

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail – Patrie

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

UNIVERSITE DE NGAOUNDERE

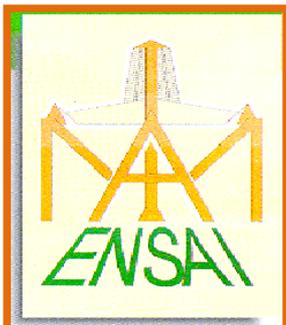


REPUBLIC OF CAMEROON

Peace - Work – Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

THE UNIVERSITY OF NGAOUNDERE



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRO - INDUSTRIELLES

NATIONAL SCHOOL OF AGRO-INDUSTRIAL SCIENCES

Division des Affaires Académiques, de la Coopération, de la Recherche et de la Sclolarité

Service des Stages et de la Formation Continue

BP: 455- Ngaoundéré, CAMEROUN/ Tel : 79 82 88 00 / 22 16 65 10

Email : ensai_stages@yahoo.fr

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur des Industries Agricoles et
Alimentaires (IAA)**

**Evaluation et amélioration de la qualité nutritionnelle des
aliments traditionnels du Cameroun :
Cas des produits TALESS DRY FOOD/GIC**

Stage effectué à TALESS DRY FOOD/GIC

Du 03 Juin au 29 septembre 2014

Par :

CHAPET INES D'AVILA

11I055EN

Licence en Biochimie



Encadreur Industriel :

M. TALLE PASCAL

(Directeur général, TALESS DRY FOOD)

Encadreurs académiques :

NDJOUENKEU ROBERT
(Professeur, ENSAI)

NGUIMBOU RICHARD M.
(Chargé de Cours, ENSAI)

Année Académique 2013 / 2014

DEDICACE

**A tous ceux qui attendent une action
concrète pour sortir de l'insécurité
alimentaire.**

**A ma mère, femme de caractère dont
le soutien sans faille a été la pierre
décisive dans la construction de ce
que je suis.**

SPONSORING



Ce travail est réalisé au sein de l'équipe de recherche **Technologie, Qualité et Innovations Agro-Alimentaire (TQI2A)**, dans le cadre du projet « **Production durable du manioc en Afrique Centrale et intégration au marché** » (Contrat de Subvention n°DCI-FOOD/2010/252-886) piloté par le **PRASAC** (Pôle Régional de Recherche Appliquée au développement des Systèmes Agricoles d'Afrique Centrale), et avec l'appui complémentaire de l'**AIRD** (Agence Inter établissement de Recherche pour le Développement).

REMERCIEMENTS

Pour ce travail, je tiens à remercier les personnes sans qui il n'aurait été ainsi réalisé ; je citerai ici:

- Le Directeur de l'ENSAI, sans qui ma formation n'aurait été possible ;
- Le Pr NDJOUENKEU et Le Dr NGUIMBOU pour l'encadrement et le suivi pour la bonne réalisation de ce projet ;
- Le Directeur général de TALESS DRY-FOOD/GIC, Monsieur TALE PASCAL, pour m'avoir permis de faire ce stage dans son entreprise;
- M. NOBOSSE P. pour ses conseils académiques ;
- D'une manière générale, remerciement au corps enseignant de l'ENSAI pour leur encadrement académique;
- Un remerciement spécial à ma mère, Mme Tchagnin Madeleine pour son soutien à tous égards, sa force et son courage qui ont été pour moi une véritable bouée de secours ;
- A mon père pour son soutien dans les périodes difficiles ;
- Mes frères et sœurs qui m'ont toujours encouragé, soutenu, conseillé et aidé à tout moment ;
- Tous les biens aimées frères et sœurs dans le Seigneur pour leur soutien moral et spirituelle qui ont été d'un grand secours ;
- Remerciement particulier à mon bien aimé Cédric Ngameni.;
- Mes camarades de la 18^{ième} promotion IAA de l'ENSAI ;
- A Mme Chantal Nkouankou pour son hospitalité.
- Tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE	
DEDICACE.....	i
SPONSORING.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
RESUME	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	1
I. Situation alimentaire au Cameroun.....	1
I.1. Situation de la sécurité alimentaire générale.....	1
I.2. La flore camerounaise : un grenier de plantes comestibles, nutritives et thérapeutiques	2
II. Les aliments traditionnels améliorés	3
II.1. Généralité sur les tubercules et feuilles de manioc.....	3
II.2. Généralité sur le <i>Ndolè</i>	4
II.3. Valeurs nutritionnelle, fonctionnelle et thérapeutique des produits.....	5
II.3.1. Valeur nutritionnelle	5
II.3.2. Valeur fonctionnelle et thérapeutique	7
II.3.3. Rôle nutritionnel et fonctionnel des principaux constituants retrouvés dans <i>Manihot esculenta Crantz</i> et <i>Vernonia Spp.</i>	7
II.3.5. Dangers liés à la consommation du manioc	11
III. Les procédés de transformation de <i>Manihot esculenta Crantz</i> et <i>Vernonia Spp.</i>	12
III.1. Les produits de transformation de <i>Manihot Esculenta C.</i>	12
III.2. Les produits de transformation de <i>Vernonia Spp.</i>	13
III.3. Les opérations unitaires impliquées dans les transformations	14
IV. Influence des transformations sur la qualité nutritionnelle des produits	16
IV.1. Influences sur les vitamines.....	16
IV.3. Influences sur les composés phytochimiques	16
V. Commercialisation des produits au Cameroun	17
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	19

I.	Matériel	19
II.1.	Matériel biologique.....	19
II.	Méthodes	20
II.1.	Diagnostic du système de production à TALESS DRY FOO/GIC.....	20
II.2.	Analyses physicochimiques.....	21
II.2.1.	Analyse en macronutriment.....	21
II.2.2.	Détermination de la teneur en vitamine	24
II.2.3.	Composition en sels minéraux.....	27
II.2.4.	Dosage des composés phytochimiques	29
II.2.4.3.	<i>Dosage des cyanures (Makkar et al., 2007)</i>	31
II.2.5.	Evaluation de la capacité antioxydante	31
II.3.	Formulation de produit à valeur nutritionnelle améliorées.....	33
II.3.1.	Caractérisation du mélange	33
II.3.2.	Conception de l'étiquette	34
II.4.	Analyses statistiques	34
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION		35
III.1.	Diagnostic du système de production.....	35
III.1.1.	Organisation du catalogue de la structure	35
III.1.2.	Choix des produits à évaluer	36
III.1.3.	Eléments susceptibles d'influencer la qualité nutritionnelle des produits.....	37
III.2.	Composition nutritionnelle des produits étudiés	41
III.3.	Formulation du mélange.....	45
III.3.1.	Caractérisation du nouveau légume.....	46
III.3.2.	Caractère fonctionnel des légumes feuilles	48
III.3.4.	Etiquetage des différents légumes, et chips de manioc épicées.....	53
CONCLUSION ET PERSPECTIVES :.....		54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE		56
ANNEXES		a

Liste des figures :

Figure 1: localisation de l'entreprise.....	xii
Figure 2 : Schéma du procédé de fabrication des feuilles de manioc séchées.....	12
Figure 3 : Schéma du procédé de fabrication du kessala	13
Figure 4: Schéma du procédé de fabrication des feuilles de <i>Ndolè</i> lavées et séchées	14
Figure 5 : Hydrolyse enzymatique de la linamarine (Diallo <i>et al.</i> , 2013)	17
Figure 6 : Echantillons de feuilles de <i>Manihot esculenta Crantz</i> (à gauche) et feuilles de <i>Ndolè</i> (<i>Vernonia Spp.</i>) lavées et séchées (à droite)	19
Figure 7 : Echantillon de chips épicées de <i>Manihot esculenta Crantz</i>	19
Figure 8 : Extrait du catalogue des produits TALESS DRY FOOD avant et après.....	36
Figure 9 : Mélange de 60% feuilles de <i>Manihot esculenta Crantz</i> (à gauche) et 40% <i>Vernonia Spp.</i> (à droite).....	46
Figure 10: Pouvoir réducteur total (eqg vit C/100g MS) et activité antiradicalaire (% d'inhibition) des légumes feuilles	50
Figure 11 : Distribution des légumes feuilles et des variables dépendantes sur le système d'axes F1xF2	52

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeur nutritive des tubercules de manioc, feuilles de manioc et de <i>Ndolè</i>	6
Tableau 2 : Pourcentage de recette de certains produits TALESS DRY FOOD	37
Tableau 3 : composition en macronutriments des chips de manioc et des feuilles de manioc et de <i>Ndolè</i> (g/100 g Ms).....	42
Tableau 4 : Composition en sels minéraux, vitamine C et caroténoïdes pour 100 g Ms.	44
Tableau 5 : Teneur en composés phénoliques totaux, tannins et acide cyanhydrique pour 100 MS.	45
Tableau 6 : Teneur en macronutriments et en acides cyanhydrique e du mélange	47
Tableau 7 : Teneur en minéraux et composés bioactifs du mélange.....	48
Tableau 8: Matrice de corrélation de Pearson.	51
Tableau 9 : Amélioration de l'étiquetage.....	53

Liste des annexes

Annexe 1 : caractérisation de la chambre à sécher	a
Annexe 2 : Liste des équipements utilisés au laboratoire.....	b
Annexe 3: Dosage des sucres totaux :.....	b
Annexe 4 : Besoins journaliers recommandés en protéines, en fer pour les enfants, les adolescentes et les femmes adultes	c
Annexe 5 : Fiche de questionnaire pour test hédonique de légumes feuilles	d
Annexe 6 : produits TALESS DRY-FOOD/GIC commercialisés.....	a

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP :	Analyse en composantes principales
AFNOR :	Agence Française de Normalisation
AJR :	Apports Journaliers Recommandés
ANP :	Azote Non Protéique
AOAC :	Association of Official Analytical Chemists
BHT :	Butyl hydroxytoluène
CM :	Chips de Manioc Epicées
CPT :	Composés Phénoliques Totaux
DPPH :	N, N'-diphényl-N'-picrylhydrazyl
EDTA :	Acide éthylène diamine tétraacétique
EOR :	Espèces Oxygénées Réactives
FAO :	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FDLS :	Feuilles de <i>Ndolè</i> Lavées Séchées
FMF :	Feuilles de Manioc Fraîches Feuilles de Manioc Séchées
FMS :	Groupe d'Initiative Commune
GIC :	Cyanure d'hydrogène
HCN :	Mélange 60% feuilles de manioc séchées et 40% feuille de <i>Ndolè</i> lavées
M60N40 :	séchées
MS :	Matière Sèche
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PAM :	Programme Alimentaire Mondial
PFNL :	Produits Forestiers Non Ligneux
ppm :	Partie Par Million
PRT :	Pouvoir Réducteur Total
PVPP :	polyvinyl polypyrrolidone
Vit :	vitamine

RESUME

La qualité nutritionnelle des aliments traditionnels moyennant l'amélioration et/ou l'enrichissement est un facteur recherché par l'entreprise TALESS DRY FOOD. Dans le souci de satisfaire les besoins nutritionnelles des consommateurs, le présent travail propose de faire d'abord un diagnostic des procédés de TALESS, puis une évaluation de la qualité nutritionnelle de certains aliments produits par TALESS et enfin la formulation d'un nouveau légume à base de feuilles de manioc et de *Ndolè*. L'analyse du procédé a permis d'identifier les risques potentiels de pertes en nutriments et composés bioactifs au cours de la transformation des denrées. Du diagnostic, il ressort que TALESS DRY FOOD a un répertoire de plus de 30 produits dont les plus importants sont les chips de manioc (pour leur contribution au chiffre d'affaire) et les feuilles de manioc et *Ndolè* (pour leur importance dans les habitudes alimentaires). Les légumes produits à base de feuilles de manioc et de *Ndolè* par TALESS sont riches en protéines (30,24 g / 100 g MS et 19,80 g / 100 g MS respectivement) et en fer (31,79 mg / 100 g MS et 39,73 mg / 100 g MS respectivement) avec une activité antiradicalaire DPPH de 32,40% et 25,54% respectivement. Sur la base de ces chiffres et de l'objectif fonctionnel fixé, un légume composé de 60% de feuilles de manioc et 40% de feuilles de *Ndolè* (M60N40) a été formulé. 100 g de ce légume permettent de couvrir de l'ordre de 40% les besoins journaliers conseillés en protéines d'une femme allaitante dans les six premiers mois et de 75% ceux en fer d'une femme enceinte active. Ayant 95,34% d'activité antiradicalaire DPPH, ce légume pourrait être un allié pour la santé dans la lutte contre le stress oxydatif et maladies associées. Les chips de manioc sont riches en sucres et en calcium.

Mots clés : valeur nutritionnelle, fonctionnel, *Manihot esculenta* Crantz, *Vernonia Spp.*, protéines, fer, activité antiradicalaire.

ABSTRACT

The nutritional quality (through the improvement and/or enrichment) of traditional food is a factors sought by TALESS DRY FOOD/GIC. With the aim of satisfying the nutritional needs of consumers, this work proposes to initially make a diagnosis of TALESS' process, and then the evaluation of the nutritional quality of certain food produced by TALESS and finally the formulation of a new vegetable containing sheets of manioc and bitter leaves. The analysis of the process was made to identify the potential risks of nutrients loss and bioactive compound during the transformation of the food products. Diagnosis shows that TALESS DRY FOOD has a repertory of more than 30 products, the most significant ones are the cassava crisps (for their contribution to the sales turnover) and cassava leaves and bitter leaves (for their importance in the food behaviour). The vegetables made of cassava leaves and Ndolè produced by TALESS are rich in proteins (30.24 g/100 g of dry matter and 19.80 g/100 g of dry matter respectively), in iron (31.79 mg/100 g of dry matter and 39.73 mg/100 g of dry matter respectively) and an anti-radical activity of DPPH 32.40% and 25.54% respectively. Based on these figure and the functional purpose, vegetable made up of 60% of cassava leaves and 40% of bitter leaves (M60N40) has been formulated. 100 g of this vegetable has the advantage of covering 40% of the daily needs of proteins recommendation for feeding woman for the first six months and 75% of iron for an active pregnant woman. With 95.34% antiradical activities, this vegetable could be an actor for health for the fight against oxidative stress and associated diseases. The chips of cassava are also rich in sugars and calcium.

Key words : nutritional value, functional, *Manihot esculenta Crantz*, *Vernonia Spp.*, proteins, iron, antiradical activity.

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE**Fiche d'identification**

Raison sociale	TALESS DRY FOOD/ GIC
Forme juridique	Groupe d'Initiative Commune
Siège social	Yaoundé
Localisation	<u>Unité de production</u> : région du centre-département de la Mefou et Afamba-Arrondissement de Soa et ville de Soa lieu dit Nkolfoulou <u>Bureau administratif</u> : Montée Aurore ou Somatel – Yaoundé
Adresse	B.P. : 6011 Yaoundé-Cameroun Tel. /Fax : (237) 22 21 82 00 E-mail : les.taless@laposte.net
Directeur général	Mr TALLE Pascal
Activité principale	Séchage des fruits, légumes et épices

Historique

L'idée d'entreprise est venue d'un ingénieur de conception en agro-industrie, TALLÉ, sorti de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Industrie Agro-Alimentaire du Cameroun (ENSIAAC) de Ngaoundéré. Avec quelques camarades de promotion, il a créé en 1991 une PME (Petite et Moyenne Entreprise), TALESS-SIEMEF (Services Installation Maintenance des Équipements Électriques et Frigorifiques). Cette dernière offrait des services de maintenance d'équipements ménagers et frigorifiques. En 1999, la société s'est lancée dans le séchage de fruits et légumes (avec des séchoirs "faits maison"). La restructuration de la société devient effective en 2002, avec la division de l'entreprise en deux entités :

- TALESS-SIEMEF qui a pour activité principale la maintenance et l'installation des équipements de froid et de climatisation. Par ailleurs, elle a développé des séchoirs à énergie électrique pour les fruits et un séchoir par déshumidification pour le bois.
- GIC TALESS DRY FOOD (Fruits et légumes séchés du Cameroun), unité semi-industrielle basée à Soa, une banlieue de Yaoundé. Cette structure est spécialisée à la

base dans la production et la distribution (locale et externe) des fruits, des légumes et des épices séchés. C'est dans cette structure que les travaux présentés dans ce rapport ont été réalisés.

LE GIC TALESS DRY FOOD

VISION

Lutter contre l'insécurité alimentaire au Cameroun

Mission

C'est un groupe qui se propose :

- D'être un acteur de développement par la génération non seulement des services et des biens mais et également des emplois ;
- De promouvoir l'agriculture biologique ;
- D'incorporer de la valeur ajoutée à ses produits grâce à certaines opérations unitaires ;
- De proposer des produits à hautes valeurs nutritionnelles, fonctionnelles et même thérapeutiques ;
- De valoriser les Produits d'Agriculture Traditionnelle du Cameroun ainsi que ses Produits Forestiers Non Ligneux.

Activités :

Le GIC TALESS DRY FOOD est spécialisé dans la transformation (séchage en particulier) et commercialisation des fruits, légumes et épices. L'accent est mis sur la qualité nutritionnelle, les vertus thérapeutiques et la stabilité à long terme des produits. La matière première est issue majoritairement des régions du pays. Les produits sont élaborés sans conservateur ni additifs alimentaires mais bénéficient d'une longue durée de conservation (au moins 10 mois en général). Les produits sont transformés grâce à un certain nombre d'équipements dont la vedette est la chambre de séchage conçue et montée par TALESS-SIEMEF. Les fruits, légumes et épices sont destinés à être consommés comme produits de bouche (apéritif, grignotage), garniture pour les pâtisseries ou retransformés par les industries agroalimentaires. Ce sont par exemple : la banane (*Musa spp*), le safou, l'ananas (*Ananas sativus*), le piment (*Capsicum frutescens*), le gombo (*Hibiscus Esculentus*), l'okok (*Gnetum africanum* et

Gnetum buchholzianum), les feuilles de manioc (*Manihot esculenta Crantz*), le Ndolè (*Vernonia Spp.*), le folon¹ (*Amaranthus dubius*), ... (voir annexes 5).

