



DSPACE

<https://dspace.org/>

**Contribution à la détermination de la valeur nutritive des
graines de noix du Brésil : *Bertholletia excelsa***

IRANKUNDA, Boniface; Sous la direction de: Pro Vestine NTAKARUTIMANA

2013-06

UB, FACULTE DES SCIENCES

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/843>

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

**« CONTRIBUTION A LA DETERMINATION DE
LA VALEUR NUTRITIVE DES GRAINES DE NOIX
DU BRESIL : BERTHOLLETIA EXCELSA ».**

Par:

IRANKUNDA Boniface

Sous la direction de:

Pr. Vestine NTAJARUTIMANA

Mémoire présenté et soutenu
publiquement en vue de l'obtention du
grade de Licencié en Sciences
Chimiques

Bujumbura, juin 2013

DEDICACE

A mes parents,

A mes frères et Sœurs,

A tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail de recherche nous saisissons cette opportunité pour exprimer nos sincères remerciements à toute personne qui a contribué de près ou de loin à sa bonne réussite.

Nos remerciements sont adressés au professeur NTAKARUTIMANA Vestine promoteur et directeur de ce mémoire qui a accepté de guider nos premiers pas de chercheur. Ses multiples conseils, sa méthodologie de travail malgré ses nombreuses occupations nous ont été d'une grande importance.

Nous adressons toute notre gratitude à tous les professeurs de la Faculté des Sciences, plus particulièrement à ceux du Département de Chimie pour la formation tant humaine que scientifique dispensée à notre endroit.

Nos sentiments de reconnaissance sont aussi adressés à l'endroit de tout le personnel du laboratoire agricole de l'ISABU dont la collaboration a facilité la réussite de nos analyses.

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, nous disons merci.

Boniface IRANKUNDA

SIGLES ET ABREVIATIONS

I.S.A. BU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
M.S (%)	: Pourcentage de matière sèche
mg	: milligramme
S.A.A	: Spectrométrie d’Absorption Atomique
S.R	: Sucres Réducteurs
S.T	: Sucres Totaux
M.G	: Matières Grasses
CNTA	: Centre National de Technologie Alimentaire
H(%)	: Pourcentage en degré d’humidité
Kcal	: kilocalorie
H.P.B	: Huile de Palme du Burundi
p.a	: Pour analyse
H.D.L	: Lipoprotéine de Forte Densité
L.D.L	: Lipoprotéine de Faible Densité

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification et description botanique du <i>Bertholletia excelsa</i>	6
Tableau 2 : Teneur en nutriments étudiés	8
Tableau 3 : Les besoins quotidiens en énergie, en protéines, et en lipides.....	13
Tableau 4 : Caractéristiques de quelques macro minéraux essentiels.....	16
Tableau 5 : Caractéristiques analytiques des éléments analysés	30
Tableau 6 : Résultats de nos analyses sur le dosage des nutriments :.....	37
Tableau 7 : Tableau comparatif de composition de l'arachide et de la noix du Brésil.....	40
Tableau 8 : Quantité en (g) des graines de noix de Brésil qu'il faudrait consommer pour satisfaire les besoins journaliers de chaque nutriment étudié.....	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Photo de la plante de la noix du Brésil.....	5
Figure 2. Photo des noix.....	5
Figure 3. Photo des graines sèches.....	5
Figure 4. Photo des graines fraîche.....	5

RESUME

Le but de notre travail repose sur la détermination de la valeur nutritive de graines de noix de Brésil. Nous nous sommes intéressés à la détermination de la teneur en eau, en protéines, en lipides, en glucides, en cellulose et en éléments minéraux tels que le sodium, le potassium, le magnésium, le calcium et le fer.

La teneur en eau a été déterminée par l'étuvage à 105°C, la teneur en protéines a été déterminée par la méthode de Kjeldahl, la teneur en lipides a été déterminée par la méthode d'extraction continue de Soxhlet, la teneur en cellulose a été déterminée par la méthode d'extraction des fibres, le dosage des glucides a été déterminé par la méthode de Luff-Schoorl.

Enfin, les éléments minéraux ont été dosés par Spectrométrie d'Absorption Atomique.

Les résultats de nos analyses chimiques pour 100g de l'échantillon de graines de noix du Brésil ont montré une faible teneur en eau c'est-à-dire 5,7% et en matière sèche 94,3%(valeur très élevée). Les teneurs en protéines et en lipides sont respectivement de 26,88% et 32,67%. Les graines de noix du Brésil contiennent peu de glucides, en effet les résultats montrent 5,136% et 1,186% respectivement pour les sucres totaux et réducteurs. A cela s'ajoute une teneur en cellulose de 4,40%.(valeur non négligeable).

Pour les éléments minéraux, la teneur est élevée en potassium c'est à-dire 1728mg ; les noix du Brésil contiennent 449,0mg ; 122,8mg, 20.5mg et 5,5mg respectivement de magnésium, de calcium, de sodium et de Fer.

Ces résultats nous montrent que les graines de noix du Brésil contiennent une quantité non négligeable en protéines, en lipides, en cellulose et pour les autres nutriments étudiés sauf les glucides et certains minéraux tels que le sodium. De ce fait, la consommation de ces graines devrait être accompagnée d'aliments riches en glucides et en fibres alimentaires (cellulose) pour équilibrer le régime alimentaire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
RESUME.....	vi
TABLE DES MATIERES.....	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Objectif et intérêt du sujet.....	1
2. Problématique et hypothèse de travail.....	1
3. Articulation.....	2
CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA PLANTE.....	3
I.1. Bref aperçu historique de la plante.....	3
I.2. Culture, climat et sol.....	4
I.3. Production.....	6
I.4. L'huile de noix du Brésil et son utilisation.....	7
I.5. Composition en nutriments.....	7
CHAPITRE II : LES BESOINS NUTRITIONNELS.....	9
II.1. Les nutriments essentiels pour le corps.....	9
II.1.1. Les glucides ou sucres.....	10
II.1.2. Les lipides ou graisses alimentaires.....	10
II.1.3. Les protéines.....	11
II.1.4. Les éléments minéraux.....	12
II.1.4.1 Sodium.....	13
II.1.4.2. Potassium.....	14
II.1.4.3. Le magnésium.....	14
II.1.4.4. Calcium.....	14

II.1.4.5. Fer	15
II.1.5. L'Eau.....	17
CHAPITRE .III. MATERIEL ET METHODES	18
III.1. Echantillonnage et préparation de l'échantillon.....	18
III. 2 Méthodes d'analyses	18
III.2.1. Détermination de la teneur en eau et de la matière sèche	19
III.2.2. Détermination de la teneur en matières grasses	20
III.2.3. Détermination de la teneur en protéines.....	22
III.2.4. Détermination de la teneur en cellulose	26
III.2.5. Détermination de la teneur en substances minérales.....	27
III.2.6. Détermination de la teneur en glucides.....	30
CHAPITRE IV : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS ..	37
IV.1. Présentation des résultats	37
IV.2. Discussion des résultats.....	38
CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	43
V.1. Conclusion	43
V.2. Recommandations	44
Références Bibliographiques.....	46
ANNEXES.....	48

INTRODUCTION GENERALE

Le monde actuel est au courant que la nutrition est une fonction vitale pour la croissance, le maintien et le renouvellement des tissus.

Elle est une science qui traite des aliments, des nutriments, de l'action de ces derniers sur l'organisme, de leur interaction et de leurs rapports avec la santé et les maladies (FAO, 2003).

Signalons que parmi plusieurs facteurs qui sont à l'origine de la malnutrition, il y a les facteurs économiques liés surtout à l'insuffisance de la production vivrière, la pauvreté qui limite la consommation mais aussi l'ignorance de la plupart de personnes sur la valeur nutritive de certains aliments disponibles dans leur entourage.

1. Objet et intérêt du sujet

Notre objectif est de pouvoir déterminer la valeur nutritive des graines de noix du Brésil qui permettra de conclure sur ses vertus nutritives.

Les résultats de nos analyses nous serviront dans l'argumentation pour confirmer si l'incorporation de ses graines aux régimes alimentaires de la population contribuerait à la réduction de certaines maladies dues à la carence nutritionnelle.

2. Problématique et hypothèse de travail

Aujourd'hui, la consommation des fruits oléagineux semble être négligée par la majeure partie de la population burundaise en général celle de la commune Rumonge en Province de Bururi en particulier qui est la zone de notre étude.

Tenant compte de cette situation, nous avons jugé bon de choisir ce sujet « **CONTRIBUTION A LA DETERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DES GRAINES DE NOIX DU BRESIL : *BERTHOLLETIA EXCELSA*** » dans le but d'apporter notre contribution à la connaissance de sa valeur nutritive d'une part et d'informer la population qui consomme ces graines

sur leur apport dans le corps humain afin de lutter contre certaines maladies liées à la malnutrition d'autre part.

L'hypothèse de notre travail repose sur cet argument « l'incorporation régulière des graines de noix du Brésil, aliment moins connu dans les régimes alimentaires de la population burundaise, contribuerait à la réduction des déficiences alimentaires et des conséquences qui en découlent, et qui hantent notre population ».

Pour cela nous nous sommes demandés si réellement la noix du Brésil possède-t-elle de nutriments dont l'homme a besoin ? Si Oui, ils sont en quelles proportions ?

