détermination des éléments minéraux	18

2.4.7.1. Dosage du calcium (CHARLOT, 1960)	19
2.4.7.2. Dosage de magnésium (CHARLOT, 1966)	20
2.4.7.3. Dosage de fer (DESSART et al, 1973)	21
2.5. ANALYSES QUALITATIVES DES SUBSTANCES TOXIQUES	22
2.5.1. Test qualitatif d'oxalate (FEIGEL et al, 1966)	22
2.5.2. Test de Cyanures (DESSART et al, 1973)	23
2.5.3. Test qualitatif pour les nitrates (FRETS et VINZENZ, 1966)	23
2.5.4. Test qualitatif pour le nitrite (DESSART et al, 1973)	24
2.5.5. Dosage de phosphore (CHARLOT, 1966)	24
2.6. ANALYSE QUALITATIVE DES GROUPES PHYTOCHIMIQUES	25
2.6.1. Détection des alcaloïdes (MABIKA, 1983)	25
2.6.2. Détection de Flavonoïdes (WEAST et ROBERT, 1970)	26
2.6.3. Détection des tanins (WEAST et ROBERT, 1970)	26
2.6.4. Détection de stérols et terpènes (WEAST et ROBERT, 1970)	26
2.6.5. Vitamine A ou carotènes	27
2.6.6. Thiamine ou vitamine B1	28
2.6.7. Riboflavine ou vitamine B2	29
2.6.8. Pyridoxine ou Vitamine B6	30
2.6.9. Dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C)	31
2.6.10. Détermination du Sucre total	32
CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS ET DISCUSSIONS	34
3.1. SUBSTANCES NUTRITIVES ANALYSEES AVANT ET APRES CUISSON	34
3.1.1 Humidité	34
3.1.2. Teneur en cendres brutes	35
3.1.3. Teneur en lipides	35
3.1.4. Teneur en Fibres brutes	37
3.1.5. Teneur en équivalent acide citrique	37
3.1.6. Les vitamines	38
3.1.6.1. Teneur en vitamine A	38
3.1.6.2. Teneur en vitamine B1	39
3.1.6.3. Teneur en vitamine B2 ou Riboflavine	40
3.1.6.4. Teneur en vitamine B6 ou Pyridoxine	40
3.1.6.5. Teneur en vitamine C ou acide ascorbique	42
3.1.7. Les minéraux	43
3.1.7.1. Teneur en calcium	43
3.1.7.2. Teneur en fer	44
3.1.7.3. Teneur en magnésium	44

3.1.7.4. Teneur en Phosphore	45
3.1.8. Teneur en sucres totaux	46
3.2. SUBSTANCES TOXIQUES OU INDESIRABLES ET LES GROUPES PHYTOCHIMIQUES.	47
3.2.1. Les substances toxiques ou indésirables	47
3.2.2. Les groupes phytochimiques	47
3.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS D'ANALYSES RÉALISÉES	48
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
TABLE DES MATIÈRES	53

ANNEXES



Photo 1 : Lecture au spectrophotomètre des éléments nutritifs au Laboratoire de Chimie de la Fac. Des Sciences/UNIKIS.



Photo 2 : *Solanum nigrum*.