La distribution des produits se fait par l'entreprise dans quelques supermarchés de la ville de Yaoundé. Elle commercialise aussi ses produits au niveau de son siège social. La commercialisation et la distribution se fait beaucoup plus localement ou auprès des expatriés d'Europe et des USA. L'entreprise ambitionne aujourd'hui de développer son commerce aussi bien sur le marché camerounais qu'à l'extérieur. Pour ce faire, elle devra convaincre les consommateurs camerounais que sécher ou faire sécher ses produits permet de les garder longtemps et conserver au mieux toutes ses qualités nutritives et gustatives.

Situation géographique :

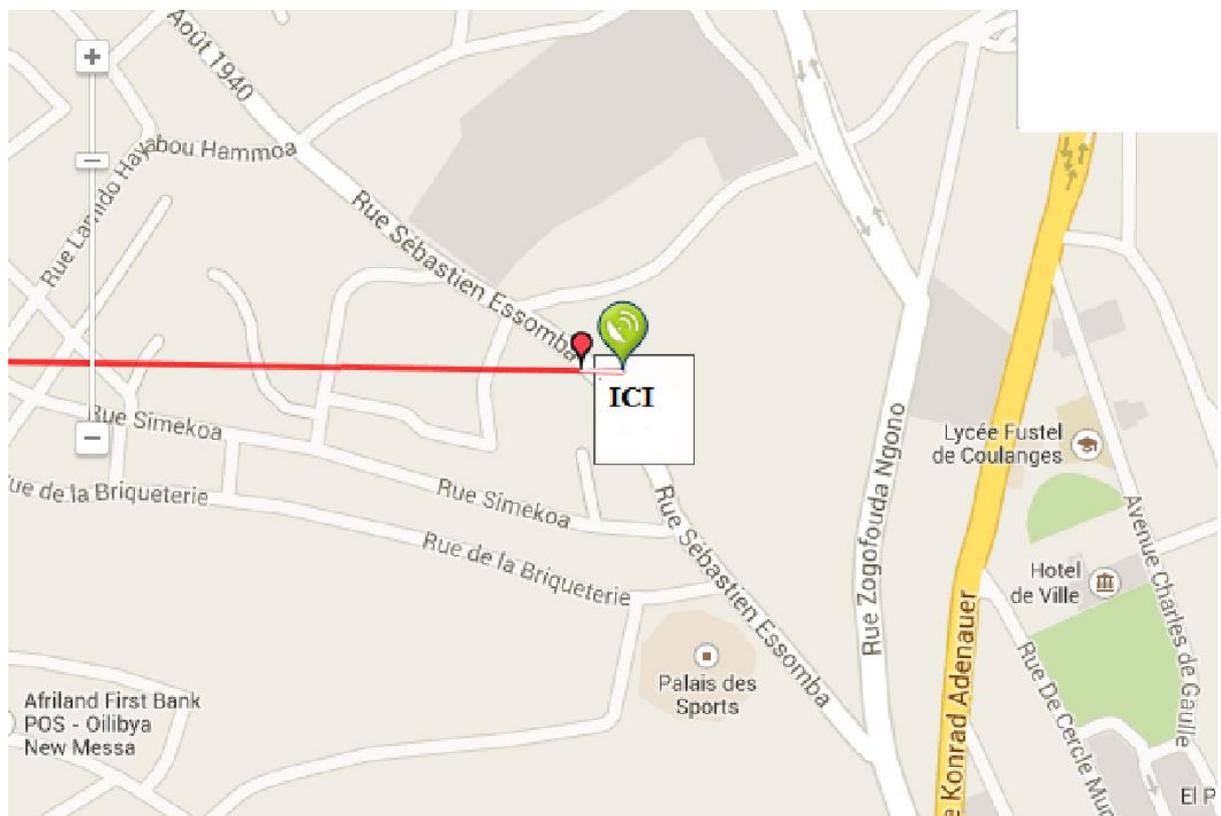


Figure 1: localisation de l'entreprise

Source de l'image : <http://free.onlinemapfinder.com/> (consulté le 08/08/2014).

¹ Ce sont les noms communément donnés à la Vernonia (Ndolè) Gnetum (Okok)...

INTRODUCTION

Le secteur agro-industriel représentait en 2013 au Cameroun plus de 33% de la production industrielle nationale, 22,2% de la valeur ajoutée industrielle et près de 6% des exportations (Cameroun tribune, 2013). Dans ce secteur, nombreux sont les petites structures de transformation agro-alimentaire des produits locaux de consommation de masse. Ces produits sont vendus dans nos marchés avec une qualité plus ou moins fiable. Or avec l'ouverture du pays aux marchés internationaux et les exigences des consommateurs, les entreprises, pour être compétitives, se doivent de répondre à un ensemble d'attentes du marché qui consiste à garantir la sécurité alimentaire et sanitaire, à fabriquer les produits conformes aux normes tant nationales qu'internationales et à valoriser l'origine du produit. TALESS DRY-FOOD est une entreprise du secteur agroalimentaire qui se propose de transformer les produits vivriers du terroir (en les séchant principalement) tout en garantissant non seulement leur disponibilité en toute saison, mais aussi leur qualité nutritionnelle. Les technologies d'amélioration et d'enrichissement des produits traditionnels y sont pratiquées, sur la base des connaissances théoriques, et du savoir-faire ancestral. Mais, l'entreprise ne dispose pas toujours d'indication nutritionnelle et fonctionnelle propre à ses produits. Or transformer les produits sans maîtriser la relation entre leur valeur nutritionnelle et les procédés appliqués peut être préjudiciable pour la santé humaine. En effet, suite à l'ignorance de la qualité nutritionnelle des produits, certaines opérations de transformation (séchage, mélanges d'ingrédients ...), peuvent s'avérer inefficaces, inutiles, voire dangereuses. De plus, travailler pour assurer la sécurité alimentaire des consommateurs doit être étroitement corrélé avec la conjoncture socio-économique, sanitaire de ces derniers. Ceci ne peut être concret qu'en harmonisant l'innovation avec la recherche scientifique. Ne faire que de l'innovation sans appui scientifique, c'est courir le risque de sous évaluer le potentiel nutritionnel de son produit et de minimiser sa valorisation sur le plan marketing. C'est aussi courir le risque d'exposer les consommateurs aux intoxications aiguës et chroniques qui peuvent découler de l'ingestion des produits (bien qu'ils soient naturels). Il est donc important pour le technologue, de connaître la qualité nutritionnelle de ses aliments améliorés et d'apporter des preuves scientifiques sur le sujet.

En vue d'analyser la qualité nutritionnelle des produits TALESS DRY FOOD, nous avons choisi deux aliments considérés comme « aliments du pauvre » qui se prêtent à l'amélioration : le manioc (feuille et tubercule) et le *Ndolè* (La vernonia). Ce choix s'est fait sur la base du taux de vente élevé des produits de transformation de ces plantes et de la

volonté de l'entreprise d'améliorer leur qualité nutritionnelle. Etant donné que les traitements post-récoltes peuvent altérer la qualité nutritionnelle des produits (Yakubu *et al.*, 2012), il est souvent nécessaire de compléter les produits pour les enrichir sur le plan nutritionnel pour en améliorer la qualité.

Dans ce travail, il sera question, d'une part d'évaluer et d'améliorer la valeur nutritionnelle et fonctionnelle des feuilles de *Ndolè (Vernonia Spp)* lavées et séchées² en y incorporant les feuilles de manioc séchées élaborées par TALESS DRY FOOD, d'autre part de caractériser les chips de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) épicées communément appelées par l'entreprise *Kessala*³. Les objectifs spécifiques sont :

- évaluer le procédé de production afin d'en ressortir les contraintes pouvant influencer la qualité nutritionnelle ;
- caractériser les feuilles de manioc, les feuilles de ndolè lavées séchées et les chips de manioc
- mettre sur pied un nouveau légume à base de manioc et de ndolè qui pourrait répondre aux besoins en certains nutriments des tranches à risque de la population (enfant de moins de 5 ans, femmes enceintes et allaitantes, adolescentes en âge de procréer).
- Améliorer l'étiquetage des feuilles de manioc séchées, des feuilles de *Ndolè* lavées séchées et les chips de manioc. Concevoir l'étiquette du nouveau légume TALESS DRY FOOD.

L'hypothèse supportant le travail porte sur le fait que lors de la mise en œuvre du procédé de transformation du ndolè, les nutriments sont perdus en grande quantité et que les feuilles de manioc peuvent améliorer la valeur nutritionnelle par son apport en protéines, fer, et antioxydant. Egalement que cette combinaison pourrait être bénéfique pour la population.

² Le ndolè lavé séché est communément dit des feuilles de vernonia qui ont subi un procédé de désamérisation puis séché.

³ Le *Kessala* est le chip de manioc épicée qui détient un brevet d'invention par l'entreprise TALESS DRY FOOD

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I. Situation alimentaire au Cameroun

I.1. Situation de la sécurité alimentaire générale

La République du Cameroun avait en 2010 une population totale de 19 406 100 000 avec un taux annuel de croissance de 2.7% (Ministère de la Santé, 2011), avec une économie assez diversifiée, qui repose essentiellement sur l'agriculture et les secteurs forestier et pétrolier (Ministère de la Santé, 2011). L'agriculture représente 42% du PIB et emploie 60% de la population active (FAO, 2007). Le potentiel forestier national est estimé à plus de 1,5 milliard de m³ abritant des espèces ligneuses exploitables suivant les normes en vigueur sur le marché international (FAO, 2007). L'agriculture vivrière est la principale activité des populations rurales vivant en zone forestière. Elle concerne les plantes à tubercules (manioc, patate douce, taro, macabo), les céréales, les oléagineux (arachide, soja, maïs, sésame, pistache, etc.), les légumineuses, le plantain, la banane douce, les cultures fruitières, etc. L'agriculture vivrière occupe 65% des superficies cultivées et l'agroforesterie (FAO, 2007).

Malgré une production alimentaire en plein essor au Cameroun, l'état nutritionnel des populations en général et celui des groupes vulnérables en particulier, composés particulièrement des femmes enceintes et allaitantes et des enfants d'âge préscolaire, s'est dégradé au cours de la dernière décennie (MINSANTE, 2005). Au Cameroun, environ 32% des enfants souffrent de malnutrition chronique modérée, 13% souffrent de malnutrition chronique sévère et 5% des enfants de moins de cinq ans sont atteints de malnutrition aiguë (PAM, 2010). Cette prévalence est plus élevée dans la tranche d'âge 12 à 23 mois (43%). Les carences nutritionnelles les plus observées sont:

- Carence protéino-énergétique (kwashiorkor et marasme) ;
- la carence en vitamine A,
- la carence en fer (l'anémie),
- la carence en iode (MINSANTE, 2005).

L'Enquête Nationale sur la Vitamine A et l'Anémie réalisée en 2000, montre que 40% des enfants de moins de cinq ans souffrent de la carence en vitamine A. Par ailleurs, 57% des enfants de 1 à 5 ans et 53% des femmes enceintes sont anémiques (MINSANTE, 2005). Un exemple palpable est qu'en 2004 dans les régions de l'Adamaoua et de l'Est, 32,4% et 24,1%

de femmes enceintes respectivement souffraient d'anémies (PAM, 2010). De plus, avec les changements de mode de vie, on assiste à une croissance de maladies de civilisation que sont l'hypertension artérielle, le diabète, l'obésité, la goutte (dans certains cas), les lithiases et certains cancers (MINSANTE, 2005). La prévalence du diabète est passée de 1% en 1994 à 6% 2003. Celle de l'hypertension artérielle est passée de 13% en 1994 à 24% en 2003(MINSANTE, 2005). En 2003, la prévalence de l'obésité dans la population générale était de 16% et le surpoids 27% soit une population à risque de 43% (MINSANTE, 2005). Devant de telles situations de santé nutritionnelle, plusieurs actions ont été engagées avec des résultats relativement mitigés. Au vue de l'urgence de la question, d'autres actions devraient être envisagées compte tenu du fait que le Cameroun, appelé « Afrique en miniature », regorge d'une grande diversité faunique et floristique, qui pourrait contribuer à pâlier les fléaux susmentionnés si elle est exploitée à sa juste valeur.

I.2. La flore camerounaise : un grenier de plantes comestibles, nutritives et thérapeutiques

Le Cameroun et les autres pays d'Afrique centrale disposent de deux types d'aliments traditionnels destinés aussi bien à l'autoconsommation qu'à la commercialisation. Il s'agit des produits agricoles traditionnels (PAT) et les produits forestiers non ligneux (PFNL) alimentaires (Tabuna *et al.*, 2007).

Les plantes forestières comestibles (fruits, noix, feuilles légumes, condiments, boissons) sont parmi les PFNL les plus importants au Cameroun (Lehoux *et al.*, 2012). Ils jouent un rôle aussi bien sur le plan alimentaire que sur le plan économique. Ils peuvent être utilisés comme aliments, condiment ou épices voire médicaments (Priso *et al.*, 2011). Les épices et plantes aromatiques par exemple sont appréciées pour leur saveur dans l'assaisonnement des aliments, elles jouent également un rôle indéniable par leur apport vitaminique et leur richesse en sels minéraux (Abondo *et al.*, 1995).

Les produits d'agriculture traditionnelle tels que les fruits et légumes (*Daucus carota*, *Brassica spp.*, *Musa acuminata...*) quant-à eux sont des produits à forte valeur ajoutée et à haute valeur nutritionnelle (CIRAD, 2009). Ils sont riches en vitamines, en minéraux, en fibres et en molécules naturelles uniques. Par ces richesses, ils sont indispensables à la lutte contre la malnutrition. Ainsi, ils sont au cœur des enjeux mondiaux de sécurité alimentaire, de santé publique et de lutte contre la pauvreté (CIRAD, 2009). Les plantes à racines et tubercules (*Ipomoea batatas*, *Manihot utilissima...*) sont également à la base de l'alimentation de près d'un milliard de personnes vivant dans les régions humides,

tropicales ou équatoriales (y compris le Cameroun). Ces tubercules apportent en général protéines et sucres, certaines vitamines, des minéraux et des antioxydants (CIRAD, 2009).

Quelque soit le type de produits considérés, ils font tous l'objet de transformation depuis plusieurs années et les produits dérivés sont utilisés tant pour l'autoconsommation que le commerce tant sur le plan national qu'international (Tabuna *et al.*, 2007). Les acteurs impliqués dans ces filières de transformation utilisent les opérations unitaires, comme le séchage, la cuisson, le broyage, etc. De même, ils utilisent les emballages traditionnels, comme les feuilles maranthacées, et les emballages modernes, comme le plastique et le carton (Tabuna *et al.*, 2007).

Fort est de constater que les **PAT** et les **PFNL** constituent au Cameroun une très grande diversité qui renferme des trésors en matière de santé, de nutrition mais aussi de cosmétologie, de biochimie... La conquête de cette diversité implique un travail de naturaliste, d'évaluation génétique ainsi que des recherches sur les qualités aromatiques, nutritionnelles et thérapeutiques (CIRAD, 2009).

II. Les aliments traditionnels améliorés

Dans nos villes et villages, les producteurs multiplient des stratégies pour écouler leurs denrées. La transformation des produits est l'une des stratégies courantes (la voix du paysan, 2005). Dans cette partie l'intérêt a été porté sur trois produits transformés vendue par certains acteurs économiques locaux à savoir **les feuilles de manioc** et de **Ndolè lavé séchées** et les **chips de manioc épicées** appelés « **Kessala** ».

II.1. Généralité sur les tubercules et feuilles de manioc

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est un arbrisseau à racines charnues, à tiges ligneuses, à grandes feuilles palmatilobées et à fleurs vertes (Encyclopédie Larousse, 2001). C'est une plante vivrière, pérenne pouvant atteindre un à quatre mètre de haut (FAO, 2013). Il existe plusieurs variétés, elles se distinguent habituellement par leurs caractéristiques morphologiques (couleur des tiges, pétioles, feuilles et tubercules) (Antsaso, 2004). D'un point de vue pratique l'arbuste est classé en deux groupes suivant leur teneur en manihotoxoside : variétés douces et variétés amères (Favier, 1977). Les racines tubérisées, qui sont les principaux produits alimentaires provenant de cette plante, se trouvent à quelques centimètres de la surface du sol et sont au nombre de 5 à 10 par pied. Ces racines sont fixées au collet de la plante par un pédoncule. Leur longueur varie de 15 à 100 cm environ, et leur

poids peut atteindre 3 kg. Un pied de manioc produit 5 à 6 kg de racines ou même davantage. Les feuilles mesurent de 10 à 20 cm de long (FAO, 2013). Leur couleur, et le rendement par pied est fonction de la variété cultivée (FAO, 2013).

Les meilleures conditions climatiques pour la production de manioc sont : une température entre 24 et 28°C ; des précipitations dont la moyenne annuelle est de 300 mm, et des sols friables. La culture du manioc qui se fait par bouturage se limite aux zones ne dépassant pas 2 000 m d'altitude (Antsaso, 2004). Les cinq premiers pays producteurs sont le Nigeria, le Brésil, la Thaïlande, la République Démocratique du Congo, et l'Indonésie (Antsaso, 2004). Des millions de personnes dépendent du manioc en Afrique, en Asie et en Amérique latine. Cette culture est vitale pour l'approvisionnement alimentaire (Fiagan, 2007).