3. Articulation

La partie théorique a été rédigée sur base des ouvrages consultés, l'internet visité et les connaissances requises durant la période de nos études.

En ce qui est de la partie expérimentale, notre échantillon a été récolté en commune Rumonge dans la province de Bururi ; les procédés d'analyses ont été fait dans le laboratoire de l'ISABU et celui de la Faculté des Sciences afin de déterminer les teneurs en eau, en glucides, en protéines, en lipides, en cellulose et en éléments minéraux respectivement par méthode d'étuvage, par méthode de Luff-Schoorl, par méthode de Kjeldahl, par méthode d'extraction continue de Soxhlet , par méthode d'extraction des fibres et par spectrométrie d'absorption atomique.

Notre travail comporte deux parties essentielles :

-La partie théorique est subdivisée en deux chapitres : le premier chapitre nous présente des généralités sur la plante et le second chapitre repose sur les besoins nutritionnels essentiels.

-La partie expérimentale se subdivise en trois chapitres : le troisième repose sur le matériel et les méthodes d'analyse chimique, le quatrième chapitre nous montre la présentation et discussions des résultats et en fin le dernier chapitre nous présente les conclusions et des recommandations.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA PLANTE

I.1. Bref aperçu historique de la plante

Les premières traces historiques du Noix du Brésil ou *Bertholletia excelsa* remontent en 1570. A cette époque un colonel espagnol du nom de Juan Alvarez Maldonado, ayant entendu dire que cette noix avait de très bonnes vertus nutritives, avait décidé d'en faire la récolte pour nourrir ses troupes.

En 1633, les premiers échanges commerciaux débutent entre le Brésil et les Pays-Bas, s'en suivront de nombreux autres échanges avec les autres pays européens tout au long de XVIII^e siècle.

En 1810, les échanges s'étendent aux Etats-Unis, le Brésil exportant par la même occasion deux autres produits : le cacao et la noix de cajou.

Bertholletia excelsa aussi appelé noyer de Brésil ou châtaignier du Brésil, appartient à la famille des lecythidaceae (Tableau 1). Ce noyer, l'un des plus grands arbres de la forêt vierge d'Amérique du Sud peut mesurer plus de 30 m de haut. Il produit la noix de Brésil, une noix comestible assez grasse que l'on prend en amuse gueule.

La noix de Brésil se trouve dans les forêts tropicales du sud longeant le fleuve amazone, forêt humide par excellence et parfaite pour la pousse et le développement de cet arbre gigantesque.

http://fr.wikipedia.org/Bertholletia_excelsa

Vers la fin du 19^{ème} Siècle, la plante est amenée au Burundi par les blancs Belges et Allemands.

C'est à ce moment là que ces missionnaires ont commencé à cultiver cette plante dans certains endroits de la plaine de l'Imbo. Nous pouvons citer entre autres à l'ITABU GIFURUZI en commune Nyanza-Lac ; dans un projet d'agriculture et d'élevage à Gatete en commune Rumonge ; au H.P.B(en commune Rumonge)

I.2. Culture, climat et sol

La culture de noix du Brésil est possible dans différentes zones écologiques en général dans les plaines tropicales.

Il est également produit sur 2000 m d'altitude au Brésil, au Pérou et en Bolivie. (http://fr.wikipedia.org/bertholletia_excelsa).

Dans les régions à climat tempéré, il est cultivé durant l'été. En général, les températures comprises entre 25⁰C et 32⁰C sont favorables à la culture de cette plante (http://fr.wikipedia.org/bertholletia_excelsa).

Il est difficile de dire exactement quand et où la domestication de la noix du Brésil a commencé ici au Burundi. Cependant, la plupart des gens que nous avons pu interroger affirment que cette plante a été amenée au Burundi par les blancs Belges et Allemands vers la fin du 19^e siècle.

Ensuite, il y a eu des mouvements de population qui l'ont vulgarisée dans d'autres régions.

Les figures 1, 2, 3 et 4 montrent la plante de noix du Brésil ; ses noix et ses graines récoltées



Figure 1 : Photo de la plante du Noix de Brésil



Figure 2 : Photo des Noix



Figure 3 : Photo des Graines sèches



Figure 4 : Photo des Graines fraîches

Le Tableau 1 indique la classification botanique de notre plante

Tableau 1 : Classification et description botanique du *Bertholletia excelsa*

Règne	Plantae
Sous-Règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidea
Ordre	Lecythidales
Famille	Lecythidaceae
Genre	Bertholletia

(FRANÇOIS M., 1968)

I.3. Production

La propagation de l'espèce se fait naturellement si les fruits tombent sur le sol, alors les graines commenceront à germer.

En moyenne, un arbre produit environ 150kg de noix par an. Mais cela dépend évidemment de plusieurs facteurs, tels que le climat, l'âge de l'arbre, la grosseur des coques, et enfin le type de sol (http://fr.wikipedia.org/bertholletia_excelsa).

Notre enquête ne nous a pas permis de préciser la production moyenne du *Bertholletia excelsa* au Burundi, du fait que la plupart des burundais ignorent cette plante.

I.4. L'huile de noix du Brésil et son utilisation

La noix du Brésil est issue d'un arbre d'origine Sud-américaine appelé : *Bertholletia excelsa*. Son huile est riche en acides gras insaturés. Il s'agit d'une source végétale de phospholipides, de tocophérols et de phytostérols (http://fr.wikipedia.org/Bertholletia_excelsa).

L'huile de noix du Brésil apporte douceur, confort et élasticité à la peau tout en jouant son rôle d'antioxydant naturel. Très nourrissante, elle prévient la déshydratation et apaise les peaux irritées. Huile sèche pénètre très bien à l'intérieur des cheveux et constitue un soin d'exception pour les pointes abimées et fourchues (http://fr.wikipedia.org/Bertholletia_excelsa).

I.5. Composition en nutriments

La noix du Brésil peut être consommée telle qu'elle est, son goût rappelant celui de la noisette. Elle peut également être grillée à la manière de la cacahuète, additionnée de sel, elle est aussi souvent utilisée dans les desserts, notamment dans les crèmes glacées (http://fr.wikipedia.org/Bertholletia_excelsa). Ses nutriments sont fournis dans le tableau 2.

Tableau 2 : Teneur en nutriments des graines de noix de Brésil

Nutriments	Teneur pour 100g
1. Eau	5,9g
2. Protéines	13g
3. Glucides disponibles	3,5g
4. Lipides	66g
5. Fibres	8,3g
6. Acides gras saturés	16,1g
7. Acides gras insaturés	23.0g
8. Na	2mg
9. Mg	318mg
10. K	680mg
11. Ca	178mg
12. Fe	3,1mg
Energie (Kcal)	660Kcal

(FRANÇOIS M., 1968)

La noix du Brésil est très nutritive : sa richesse en lipides, protéines et minéraux en fait un aliment diététique.

Quant à l'huile de noix, celle-ci contient plus de 70% d'acide gras insaturés permettant ainsi de jouer un grand rôle dans la régulation du cholestérol (APFELBAUM.M & FORRAT C., 1989).

CHAPITRE II. LES BESOINS NUTRITIONNELS

II.1. Les nutriments essentiels pour le corps

Les besoins nutritionnels sont primordiaux à connaître. Ce que nous mangeons a un effet sur notre santé et notre bien-être.

Pour paraître en forme et nous sentir bien, nous avons besoin de manger, de bons nutriments essentiels et une bonne quantité d'aliments adéquats. De nombreuses personnes ne font pas les meilleurs choix alimentaires pour satisfaire leurs besoins nutritionnels.

Les nutriments construisent notre corps et lui permettent de fonctionner. Chaque nutriment a au moins un rôle précis et aucun nutriment ne peut couvrir les tâches d'un autre. Comme nous avons besoin de nombreux nutriments différents pour garder la santé, nous devons manger une grande variété d'aliments pour satisfaire tous nos besoins nutritionnels (FAO. ; 2003).

Bref, les besoins énergétiques sont différents selon l'âge, l'activité physique, etc.

En principe, les besoins énergétiques sont étroitement liés aux dépenses énergétiques. En effet, un adulte moyen sédentaire de sexe masculin a besoin de 11000 KJ/24 heures. Etablir sa ration consiste à évaluer la quantité d'aliments énergétiques qui couvre ces besoins mais pas dans une proportion quelconque (55% glucides, 32% lipides, 13% protides)([http:// www.regime-minceur-sante.fr](http://www.regime-minceur-sante.fr)).

Aujourd'hui, une alimentation dite équilibrée est considérée comme le facteur primordial physique de santé.

Il existe six types de nutriments à savoir : protéines, glucides (sucres), lipides (graisses), vitamines, minéraux et eau. En des termes simples, les nutriments sont des composés chimiques que notre corps obtient des aliments.

Si notre organisme reçoit le bon carburant, tout comme la voiture, il fonctionnera mieux. En décomposant les aliments, l'organisme y trouve de nutriments essentiels pour son bon fonctionnement (NTAKARUTIMANA V., 2010).

II.1.1. Les glucides ou sucres

Les glucides appelés souvent sucres constituent un nutriment de base contenu dans la plupart de l'alimentation humaine.

Les glucides se repartissent en deux groupes :

- Les sucres simples ou oses comme le glucose .Ils ne sont pas hydrolysables ;
- Les glucides complexes ou osides comme le saccharose ou l'amidon. Ils sont hydrolysables (AUDIGIE C., &ZONZAIN F., 2002)

Le glucose qui est le sucre le plus simple issu de la digestion des glucides alimentaires constitue la source la plus rentable pour les activités physiques.

II.1.2.Les lipides ou graisses alimentaires

Les lipides ou les graisses sont composés de molécules appelés acides gras.

Le terme « lipides » est utilisé pour designer les graisses présentes dans l'organisme ou apportées par l'alimentation.

On appelle matières grasses, toutes les matières extractibles dans un solvant organique tel que l'éther de pétrole à titre d'exemple les Glycérides, lécithine, phosphatides, stérols, matières colorantes.

Des fois l'éther sulfurique peuvent être utilisées ; mais alors pour des raisons de sécurité l'éther sulfurique, très inflammable et explosif (formation de peroxydes) tend à être remplacé par l'éther de pétrole.

Jusqu'aujourd'hui, on distingue trois sortes de graisses apportées par l'alimentation :

1° Les mauvaises graisses pour l'organisme car elles augmentent le taux de mauvais cholestérol (LDL-C) dans le sang et diminuent le bon cholestérol (HDL-C). Ce sont des graisses d'origine animale à l'exception de graisses de poisson : graisses de viandes, de charcuterie, de préparation industrielles, du lait, des fromages du beurre et des autres, laitages non écrémés. Elles sont appelées graisses saturés, composés d'acides gras saturés.

2° Les graisses bénéfiques pour l'organisme car elles diminuent le cholestérol total et le LDL-C

Il s'agit ici des graisses d'origine végétale : Huile de tournesol, de maïs, d'olive, de noix, de colza etc.

3° Le cholestérol qui est contenu essentiellement dans le jaune d'œuf, le beurre, les abats, mais aussi dans la charcuterie (AUDIGIE C, ZONZAIN F, 2000).

II.1.3. Les protéines

Les protéines sont des substances issues de liaisons peptidiques d'une vingtaine d'acides aminés. Un dipeptide est la plus simple structure chimique permettant de mettre en évidence la liaison peptidique (MURRAY et al. 1995).

Les protéines alimentaires se trouvent dans les viandes, poissons, œufs, les produits laitiers ainsi que dans certains végétaux essentiellement les céréales et le soja.

Les protéines sont des molécules qui participent activement dans la construction, la croissance, l'entretien ou le renouvellement des cellules de l'organisme constituant plusieurs molécules vitales ; les protéines jouent de multiples fonctions (KOOLMAN & ROHM, 2001).

Les protéines animales sont d'une meilleure valeur nutritionnelle que les protéines végétales, car très digestes et contiennent des teneurs élevées en acides aminés indispensables.

Les besoins quotidiens en protéines sont estimés à 1g/kg/j.

Pour notre cas, la détermination de la teneur en protéines contenu dans notre échantillon (*Bertholletia excelsa*) suivra le principe de dosage des protéines alimentaires.

II.1.4. Les éléments minéraux

Les aliments que nous mangeons contiennent des matières minérales. Ces matières minérales, se classent en deux catégories principales, les macroéléments qui sont le calcium(Ca) le chlore(Cl) le magnésium (Mg), le phosphore (P), le potassium (K) et le sodium (Na) et les oligo-éléments ou éléments en traces qui sont le fer(Fe), l'iode (I), le cuivre(Cu), etc. Ces derniers se trouvent en quantités inférieures à 5g dans le corps humain. (AUDIGIE C. & ZONSZAIN F., 2000).

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à l'analyse de certains macroéléments contenus dans la noix du Brésil et l'élément en trace qui est le fer. Signalons également que les apports quotidiens en éléments minéraux permettent de compenser les pertes inévitables. C'est pourquoi une alimentation équilibrée et variée permet de garantir ces apports. En plus, les éléments minéraux sont solubles dans l'eau d'où une perte plus ou moins importante en fonction des modes de préparation des aliments.

Le tableau 3 montre différents nutriments et les besoins quotidiens pour l'organisme humain suivant une tranche d'âge.

**Tableau 3 : Les besoins quotidiens en énergie, en protéines et en lipides
(FAO,2002)**

Tranche d'âge	Energie (Kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)
Enfant de 0-1an	800	12	-
Enfant de 1-3ans	1510	26	42
Enfant de 5-12ans	2170	50	60
Enfant de 13-15ans	2620	64	73
Femmes enceintes	2240	55	65
Femmes allaitantes	2640	68	73
Hommes de 18-60ans	2944	57	83

II.1.4.1. Sodium

Les apports alimentaires varient considérablement, cependant, la concentration est bien régulée pour des apports allant de 1 à 10. L'excès de l'apport en sodium est en corrélation avec l'hypertension artérielle chez l'homme.

Les aliments végétaux naturels sont pauvres en sodium en dehors de quelques espèces de légumes (bette, céleri, épinard) ; les fruits en sont tous très pauvres. (AUDIGIE C. & ZONZAIN F.,2000).

II.1.4.2. Potassium

On le retrouve dans la viande et dans les légumes en quantités comparables. Le potassium est un micronutriment essentiel à l'alimentation humaine. Le potassium sous sa forme cationique K^+ est le principal ion intracellulaire de l'organisme. Le potassium est distribué dans les compartiments intra et extracellulaire de 90% du potassium est sous forme libre et il est donc échangeable, tandis que le reste est sous forme lié, dans les globules rouges et les tissus osseux et nerveux (WILLIAM J & STEPHAN K., 2006).

II.1.4.3. Le magnésium

Les fruits oléagineux (notre cas : *Bertholletia excelsa*) et le cacao sont des sources importantes de magnésium (plus de 100mg pour 100g).

Un organisme humain adulte en contient approximativement 1000 milli moles dont à peu près la moitié se trouve au niveau osseux et le reste est distribué à part égale entre les muscles et les autres tissus (WILLIAM J & STEPHAN K., 2006)

II.1.4.4. Calcium

Le calcium se trouve reparti dans la matière vivante sous deux états : le calcium soluble en partie diffusible (ou libre), ou forme complexe et partie non diffusible car liés aux protéines.

Le calcium est présent principalement dans le lait et produits laitiers, dans les légumes, dans les divers céréales et fruits.

Le calcium joue un rôle fondamental dans la coagulation du sang et dans l'excitation neuromusculaire qui augmente quand la concentration du calcium augmente ; il intervient dans l'équilibre hydrique. Il est indispensable à la

croissance et il diminue l'intensité des manifestations allergiques et exerce une action inflammatoire.

En association avec d'autres cations, le calcium intervient dans la régulation de la perméabilité et l'excitation cellulaire (AUDIGIE C. & ZONZAIN F., 2000).

Le calcium est aussi un constituant du squelette, il constitue environ 25% de l'os sec

II.1.4.5. Fer

Le fer est sans doute parmi les micronutriments dont la couverture des besoins pose, dans l'espèce humaine, le plus de problèmes pratiques à résoudre.

Les enfants, les femmes en âge de procréer et surtout les femmes enceintes constituent les principaux groupes à risque de déficiences en fer.

Le fer est un constituant de l'hémoglobine des globules rouges du sang. L'hémoglobine joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène et du gaz carbonique, permettant la respiration des tissus.

L'anémie est le trouble nutritionnel le plus répandu dans le monde. La cause la plus courante de l'anémie nutritionnelle est une carence en fer ou manque de fer dans le régime alimentaire (MURRAY et al. 1995)

Le fer, qui entre dans la constitution de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreux systèmes enzymatiques, est apporté sous forme de deux types de fer distincts sur le plan de la biodisponibilité alimentaire :

Le fer hémique qui est fourni de l'ordre de 15 à 25% du fer alimentaire dans les régimes des pays développés, se trouve dans les viandes et poissons et présente une bonne biodisponibilité (20 à 30% sont absorbés). (AUDIGIE C. & ZONZAIN F., 2000).

Le fer non hémique est présent dans les céréales, les légumes, les fruits et les produits laitiers.

Le tableau 4 donne les éléments minéraux et leurs principales fonctions.

Tableau 4 : Caractéristiques de quelques macro minéraux essentiels

(FAO, 2003)

	Fonction	Maladie ou Symptômes dus	
		à la déficience	à la toxicité
Na	- Cation principal dans le liquide extracellulaire - Contrôle le volume plasmique, l'équilibre acidobasique, la fonction nerveuse et la fonction musculaire - Na^+ - ATPase K^+	Inconnue dans une ration alimentaire normale -Secondaire à une blessure ou à une maladie	- Hypertension (chez les individus prédisposés)
K	- Cation principal dans la liquide intracellulaire fonction nerveuse et la fonction musculaire Na^+ - AT Pase K^+	-Se produit à la suite d'une maladie, d'une blessure ou d'un traitement aux diurétiques - faiblesse paralysie confusion mentale	-Arrêt cardiaque - ulcères du petit intestium
Mg	- Constituant des os des dents, cofacteur enzymatique (kinase, etc)	-secondaire à la malabsorption ou à la diarrhée, alcoolisme	- réduit les reflexes ostéotendineux et la respiration
Ca	- Constituant des os, des dents - Régulation de la fonction nerveuse et de la fonction musculaire	Pour l'enfant : rachitisme Pour l'adulte : Ostéomalacie peut contribuer à l'ostéoporose	-Apparait avec absorption due à l'hypervitaminose D'ou avec l'hypercalcémie due à l'hyperparathyroïdisme l'hypercalcémie idiopathique
Fe	- Constituant des enzymes hémiques (hémoglobine, cytochromes, etc.)	- anémie (hypochrome microcytaire)	- sidérose, hémochromatose héréditaire

II.1.5. L'Eau

L'eau qui représente le constituant le plus important de tous les êtres vivants donne à la matière vivante sa fluidité, ce qui permet et facilite les échanges et les mouvements dans la cellule. Elle représente 50% du protoplasme et sert de véhicule aux sels, aux substances organiques et aux gaz en solution.