Au Cameroun, le manioc est la deuxième culture vivrière juste après le maïs et constitue un des aliments de base des populations avec plus de 40 différentes recettes culinaires et utilisations diverses. Il est cultivé principalement dans les régions de l'Est, du Centre, du Sud, du Littoral, Sud-ouest, de l'Ouest et du Nord-ouest (IRAD, 2013).

Vue son utilisation, plusieurs chercheurs, agriculteurs, investisseurs et industriels sont intéressés par les tubercules de *Manihot esculenta*. Avec les feuilles de manioc, le Cameroun compte approximativement près de 150 espèces de légumes (Tchiégang *et al.*, 2004). Parmi ces légumes, on compte aussi les feuilles de *Vernonia Spp.*, connues vulgairement sous le nom de *Ndolè*.

II.2. Généralité sur le *Ndolè*

Le genre *Vernonia* a environ 1.000 espèces d'arbustes (Muanya, 2013). Il appartient à la famille des Astaraceae. Les feuilles de *vernonia Spp.* sont oblongues, à veinures courbes, vertes foncées avec l'odeur caractéristique et le goût amer dus à son contenu de produit chimique qui est responsable de ses activités médicinales et anti microbiennes (Abioye *et al.*, 2014). La plante peut atteindre 700 cm une fois entièrement développée (Agbogidi *et al.*, 2013). Son port dépend essentiellement de la façon dont il est exploité (Nghah, 1993). Elle se multiplie par semis ou par bouturage. La récolte peut se faire lorsque la plante à près de 60 cm (les feuilles sont arrachées uniquement). Lorsque la plante est vieille, les jeunes tiges sont cassées en entier ou en rameaux (Nghah, 1993). Selon les études de Nghah 1993, cette plante présenterait un véritable potentiel fertilisant. Les trois espèces exploitées sont : *Vernonia amygdalina*, *Vernonia colorata* et *Vernonia calvoana* (Nkeoua *et al.*, 1999).

Au Cameroun, Nigéria et Ghana la plante est cultivée dans les jardins et autour de la ferme pour l'approvisionnement et l'accès rapides (Abioye *et al.*, 2014). C'est l'une des

principales cultures légumières des zones forestières du Cameroun ses feuilles constituent l'un des plats les plus appréciés de la cuisine camerounaise (Ngah, 1993).

II.3. Valeurs nutritionnelle, fonctionnelle et thérapeutique des produits

II.3.1. Valeur nutritionnelle

La composition du manioc dépend du tissu de spécifique (racine ou feuille) et de plusieurs autres facteurs, tels que la zone géographique, la variété, l'âge et les conditions environnementales. Le tubercule de manioc est la principale source de calories peu onéreuse pour les populations d'Afrique de l'ouest et centrale (Fiagan, 2007). Ils sont pauvres en protéine et matières grasses, mais riche en hydrate de carbone. Les autres nutriments majeurs sont les vitamines du groupe B, la vitamine C, le calcium, le magnésium, le fer et le potassium. (Pamplona, 2007).

Les feuilles de *Manihot esculenta* sont riche en vitamine C, elles contiennent bien plus d'énergie, de protéines, de lipides, de glucides, de fibres, de cendres, de sels minéraux (Ca, P, Fe, etc.), de vitamine A, de thiamine, de riboflavine et de niacine que certains légumes tels que le chou chinois ou l'épinard (FAO, 1991). 50 g de feuilles seulement sont nécessaires pour couvrir le besoin journalier moyen de rétinol (Fiagan, 2007). Pour ce qui est des protéines, sa composition en acide aminé et donc de tous les acides essentiels permet pour 100g de feuilles de couvrir les besoins quotidiens de l'homme selon les recommandations de la FAO et de l'OMS (FAO, 1991). Au Brésil, les repas contenant les feuilles de manioc ont été employés dans le combat de la malnutrition y compris les repas scolaires ou le paquet minimum de nourriture distribués aux familles à très faible revenu (Wobeto *et al.*, 2006).

Le manioc en général contient des dérivés cyanhydriques dont la teneur varie selon les cultivars (manioc doux et amers) et les conditions de croissance. Le doux contient moins de 50 mg de cyanure par kg de pulpe, l'amer, entre 80 et 100 mg/kg et le très amer, au-delà de 100 mg/kg (Fiagan, 2007).

Les feuilles de *Ndolè* crues quant à elles constituent d'importantes sources de protéines et de glucides mais elles sont pauvres en lipides. Les principales vitamines sont : thiamine, riboflavine, acide ascorbique et pyridoxine. Les minéraux majeurs sont : potassium, calcium, fer, aluminium, magnésium (Ajeegah, 2013). Nutritionnellement, le *Ndolè* est l'un des légumes feuilles employé pour alléger les problèmes de carence en micronutriments (Agbogidi *et al.*, 2013). Elles contiennent également les saponines, les tannins, les terpènes, les alcaloïdes et les stéroïdes (Yakubu *et al.*, 2012).

Le tableau 1 révèle la composition pour 100 g de matière sèche des produits étudiés.

Tableau 1 : Valeur nutritive des tubercules de manioc, feuilles de manioc et de *Ndolè*

composition approximative (100 g)	Tubercules de manioc frais	Feuilles de manioc fraiche	Feuilles de <i>Ndolè</i> <i>fraiches</i>
<i>calories (kcal)</i>	110 à 149	91	365 à 392
<i>calorie (KJ)</i>	526 à 611	209 à 251	---
<i>humidité (g)</i>	45,9 à 85,3	64,8 à 88,6	78,85 à 89,01
<i>matière sèche (g)</i>	29,8 à 39,3	19 à 28,3	10,99 à 21,15
<i>Protéines (g)</i>	0,3 à 3,5	20,0 à 35,0 ^a	18,16 à 22,63
<i>Lipides(g)</i>	0,03 à 0,5	0,2 à 2,9	2,57 à 7,19
<i>sucres totaux (g)</i>	25,3 à 35,7	7 à 18,3	61,35 à 68,35
<i>fibres (g)</i>	0,1 à 3,7	0,5 à 10,0	24,88 à 30,12
<i>cendres (g)</i>	0,4 à 1,7	0,7 à 4,5	7,72 à 11,96
Vitamins			
<i>Thiamine (mg)</i>	0,03 à 0,28	0,06 à 0,31	---
<i>Vitamine C (mg)</i>	14,9 à 50	60 à 370	137,5 à 197,5
<i>Vitamin A (µg)</i>	5,0 à 3,0	8300 à 11800	---
Minéraux			
<i>Calcium (mg)</i>	19 à 176	34 à 708	970 à 1440
<i>Phosphore, total (mg)</i>	6 à 152	27 à 211	0,52 à 0,8
<i>Ca/P</i>	1,6 à 5,48	2,5	---
<i>Fer(mg)</i>	0,3 à 14,0	0,4 à 8,4	6,39 à 15,22
Composés phytochimiques			
<i>Caroténoïdes (mg)</i>	---	---	3000 à 4100
<i>Polyphénol totaux (mg)</i>	---	---	4,37 à 9,75
<i>Cyanure (mg/kg)</i>	10,7 à 111,5 ^b	6,6 ^b	---

Sources: pour les données relatives au manioc (Montagnac *et al.*, 2009) et les données relatives aux feuilles de *Ndolè* (Ejoh *et al.*, 2007). ^a auteur : (Fiagan, 2007) ; ^b rapport FAO (1991)

Tous ces composés biochimiques laissent présager les valeurs fonctionnelles et thérapeutiques de ses produits.

II.3.2. Valeur fonctionnelle et thérapeutique

Selon le « Federal Register » un aliment fonctionnel tout « aliment ressemblant en apparence à un aliment traditionnel et qui est consommé dans le cadre de la nourriture habituelle, mais qui est capable d'exercer des effets physiologiques démontrés ou de réduire le risque d'une maladie chronique au-delà de la fonction nutritionnelle de base ». Dans ces des dernières décennies, le développement des aliments possédant des composés capables d'influencer positivement la santé et le bien être est en plein essor (Abdou., 2009). C'est le cas des produits étudiés.

Les feuilles de manioc contiennent une quantité substantielle de bêta-carotènes qui pourrait largement couvrir le besoin journalier de vitamine A, notamment chez les enfants, et aider ainsi à éradiquer les maladies oculaires qui affectent près de 8 millions d'enfants en Afrique (Fiagan, 2007). Il est à noter que le manioc contient également d'autres caroténoïdes intéressants qui ne sont pas provitamine A tel que le lycopène, le carotène, les xanthophylles la lutéine et la zéaxanthine. Le lycopène semble avoir un fort potentiel destructif de l'oxygène de singulet (Montagnac *et al.*, 2009). Indépendamment des buts nutritifs, les feuilles de manioc sont suspectées d'avoir des composés bioactifs qui présentent des effets antioxydants (Suganyadevi *et al.*, 2011). Les feuilles sont utilisées pour traiter l'hypertension, le mal de tête et la douleur (Suganyadevi *et al.*, 2011). Elles sont réputées d'être galactogène (FAO, 2011). Selon le rapport de la FAO (2011) les animaux nourris avec des aliments à base de manioc sont généralement en bonne santé, résistent bien aux maladies, ont un faible taux de mortalité et n'ont besoin que de faibles apports d'antibiotiques, voire aucun, dans leur alimentation.

Pour ce qui est des feuille de vernonia, plusieurs auteurs les recommandent aux enfants en pleine croissance, aux mères d'allaitant au sein et autres en raison de leur richesse en nutriments et leurs propriétés médicinales (Agbogidi *et al.*, 2013). En effet, elles sont utilisées pour le traitement du mal d'estomac, infections de la peau, le diabète, l'insomnie, l'acné, l'arthrite, la fatigue, etc. (Abioye *et al.*, 2014). Le *Ndolè* est très utilisé dans le soin du foie et des reins. Il est également très utile dans la gestion du diabète grâce à sa capacité de réduire grandement le sucre dans le sang et de réparer le pancréas (Abioye *et al.*, 2014).

II.3.3. Rôle nutritionnel et fonctionnel des principaux constituants retrouvés dans *Manihot esculenta* Crantz et *Vernonia Spp.*

Une recommandation de la FAO pour lutter contre les carences alimentaires est de promouvoir l'alimentation à base des produits riches en nutriments qui font défaut.

II.3.3.1. Macronutriments

▪ Les protides

Les protides sont des aliments constructeurs (plastiques). Ils fournissent des acides aminés nécessaires à la synthèse de protéines endogènes. Certains acides aminés sont dit essentiels et ne peuvent être apportés que par l'alimentation humaine. Les protéines sont sans cesse dégradées et re-synthétisées dans l'organisme (Le Blanc, 2009). Généralement, les besoins sont évalués à 1g/ kg/ jour (Antonia *et al.*, 2008). Pour une femme dans les six premiers mois de l'allaitement les besoins sont évalués à 58,5 g/jour (FAO, 1991).

▪ Les lipides

Les lipides représentent les nutriments qui ont le plus fort rendement énergétique. Ils sont néanmoins aussi très importants comme lipides de constitution et précurseurs de métabolites fondamentaux. Ils véhiculent aussi les vitamines liposolubles (A, D, E, K). Les lipides regroupent les acides gras, les glycérides, les phospholipides et les stérols. Ils présentent ou non un certain nombre de groupements insaturés. Dans les AG polyinsaturés, on distingue deux familles : la famille des $\omega 6$ à l'exemple de l'acide linoléique (C18 - 2 $\omega 6$) et la famille des $\omega 3$ à l'exemple de l'acide linoléique (C18 - 3 $\omega 3$) (Le Blanc, 2009). L'apport minimum en acide linoléique est chez l'adulte d'environ 3 g par jour, soit 1 % de la ration énergétique totale. L'apport optimal est 3 à 5 % de la ration énergétique. L'apport recommandé en acide alpha-linolénique est de 0,5 à 1 % de la ration énergétique (U. M. V. F., 2009).

▪ Les glucides

Les glucides sont des hydrates de carbone. Leur rôle essentiel dans l'alimentation est la fourniture de glucose (C₆H₁₂O₆), source d'énergie majeure. Les glucides existent sous forme de sucres simples (Glucose, Fructose,...) ou plus ou moins polymérisée (saccharose=glucose-fructose, lactose=galactose-glucose, ...) et les polysaccharides (exemple l'amidon) (Le Blanc, 2009).

Les fibres

Les fibres sont des constituants végétaux de nature polysaccharidique qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes digestives. Cette résistance à la digestion additionnée d'une aptitude au gonflement à l'eau (rétention de l'eau du contenu intestinal) ont des

conséquences bénéfiques sur le transit intestinal. Exemple les cutines, les lignines, etc. (Le Blanc, 2009).

II.3.3.2. Les vitamines

▪ La vitamine C ou l'acide L (+) ascorbique

L'ascorbate (vitamine C) est un très bon capteur de radicaux libres oxygénés. Sa capacité de donation d'électrons dans une large gamme de réactions enzymatiques et non enzymatiques le qualifie de meilleur agent de détoxification des radicaux oxygénés dans la phase aqueuse (Benbrinis, 2012). D'une manière générale, la vitamine C est un transporteur et/ou échangeur d'électrons et de protons, elle intervient dans les réactions d'hydroxylation (synthèse du collagène) et les réactions d'oxydoréduction (Cap Sciences, 2004). Sa carence est connue historiquement et produit le scorbut (Cap Sciences, 2004).

▪ La vitamine A ou rétinol

Le rétinol est une vitamine liposoluble. Il représente la forme active présente dans les produits animaux. Mais, il existe aussi chez les végétaux des caroténoïdes provitaminiques (Cap Sciences, 2004). Les caroténoïdes tel que le β -carotène constituent une vaste famille de composés qui sont généralement des bons capteurs de radicaux hydroxyles et peroxydes ce qui les rend susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique (Benbrinis, 2012). La vitamine A joue un rôle important dans la vision la croissance des os, et dans l'entretien de la peau, des cheveux, et des membranes des muqueuses (FAO, 2001). Une avitaminose en vitamine A conduit à la xérophtalmie (Cap Sciences, 2004). Selon la FAO, les besoins en vitamine A pour un enfant de moins de 5 ans est de 400 $\mu\text{g}/\text{jour}$ et de 1080 $\mu\text{g}/\text{jour}$ pour une mère allaitante.

II.3.3.3. Les minéraux

▪ Le Fer (Fe)

Le fer a deux rôles majeurs : le transport d'oxygène (par la molécule d'hémoglobine) et le transfert d'électrons. Le fer est indispensable pour traiter et prévenir les anémies. (Cap Sciences, 2004). Les cas d'anémies les plus fréquentes sont chez les femmes, surtout enceintes et allaitantes. Les besoins journaliers en fer pour une femme enceinte active est de 47 mg/jour (FAO, 1991). Selon la FAO, il existe une corrélation entre la carence en vitamine A et celle en fer. En effet, la carence en vitamine A est une cause d'anémie. De plus, la recherche montre que pour obtenir une augmentation correcte de l'hémoglobine, il faut donner du fer et de la vitamine A (FAO, 2001).

- **Le calcium (Ca)**

C'est le cation majoritaire du tissu osseux (environ 90 %) et joue aussi un rôle majeur dans l'excitation des cellules musculaires et nerveuses, la perméabilité membranaire, la coagulation sanguine et certaines régulations hormonales. L'adsorption du Ca est diminuée en présence notamment de phytates (Le Blanc, 2009).

- **Le phosphore (P)**

Il exerce plusieurs fonctions indispensables à la vie, notamment dans la composition des acides nucléiques, des phospholipides membranaires et le stockage et la libération d'énergie ou encore l'activation des enzymes (Le Blanc, 2009)

- **Le magnésium (Mg)**

Il est stocké dans les os, combinée aux phosphates et bicarbonates. Après le potassium, le magnésium est le cation intracellulaire prédominant. Il est indispensable au métabolisme cellulaire, et au potentiel électrique des cellules musculaires et nerveuses. Un manque de magnésium peut entraîner des faiblesses musculaires, des crampes, de crises de tétanie ou des troubles digestifs (Cap Sciences, 2004).

II.3.3.4. Les antioxydants

Un antioxydant est défini comme toute substance ayant la capacité de retarder, prévenir ou réparer un dommage oxydatif d'une molécule cible. Il sert donc à contrôler le niveau des espèces réactives pour minimiser les dommages oxydatifs. Il existe les antioxydants enzymatiques et ceux non-enzymatiques. Ceux qui sont non enzymatiques sont : les vitamines C, A, et E, les composés phénoliques, les caroténoïdes les oligoéléments etc. (Benbrinis, 2012).

- **Les composés phénoliques:**

Les composés phénoliques sont les substances organiques naturelles retrouvées chez les plantes, comportant au moins deux fonctions phénol insérées sur un noyau aromatique. Ils sont présents de façon habituelle dans l'alimentation humaine. Chez l'homme, ces composés participent au système de défense de l'organisme, ils ont des propriétés antioxydantes ou anti-inflammatoires (support de court : les composés phénoliques, 2014). Parmi les composés phénoliques on peut citer :

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont les substances phénoliques isolés dans un éventail de plantes, et plus de 8150 flavonoïdes différentes ont été rapportées (Suganyadevi *et al.*, 2011). Ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones, constitué de deux

unités aromatiques; deux cycles en C6 (A et B), reliés par un hétérocycle en C3 (Meziti, 2009). Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules selon le degré d'oxydation et la nature des substituants portés sur le cycle C, 14 groupes différents ont été identifiés dont six groupes sont particulièrement les plus répandus et les mieux caractérisés ; flavones, isoflavones, flavanones, flavanols, flavonols, anthocyanidines (Meziti, 2009). Beaucoup d'études ont suggéré que les flavonoïdes ont des activités biologiques, y compris antiallergénique, antiviral, anti-inflammatoire, et des effets de vasodilatation (Suganyadevi *et al.*, 2011). L'effet pharmacologique des flavonoïdes est dû à leur inhibition de certaines enzymes et de leur activité antioxydante (Suganyadevi *et al.*, 2011).