La proportion de l'eau dans les tissus est très variable: 22% dans les os, 69% dans le foie, 75% dans les muscles, 82% dans les reins.

La quantité d'eau dans les tissus est souvent en relation avec l'intensité de l'activité biologique de l'organe. L'eau participe et est indispensable aux phénomènes osmotiques et aux échanges thermiques.

La teneur en eau des aliments est très variable : 1 à 10% dans les céréales, 60 à 75% dans les viandes et chairs d'animaux 80 à 96% dans fruits et légumes frais, 90 à 95% dans les champignons comestibles (AUDIGIE C.& ZONZAIN F.,2002)

CHAPITRE .III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Echantillonnage et préparation de l'échantillon

L'échantillon qui fait l'objet de notre travail a été récolté dans un jardin de culture privé de noix du Brésil (*Bertholletia excelsa*) se trouvant en commune Rumonge dans la province de Bururi, au mois de septembre 2012.

Les graines de cette noix du Brésil ont été réduites en poudre fine au laboratoire de l'ISABU à l'aide d'un broyeur. C'est cette poudre qui nous a servi pour les analyses que nous avons effectué.

III. 2 Méthodes d'analyses

Nos analyses ont été réalisées dans le laboratoire de la Faculté des Sciences pour la détermination de la teneur en eau tandis que les autres analyses, celles de détermination de la teneur en matières grasses, en protéines, en lipides, en celluloses, en sucres et en éléments minéraux ont été réalisées à l'ISABU.

Pour la détermination de la teneur en eau, les graines de noix du Brésil sont séchées à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à ce que la masse de l'échantillon soit constante.

Nous avons procédé par après au broyage des graines en poudre plus ou moins fine, laquelle poudre a été utilisée pour la détermination de la teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl, dosage des glucides par la méthode de Luff-Schoorl, des lipides (matière grasse) par extraction continue de Soxhlet, de la cellulose par la méthode d'extraction des fibres et enfin le dosage des éléments minéraux à l'aide de l'appareil de Spectrométrie d'Absorption Atomique.

III.2.1. Détermination de la teneur en eau et de la matière sèche

1° Principe

Le principe consiste à évaporer l'eau de l'échantillon à l'aide de l'étuve maintenu à 105⁰C jusqu'à l'obtention d'une masse constante (AUDIGIE et ZONZAIN F., 1986).

2° Matériel

- Balance analytique
- Etuve à 105⁰C
- Echantillon (poudre de noix du Brésil)
- Creusets

3° Mode opératoire

Peser l'échantillon frais à l'aide d'une balance analytique et noter la masse (P_1). Mettre l'échantillon dans une étuve préalablement réglée à 105 °C, et cela pendant 24heures.

Enlever l'échantillon de l'étuve et le mettre dans un dessiccateur pendant quelques minutes pour qu'il prenne la température ambiante. Peser l'échantillon et noter la masse (P_2). Répéter les étapes précédentes et autant de fois qu'il faut jusqu'à l'obtention d'une masse sèche constante.

4° Expressions des résultats

La relation qui donne la quantité de matière sèche exprimée en pourcentage est la suivante :

$$M.S = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \text{ où } P_2 \text{ est la masse en gramme de l'échantillon sec}$$

P_1 : masse en gramme de l'échantillon frais

M.S : Matière Sèche

La teneur en eau, exprimée en pourcentage, est donnée par la relation suivante :

$$H = 100 - M.S$$

III.2.2. Détermination de la teneur en matières grasses

1° Principe

Cette méthode consiste à faire une extraction continue par le solvant adéquat (éther de pétrole) accompagnée d'une distillation pour évaporer le solvant. Après l'évaporation complète, le ballon est repesé. La masse de la matière grasse est donnée par la différence. (MULTON J.L., 1991)

2° Matériels

- Manteaux chauffants
- Ballons de 250ml
- Soxhlet
- Réfrigérants
- Tuyaux en caoutchouc
- Tampon d'ouate
- Cartouche en carton
- Graisse de silicone

3° Réactifs

Ether de pétrole p.a

4° Mode opératoire

10g de l'échantillon à analyser sont pesés au dixième de mg près et portés dans une cartouche d'extraction. Un tampon d'ouate est tassé sur l'échantillon et la cartouche est placée dans le Soxhlet. Un ballon de 500ml est taré au dixième mg près (P_1) et rempli de 250 à 300 ml d'éther de pétrole.

Le ballon, le Soxhlet et le réfrigérant sont assemblés et placés dans le manteau chauffant (graisser les rodages avec de la graisse de silicone si nécessaire).

Le manteau chauffant est mis en service et le chauffage réglé de telle manière que 6 à 8 extractions soient réalisées par heure.

Après 6 heures d'extraction, on arrête le chauffage et on laisse revenir à température ambiante.

L'appareillage est démonté et l'éther de pétrole contenu dans le Soxhlet est transvasé dans le ballon.

Le ballon contenant l'éther de pétrole et les matières grasses est connecté à un appareil à distiller pour faire évaporer ce solvant ; enfin nous avons mis le ballon dans l'étuve réglée à 105° C pendant 24 heures. Peser le ballon, après passage au dessiccateur toutes les 6 heures et ceci, jusqu'à masse constante (P_2).

5° Expressions des résultats

La teneur en matières grasses exprimée en % est donnée par la relation suivante :

$$\text{Matières grasses (\%)} = \frac{P_2 - P_1}{X} \times 100$$

Où P_1, P_2, X désignent respectivement la masse en (g) du ballon avant extraction, masse après extraction, masse de la prise d'essai.

III.2.3. Détermination de la teneur en protéines

Le dosage des protéines se fait par la méthode de kjeldhal déterminant l'azote total et par conversion, on en déduit la teneur en protéines. Etant donné que les protéines renferment 16 % d'azote, le pourcentage des protéines est obtenu en multipliant par 6.25 la quantité d'azote totale obtenue (AUDIGIE & ZONZAIN 1986).

1° Matériel

- Balance analytique
- Manteau chauffant
- Ballon Kjeldahl de 250ml
- Ballons jaugés de 2l, 1l et de 250ml
- Bêchers
- Appareil de distillation
- Agitateur magnétique (téflon)

2° Réactifs

- Acide sulfurique p.a (H_2SO_4 (96-98%))
- Soude caustique (NaOH)
- Sulfate de cuivre p.a ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Sulfate de Potassium p.a (K_2SO_4)
- Sélénium en poudre p.a
- Sulfate de fer p.a ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Phénolphtaléine
- Acide borique p.a (H_3BO_3)
- Méthanol
- Rouge de méthyl p.a
- Vert de bromocrésol
- Bicarbonate de sodium (Na_2CO_3)
- Titrisol H_2SO_4 0.1N

3° Préparation des solutions et réactifs

Mélange des catalyseurs

Nous avons pesé 100 g de K_2SO_4 ; 12,3 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ g et 7,8 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ que nous avons broyé et mélangé dans un mortier.

Mélange d'indicateurs

0.25g de rouge de méthyle ont été dissous dans 250ml de méthanol. Nous avons ensuite prélevé 4ml de cette solution ; les avons mélangés avec 16ml de vert de bromocrésol.

Le mélange obtenu est versé dans une solution de H_3BO_3 4%.

Solution de l'acide borique(H_3BO_3)

40g de l'acide borique ont été dissous dans 1l d'eau distillée.

Standardisation de la solution de H_2SO_4

On dilue un titrisol de 100 ml de H_2SO_4 49.04 g dans 2 l d'eau distillée de sorte que l'on obtienne une solution de H_2SO_4 0.05N. Le facteur correctif de cette solution est déterminé au moyen d'une solution de Na_2CO_3 0,1N préparée de la manière suivante : peser exactement 5,2095g de Na_2CO_3 séché pendant au moins 12h à $105^\circ C$ à l'étuve et porter au dessiccateur, les dissoudre dans 1l d'eau distillée et agiter.

De cette solution, nous avons prélevé 3 ml de la solution qu'on a mis dans un erlenmeyer de 25 ml. Nous avons titré avec H_2SO_4 0,05N en présence de la phénolphtaléine jusqu'à la disparition de la couleur rouge.

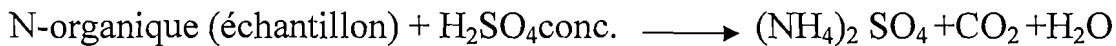
Soit V, le volume de H_2SO_4 0.05N utilisé pour titrer.