Les tannins

Les tannins sont les composés volumineux hérissés, dérivés des composés phénoliques par polymérisation. Ils sont généralement classés en deux catégories : les tannins hydrolysable (ou pyrogallique) et les tannins non hydrolysable (ou catéchine) (support de cours : les composés phénoliques, 2014). Certains tannins semblent posséder des propriétés intéressantes comme par exemple l'épigallocatechine 3 gallate qu'on retrouve dans les feuilles de thé vert. Cette molécule possède des propriétés anticancéreuses de par son action comme inhibiteur de l'urokinase (université de Lille, 2014).

II.3.5. Dangers liés à la consommation du manioc

Malgré ce rôle important dans l'alimentation, la consommation du manioc n'est pas sans risques pour la santé de l'homme. Ce produit contient des constituants qui peuvent se révéler dangereux pour l'homme (Fiagan, 2007). En effet, le manioc contient des hétérosides cyanogénétiques et les glucosides cyanogénétiques (exemple la linamarine, et le méthyllinamarine) qui sont des composés dangereux pour l'organisme (Fiagan, 2007). Ingérés en quantité importante, ils peuvent causer un empoisonnement aigu au cyanure et entraîner la mort des humains ou animaux qui les consomment. Les affections liées à la toxicité du manioc sont: **le goitre thyroïdien, le nanisme et la neuropathie tropicale** (Diallo *et al.*, 2013). La teneur en acide cyanhydrique fixée par la FAO doit être inférieure ou au plus égale à 10 mg HCN.kg-1 de produit (Diallo *et al.*, 2013). Ainsi, les produits transformés de manioc contenant moins de 50 ppm de cyanure sont considérés inoffensifs mais une intoxication chronique au cyanure peut survenir (Fiagan, 2007).

III. Les procédés de transformation de *Manihot esculenta* Crantz et *Vernonia Spp.*

III.1. Les produits de transformation de *Manihot Esculenta C.*

En Afrique centrale, les jeunes feuilles de manioc encore tendres sont régulièrement cueillies et cuisinées, car elles constituent un légume riche en protéines (FAO, 2013). Dans le Sud Cameroun, par exemple, la feuille de manioc est l'un des végétaux verts de base dans l'alimentation elle est le composant essentiel du *Kpems*, plat local (Busson, *et al.*, 1985). La préparation des feuilles de manioc commence par la séparation des pétioles durs, puis le broyage au mortier des feuilles et des jeunes pétioles, et la cuisson à ébullition de la pâte ainsi obtenue durant 30 à 60 minutes (FAO, 2013).

Dans le cas de TALESS, les feuilles fraîche sont arrachées de leurs tiges et séché à des températures variant entre 60° C et 70° C suivant le procédé ci-après :

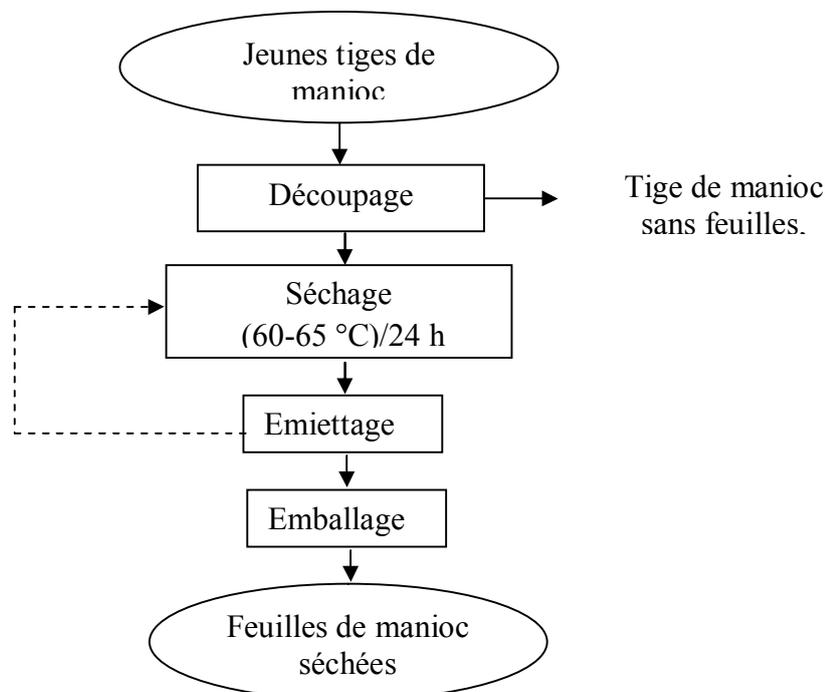


Figure 2 : Schéma du procédé de fabrication des feuilles de manioc séchées

Pour ce qui est des tubercules, une gamme variée de techniques de transformation a été mise au point en Ouganda, au Cameroun, en République Démocratique du Congo..., aboutissant à un grand choix de produits. L'exemple est donné par : la préparation du *Fufu*, des cossettes, du *Lafu*, du *Gari*, du *Chikuangue*..., résultant des procédés plus ou moins simples de transformations (épluchage, lavage, découpage, pressage, broyage, fermentation, séchage, cuisson, râpage...) (Fiagan, 2007). Les principales formes de cuisson des tubercules pratiquées en Afrique sont : la cuisson à l'eau, la friture ou le rôtissage.

TALESS DRY FOOD c'est spécialisé dans la friture des racines de manioc. Il enrichie les chips en les épissant en fin de cuisson (voir figure 3).

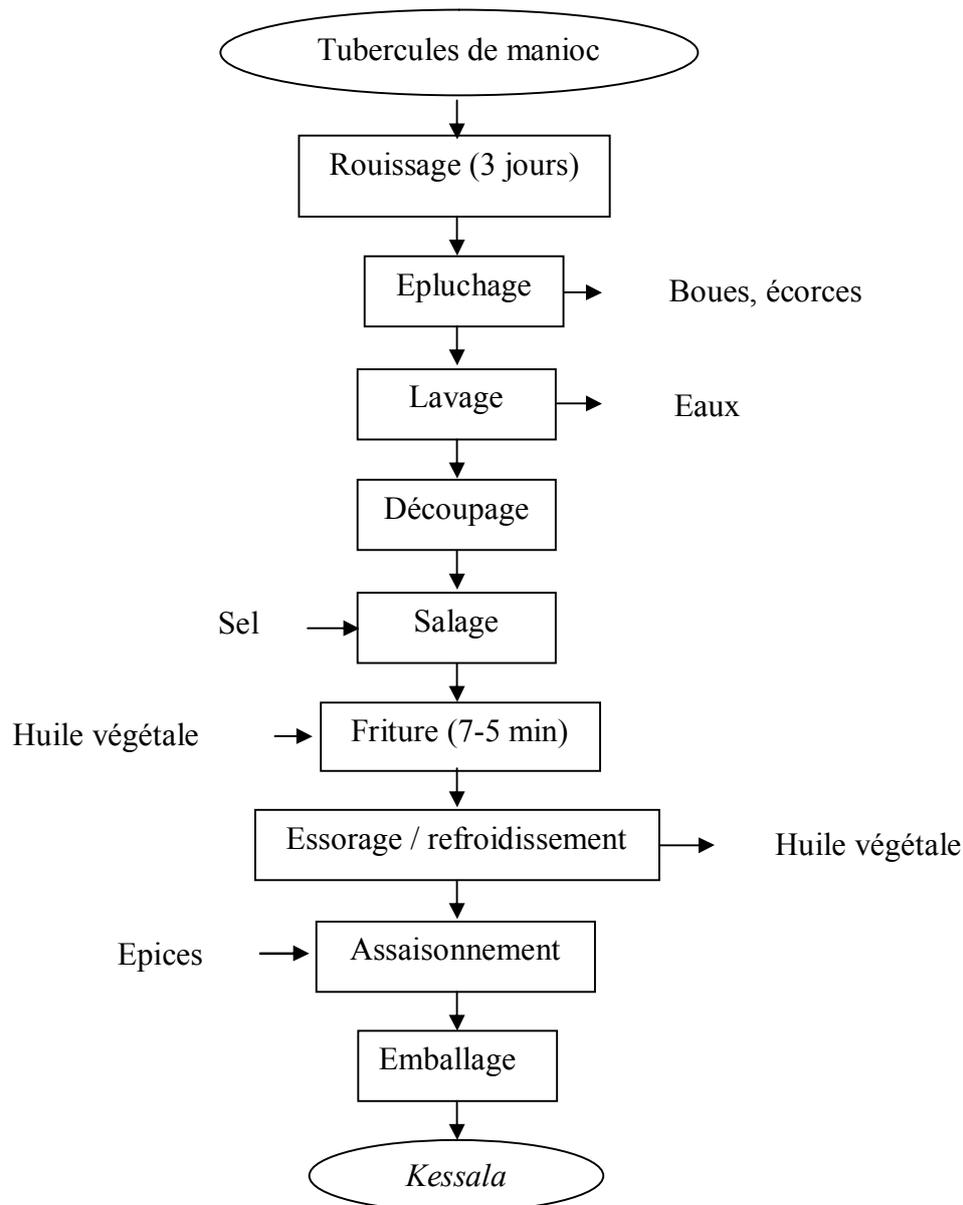


Figure 3 : Schéma du procédé de fabrication du *Kessala*

III.2. Les produits de transformation de *Vernonia Spp.*

Le *Ndolè* est consommé après un processus de désamérisation qui enlève l'astringence et réduit la propriété moussante de la feuille (Abioye *et al.*, 2014). Différentes techniques de traitement sont appliquées à cet effet : le blanchiment au *kanwa*, le pressage suivi du lavage peuvent être cités au Cameroun (Ejoh *et al.*, 2007). Au Nigéria, les feuilles de vernonia sont conventionnellement trempées dans l'eau toute la nuit ou blanchies ou encore frottées avec ou sans sel (NaCl) (Yakubu, *et al.*, 2012).

Le GIC TALESS utilise l'une des méthodes traditionnelles camerounaises de lavage du *Ndolè* (voir figure 4). Les feuilles sont cuites au *kanwa* et ensuite vigoureusement frottées et lavées à l'eau.

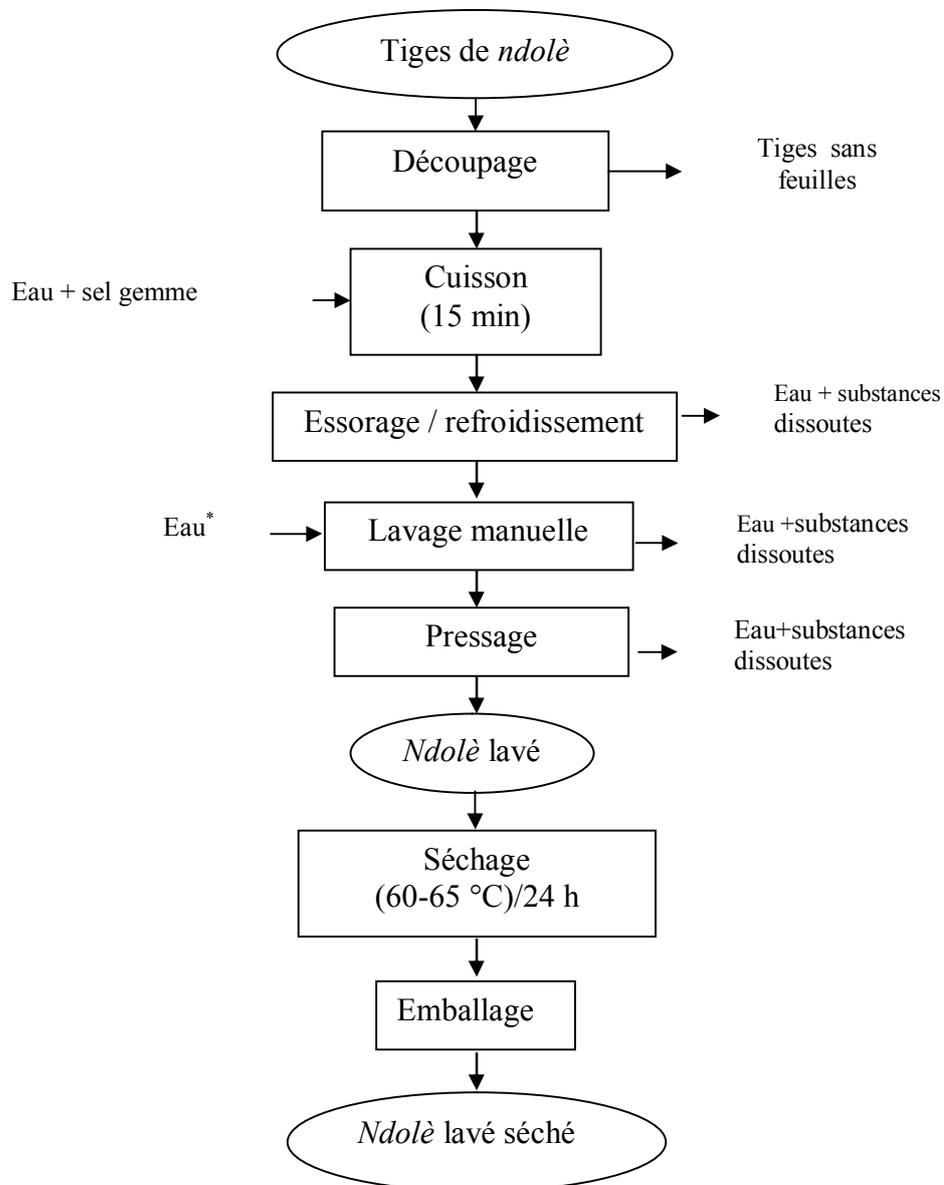


Figure 4: Schéma du procédé de fabrication des feuilles de *Ndolè* lavées et séchées

III.3. Les opérations unitaires impliquées dans les transformations

La fermentation/ Rouissage : Le rouissage est une fermentation lactique spontanée des tubercules de manioc avec ou sans écorce (Bindzi, 2012).

Le découpage : La découpe des aliments est une opération unitaire très fréquente sur les chaînes de production et de transformation agroalimentaires notamment, lors de la récolte

des produits agricoles, le parage avant transformation, ou le portionnement des produits avant conditionnement (Techniques de l'Ingénieur, N° F 1 230).

Le blanchiment au *kanwa* : c'est une opération de cuisson pendant environ 5 minutes des feuilles de *Ndolè* avec une proportion bien connue de sel gemme ou *kanwa* (Ejoh *et al.*, 2007)

Essorage : est une opération de déshydratation mécanique par la pesanteur ou la force centrifuge (Techniques de l'Ingénieur, F 3 000).

Pressage : est l'un des moyens mécaniques de déshydratation, où les solutés sont extraits en même temps que l'eau (Techniques de l'Ingénieur, N° F 3 000).

Séchage : est un procédé très ancien de conservation des produits agricoles et alimentaires. Au cours du séchage il y'a transfert de matière (eau) et de chaleur. Deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour évaporer l'eau d'un produit : l'ébullition ou l'entraînement. Le mode par entraînement permet une élimination poussée de l'eau sans altération excessive de la qualité des produits. Dans les produits poreux riches en eau, l'eau migre de l'intérieur vers la surface du produit par capillarité. La migration d'eau interne est limitée par :

- la résistance des parois cellulaires ;
- la migration des solutés qui obstruent les pores ;
- le durcissement et la rétraction de la surface du produit (Techniques de l'Ingénieur, N° F 3000).

Friture : c'est la cuisson dans la matière grasse correspond. Elle consiste à placer l'aliment au contact d'une matière grasse, végétale ou animale, à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau (généralement entre 110 ° C et 190 ° C). Si l'aliment est plongé complètement dans la matière grasse, on parlera de « friture profonde » (ou par immersion), sinon, de « friture plate ». L'eau contenue dans l'aliment atteint très rapidement sa température d'ébullition et de la vapeur est émise. La cuisson est en général assez courte surtout si la température est très élevée (Poliméni, 2007).

Tous ces procédés modifient d'une manière ou d'une autre les aliments, ces transformations peuvent s'avérer bénéfiques ou néfastes pour la qualité nutritionnelle des aliments.

IV. Influence des transformations sur la qualité nutritionnelle des produits

IV.1. Influences sur les vitamines

Le carotène comme la vitamine A tolèrent relativement bien les températures de cuisson usuelles. Par contre, le séchage au soleil des feuilles vertes et autres aliments réduit considérablement leur teneur en carotène (FAO, 2001). Pour ce qui est de la vitamine C, c'est un composé hautement soluble dans l'eau et facilement oxydable. Elle n'est pas altérée par la lumière mais est détruite par la forte chaleur surtout en solution alcaline (FAO, 2001).

IV.2. Influences sur les minéraux

Les études faites par Ejoh et collaborateurs en 2007 sur le ndolè suggèrent que les teneurs en calcium, de phosphore et de fer dépendent du type méthodes de transformation utilisées (lavage et pressage intense ; blanchissement, lavage et pressage intense ; blanchissement avec le kanwa, lavage et pressage intense) et de la variété de vernonia transformée. Les techniques ou les temps de séchage utilisés dans le processus n'influenceraient pas la quantité de calcium, de phosphore et de fer (Ejoh *et al.*, 2007). Ces mêmes études montrent que lorsque le *Ndolè* est soumis aux procédés de blanchissement avec le kanwa, lavage et pressage intense il est observé une légère augmentation du taux de phosphore et de fer tandis que le taux de calcium est réduit.

IV.3. Influences sur les composés phytochimiques

Plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques peuvent avoir un impact sur la quantité des polyphénols présents dans les légumes (Barka *et al.*, 2011). Les polyphénols solubles sont extraits des échantillons bouillis, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires de tissus végétaux par la chaleur. La perte par éclatement cellulaire facilite la libération des polyphénols totaux et autres substances dans l'eau de cuisson ce qui contribuerait à la diminution des teneurs des légumes bouillis (Barka *et al.*, 2011).

Le cyanure est présent dans le manioc et ses dérivés sous deux formes, la forme glucosidique, qui est la linamarine elle-même, et la forme non glucosidique ou forme liée qui est la cyanohydrine. Dans des conditions normales d'hydrolyse, quand la linamarase réagit avec la linamarine (voir figure 2) (FAO, 1991). Lors des différentes opérations de récolte, épluchage, découpage la linamarine est mise en contact avec la linamarase, qui est libérée quand les cellules des racines de manioc se rompent (Fiagan, 2007).

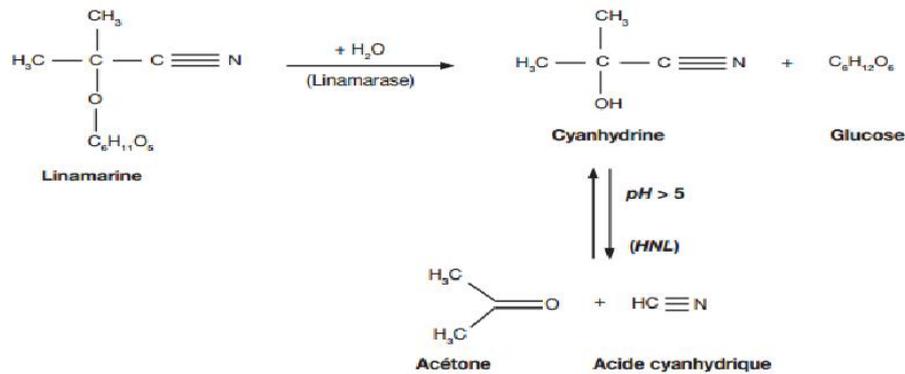


Figure 5 : Hydrolyse enzymatique de la linamarine (Diallo *et al.*, 2013)

Les méthodes traditionnelles de transformation, telles que la fermentation, le séchage et la cuisson, si elles sont appliquées avec soin, peuvent réduire la teneur en cyanure jusqu'à des niveaux non toxiques (Fiagan, 2007). D'après la FAO (1991), les feuilles de manioc simplement séchées voient leur taux de cyanure réduire de 3.7 % contre 94,5 % si elles sont cuites pendant 15 minutes. Les procédés de pilage et de cuisson des feuilles élimine les substances cyanogénétiques et rend les feuilles consommables sans risque (FAO, 2013).

V. Commercialisation des produits au Cameroun

Les produits vivriers de tubercule de manioc, feuilles de manioc et *Ndolè* se caractérise par une prédominance du segment traditionnel de production comprenant les exploitations en majorité familiales qui utilisent les semences et plants « tout venant », peu de pesticides et d'engrais et une faible mécanisation où domine la polyculture. Ces produits sont destinés à l'autoconsommation et aux marchés des centres urbains locaux (Douala, Yaoundé, Bafoussam, Garoua, Maroua, ...). Il se développe de plus en plus des segments artisanaux et semi-moderne des exploitations de manioc utilisant des intrants sélectionnés, peu de matériels et d'équipement d'irrigation et de conditionnement. La production est vendue dans les villes locales et exportées (Europe et zone CEMAC). Près de 3 millions de tonnes de tubercule de manioc ont été exportés du Cameroun entre 2006 et 2007. Tandis qu'en 2012, 322 tonnes de Feuilles de manioc ont été exportées vers l'Europe, Canada, Gabon, Guinée. Pour le cas du *Ndolè*, l'exportation vers l'Europe se chiffre dans les 64 t soit une valeur marchande de 0,08 milliard de F Cfa. Ainsi se présente quelque marchés potentiels de commercialisation des tubercules de manioc, feuilles de manioc et vernonia (MINEPAT, 2012).

Les analyses qui viennent d'être faites montrent que *Manihot esculenta Crantz* et *Vernonia Spp.* sont des produits riches sur le plan nutritionnel. Certaines transformations technologiques réduisent la qualité nutritionnelle ou l'améliore. Maitriser ces procédés peut ainsi mieux préserver ou améliorer le produit. Pour le cas des produits transformés de TALESS DRY FOOD, il est question :

- De réaliser un diagnostic en vue d'évaluer les principales contraintes, forces et faiblesses des pratiques faites en entreprise
- D'évaluer la qualité nutritionnelle des produits de la transformation de *Manihot esculenta Crantz* et *Vernonia Spp.*.
- A partir des réponses, évaluer les voies d'amélioration de la qualité de ses produits.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel

II.1. Matériel biologique

- Les feuilles de manioc (fraîches et séchées) (*Manihot esculenta Crantz*), feuilles de *Ndolè* (*Vernonia Spp.*) lavées et séchées



Figure 6 : Echantillons de feuilles de *Manihot esculenta Crantz* (à gauche) et feuilles de *Ndolè* (*Vernonia Spp.*) lavées et séchées (à droite).

- chips de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) épicées.



Figure 7 : Echantillon de chips épicées de *Manihot esculenta Crantz*

Les feuilles fraîches de manioc ont été récoltées dans la localité de Nkolfoulou (dans la province du centre, département de la Mefou et Afamba-Arrondissement de Soa et ville de Soa). Ces dernières ont été transportées et gardées au froid pendant toute la durée des analyses. Pour ce qui est des feuilles séchées elles ont été obtenues selon le procédé décrit à la figure 2 et broyées au moulin.

Les tubercules provenaient du marché local de Yaoundé et ont été transformées suivant le procédé présenté à la figure 3. Les feuilles de *Ndolè* lavées et séchées proviennent des fournisseurs locaux et ont été fabriquées d'après le procédé présenté à la figure 4.

II. Méthodes

II.1. Diagnostic du système de production à TALESS DRY FOO/GIC

Il a été question ici d'observer les activités qui régissent le fonctionnement du GIC, interroger et observer les acteurs au travail, de consulter les documents physiques dans l'entreprise en vue de ressortir les contraintes, les atouts et potentiels problèmes. De cet examen, c'est dégagé la nécessité de :

- recenser les produits TALESS et d'actualiser le catalogue des produits TALESS, en mettant l'accent sur les valeurs nutritionnelles et thérapeutiques des aliments ;
- ressortir les produits à fort potentiel de commercialisation de la structure,
- observer à l'usine les procédés de transformation des produits choisis (feuilles de *Ndolè* et de manioc séchées et du *Kessala*).

Les outils employés pour mener à bien ces actions sont :

- **La méthode QQQQCP**

La méthode de QQQQCP est une méthode empirique qui propose à tout analyste une démarche de travail fondée sur un questionnement systématique (QQQQCP : Quoi? Qui? Où? Quand? Comment? Chaque réponse à chacune de ces questions peut être soumise à l'interrogation supplémentaire : Pourquoi ?). De manière plus détaillée il s'agit de se poser les questions suivantes:

QUOI : de quoi s'agit-il ? Quel est le risque ?

QUI : Qui est concerné, par le problème, qui est concerné par la mise en œuvre ?

OÙ : En quel lieu le problème se pose-t-il ?

QUAND : À quel moment le problème apparaît-il ?

COMMENT : Sous quelle forme le problème apparaît-il ?

POURQUOI : Quelles sont les raisons qui poussent à résoudre ce problème ?

Ceci en vue de collecter les données nécessaires et suffisantes pour analyser et rendre compte d'une situation, d'un problème, d'un processus. Les analyses supplémentaires aux laboratoires peuvent permettre de confirmer le rapport fait sur place.

II.2. Analyses physicochimiques

II.2.1. Analyse en macronutriment

II.2.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau des différents échantillons a été déterminée suivant la méthode (AOAC, 1980). Elle consiste en un séchage d'une prise d'essai à $105 \pm 1^\circ \text{C}$ jusqu'à poids constant.

▪ *Mode opératoire*

Des capsules ont été séchées à l'étuve, puis refroidies dans un dessiccateur et pesées (M_0). Une prise d'essai (en grammes) a été introduite dans chaque capsule et l'ensemble a été pesé (M_1) puis séché à l'étuve à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures. Après le séchage, l'ensemble est refroidi dans un dessiccateur et pesé à nouveau (M_2).

▪ *Expression des résultats*

La teneur en eau a été calculée suivant la relation:

$$TE(\%) = \frac{M_2 - M_0}{M_1}$$

M_0 : masse de la capsule vide ; M_1 : masse de l'échantillon avant étuvage ; M_2 : masse de la capsule contenant l'échantillon après étuvage

Les résultats exprimés représentent la moyenne de trois essais.

II.2.1.2. Détermination de la teneur en protéines brutes

Les protéines ont été déterminées par minéralisation selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990) suivie du dosage de l'azote par la méthode de Dévani (1989).

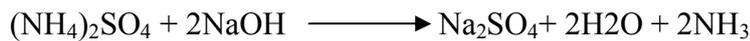
Principe

Cette méthode est basée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur.

▪ *Mode opératoire*

La teneur en protéines a été déterminée suivant la méthode de Kjeldahl pour la détermination de l'azote total (AOAC, 1990). Environ 1 g d'échantillon sec a été introduit dans un matras et minéralisé en présence de 10 mL de H_2SO_4 concentré et de 0,5 g de

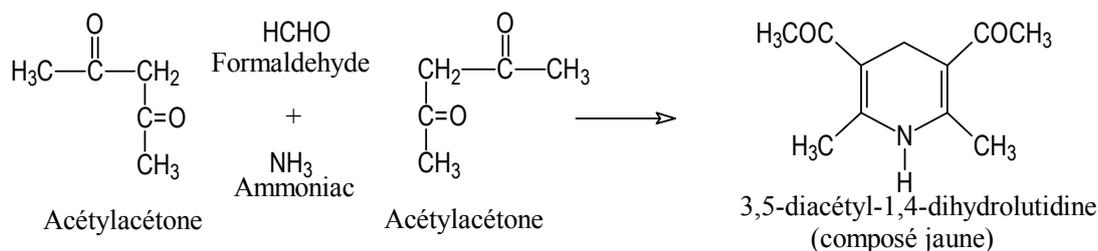
catalyseur de minéralisation Dumazert (mélange de 200g de NaSO_4 + 3,2g de sélénium + 3,2g de CuSO_4). La minéralisation a été réalisée à chaud durant six heures environ sur une rampe de minéralisation chauffée à 400°C . La minéralisation a été totale lorsque le mélange noir sirupeux au début du chauffage est devenu incolore. Pendant cette minéralisation, l'azote organique de l'aliment a été transformé en azote minéral suivant l'équation ci-après:



A l'issue de cette minéralisation, l'azote a été dosée par méthode décrite par Dévani *et al.* (1989). Pour cela, chaque minéralisât a été récupéré dans une fiole de 50 mL et le volume ajusté au trait de jauge avec l'eau distillée.

Principe de la méthode de Dévani

Cette méthode spectrophotométrique de détermination de l'azote est basée sur la réaction de l'ammoniac (NH_3) avec l'acétyl-acétone et le formaldéhyde en milieu aqueux pour donner le 3,5- diacétyl-1,4-dihydrolutidine (composé jaune) présentant un maximum d'absorption à 412 nm. L'équation de la réaction est donnée ci-après:



▪ ***Expression des résultats***

La teneur en azote (X) de chaque prise d'essai a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage:

$$\text{D.O.} = a X + b$$

La teneur en protéines brutes pour 100 g de matière sèche a été déterminée en tenant compte du facteur de dilution, de la masse de la prise d'essai et du facteur de conversion de l'azote en protéines qui est de 6,25.

Soient q la quantité d'azote en mg dans le volume (v) d'échantillon analysé, m la prise d'essai, V le volume total du minéralisât et Q la quantité d'azote dans 100g d'échantillon sec;

$$q = \frac{D.O.i-b}{a}$$

$$Q = \frac{q \cdot V \cdot 100}{m \cdot v} * \frac{1}{M_s}$$

Où Ms est la masse sèche de la prise d'essai.

La teneur en protéines (Q_{prot}) brutes pour 100 g de matière sèche est donc:

$$Q_{\text{prot.}} = 6,25 * Q$$

II.2.1.3. Détermination de la teneur en lipides

La teneur en lipides totaux a été déterminée par extraction au Soxhlet selon la méthode Russe décrite par Bourely (1982).

Principe

L'extraction des lipides est basée sur la solubilité différentielle des lipides dans un solvant organique qui est ici l'hexane, et ceci à chaud. La teneur en lipides est déterminée par la différence entre la masse initiale et la masse finale de l'échantillon.

▪ **Mode opératoire**

2 grammes (M_0) d'échantillon ont été introduits dans un papier filtre. L'ensemble a été pesé la masse est notée M_1 , ensuite placé dans un dispositif de soxhlet. L'ensemble a été chauffé pendant environ 10 heures. Les sachets ont été retirés, séchés à l'étuve à 105°C, puis pesés (M_2).

▪ **Expression des résultats**

La teneur en lipides totaux en % MS a été déterminée par la formule suivante:

$$T_{\text{lip}} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_0 * MS} * 100$$

II.2.1.4. Détermination des teneurs en sucres totaux

Extraction des sucres totaux

1 g d'échantillon a été introduit dans un erlen meyer bouchant de 50ml et 10ml d'acide sulfurique 3N a été introduit. Le mélange est porté au bain-marie à 100 °C pendant 15 minutes, puis refroidi à température ambiante. Ensuite, le mélange a été centrifugé et le surnageant récupéré.

▪ **Dosage des sucres extraits (Méthode au phénol)**

Principe

En milieu acide et à chaud, les pentoses (C₅) et hexoses (C₆) subissent une cyclisation pour donner respectivement le furfural et l'hydroxyméthyl furfural. Les composés ainsi formés réagissent avec le phénol pour donner un complexe coloré jaune - orange présentant une absorption maximale à 450 nm. Le complexe coloré ainsi formé permet le dosage spectrophotométrique des sucres et leurs dérivés par la méthode de **Dubois *et al*, (1956)**.

▪ **Préparation de la gamme d'étalonnage**

A l'aide d'une solution étalon de maltose 1mg/ml, la gamme étalon a été préparée (voir annexe)

▪ **Expression des résultats**

La quantité de sucres réducteurs ou totaux de chaque prise d'essai est déterminée en se reportant sur la courbe d'étalonnage d'équation de régression : $DO = a \times Q + b$

La quantité de sucres en g/ 100g de MS est donnée par la relation :

$$Q = 100 \times \frac{Q \times V_T}{m \times V_i \times MS}$$

Q : la Quantité de sucre dans la prise d'essai, *V_T* : le volume total de l'extrait, *m* : la prise d'essai en g, *V_i* : le volume d'échantillon analysé.

II.2.1.6. Apport énergétique

L'apport énergétique des produits est exprimé en kcal/100g MS a été calculé de la manière suivante :

$$\text{Energie (kcal/100g MS)} = 4G + 9L + 4P$$

Où *G* la teneur en sucre totaux, *L* celle en Lipide et *P* celle en protéine par rapport à la matière sèche.

II.2.2. Détermination de la teneur en vitamine

II.2.2.1. Détermination de teneurs en vitamine c

La méthode utilisée est celle à l'indophénol (Tomohiro, 1990) avec des modifications.

Principe

Cette méthode est basée sur la réaction d'oxydoréduction entre l'indophénol et la vitamine C. En présence du 2,6-dichloro-indophénol (oxydant), l'acide ascorbique

(réducteur) est oxydé en acide déhydro-ascorbique tandis que le 2,6-DIP est réduit en un leucodérivé incolore.

- **Mode opératoire**

- Extraction**

Les prises d'essai ont été constituées de 2 g de poudre de feuilles séchées et de *Kessala* et 5g de jeunes feuilles fraîches de manioc. Ces échantillons ont été broyés dans un mortier en porcelaine en présence de 30 mL d'acide acétique 25%. L'ensemble a été mélangé pendant 20 minutes à l'aide d'un barreau aimanté sur un agitateur magnétique puis centrifugé à 3500 tr/min pendant 10 minutes. Le volume du surnageant a été ajusté à 30 mL avec l'acide acétique 25%.

- Standardisation de la solution d'indophénol.**

5 mL de solution d'acide acétique à 25 % ont été introduits dans un bécher et 2 mL de la solution standard d'acide ascorbique (0.1 %) y ont été ajoutés. Ensuite le contenu du bécher a été titré avec la solution d'indophénol (0,1g/L) jusqu'à apparition de la couleur rose persistante pendant au moins 30 secondes et le volume d'indophénol **V(1)** a été noté. Pour le test à blanc, 7 mL de solution d'acide acétique à 10 % ont été introduits (sans ajout d'acide ascorbique) dans un bécher, puis un volume d'eau distillée équivalent au volume d'indophénol **V(1)** (qui aura permis le virage lors de la titration de la solution standard de vitamine C) a été ajouté. Ce blanc a été titré par la solution d'indophénol jusqu'au virage et le volume **V(2)** d'indophénol a été noté.

- Dosage effectif de la vitamine C**

Une prise d'essai (2 mL) de l'extrait de vitamine C a été introduite dans un bécher et titrée avec la solution d'indophénol (0,1g/L) jusqu'à apparition de la couleur rose persistante, puis le volume a été noté **A**. Dans un second temps, 2 ml d'acide acétique ont été dilués dans un volume d'eau équivalent au volume de la solution d'indophénol **A** et l'ensemble a été titré avec la solution d'indophénol. Le volume correspondant d'indophénol a été noté **B**.