4° Mode opératoire

Attaque par H₂SO₄

Nous avons pesé au dixième de mg près, 1g de l'échantillon (poudre de noix du Brésil) dans un ballon Kjeldahl de 250 ml. 15ml de H₂SO₄ (96-98%) sont ajoutés et on rince à l'eau distillée. une cuillère du mélange de catalyseur et 1/2cuillère de sel de sélénium sont ajoutées. Les parois du ballon sont toujours rincées avec de l'eau distillée au moyen d'une pissette. Nous avons chauffé ensuite sous hotte jusqu'à la coloration verte de la solution. Et puis, la solution est laissée refroidir à la température ambiante. Nous avons enfin réalisé deux blancs.

Cette étape se résume par la réaction chimique ci-après :

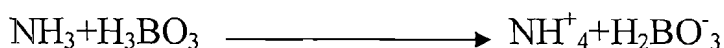
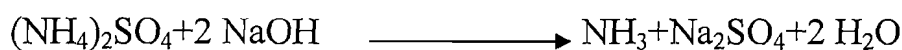


Après refroidissement, nous ajoutons une certaine quantité d'eau puis nous avons procédé au filtrage, le filtrat est mis dans un ballon de 250ml. Le ballon est abondamment rincé et porté à volume. Il est ensuite bouché et agité.

Neutralisation avec NaOH 50% et distillation

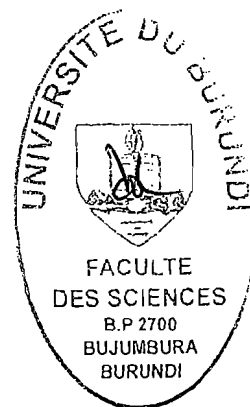
Nous avons prélevé 25ml dans le ballon de 250ml les avons mis dans un ballon Kjeldahl de 500ml. Après ajout de 25ml de NaOH 50% dans le ballon Kjeldahl et ajout de quelques grains de pierre ponce, nous avons introduit le ballon Kjeldahl dans l'appareil de distillation par entrainement à la vapeur. La solution de l'ammoniaque distillée est recueillie dans un erlenmeyer (ou bûcher) contenant 20ml de H₃BO₃ 4% additionné du mélange d'indicateur. La solution du mélange vire du rose au bleu-verdâtre. La distillation continue jusqu'à ce que le bûcher soit rempli jusqu'au 3/4.

Les réactions mises en jeu lors de la distillation sont :



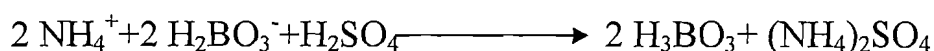
Coloration rose

coloration Bleu-verdâtre



Titration avec H_2SO_4 0,05N

Réactions mises en jeu



Coloration bleu-verdâtre

Coloration rose

III.4.5. Expressions des résultats

La teneur en azote (%) dans l'aliment est donnée par la relation :

$$\frac{(V-V') \times N \times f \times 0,0140067 \times 100 \times V_1}{P \times V_2}$$

Soient V : le volume de H_2SO_4 0.05N titrant l'échantillon

V' : le volume moyen de H_2SO_4 0.05N titrant le blanc

V₁ : le volume initial avant la prise d'essai (=250ml)

V₂ : le volume de la prise d'essai (=25ml)

N : la normalité de H_2SO_4

f : le facteur correctif $f = 0,98 (\approx 1)$

P : la masse de la prise d'essai de l'échantillon

0,0140067 : la masse équivalente de l'azote/ml de solution

La teneur en protéines (%) = N(%) x 6,25

Où 6,25 est le facteur de conversion (F)

III.2.4. Détermination de la teneur en cellulose

1° Matériel

- Creusets
- Etuve à 105°C
- Four à 500° C
- Raw fiber extractor.

2° Réactifs

- Acide sulfurique (H₂SO₄ 1.25%)
- KOH 1.25%
- Octanol

3° Mode opératoire

Nous avons pesé 1 g de l'échantillon (poudre de noix de Brésil), nous l'avons mis dans un appareil servant à détecter la quantité cellulosique de l'échantillon, nous avons ajouté 10 ml d'acétone pour le dégraissage avec quelques gouttes de l'octanol jouant ainsi le rôle d'antimoussant

Après on ajoute 150ml d'acide sulfurique (H₂SO₄ 1.25%) on chauffe ensuite le mélange pendant une trentaine de minutes on procède alors à la filtration avec le l'eau distillée. On ajoute alors au distillat 150ml de KOH 1.25% afin de pouvoir éliminé toute matière organique se trouvant dans l'échantillon et cela pendant 30 minutes

L'appareil est réglé automatiquement :

L'échantillon est mis dans l'étuve réglée à 105°C pendant 24 heures. On enlève l'échantillon de l'étuve et nous l'avons mis dans un dessiccateur pendant quelques minutes pour qu'il prenne la température ambiante. On pèse l'échantillon et on note la masse F₁. On refait la même procédure mais cette fois-ci l'étuve sera réglée à 500°C. On repese l'échantillon. C'est la masse F₂. (KIBIRITI C.,1986)

4° Expressions des résultats

La relation qui donne la teneur de cellulose exprimée en pourcentage est la suivante :

$$\text{Teneur de cellulose} : \frac{F_1 - F_2}{F_0} \times 100$$

Où F_1 : est la masse de l'échantillon (g) à 105°C

F_2 : masse de l'échantillon (g) à 500°C

F_0 : masse en (g) de la prise d'essai

III.2.5. Détermination de la teneur en substances minérales

1° Minéralisation

Matériel

- Creusets en porcelaine
- Balance analytique
- Four à moufle à 450°C
- Bain de sable
- Ballons jaugés de 25, 50, 100ml
- Hotte
- Dessiccateur

Réactifs

- acide chlorhydrique concentré
- eau distillée

Mode opératoire

L'échantillon broyé est pesé à la balance analytique dans un creuset préalablement taré. On porte ensuite le creuset au four à moufle à 450°C pendant 24 heures.

Après, le creuset est sorti du four, puis refroidi à la température ambiante au dessiccateur et est pesé.

On fait la différence avec la masse du creuset vide.

Les cendres totales sont obtenues à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Cendres totaux (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - T} \times 100$$

Où P₁ : est la masse du creuset +échantillon avant le passage au four à moufle

P₂ : est la masse du creuset+échantillon après le passage au four à moufle

T : la masse du creuset (tare)

Parmi les cendres totaux, on distingue les centres solubles et les cendres insolubles. Les cendres insolubles sont ceux qui ne sont pas dissoutes dans l'acide chlorhydrique concentré obtenues après filtration sur filtre sans cendres.

Les cendres insolubles sont obtenues de la manière suivante :

On verse 3,5ml de HCl /g de la masse de la prise d'essai de l'échantillon, dans les cendres totales préalablement pesées. On ajouté 10 à 15ml d'eau distillée. On laisse ensuite digérer pendant 1/2 heure au bain de sable. Après on enlève et on filtre sur papier filtre sans cendres dans un ballon jaugé de 100 ml. Le papier filtre et le creuset est rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée. Le ballon jaugé est porté à volume avec de l'eau distillée. Cette préparation servira comme solution mère pour l'analyse cationique. On pèsera enfin les cendres insolubles après passage à température ambiante dans le dessiccateur.

La teneur en % des cendres insolubles est :

$$\text{C.I (\%)} = \frac{P_3 - T}{P_2 - T} \times 100$$

Où P₃: La masse du creuset+échantillon (cendres insolubles) après le deuxième passage au four à moufle à 450°c

Les cendres solubles : C.S (%)= C.T-C.I

Où C.S : Cendres solubles ;

C.I : Cendres insolubles

C.T : Cendres totaux

2° Analyse cationique (par S.A.A : spectrophotométrie d'Absorption Atomique)

Principe

La méthode consiste en une mesure de l'intensité lumineuse de la raie ou du groupe de raies spectrales. On pulvérise une solution et on introduit le brouillard obtenu dans une flamme de deux gaz. Le brouillard s'évapore et libère les sels qu'il contient. Ceux-ci se volatilisent sous forme solide et se dissocient en atomes libres. La vapeur atomique est portée à l'état excité par la chaleur de la flamme et émet un rayonnement électromagnétique qui caractérise le spectre de l'atome présent.

Réactifs

- Chlorure de lanthane (LaCl_3) : 100g sont dissouts dans 1l d'eau distillé et si la solution est trouble, on ajoute quelques gouttes de HCl concentré jusqu'à la disparation du trouble.
- Titrisols ou standards commerciaux

Matériels

- Un spectrophotomètre d'Absorption Atomique
- Lampes à cations dont les caractéristiques sont données dans le tableau 5.

Mode opératoire

On met sous tension l'appareil, le compresseur à air et on y met la lampe spécifique de l'élément à doser on ouvre la bouteille contenant le gaz (air +acétylene). Le spectrophotomètre d'absorption atomique utilisé est un appareil moderne géré par un ordinateur par le logiciel winlab 32 AA Flame.

De ce fait, la longueur d'onde (λ), la fente, le spectre, l'intensité (I) et l'énergie fournie par la lampe sont programmés à l'ordinateur.

Après avoir aspiré les standards de l'élément à des concentrations connues, une courbe d'étalonnage est affichée sur l'écran de l'ordinateur et on passe à la mesure de l'échantillon.

Le tableau suivant donne les caractéristiques analytiques des éléments à analyser.

Tableau 5 : Caractéristiques analytiques des éléments analysés

Elément	Longueur d'onde λ (nm)	Intensité I (mA)	Fente	Spectre UV/VIS	Courbe standard (ppm)	Flamme
Na ⁺	295,4	8	4	UV	0-2-5-10	A-AC
K ⁺	384,4	12	5	Vis	0-2-5-10	A-AC
Ca ⁺⁺	211	10	4	UV	0-2-5-10	A-AC
Mg ⁺⁺	285	6	4	UV	0-0,5-1-2	A-AC
Fe ⁺⁺⁺	248	-	3	UV	0-2-5-10	A-AC

(WILLIAM H. et GEORGE W.L., 2005)

Où

I : Intensité

UV : Ultra-violet

Vis : Visible

A-AC : Air-Acétylène

III.2.6. Détermination de la teneur en glucides

1° Généralités

L'analyse chimique des sucres se subdivise classiquement en sucres totaux et sucres réducteurs ; les sucres non réducteurs étant obtenus par différence.

Les sucres réducteurs sont dosés chimiquement en se basant sur leurs propriétés de réduire le sulfate de cuivre en milieu alcalin avec formation d'oxyde de cuivre(I) Cu₂O. (MULTON J.L., 1991).

2° Principe

Le dosage chimique de ces sucres est fondé sur leur pouvoir réducteur.

En milieu alcalin, tous les monosaccharides ainsi que les disaccharides réducteurs (lactose, maltose, ...) réduisent le Cu(II) en oxyde de Cu(I).

La détermination de la teneur en sucres réducteurs est effectuée en mesurant par iodométrie la quantité du Cu(II) qui n'a pas réagi.

3° Matériels

- Balance analytique au $1/10^{\text{ème}}$ mg près ;
- Ballons jaugés de 100 et 250 ml ;
- Erlenmeyers de 250 ml
- Burette semi-automatique de pellet 0 à 25ml ;
- Bain-Marie
- Cylindre à pied

3° Réactifs

- Acide citrique ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) p.a
- Sulfate de cuivre $CuSO_4 \cdot 7H_2O$ p.a
- Carbonate de sodium Na_2CO_3 .
- Iodure de potassium KI, p.a
- Acide sulfurique 25% en masse, H_2SO_4 , P.a
- Hyposulfite de sodium 0,1N, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
- Empois d'amidon, p.a

4° Mode opératoire

Préparation des solutions

a. Réactif de LUFF-SCHOORL

Dissoudre :

1. 50 g d'acide citrique dans 50 ml d'eau distillée
2. 25 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dans 100 ml d'eau distillée
3. 388 g de $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dans 300 à 400 ml d'eau distillée chaude

Nous avons transvasé la solution 3 dans un ballon de 500 ml, nous avons ajouté lentement et sous vive agitation la solution 1. Nous avons ensuite ajouté la solution 3 et nous avons porté le volume au trait de jauge, fermé et agitée.

b. Solution H_2SO_4 à 25%

Nous avons versé très lentement et sous agitation 260ml H_2SO_4 dans un jaugé de 1 litre contenant 500 ml d'eau distillée. On laisse refroidir et porter à volume avec eau distillée, enfin on bouche le ballon tout en agitant.

c. Empois d'amidon 1%

Nous avons dissous 1g d'amidon dans 100 ml d'eau distillée. Nous portons le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge en homogénéisant.

d. Hyposulfite ou Thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1N

24.82g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sont dissous dans un jaugé de 1 litre. Le volume est porté au trait de jauge avec de l'eau distillée.

f. Acide chlorhydrique 3,7 N et HCl 0,1N

1ml de HCl (0.1N) a été versé dans un ballon de 100 ml d'eau distillée, le volume est porté au trait de jauge avec de l'eau distillée.

g. Iodure de potassium 10% (KI)

Dans un ballon jaugé de 100ml nous y avons mis 5ml d'eau distillée avec 10g d'iodure de potassium (KI) et porté à volume tout en homogénéisant la solution.

h. Une solution de carrez A

Nous avons dissous dans un ballon jaugé de 100 ml une masse de 13,8g de sulfate de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dans de l'eau distillée et nous y avons ajouté 3ml d'acide acétique (CH_3COOH) 96% avant de porter à volume.

i. Une solution de carrez B

Dans un ballon jaugé de 100 ml, nous avons dissous 10,3 g de ferrocyanure de potassium ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dans de l'eau distillée.

Préparation de l'échantillon

Nous avons pesé 12 g de poudre de l'échantillon (*Bertholletia excelsa*). Après, nous les avons mis dans un ballon de 250 ml en employant un entonnoir à poudre et nous avons ensuite ajouté 180ml d'eau distillée pour solubiliser la poudre.

En outre, nous avons agité en additionnant avec 5ml de la solution de Carrez A et 5ml de la solution de carrez B. Nous avons porté à 250 ml ; nous avons filtré la solution obtenue. Ensuite, 25ml du filtrat ont été pipetés puis le volume a été porté à 250 ml en agitant. Enfin nous avons pipeté 25ml de la solution et nous avons dosé les sucres.

Dosage des sucres réducteurs

Principe

Le dosage chimique de ces sucres est fondé sur leur pouvoir réducteur.

Cette attaque est due au fait que les sucres simples ont des propriétés réductrices vis-à-vis des métaux. Dans notre cas, le métal réduit est le cuivre se trouvant sous forme de sulfate. L'excès de sulfate de cuivre du réactif de Luff-Schoorl est ensuite transformé en sulfate d'ammonium avec libération d'iode. Enfin, l'iode libéré est dosé par le thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon comme catalyseur.

Mode opératoire

Nous avons pipeté 25ml de la solution préparée dans un erlenmeyer de 250ml et nous y avons ajouté 25ml de réactif de Luff-Schoorl et quelques morceaux de pierre ponce. Après deux minutes, nous avons porté l'ensemble à l'ébullition sous réfrigérant à reflux pendant dix minutes.

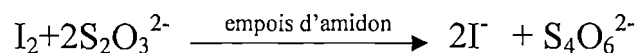
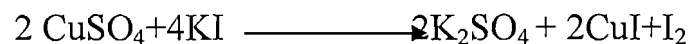
Nous avons ensuite refroidi et avons ajouté une petite quantité de KI et avons versé lentement 25ml d'acide sulfurique 25%.

Après versement de ce volume, il s'est produit une coloration brune due à la mise en liberté d'iode.

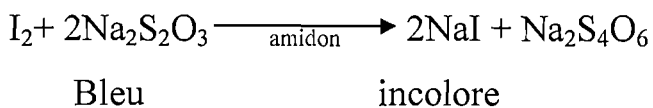
Après, nous l'avons titré par le thiosulfate de sodium 0,1N en présence d'empois d'amidon comme indicateur.

N.B. Nous avons procédé de la même façon pour le blanc.

Les réactions qui sont mises en jeu :



Titration iode formé:



Dosage des sucres totaux

Principe

Le principe consiste à transformer les sucres non réducteurs en sucres réducteurs par l'action simultanée de l'acide chlorhydrique concentré à chaud et de carbonate de sodium 0,1N.

Mode opératoire

25ml de la solution ont été prise et nous y avons ajouté 25ml de réactif de Luff-Schoorl et quelques morceaux de pierres ponce dans un bain-marie pendant 30minutes. Nous avons en outre refroidi et porté à 30ml puis nous avons agité. Nous avons neutralisé avec du NaOH 0,1N jusqu'à la fin de la neutralisation. Nous avons en plus pipeté 10ml de cette solution dans un ballon rodé de 50ml et nous avons dosé comme pour les sucres réducteurs.

Expressions des résultats

Soient V_1 , le volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N utilisé pour titrer l'échantillon

V_2 , le volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2N utilisé pour titrer le témoin

$Y = (V_1 - V_2) \times f$: la quantité de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisée pour doser les sucres réducteurs.

Avec f, le facteur de correction.

Sachant que la table de Luff-schoorl donne la correspondance entre le nombre de millilitres de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisé et la quantité de sucres réducteurs présents en solution, nous avons cherché à l'aide de celle-ci, la quantité en milligramme de sucres réducteurs présents.

La teneur en sucres réducteurs est donnée par la relation suivante :

$$\% \text{ S.R} = \frac{\text{mg glucose} \times 10 \times 100}{\text{masse de l'échantillon} \times 1000}$$

$$= \frac{\text{mg glucose}}{12,5}$$

La teneur en sucres totaux est donnée par la même relation seulement, les sucres totaux sont conventionnellement exprimés en saccharose.