- **Expression des résultats**

La quantité de vitamine C équivalent à 1 ml de la solution d'indophénol s'exprime comme suit :

$$q = \frac{Cs}{V(1) - V(2)}$$

Cs = mg d'acide ascorbique contenu dans 2 mL de solution standard ; $V(1)$ = volume en ml de la solution d'indophénol utilisé pour la titration de la solution standard d'acide ascorbique ; $V(2)$ = volume en ml de la solution d'indophénol utilisé pour la titration du blanc.

La teneur en vitamine C exprimée en mg/100 g de matière sèche, est donnée par la formule ci-après :

$$Qc(\text{mg} / 100 \text{ g}) = \frac{(A - B) \times q \times VT \times 100}{Vi \times S} \times \frac{1}{Ms} \quad \text{Où}$$

A est le volume en ml de la solution d'indophénol utilisé pour l'échantillon ; B est le volume en ml de la solution d'indophénol utilisé pour le blanc ; C est la masse en mg d'acide ascorbique équivalent à 1 ml de solution d'indophénol ; S est la masse de la prise d'essai, Ms c'est Matière sèche ; VT le volume total de l'extrait et Vi le volume prélevé pour essai.

II.2.2.2. Dosage des caroténoïdes totaux

▪ Extraction

Les caroténoïdes ont été extraits au mélange hexane-acétone : 30/70 (v/v) et soumis à la lecture au spectrophotomètre entre 430 et 450 nm. (AOAC, 1965)

▪ Mode opératoire

A 1g d'échantillon ont été ajoutés 30 mL du mélange hexane-acétone 30/70 (v/v) et l'ensemble a été chauffé à reflux pendant 1 h, puis refroidi et filtré. Le filtrat a été lavé à l'eau distillée et séparé dans une ampoule à décanter. La phase lipidique a été transvasée dans une fiole de 25 ml et le volume a été ajusté avec l'hexane. La densité optique a été lue entre 430 et 450 nm afin de déterminer l'absorbance maximale.

▪ Expression des résultats

La teneur en caroténoïdes est donnée par la relation :

$$\text{Caroténoïdes (mg/100gMs)} = \frac{D.O. \times VT \times f \times 100}{196 \times M \times Ms} \quad \text{Où :}$$

DO : la densité optique, Ms : la matière sèche de l'échantillon, f : facteur de dilution, M : masse prélevée (g), VT : le volume total de l'extrait en litre.

II.2.3. Composition en sels minéraux

II.2.3.1. Teneur en cendre

La méthode décrite dans AFNOR (1981). Les échantillons ont été incinérés complètement jusqu'à obtention des cendres blanches dans un four à moufle réglé à 550 °C. Pour cela, les creusets en porcelaine contenant 15 g d'échantillons en poudre issus de l'étuvage à 105±2 °C (M₂) sont placés dans le four. Après incinération pendant 24 heures, les creusets sont retirés du four à l'aide des pinces, puis refroidis dans l'atmosphère d'un dessiccateur et pesés (M₃).

Expression des résultats

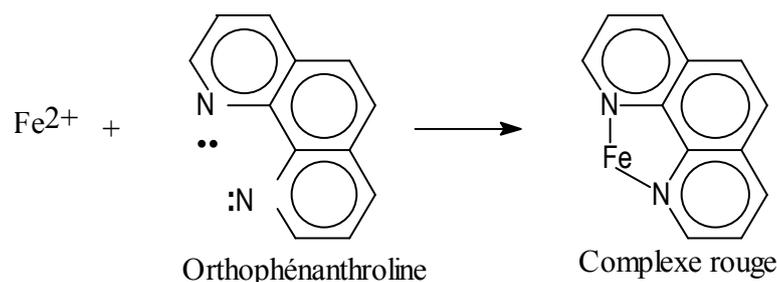
$$\frac{(M_3 - M_1)}{M_2} \times 100$$

M₁ étant la masse de la capsule vide. Les résultats sont la moyenne de trois répétitions.

II.2.3.2. Teneur en fer (Rodier, 1978)

Principe

Le fer ferreux (Fe²⁺) contenu dans la solution de cendres est dosé par colorimétrie après réduction par l'orthophénantroline en milieu acide donnant un complexe rouge qui présente un maximum d'absorption à 510 nm.



Equation de la réaction entre le fer et l'orthophénantroline

▪ Mode opératoire

A 0,5 mL de solution de cendres ont été ajoutés successivement sous agitation 1 mL d'acide chlorhydrique 1N, 5 mL d'acétate de sodium saturé, 0,3 mL d'acide ascorbique 1% et 1 mL d'orthophénantroline 1%. L'ensemble a été incubé pendant 30 minutes à 25°C et la

Densité Optique a été lue à 510 nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été établie a partir d'une solution standard de fer à 0,01 g/l.

▪ **Expression des résultats**

La gamme d'étalonnage permet d'obtenir l'équation de régression. $DO = a \times Q + b$
Avec Q la quantité de fer dans le volume d'échantillon analysé (0,1ml). La teneur en fer

(Tf) se calcul par l'expression : $Tf(MF) = \frac{Cf \times V \times Tc}{M}$ avec

Tf : Quantité de fer dans 100g de matière sèche, *V* : Volume d'extrait de cendre, *Tc* : Teneur en cendre de l'échantillon, *C* : Concentration en fer de l'échantillon, *M* : Masse de cendre solubilisé.

II.2.3.3. Teneur en Calcium

Elle a été déterminée par la méthode titrimétrique à l'EDTA de AFNOR (1982).

Principe

En présence de l'acide calcon carboxylique en milieu basique (pH 12), les ions calcium contenus dans la solution donnent un complexe rouge vineux. L'ajout de l'EDTA en excès dans cette solution conduit à la destruction de ce complexe et à la libération du calcon carbonate qui développe une coloration bleue caractéristique de la fin de la réaction.

▪ **Mode opératoire**

Dosage du standard l'EDTA

5 mL d'une solution étalon de Ca^{2+} ($CaCO_3$, 0,1%), puis 2 mL de NaOH 2N et 0,05 g d'acide calcon carboxylique ont été mélangés dans un bécher; Le mélange a été titré avec l'EDTA 0,01M jusqu'au virage au rouge vif puis au bleu clair et le volume d'EDTA utilisé a été noté.

Dosage proprement dit

5 mL d'échantillon ont été mélangé à 2 mL de NaOH 2N et 0,05 g d'acide calcon carboxylique. Le mélange (rouge vineux) obtenu a été titré avec la solution d'EDTA (0,01 M) jusqu'à l'obtention d'une coloration bleu clair. Le volume d'EDTA a été noté et la concentration du calcium a été calculée par rapport au facteur d'équivalence (mg de calcium

par mL d'EDTA) trouvé pour l'étalon. Ce dosage se fait à pH 12-13, ce pH est ajusté avec la solution de NaOH 2N.

II.2.3.4. Teneur en phosphore (Rodier, 1978)

Principe

En milieu acide et en présence du molybdate d'ammonium ((NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O) les phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue ayant un maximum d'absorption à 690 nm. Certaines formes pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des phosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur : le tartrate double d'antimoine et de potassium.

▪ ***Mode opératoire***

A 0,5 mL de la solution de cendres ont été ajoutés 2mL de la solution réactive et le volume a été complété à 50 mL avec l'eau distillée. L'ensemble a été homogénéisé et laissé au repos pendant 30 minutes; puis la Densité Optique a été lue à 690 nm contre un blanc constitué de 2mL de solution réactive et d'eau distillée. Une courbe d'étalonnage a été construite à partir d'une solution de phosphate de potassium (10 mg/L).

La solution réactive a été préparée en mélangeant 100 mL d'H₂SO₄ (5N) avec 10 mL de solution d'émétique (0,274 g/L) (tartrate double d'antimoine et de potassium), 30 mL de molybdate d'ammonium (6%) et 60 mL de solution d'acide ascorbique (17,6 g/L).

II.2.4. Dosage des composés phytochimiques

II.2.4.1. Préparation de l'extrait

Une prise d'essai (1g de poudre de feuille de manioc, de *Ndolè* et chips de manioc ou 1g de feuilles fraîches broyées,) a été mélangé dans 20 ml d'éthanol pure à température ambiante. Ensuite le mélange a été agité pendant 1 h à l'aide d'un agitateur mécanique. Après cette opération le mélange est centrifugé à 3700 tours par minute pendant 20 minutes. Le surnageant est récupéré et le résidu est de nouveau traité comme décrit précédemment. Les deux volumes d'extrait sont ensuite mélangés et complétés à 50 mL avec le solvant d'extraction. Les extraits obtenus sont récupérés dans des tubes scellés et conservés à 4°C. Ces extraits sont utilisés pour la suite des manipulations.

II.2.4. 1. Dosage des composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques totaux ont été évalués suivant la méthode spectrophotométrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu décrite par Gao *et al.* (2000) avec quelques modifications.

Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un mélange d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) et d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) qui par réduction lors de l'oxydation des phénols donne un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) ; la coloration bleue obtenue présente une absorption maximale entre 720 et 760 nm et est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques.

▪ **Mode opératoire**

0,02 mL d'extrait ont été introduits dans un tube à essai. Ensuite 1,38 mL d'eau distillée et 0,2 mL de réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés. Après 3 min de repos, 0,4 mL de carbonate de sodium (Na_2CO_3 ; 20%) y ont été ajoutés. Les tubes ont alors été vigoureusement agités à l'aide d'un vortex et incubés pendant 40 minutes dans un bain-marie à 40°C. L'absorbance lue contre un blanc à 760 nm. L'étalonnage a été réalisé à l'aide d'une solution aqueuse fraîchement préparée d'acide gallique (0,02%) et les résultats exprimés en mg d'acide gallique/100g de matières sèches.

II.2.4.2. Détermination de la teneur en tannins

La teneur en tannins des extraits a été évaluée par la méthode utilisant la matrice polyvinyl polypyrrolidone (PVPP) décrite par **Makkar (2003)**.

Principe

Il est basé sur l'affinité des tannins avec le PVPP.

▪ **Mode opératoire**

La teneur en composés phénoliques totaux des extraits a été déterminée avant et après traitement au PVPP. Pour le traitement au PVPP, 1 mL de l'extrait a été mis en présence de 1 mg de PVPP dans 2 mL d'eau distillée. L'ensemble a été agité pendant 30 minutes à l'aide d'un agitateur (GRIFFIN flash shaker, London) puis conservé à 4°C pendant 15 minutes et à nouveau agité. Enfin, le mélange a été centrifugé pendant 10 minutes à 3000 tr/min. Le surnageant a été utilisé pour la détermination des composés phénoliques non tannins.

La teneur en tanins a été obtenue par différence entre la teneur en composés phénoliques avant et après le traitement au PVPP.

II.2.4.3. Dosage des cyanures (Makkar et al., 2007)

Principe

L'acide cyanhydrique réagit avec de l'hydroxyde de potassium pour former le cyanure de potassium, qui réagit alors avec le picrate de sodium, en formant un composé rouge-coloré dont l'intensité est mesurée à 520 nm. Cette réaction est accélérée sous l'action de la chaleur.

▪ ***Extraction du Cyanure Total***

2 g de poudre d'échantillon sec ont été mis à trempé dans 62.5ml d'eau distillée pendant 4 h. passer se temps, 2.5 ml de chloroforme sont ajouté dans le mélange, ensuite, le tout est mis dans un dispositif de distillation. Dans le bécher de récupération du distilla, 2 ml de 2% KOH est introduit, son rôle est de piéger le HCN gazeux. Lorsqu'environ 20 ml de distillat est récupéré, la distillation est arrêtée. Le volume précédent est complété à 50 ml avec de l'eau distillée.

▪ ***Dosage proprement dite de cyanure total***

Dans 5 mL du distillat ajouter 5 ml de la solution alcaline de picrate. Le mélange est porté dans un bain marie à 100 °C pendant 5 minutes pour le développement de couleur. L'intensité de la coloration est mesurée à 520 nm contre un blanc.

Une courbe d'étalonnage a été construite à partir d'une solution de cyanure de potassium (100 µg de HCN/mL), la gamme allant de 10 à 100 µg l'équivalent en HCN.

La teneur en cyanure des échantillons résultant de la courbe d'étalonnage est exprimée en milligrammes pour 100 g matière sèche.

II.2.5. Evaluation de la capacité antioxydante

II.2.5.1. Pouvoir réducteur total

Le pouvoir réducteur a été évalué par la méthode décrite par Oyaizu (1986) et Duh et Yen (1997) avec quelques modifications.

Principe

Cette méthode évalue l'aptitude d'un antioxydant à transférer les électrons aux ions Fe^{3+} . Ces ions se trouvent en solution sous forme de complexe Fe^{3+} /hexacyanure de potassium

et leur réduction donne le complexe Fe^{2+} /hexacyanure de potassium de couleur verte intense qui absorbe à 700 nm. L'intensité de la coloration dépend du pouvoir réducteur de la molécule testée.

▪ **Mode opératoire**

Dans un tube à essai, 1 mL de l'extrait éthanolique a été mélangé avec 0,5 mL d'une solution tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) et 2,5 mL de solution de l'hexacyanoferrate de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] à 1 %. L'ensemble a été incubé pendant 20 minutes à 50° C dans un bain-marie et immédiatement refroidis dans de la glace. Ensuite 0,5 mL d'acide trichloroacétique 10 % ont été ajoutés et le mélange centrifugé à 3000 g pendant 10 minutes. Puis, 1 mL du surnageant a été prélevé, mélangé à 1 mL d'eau distillée et 0,1 mL d'une solution aqueuse de FeCl_3 à 0,1 %. Après 10 minutes de réaction, l'absorbance a été lue à 700 nm. La Densité Optique obtenue est proportionnelle au pouvoir réducteur total de l'extrait utilisé. Une courbe d'étalonnage a été tracée à l'aide des solutions d'acide ascorbique de différentes concentrations utilisé comme référence. Le pouvoir réducteur total a été exprimé en mg d'acide ascorbique pour 100g de matière sèche.

II.2.5.2. Détermination du pouvoir antiradicalaire (DPPH)

L'effet antiradicalaire de l'extrait de poudre d'échantillon sur le radical DPPH° (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) a été déterminé par la méthode modifiée de Brand Williams *et al.* (1995).

Principe

Le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH°) est un radical libre synthétique de couleur pourpre en solution. En présence d'un antioxydant (AH) ou d'une entité antiradicalaire, ce radical libre peut être piégé; ce qui entraîne la décoloration progressive de la solution caractérisée par la décroissance de la Densité Optique à 517 nm (Brand *et al.*, 1995). Une molécule sera d'autant plus antiradicalaire qu'elle entraînera une décoloration rapide de la solution de DPPH 40 µg/ml. L'équation de la réaction est la suivante:



▪ **Mode opératoire**

2 mL de DPPH° (0,1mM préparé dans l'éthanol) ont été introduit dans un tube à essai contenant 0,5 mL d'extrait éthanolique. Ensuite le mélange a été agité et gardé à l'obscurité

pendant 30 minutes à 25°C. Pour le tube témoin négatif, l'éthanol a été utilisé à la place de l'extrait, un témoin positif est fait à partir du BHT (Butyl hydroxytoluène ; un antioxydant de référence). L'absorbance a été lue à 517 nm. L'activité antioxydante (A.A) de l'extrait a été exprimée en pourcentage d'inhibition selon l'équation suivante :

$$A.A (\%) = (A_{\text{témoin}} - A_{\text{essai}}) / A_{\text{témoin}} \times 100$$

II.3. Formulation de produit à valeur nutritionnelle améliorées

Le but est de trouver la proportion en matières premières pour laquelle la valeur nutritionnelle et fonctionnelle du produit est meilleure tout en conservant le goût du *Ndolè* au mélange. Pour ce faire, le cahier des charges exige un mélange pouvant permettre de répondre aux besoins journaliers des tranches de la population les plus défavorisé à savoir : les enfants de moins de 5 ans, femmes enceintes et allaitantes, les adolescentes en âge de procréer (annexe 4). Ainsi, le mélange adopté doit couvrir les besoins journaliers recommandés:

- en protéines d'une femme allaitante pendant les premier mois,
- en fer pour une femme enceinte active,
- et possédant une activité antiradicalaire d'au moins 30 %. A cet effet, un système d'équations a été généré. Les inconnues ont été les quantités à prélever de chaque ingrédient pour atteindre des quantités de nutriments visés dans l'aliment.

$$\begin{cases} xM + xN = a \\ yM + yN = b \\ zM + zN = c \end{cases}$$

- M et N représentant respectivement les quantités de feuilles de *Ndolè* lavées et de manioc sèches à prélever;
- x, y et z étant respectivement les teneurs en protéines, fer, et pouvoir anti radicalaire dans chaque ingrédient ;
- a, b et c représentant respectivement les valeurs des besoins nutritionnels en protéine, en fer et l'activité antioxydante souhaitées.

II.3.1. Caractérisation du mélange

La caractérisation c'est faite en suivant les mêmes protocoles d'analyses que les légumes de départs (susmentionnés).

II.3.2. Conception de l'étiquette

L'outil utilisé pour ce fait est Microsoft Publisher, Microsoft Power Point, les directives relatives à l'étiquetage du CODEX (CODEX STAN 1-1985) et les recommandations de la FAO pour une meilleure sensibilisation de la population sur l'aspect nutritionnel de l'aliment vendus.