Pour ce faire, on multiplie par 0,95 (la dilution change aussi) après avoir soustrait les sucres immédiatement réducteurs selon la relation :

$$\boxed{(\text{Sucres totaux} - \text{sucres réducteurs}) \times 0,95}$$

Le facteur de correction s'exprime comme suit :

$$f = \frac{\text{Volume de } K_2Cr_2O_7 \times \text{concentration } K_2Cr_2O_7}{\text{Volume de } Na_2S_2O_3 \times \text{concentration de } Na_2S_2O_3}$$

CHAPITRE IV : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. Présentation des résultats

Il est à rappeler que nos analyses chimiques sur la noix du Brésil *Bertholletia excelsa* ont porté sur la détermination de la teneur en eau, en matière sèche, en protéines, en matières grasses, en celluloses, en glucides et en quelques éléments minéraux (Na, K, Ca, Mg, Fe). Les résultats obtenus sont représentés en termes de la moyenne de deux mesures (tableau 6)

Tableau 6 : Résultats de nos analyses sur le dosage des nutriments

Nutriments	Teneur en nutriments par 100 g de l'échantillon
Eau (%)	5,7
Protéine (%)	26,88
Matières grasses (%)	32,67
Cellulose (%)	4,40
Sucres totaux (%)	5,136
Sucres réducteurs (%)	1,186
Na (mg/100g)	20.5
K (mg/100g)	1728
Ca (mg/100g)	122.8
Mg (mg/100g)	449.0
Fer (mg/100g)	5.5
Energies (Kcal)	422

VI.2. Discussion des résultats

Les quantités en pourcentage de la teneur en matière sèche et de l'humidité nous ont montré que l'échantillon est conservable. En effet, nos résultats montrent que les graines de noix du Brésil ont une teneur en eau de 5,7% fortement inférieure à 15% la teneur recommandée pour une bonne conservation. (FAO, 1984).

Cette valeur trouvée nous montre que les graines de noix du Brésil sont conservables pendant longtemps sans être altérées et ont une concentration élevée des nutriments car plus un aliment a une faible teneur en eau plus forte est sa concentration en nutriments (ALAIS C, & LINDEN G. 1997).

Concernant la teneur en lipides, nous avons trouvé 32,67% de graisses. Cette valeur est relativement basse par rapport à la valeur fournie par la littérature (Tableau 2). Cet écart pourrait être justifié par les pertes de matière grasse constatées lors du broyage de l'échantillon et également du type de sol.

En comparant nos résultats, avec les valeurs trouvées lors de la détermination de la valeur nutritive des arachides vendues et consommées à Bujumbura, nous constatons que les graines de noix du Brésil constituent des bonnes sources en matières grasses et peuvent remplacer les arachides une fois incorporées au régime alimentaire car leurs valeurs nutritives en lipides sont proches.

En comparaison avec les autres aliments consommés au Burundi (Annexe n°2) Cette valeur est relativement bonne.

Pour le cas des protéines, leur teneur est de 26,88 % ; quantité non négligeable comparée avec celle trouvée dans les arachides (Tableau 7). De ce fait, nous constatons qu'à l'absence des graines d'arachides dans le régime alimentaire nos graines de noix du Brésil peuvent les remplacer valablement.

Enfin, en comparant avec d'autres aliments consommés au Burundi (Annexe 2), nous constatons que notre valeur est appréciable.

Pour les sucres, les valeurs trouvées sont 5,136 % et 1,186% respectivement pour les sucres totaux et réducteurs.

En les comparant avec les résultats de la littérature (Tableau 2), nous constatons que les valeurs sont proches. Cela nous montre que les graines de noix du Brésil ne sont pas riches en glucides.

Pour la cellulose, la teneur est de 4,40%. Les résultats trouvés montrent que les graines de noix du Brésil ne sont pas riches en cellulose par rapport aux valeurs se trouvant en annexe 2. En effet, ces graines viennent en 3^e position après les haricots frais non écosés et petit pois (Annexe2).

Quant aux éléments minéraux, nous avons trouvé, lors de nos analyses, pour une portion de 100g de graines de noix de Brésil, 20.5 ; 1728 ; 122.8 ; 449 ; 5,5 (mg) respectivement pour le sodium, le potassium, le calcium, le magnésium et le fer.

Le fer est en petite quantité par rapport aux autres éléments, cela s'explique par le fait que le fer est un élément en trace. Les résultats de nos analyses nous montrent que les graines de noix du Brésil sont fortement riches en éléments minéraux surtout en potassium, en magnésium et aussi en calcium respectivement pour des valeurs 1728 ; 449 et 122,8(mg). Comparativement aux résultats de la littérature (Tableau 2) nous constatons une grande différence. Cela pourrait être dû au type de sol dans lequel les noix du Brésil sont plantées.

Le Tableau 7 compare les valeurs expérimentales trouvées pour les arachides et la noix du Brésil.

Tableau 7 : Tableau comparatif de la composition en nutriments essentiels /100g d'aliments d'arachide et de noix du Brésil

Nutriments	Valeur nutritive des arachides selon BASHINGWA Elie	Valeurs nutritives trouvées dans les noix de Brésil
Eau (g)	5,21	5,70
Protéine (g)	25,25	26,88
Matières grasses (g)	48,10	32,67
Cellulose (g)	-	4,40
Sucres : - totaux	-	5,136
- réducteurs	-	1,186
Substances minérales :		
Na (mg)	10.96	20.5
K (mg)	661.00	1728
Ca (mg)	40.43	122.8
Mg (mg)	160.00	449.0
Fe (mg)	1,86	5.5

En se référant aux besoins recommandés en éléments minéraux, en glucides, en lipides et en protéines. (Tableau 3) et (annexe3) et en se basant à nos résultats de l'analyse, nous avons calculé les quantités en g des graines de noix du Brésil nécessaires pour couvrir les besoins journaliers recommandés pour chaque nutriment étudié. (Cas d'un homme et d'une femme adulte)

Le tableau 8 nous montre les quantités de graines de noix du Brésil nécessaire pour couvrir les apports journaliers recommandés.

Tableau 8 : Quantité en (g) des graines de noix de Brésil qu'il faudrait consommer pour satisfaire les besoins journaliers de chaque nutriment étudié.

Nutriments		Quantité de noix de Brésil
Macronutriments	Glucides	5841 à 7789g
	Lipides	183,6 à 275,48g
	Protides	111,60 à 223,21g
Micronutriments	Sodium	4878 à 9756g
	Potassium	115,74 à 347,22g
	Calcium	814,33g à 1628,66g
	Magnésium	77,9g
	Fer	36 ,36g à 363,6g

Pour tous les nutriments étudiés sauf les glucides et certains minéraux tels que le sodium et le calcium où nous devons consommés une grande quantité de graines de noix du Brésil pour couvrir les besoins journaliers. Les résultats trouvés nous montrent la richesse de ces graines en ces nutriments.

Il faudra consommer une grande quantité de glucides pour couvrir les besoins journaliers et cela n'est pas étonnant du fait que les glucides prédominent dans les produits végétaux sauf dans les « protéagineux » comme le soja et les oléagineux (ALAIS C. & LINDEN, 1997).

Pour le cas du sodium et de calcium la quantité à consommer est très grande pour couvrir les besoins journaliers, soit une quantité variant entre 4878g à 9756g et 814.33 à 1628.66g des graines de noix de Brésil respectivement pour le sodium et calcium.

D'où la consommation de ces graines devrait être accompagnée par des aliments riches en ces minéraux. En somme, les graines de noix du Brésil analysées sont très nutritives. Elles sont riches en lipides, en protéines, en potassium, en magnésium, en fer et contiennent aussi des quantités non négligeables des glucides, de sodium et de calcium.

CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

V.1.Conclusion

Le but de notre travail était de déterminer la valeur nutritive des graines de noix de Brésil dans le souci d'informer la population burundaise en général, celle de la commune Rumonge en particulier sur ses vertus nutritive. (et si nécessaire d'encourager sa culture et d'interpeller cette population à les consommer).

Tenant compte des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les graines de noix du Brésil sont riches en protéines.

L'incorporation régulière de ces graines dans l'alimentation contribuerait à la réduction des maladies liées au régime alimentaire déficitaire en protéines.

Les graines de noix du Brésil sont aussi riches en lipides. Cela constitue une nécessité très remarquable car les lipides végétaux en plus de leur grande valeur énergétique, sont associées aux vitamines liposolubles qui exercent diverses fonctions dans l'organisme et aux acides gras essentiels qui sont des précurseurs des prostaglandines lesquels agissant comme des hormones locales (MOUSSARD C., 2006). C'est pourquoi l'incorporation de ces graines au régime alimentaire apporterait une contribution à la réduction de pas mal de maladies liées aux carences en vitamines liposolubles et aux acides gras essentiels.

Elles sont aussi riches en cellulose. L'incorporation régulière de ces graines au régime alimentaire réduirait des maladies liées au déficit des fibres alimentaires.

Les graines sont également riches en éléments minéraux tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le sodium et le fer. Nous référant sur l'importance de ces éléments dans l'organisme principalement dans la constitution structurale au niveau osseux et dentaire (cas du calcium), transfert de l'oxygène (cas du fer) contrôle dans le liquide intracellulaire fonction nerveuse et musculaire (cas du

potassium) contrôle du volume plasmiq (cas du sodium) ; la consommation régulière de ces graines de noix du Brésil réduirait sans doute les maladies liées aux carences en ces minéraux ; telles que le rachitisme et l'ostéoporose (carence en calcium), l'anémie hypochrome microcytaire (carence en Fer), hypokaliémie (carence en potassium), hypomagnésimie (carence en magnésium).

Bref, tenant compte de la richesse nutritive des graines de noix du Brésil ; nous constatons que les graines ont un rapport nutritionnel non négligeable dans l'alimentation.

L'incorporation régulière au régime alimentaire contribuerait à la réduction de pas mal de maladies dues aux déficits alimentaires.

V.2. Recommandations

Nous ne saurions terminer notre travail sans émettre quelques recommandations.

Aux pouvoirs publics :

- Organiser des séminaires ayant pour but d'enseigner la population sur la complémentarité entre les micronutriments, afin de lutter contre la malnutrition et la sous-alimentation ainsi que des maladies de carence en nutriments.
- De pouvoir multiplier et équiper les laboratoires d'analyse et de contrôle de la qualité alimentaire pour permettre des études plus approfondies sur les aliments.

A l'Université du Burundi :

Sensibiliser l'Etat à investir à la recherche et assurer la bonne qualité de chercheurs

A l'ISABU :

- De multiplier les semences productives et contribution à la vulgarisation du noix de Brésil afin de la cultiver dans tous les coins du pays.

Aux chercheurs :

- Faire une étude approfondie sur ce travail surtout en faisant les dosages d'autres micronutriments ainsi que des vitamines

A la population :

- De consommer les fruits oléagineux tels que la noix de Brésil avec d'autres aliments riches en glucides
- Cultiver et multiplier la plante dans leur entourage.
- D'incorporer régulièrement les graines de noix de Brésil dans leur régime alimentaire car elles sont d'une grande valeur nutritive et énergétique ce qui contribuerait à la constitution d'une ration alimentaire équilibrée.

Références Bibliographiques

1. **APFELBAUM M. et FORRAT C., 1989** : Abrégé de diététique et de nutrition. 2^{ème} édition révisée, Masson Paris-Milan-Barcelone –Mexico. 467 P
2. **ALAIS C. LINDEN G., 1997** : Abrégé de Biochimie alimentaire, 4^{ème} édition révisée et complétée ; Paris, Milan, Barcelone, 248 P.
3. **AUDIGIE C., ZONZAIN F., 2000** : Biochimie structurale. Doin éditeur (Nouvelle édition), avenue Edouard –Berlin, 266P.
4. **AUDIGIE C., ZONZAIN F., 2002**. Biochimie structurale, nouvelle édition, avenue Edouard Berlin 261 P.
5. **AUDIGIE et ZONZAIN F., 1986**. Manipulation d'analyse biochimique. 1^{ère} édition, 5^{ème} tirage, DOIN éditeurs, Paris, P.274.
6. **BASHINGWA Elie** : contribution à l'étude de la valeur nutritive de différentes variétés d'arachide vendues au Marché central de Bujumbura :cas des types virginia, valencia et spanish.
7. **FAO, 2002** : Agriculture, alimentation en Afrique, Rome, P 411.
8. **FAO, 2003** : Guide intégrer des considérations d'ordre nutritionnel dans le programme de recherche agricole. Instrument pour améliorer le bien être nutritionnel, 36 P.
9. **FRANÇOIS M. ; 1968**. Volume III, cahiers de nutrition et de diététique.
10. **GORDEN B., MULTON J.L., BOURGOIS C.M. ; BRICOUT J. et COLONA P., 1996** : Protéines Végétales, 2^{ème} édition revue et augmentée collection Sciences et Technique agro-alimentaires, Paris ; P.666.
11. **ISABU, 2010** : Analyse des végétaux et des aliments modes spéciales.
12. **KABIRITI C., 1986** : modes opératoires et des aliments pge35
13. **KOOLMAN J. et ROHM K., 2001** : Atlas de poche de Biochimie Médecines Sciences. 2^{ème} édition remanier et complété. Flammarion, 4 rue Casmir Delavigne, Paris, Bruxelles, 462 P.

14. **MOUSSARD C., 2006.** Biochimie structurale et métabolique, 3^{ème} édition 2^e tirage Licence de Biologie, de Chimie, PCEM, Pharmacie, Edition De Boeck Université, Bruxelles, p.352.
15. **MULTON J.L., 1991.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, volume 4, Lavoisier et TEC et DCO, Paris P.746.
16. **MURRAY, GRANNER, MAYES et RODWELL, 1995 :** Précis de Biochimie de HARPER, Traduction de la 23^{ème} édition américaine par Lise Nicole, Paris, Bruxelles, P.919.
17. **NIYUNGEKO C., 2008.** Détermination de la valeur nutritive des légumineuses : cas du poids caja et du pois chiche. Mémoire, Université du Burundi, Faculté des Sciences.
18. **NSENGIYUMVA R., 2011** contribution à la Détermination de la valeur nutritive des graines de Sésame. Mémoire, Université du Burundi, Faculté des Sciences
19. **NTAKARUTIMANA V., 2010 :** Notes de cours de biochimie alimentaire 2^e Licence, Université du Burundi, Faculté des sciences.
20. **WILLIAM H. et GEORGE W.L., 2005** Official methods of Analysis of AOAC International. 18th edition.
21. **WILLIAM J.STEPHAN K., 2006.** Biochimie Médicale physiologie et diagnostic, traduction et adaptation de l'Anglais par Eric Raymond, édition originale, Elsevier S.A, Paris P.385.
22. <http://www.cap-sciences.net/upload/dossier-peda-self-info-repas-ok.pdf>, consulté le 8/8/2012
23. http://fr.wikipedia.org/bertholletia_excelsa, consulté le 17/9/2012
24. <http://www.regime-minceur-santé.fr>, consulté le 21/9/2012

ANNEXES

Annexe 1 : TABLE DE LUFF-SCHOORL (MULTON JL., 1991)

M1 de Na ₂ S ₂ O ₃ N/10	Glucose Fructose inverti (mg)	Galactose (mg)	Maltose (mg)	Lactose anhydre (mg)	Lactose hydraté en (mg)
1	2,4	2,7	3,9	3,6	3,8
2	4,8	5,5	7,8	7,3	7,7
3	7,2	8,3	11,7	11,0	11,6
4	9,7	11,2	15,5	14,7	15,5
5	12,2	14,1	19,6	18,4	19,4
6	14,7	17,0	23,5	22,1	23,3
7	17,2	20,0	27,5	25,8	27,7
8	19,8	23,0	31,5	29,5	31,1
9	24,4	26,0	35,5	33,2	35,0
10	25,0	29,0	45,5	37,0	33,0
11	27,6	32,0	33,5	40,8	43,0
12	30,0	35,0	47,5	44,6	47,0
13	33,0	38,1	51,6	48,4	51,0
14	35,7	41,2	57,7	52,2	55,0
15	38,5	44,4	59,8	56,0	59,0
16	41,3	47,6	63,9	59,9	63,1
17	44,2	50,8	68,2	63,8	67,2
18	47,1	54,0	72,2	77,7	71,3
19	50,0	57,3	76,5	71,7	75,5
20	53,0	90,7	80,9	75,7	79,7
21	56,0	64,2	85,4	79,8	84,0
22	59,1	67,7	90,0	83,9	88,3
23	62,2	71,3	94,6	88,0	92,6

Annexe 2 : Valeur nutritionnelle des aliments couramment utilisés en Afrique pour 100g de partie comestible (FAO, 1968 et PLAT, 1962, cité NSENGIYUMVA R.)

Aliment	H ₂ O (ml)	Energie (Kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)	Fer (mg)	Vitamines					Cellulose (g)
								Equiv. B Carotène µg	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Niacine (mg)	Acide ascorbique	
Feuilles vertes potiron	89	27	4,0	0.2	4,4	477	0,8	3600	0,08	0,06	0,3	80	2,4
Courge (fruit)	94	21	0.5	0.1	5,2	24	2,4	25	0,03	0,03	0,4	2	0,6
Graine de potiron tégument enlevé	6	555	23.4	46.2	21,5	57	2,8	30	0,15	0,20	1,4	2	2,2
Haricot et pois frais écossés	70	104	7.0	0.2	19	40	2,0	90	0,30	0,15	1,5	25	2,5
Haricot frais non écossés	89	36	2.5	44.8	7,9	43	11,4	7500	0,8	0,12	0,5	27	11,8
Arachide sèche	7	5,49	23.2	25.0	23,0	49	3,8	15	0,79	0,14	15,5	1	2,9
Arachide fraîche	45	332	15.0	4.4	12,0	30	1,5	-	0,50	0,10	10,0	10	1,5
Manioc (farine)	9	363	1.0	0.5	88,2	84	1,0	-	0,02	0,03	0,6	0	2,2
Haricot commun	12	336	21.7	1.5	6,9	120	8,2	10	0,37	0,16	2,4	1	4,4
Pomme de terre	78	82	1.7	0.1	18,9	13	1,1	25	0,07	0,03	1,3	21	0,6
Patte douce	69	121	1.6	0.2	28,5	33	2,0	75	0,09	0,04	0,7	27	1,0
Maïs farine	12	362	9.5	4.0	62,0	12	2,5	1	0,30	0,13	1,5	0	1,1
Pois	11	339	23.3	1.4	62,0	90	17,9	15	0,88	0,17	3,0	-	5,7

ANNEXE 3 : Les besoins en nutriments dans l'organisme (<http://www.regime-minceur-santé.fr>).

NUTRIMENTS		APPORTS JOURNALIERS
Macronutriments	Glucides	300 à 400g
	Lipides	60 à 90g
	Protides	30 à 60g
Micronutriments	Sodium	1 à 2 g
	Potassium	2 à 6g
	Calcium	1 à 2g
	Magnésium	350mg
	Fer	2à 20mg
Vitamines	B1	1 à 1,2mg
	C	30mg
	PP	15 à 20mg
Energie		2400Kcal =10.000KJ