II.4. Analyses statistiques

Chaque analyse a été réalisée trois fois. L'analyse de variance simple a été utilisée pour la comparaison entre les variances entre les moyennes des échantillons. Le test de classement multiple de Duncan a permis de classer les moyennes. Une corrélation matricielle de Pearson et une corrélation linéaire multiple des propriétés mesurées des légumes feuilles ont été faites. Les logiciels employés à cet effet étaient : Statgraphics 16.1, XLStat 2007 et SigmaPlot 11.0

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

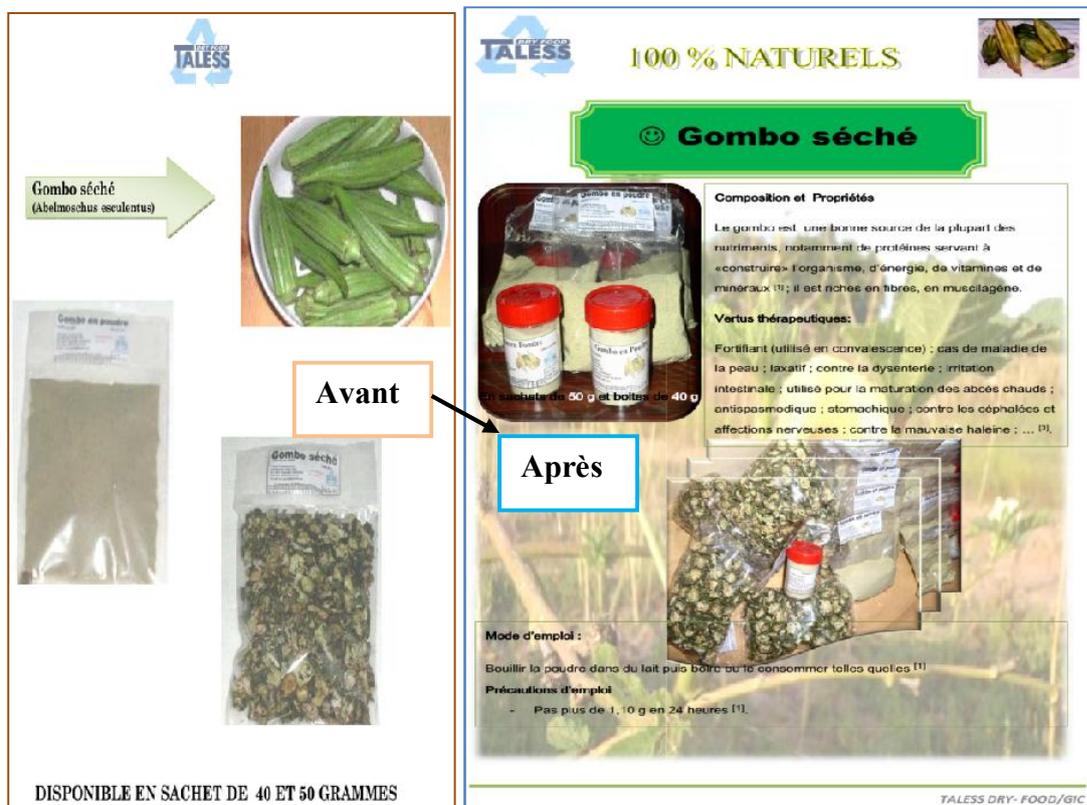
III.1. Diagnostic du système de production

III.1.1. Organisation du catalogue de la structure

34 produits TALESS ont été recensés et classés par catégorie (voir annexe 6):

- Produits à grignoter, pour pâtisseries, confiseries et apéritifs : 6 produits,
- Légumes : 6 produits différents,
- Plantes pour tisanes : 3 produits différents,
- Epices et autres aromates : 8 produits différents,
- Compléments alimentaires : 7 produits différents,
- Miel : 2 produits différents,
- Huiles et baumes : 2 produits différents.

La présentation d'un produit est généralement présentée comme suit : Composition et propriété, mode d'emploi, précaution d'emploi et informations en plus (comportant le non scientifique de la plante d'origine, le nom commun, les parties utilisées,...). Un exemple est donné par la figure 8 suivante :



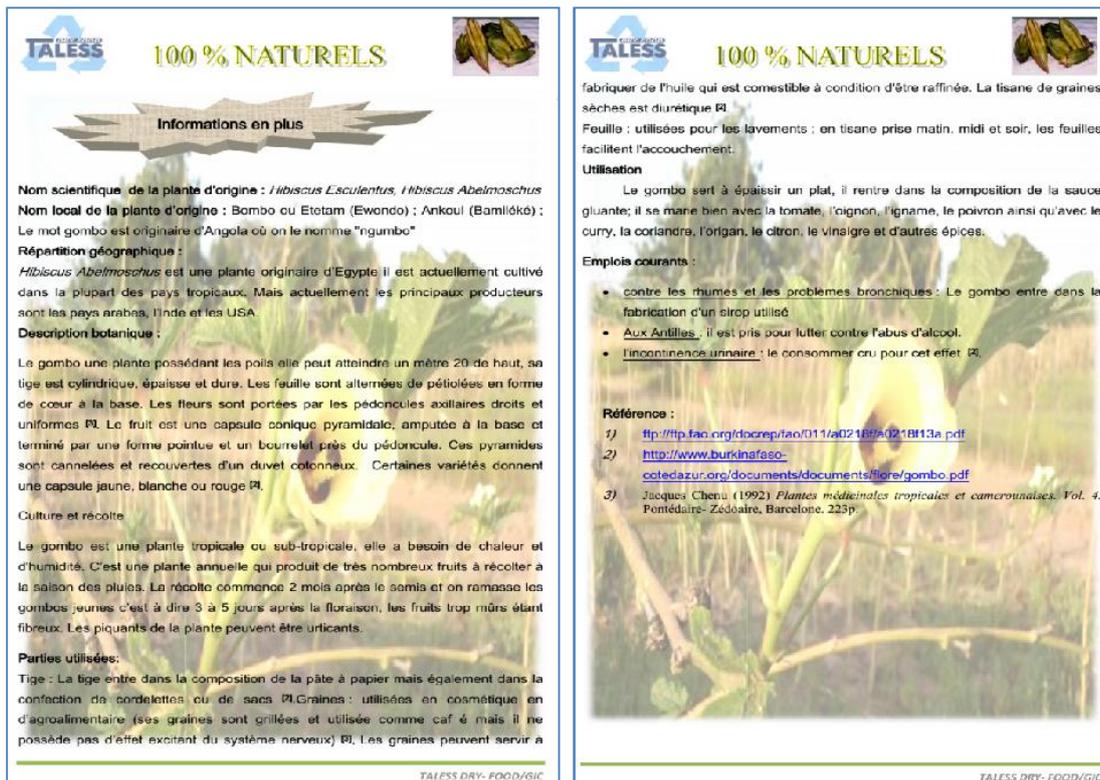


Figure 8 : Extrait du catalogue des produits TALESS DRY FOOD avant et après

III.1.2. Choix des produits à évaluer

Parmi les produits de TALESS plusieurs dépendent des saisons. C'est le cas des mangues séchées (l'un des produits le plus vendu avec 12 % de vente dans les mois d'avril et de mai), les chips de safou. Certains tels que la cannelle en poudre ou les rondelles en poudre, connaissent une commercialisation timide (moins d'un pourcent de vente dans le quatrième et le cinquième mois). Par contre d'autres produits sont constants toutes les saisons de l'année et connaissent un bon taux de commercialisation. C'est l'exemple du *Kessala*, des ananas séchés, les feuilles de manioc et les feuilles de ndolè lavées et séchées. Le *Kessala* comptabilise 23 % de vente dans les mois d'avril et de mai, les feuilles de ndolè 12% et les feuilles de manioc 2%.

Tableau 2 : Pourcentage de recette de certains produits TALESS DRY FOOD

Produits	Période	Pourcentage de vente
<i>Kessala</i>	Avril-Mai	23
Ananas séché	Avril-Mai	16
Ndolè lavé et séché	Avril-Mai	12
Mangue séchée	Avril-Mai	12
Noix de coco râpée	Avril-Mai	4
Poivre de Pendja	Avril-Mai	4
Citronnelle	Avril-Mai	3
Feuille de manioc séchée	Avril-Mai	2
Rondelle en poudre	Avril-Mai	Moins de 1
Cannelle en poudre	Avril-Mai	0

Les trois produits sélectionnés pour la caractérisation sont : le *Ndolè* lavé et séché, le *Kessala*, et les feuilles de manioc séchées, ils sont choisis sur la base de leur bonne vente,

- de leur contribution au chiffre d'affaire de l'entreprise,
- de leur potentiel commercial
- de leur disponibilité en toute saison,
- des habitudes alimentaires des camerounais et
- de la volonté d'enrichir le *Ndolè*.

Pour que ces produits arrivent sur les rayons de supermarchés et autres points de ventes, chacune de leur matière première subit un ensemble de transformations qui modifient leur qualité nutritionnelle.

III.1.3. Eléments susceptibles d'influencer la qualité nutritionnelle des produits

L'objectif ici est d'obtenir un produit dont la valeur nutritionnelle est au mieux préservée. Il ressort du procédé que plusieurs facteurs pourraient réduire la qualité nutritionnelle. Les opérations unitaires clés des procédés ont été ciblées et il ressort que :

- **Pour le système d'approvisionnement :**

Description : L'approvisionnement en matière première se fait bord champs pour les feuilles de manioc, auprès des fournisseurs courants pour les tiges de *Ndolè* et dans les marchés locaux de Yaoundé pour les racines de manioc.

Contrainte : La livraison de la matière première à l'usine est fonction de sa disponibilité auprès des fournisseurs ou auprès des marchés environnant. Bien que les exigences sur la variété des racines soient précisées par l'acheteur, le vendeur peut se livrer à des malversations en mélangeant la variété douce et la variété amère.

Problème : Les racines et feuilles de manioc peuvent contenir une forte quantité de dérivés cyanhydriques, l'entrepreneur ne disposant pas d'assez d'éléments pour le détecter court le risque de s'approvisionner en matière première riche en ces composés toxiques. Ceci peut être dangereux surtout si les opérations qui suivent ne réduisent pas la teneur en HCN total à une valeur réglementaire.

Recommandations : Vue le problème, l'entrepreneur doit développer sa propre culture de variété de manioc à faible teneur en cyanure.

▪ **Le rouissage**

Description : Le rouissage se fait avec l'écorce. Les racines, sont mises à trempées sans être épluchées dans un bac et elles y séjournent pendant environ 2 à 3 jours.

Contrainte : Selon le concepteur cette opération est incontournable. Elle vise à réduire le taux d'amertume du manioc et à rendre les racines aptes au tranchage.

Force : Ce procédé rend le produit moins toxique, car les dérivés cyanhydrique sont hydrolysés au cours de cette opération et HCN se forme. Une partie de cet acide va se dissoudre dans l'eau, l'autre sera éliminée lors de l'épluchage et du lavage et une autre encore s'évaporerait lors de la friture. Ainsi la teneur résiduelle en HCN peut être très faible et le produit sera consommable sans danger. Le rouissage avec écorce a cet avantage de limiter les pertes en sels minéraux et certains autres éléments nutritifs (Favier, 1977).

Problème : Le trempage occasionne les pertes en nutriments avec le temps.

Risque pour l'homme : L'eau de trempage peut s'avérer dangereuse pour les ouvriers, à cause de la présence d'HCN dans l'eau, surtout si la teneur en dérivés cyanogéniques est élevée dans les racines. L'eau de trempage doit être systématiquement vidée avant l'épluchage.

▪ **La friture**

Description : La friture se fait en quelques minutes. La friteuse est connectée à la source d'approvisionnement en combustible. Le contrôle de température de friture n'est pas fait, en effet le régleur de température est utilisé.

Force : La friture permet comme déjà signalée de réduire la teneur en HCN. Elle rend la qualité organoleptique des cossettes appréciable.

Problème : Par la friture, la teneur en lipides est augmentée, ceci à pour conséquence d'augmenter la valeur calorique du produit. Il arrive parfois que, les chips absorbent trop d'huile due à une faible température de friture ou, à une charge élevées de cossettes dans l'huile de friture. Le passage dans l'huile réduit considérablement la teneur en nutriments (vitamine C, riboflavine, ...).

Risque pour l'homme : Du fait qu'il n'y ait pas de contrôle de température, l'huile de friture peut surchauffer et flamber.

Recommandations : La température de friture doit être contrôlée (entre 110 et 190 ° C) et ne doit pas dépasser 190° C.

- **La cuisson au *kanwa***

Description : la cuisson des feuilles de *Ndolè* se fait pendant environ 15 minutes avec ajout de sel gemme (proportion indéterminée).

Force : cette cuisson permet de ramollir le *Ndolè* et de réduire son amertume. Le *kanwa* peut apporter certains éléments minéraux.

Problème : lors de la cuisson les composés thermosensibles comme la vitamine C sont détruits. Les sels minéraux diffusent dans l'eau de cuissons et seront éliminés par la suite avec l'eau. Une longue cuisson peut rendre le *Ndolè* noir malgré l'ajout de *kanwa*.

Recommandations : Il faut réduire le temps de cuisson et fixer les quantités de *kanwa* à introduire.

- **Le lavage**

Description : lors du lavage le *Ndolè* cuit est introduit dans un sac et lavé vigoureusement avec les pieds. De l'eau est abondamment versée sur le produit et l'opération se poursuit jusqu'à réduction de l'amertume à un degré acceptable.

Force : réduction de l'amertume du *Ndolè* ce qui le rend son goût acceptable.

Problème : l'eau de lavage et la pression exercée sur le légume contribue à l'élimination d'une grande quantité de composés solubles et insolubles à l'instar des sels minéraux.

Outre la qualité nutritionnelle il peut se poser le problème d'hygiène et d'éthique à cause de l'usage des pieds pour le lavage.

- **Le séchage**

Description : le séchage se fait entre 60 ° C et 70 ° C. le mode de séchage est le séchage par entraînement, la vitesse de l'aire est de 1m/s. En générale, le séchage des deux légumes dure 24 h. les feuilles de manioc sont séchées telles quelles sans être préalablement lavées.

Force : réduction de l'eau dans l'aliment, ce qui augmente sa durée de conservation.

Problème : Dégradation des nutriments et composés phytochimiques, faible élimination du HCN, risque de contamination des autres aliments par le HCN. Outre la qualité nutritionnelle il peut se poser le problème d'hygiène à cause de l'absence de lavage.

Il peut se produire une intoxication chronique ou aigue au HCN, due à l'exposition au HCN gazeux lors de l'entrée d'un ouvrier dans la chambre à séchée.

Recommandations : Réduire le trio temps/température/vitesse de séchage, définir et respecter la capacité du séchoir, introduire le produit à température stable, ne pas sécher les feuilles de manioc avec d'autres produits et ne pas entrer dans la chambre à séchée pendant le séchage des feuilles de manioc.

Au vue de ce qui précède, les opérations aboutissant aux produits finaux de *Kessala*, de feuilles *Ndolè* lavées séchées et de feuilles de manioc séchées influences leur qualité nutritionnelle. La question qui se pose dès à présent est de savoir ce qui reste comme constituants nutritifs dans ces produits et quels est leur contribution dans l'alimentation humaine.

III.2. Composition nutritionnelle des produits étudiés

La composition en macronutriments et acide cyanhydrique des feuilles de manioc séchées et fraîches, des feuilles de *Ndolè* séchées et des chips de manioc est présentée dans le tableau 3. Globalement, il a été observé une forte proportion en matière sèche pour les produits destinés à la vente (feuilles manioc séchées, feuilles de *Ndolè* séchées et chips de manioc). Ainsi s'explique mieux la grande stabilité de ces produits avec pour conséquence une longue durée de conservation (sans conservateur). La teneur en protéines a varié significativement au seuil de 95 % d'un légume à l'autre. L'augmentation en ce nutriment dans les feuilles sèches de manioc ($30,24 \pm 0,78$ g) par rapport aux feuilles fraîches ($19,80 \pm 1,05$ g), serait due à sa concentration après perte en certains constituants, par exemple les substances aromatiques. 10 g de ces feuilles de manioc séchées, couvriraient 77 % des besoins moyens journaliers en protéines d'un enfant âgé de 3-6 ans (FAO, 1991). De plus, plusieurs auteurs mentionnent la forte teneur en acides aminés essentiels et la bonne digestibilité des protéines des feuilles de manioc. Par rapport aux feuilles de *Ndolè*, les feuilles de manioc pourraient donc être une meilleure source de protéines végétales. La teneur en protéines des légumes de la présente étude se rapproche de celle trouvée par Ejoh *et al.* (2007) et Montagnac *et al.* (2009) à l'état frais. Il peut être suggéré que les opérations réalisées sur les légumes ne réduisent pas de manière significative la teneur en protéines. Les études menées par Favier (1977) montrent qu'après le rouissage, la teneur en protéine des racines de manioc est nulle. De ce fait, les protéines des chips ($2,36 \pm 0,08$ g) proviendraient des épices ajoutées en fin de cuisson. Les teneurs en sucres totaux ont varié significativement au seuil de 95 % entre les feuilles de manioc fraîches et celles séchées, de même la teneur en sucres totaux du *Ndolè* donnée par Ejoh *et al.* est très éloignée de celle obtenue ici ($10,65 \pm 0,18$ g contre $61,35 \pm 2,11$ g à $68,35 \pm 1,33$ g). Ceci laisse supposer qu'entre autre, les conditions de lavage, de pressage et le séchage ont réduit le taux de sucre. Pour ce qui est des racines de manioc, leur teneur en sucre est supérieure à celle donnée par Montagnac *et al.* (2009). Ceci peut s'expliquer par le type de culture pratiqué par le planteur et la variété du manioc utilisée. La teneur en lipides des feuilles de *Ndolè* et manioc n'était pas significativement différente, les chips avaient une teneur en lipide plus élevée. Le passage dans de l'huile pourrait être incriminé de même qu'une mauvaise température de friture et un mauvais essorage. Ce paramètre influence grandement la valeur calorique des chips qui est très élevée. Sur le plan nutritionnel, un tel aliment n'est pas indiqué pour des personnes obèses ou en surpoids si ce

n'est une consommation modérée. Par contre, il peut convenir aux personnes hyperactives, comme les enfants.

Tableau 3 : composition en macronutriments des chips de manioc et des feuilles de manioc et de Ndolè (g/100 g Ms).

constituants	FMF	FMS	FDLS	CM
Calories (Kcal)	Nd	230,41± 2,34 ^a	200,15 ± 3,18 ^b	518,69 ± 6,05
Matère sèche (%)	20,33 ± 0,58 ^a	95,33 ± 1,15 ^b	94 ± 1 ^b ^c	96,67 ± 1,15 ^c
Protéines	19,80 ± 1,05 ^a	30,24 ± 0,78 ^b	24,25 ± 1,77 ^c	2,36 ± 0,08
Lipides	Nd	6,36 ± 0,31 ^a	6,72 ± 0,51 ^a	32,29 ± 2,23
sucres totaux	25,47 ± 1,31 ^a	13,04 ± 0,67 ^b	10,65 ± 0,18 ^b	56,91 ± 4,76
Cendres	7,9 ± 0,00 ^a	6,04 ± 0,22 ^b	7,64 ± 0,09 ^c	2,43 ± 0,16

Les moyennes avec différentes lettres d'indice supérieur dans une même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

FMF= feuilles de manioc fraîches ; FMS = feuilles de manioc séchées ; FDLS = feuilles de Ndolè lavées séchées.

D'une manière générale, la teneur en cendre est élevée dans les légumes. Cela laisse suggérer une forte teneur en sel minéraux. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Ayodedi (2005) (7,3 g, pour les feuilles fraîches de manioc) et par Ejoh *et al.* (2007), (entre 7,72 g et 11,9 g pour les feuilles fraîches de Ndolè). Mais il est à noter une différence significative de la teneur en cendres au seuil de 95 % entre les feuilles fraîches et les feuilles sèches de manioc, probablement consécutif au broyage des feuilles séchées. La teneur en cendres des chips (2,43 ± 0,16 g) est supérieure à celle rapportée par Favier (1977) (1,14 g) pour les racines qui ont subi le rouissage avec écorce, cette différence pourrait être attribuée à la contribution des épices.

Les teneurs en caroténoïdes, vitamine C et micronutriments sont consignés dans le tableau 4. Il apparaît que la quantité de vitamine C est très élevée dans les feuilles de manioc fraîches (8746,02 ± 146,25 mg). Soit plus de 10 fois supérieure à celle des oranges (400 à 800 mg rapporté par technique de l'ingénieur n° 6280). Il peut être envisagé une exploitation de ces feuilles comme source de vitamine C. Cette vitamine n'a pas été totalement réduite par le séchage (environ 94% de perte). Il est aisé de comprendre que les transformations technologiques du Ndolè aient éliminé cette vitamine. Sa présence dans les chips (157,05 ± 0,00 mg) serait corrélée aux épices. Ce point apporte un avantage aux chips, d'autant plus qu'elles sont destinées à la consommation directe. Les caroténoïdes des feuilles de manioc ne changent pas au cours de leur transformation. Par contre, les caroténoïdes des feuilles de Ndolè sont 6 à 8 fois inférieurs à ceux trouvés par Ejoh *et al.* (2007), cela pourrait être lié à

l'exposition de la matière première au soleil pendant la vente et l'approvisionnement, également aux opérations telles que le lavage et le pressage. La teneur en calcium des feuilles de *Ndolè* est supérieure à celle obtenue par Ejoh *et al.* (2007) (1,39 g pour les feuilles blanchies avec 5% de *kanwa*, lavées et séchées au four à une température de 60° C). Ceci pourrait être lié à la proportion et à la nature du *kanwa* de même qu'à la présence de calcaire dans l'eau de lavage. Globalement, le calcium des légumes serait supérieure à celui d'un litre de lait cru (1,2 g, d'après la FAO). Au moins 65 g de chacun de ces légumes, couvrent les besoins journaliers en calcium de la femme allaitante (0,8 à 1 g) selon les recommandations de la FAO. La teneur en fer des feuilles de manioc séchées était significativement différente de celle des feuilles fraîches au seuil de 95 %. Dans le rapport de la FAO (1991), il est signalé qu'au cours du broyage, les sels minéraux peuvent être réduits. La réduction constatée de ce minéral dans les feuilles séchées trouverait donc son explication. Tout de même, moins de 100 g de chaque légume couvre les besoins journaliers en fer d'une adolescente en âge de procréer (29 mg selon la FAO). Mais il est à noter que la teneur en fer des *Ndolè* ne reflète pas réellement la proportion de fer absorbé par l'intestin. En effet, le *kanwa* apporterait le fer d'origine minérale qui n'est pas absorbé. En plus, la richesse du *Ndolè* en fibre réduirait la biodisponibilité en fer. Ainsi le fer des feuilles de manioc serait plus indiqué en termes de qualité nutritionnelle. La teneur en fer des racines serait due au fait qu'elles sont fermentées avec l'écorce (ce qui limite les pertes en nutriments) et à l'ajout des épices. La quantité de phosphore est significativement différente pour tous les légumes.

Tableau 4 : Composition en sels minéraux, vitamine C et caroténoïdes pour 100 g Ms.

Constituants		FMF	FMS	FDLS	CM
Vitamine C et caroténoïdes	Vitamine C (mg)	8746,02 ± 146,25 ^a	492,56 ± 6,06 ^b	0,00 ± 0,00 ^c	157,05 ± 0,00
	Caroténoïdes totaux (g)	0,55 ± 0,01 ^a	0,54 ± 0,01 ^a	0,49 ± 0,01 ^b	0,70 ± 0,30*
Sels minéraux	Phosphore (mg)	50,12 ± 1,15 ^a	84,39 ± 0,31 ^b	57,48 ± 3,56 ^c	4,42 ± 0,22
	Fer (mg)	40,22 ± 0,81 ^a	31,79 ± 0,22 ^b	39,73 ± 1,50 ^a	Nd
	Calcium (g)	1,61 ± 0,11 ^a	2,57 ± 0,10 ^b	3,15 ± 0,01 ^c	0,70 ± 0,00

Les moyennes avec différentes lettres d'indice supérieur dans une même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

FMF= feuilles de manioc fraîches ; FMS = feuilles de manioc séchées ; FDLS = feuilles de Ndolè lavées séchées.*valeur en mg.

Le fer, le calcium et le phosphore sont importants dans le régime des femmes enceintes et des mères allaitantes aussi bien pour les enfants en bas âge, que les personnes convalescentes et les personnes âgées pour réduire les cas de maladies liées à l'insuffisance de ces minéraux comme l'anémie et le rachitisme (Ejoh *et al.*, 2007). Les deux légumes de la présente étude disposent donc des avantages majeurs en termes de valeur en sels minéraux. Les chips ne sont pas en reste car 100 g représenteraient l'apport journalier recommandé (AJR) en calcium pour un enfant selon la FAO.

Le tableau 5 donne la teneur en composés phénoliques et tannins des produits. La teneur en composés phénoliques totaux à 95 % de cas est significativement différente pour chaque échantillon. Dans le cas des tannins, il n'y a pas de différences entre les feuilles fraîches et les feuilles sèches de manioc. Cette composition générale en composés phénoliques laisse présager des propriétés antioxydantes pour tous les échantillons. Le taux d'acide cyanhydrique des feuilles est 2,8 fois plus élevé que celui recommandé par la norme FAO pour les produits transformés. Ce n'est pas le cas pour les chips de manioc qui ont une valeur en HCN inférieur à 10 mg/kg. En effet, les opérations réalisées sur les racines seraient suffisantes pour réduire la teneur en HCN à un niveau réglementaire. Ainsi, les conditions de séchage ne sont pas suffisantes pour rendre le produit consommable sans danger. Il ne serait pas conseillé d'utiliser les légumes sans les tremper et les cuire pendant

longtemps ou les mélanger à d'autres produits avant consommation. Or, des modifications sur l'opération de séchage peuvent être faites pour rendre le produit consommable sans danger pour la santé. En effet, dans les recherches faites par Doua et *al.* (2009), il est possible de réduire en une valeur non toxique en jouant sur le couple température/vitesse de ventilation.

Tableau 5 : Teneur en composés phénoliques totaux, tannins et acide cyanhydrique pour 100 MS.

Constituants	FMF	FMS	FDLS	CM
Composés phénoliques totaux. (g)	1,55 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,01 ^b	0,29 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^d
Tannins (g)	0,4 ± 0,01 ^a	0,4 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,02 ^b	Nd
HCN (mg/kg)	Nd	140,68 ± 1,75	Nd	3,61 ± 0,15

Les moyennes avec différentes lettres d'indice supérieur dans une même ligne sont significativement différents ($P < 0,05$).
FMF= feuilles de manioc fraîches ; FMS = feuilles de manioc séchées ; FDLS = feuilles de Ndolè lavées séchées.

Au regard des tableaux (3, 4 et 5) ci-dessus, il peut être relevé que des légumes secs étudiés, les feuilles de manioc séchées présentent un potentiel nutritionnel plus important. Or le plat camerounais *Ndolè* fait avec les feuilles de *Vernonia* est très apprécié par les consommateurs. Il pourra donc être conçu un mélange des deux légumes, qui répondrait aux besoins en fer et en protéines de la population camerounaises voire africaine (surtout des plus vulnérables). En outre, ce mélange devra présenter une activité antiradicalaire améliorant celle du *Ndolè*.

III.3. Formulation du mélange

Les données obtenues précédemment ont permis de formuler un nouveau légume (figure 9) constitué de 60 % de feuilles de manioc et 40% de feuilles de *Ndolè* (M60N40). Sur la base du système d'équations ci-dessous

$$\begin{cases} 30,24M + 24,25N = 27,6 & (1) \\ 31,69M + 39,73N = 35,5 & (2) \\ 32,4M + 25,24N = 30 & (3) \end{cases}$$

Soit (1), (2), (3) correspondant aux équations pour le teneur fixée en protéine (%), en fer (%) et l'activité antiradicalaire (% d'inhibition) respectivement.



Figure 9 : Mélange de 60% feuilles de *Manihot esculenta Crantz* (à gauche) et 40% *Vernonia Spp.* (à droite)

Les caractéristiques nutritionnelles du nouveau légume sont décrites dans le chapitre qui suit.

III.3.1. Caractérisation du nouveau légume

Le nouveau légume obtenu a été caractérisé et la teneur en macromolécules et HCN est donné dans le tableau 6. Globalement, les valeurs obtenues pour ce nouveau produit ne s'éloignent pas de la composition en macromolécules des ingrédients de départ. Par exemple, la teneur en protéines est comparable à la référence fixée au départ (27,6 g). Logiquement, la teneur en cyanure d'hydrogène est réduite ($44,33 \pm 4,55$ mg/kg) et sa valeur répond à l'exigence de la FAO pour les produits transformés qui est de 10 mg/kg. De ce fait, ce légume présente l'avantage de répondre à 40 % des besoins en protéines pour une femme allaitante dans les 6 premiers mois et d'avoir une toxicité en cyanure réduite à un niveau acceptable. Ainsi l'apport en protéines du *Ndolè* se trouve rehaussée et la toxicité des feuilles de manioc réduite.

Tableau 6 : Teneur en macronutriments et en acides cyanhydrique e du mélange.

Echantillon	Composition pour 100 g produit sec						
	Calories (Kcal)	Matère sèche (%)	Protéines (g)	Lipides (g)	sucres totaux (g)	cendres (g)	HCN (mg/kg)
M60N40	231,14±0,25	93±1	27,66±1,08 ^a	7,88±1,24	10,15±1,25	6,86±0,01	44,33±4,55
Référence	---	---	27,6 ^a	---	---	---	---

Les moyennes avec différentes lettres d'indice supérieur dans une même colonne sont significativement différents ($P < 0,05$). M60N40 = mélange 60% feuilles de manioc séchée et 40% feuille de Ndolè lavées séchées. **Référence** : correspond à 40 % des besoins journaliers recommandés en protéines pour une femme allaitante dans les 6 premiers mois.

Le légume composé s'avère être un produit riche en sels minéraux. La teneur en eau du produit montre que le produit se prête bien à une longue durée de conservation à l'abri de l'humidité. Comme mode d'utilisation il serait possible de ne pas employer de longue durée de cuisson (vue le teneur en HCN) qui altèreraient la qualité nutritionnelle mais de tremper pour quelques heures les légumes et de l'incorporer en fin de cuisson comme avec les feuilles de Ndolè uniquement. Mais il faudrait cuire le produit avec l'eau de trempage pour ne pas perdre certains éléments solubles et les sels minéraux.

Les teneurs en sels minéraux et composés bioactifs sont regroupées dans le tableau 7. Comme pour les macromolécules et le HCN, les valeurs obtenues sont intermédiaires aux ingrédients du départ ou ne présentent pas de différences significatives avec l'un des produits du départ ou la référence fixée. L'exception est faite pour les composés phénoliques totaux, où la valeur trouvée est supérieure à celles des produits du départ ($0,86 \pm 0,02$ g pour le mélange contre $0,74 \pm 0,01$ g et $0,29 \pm 0,01$ g pour les feuilles de manioc et le Ndolè respectivement). Ceci pourrait être lié aux interactions entre molécules qui, exposeraient au mieux les composés phénoliques.

Tableau 7 : Teneur en minéraux et composés bioactifs du mélange.

Echantillon	Teneur pour 100 g produit sec						
	Vitamine C(g)	Caroténoïdes totaux (mg)	Phosphore (mg)	Fer (mg)	calcium (g)	Composés phénoliques totaux (g)	Tannins (g)
M60N40	0,49±0,04	0,43±6,77	72,67±2,27	32,99±2,96 ^a	2,29 ±0,05	0,86 ±0,02	0,19±0,02
Référence	---	---	---	35,25 ^a	---	---	---

Les moyennes avec différentes lettres d'indice supérieur dans une même colonne sont significativement différents ($P < 0,05$). M60N40 = mélange 60% feuilles de manioc séchée et 40% feuilles de Ndolè lavées séchées. **Référence** : correspond à 75 % des besoins journaliers recommandés en fer pour une femme enceinte active.

La teneur en vitamine C pour 100g est 10 fois supérieure aux besoins nutritionnels journaliers recommandés par la FAO en cette vitamine pour une femme allaitante (400 mg). La proportion de caroténoïdes pour 100g couvrirait les besoins quotidiens d'un enfant dont l'âge est compris entre 6 mois et 5 ans. La teneur en fer du légume couvrirait 75% des besoins journaliers recommandés en fer pour une femme enceinte active. Sachant que le fer des feuilles de manioc contribuerait à 60% de cet apport et vue la présence de la vitamine C, il peut être espéré une bonne absorption du fer au niveau intestinal. Le calcium contenu dans 100g de légume correspondrait à plus de deux litres de lait entier. Un tel produit conviendrait aussi bien pour les enfants en pleine croissance que pour les vieillards. D'autant plus que, la teneur le phosphore n'est pas négligeable lorsqu'il est comparé aux produits céréaliers (Ejoh *et al.*, 2007).

Comme pour les ingrédients du départ, les teneurs en composés phénoliques, vitamine C et caroténoïdes permettent non seulement d'évaluer la valeur nutritionnelle mais également le potentiel antioxydant du produit.

III.3.2. Caractère fonctionnel des légumes feuilles

III.3.2.1. Activité antioxydante des légumes feuilles

- **Le pouvoir réducteur total**

L'étude du pouvoir réducteur a montré que les feuilles fraîches de manioc ($4,20 \pm 0,16$ g eq vitamine C/100g de matière sèche) présentaient une plus grande aptitude à réduire les métaux prooxydants que les feuilles sèches ($1,70 \pm 0,01$ g eq vitamine C/100g de matière sèche). Le pouvoir réducteur du Ndolè ($1,63 \pm 0,01$ g eq vitamine C/100g de matière sèche)

est légèrement en dessous de celui des feuilles de manioc séchées. La valeur trouvée dans le mélange de légumes était la plus petite comme le montre de la figure 10a.

Le pouvoir réducteur a été utilisé comme un des indicateurs de l'activité antioxydante des plantes médicinales (Nguimbou, 2012). Les légumes secs pris individuellement seraient des atouts pour chélater les métaux susceptibles de devenir des oxydants. Bien que le mélange contribue moins au pouvoir réducteur, 100g de sa matière sèche correspond néanmoins au pouvoir réducteur de 890 mg de vitamine C.

▪ L'activité antiradicalaire

L'analyse de l'activité antiradicalaire a montré que les feuilles de manioc (fraîches et séchées) et de *Ndolè* ont un pourcentage d'inhibition faible ($40,98 \pm 4,54\%$, $32,40 \pm 2,72\%$ et $25,54 \pm 2,07\%$ respectivement) lorsqu'elles sont comparées au témoin (à 1% w/v). Par contre, l'activité antiradicalaire du mélange ($95,34 \pm 0,40\%$) est quasiment égale à celle du BHT ($95,13 \pm 0,21\%$) comme présenté dans la figure 10b. Le pourcentage d'inhibition est largement au-dessus de nos prévisions (30%), une augmentation d'environ 73% ou de 66% est observée lorsque les feuilles de *Ndolè* ou de manioc séchées respectivement sont considérées individuellement.

D'un point de vue général, l'activité antiradicalaire du mélange pourrait corriger son faible pouvoir réducteur. De ce fait, elle apporte un poids de plus pour justifier de l'élaboration du nouveau légume. Ce dernier offrirait donc un avantage majeur au regard de sa contribution possible dans la lutte contre le stress oxydatif, les maladies et anomalies associées (maladies cardiovasculaires, cancer, anomalie génétique, immunodépressions, ...) à travers son utilisation comme légumes feuilles.

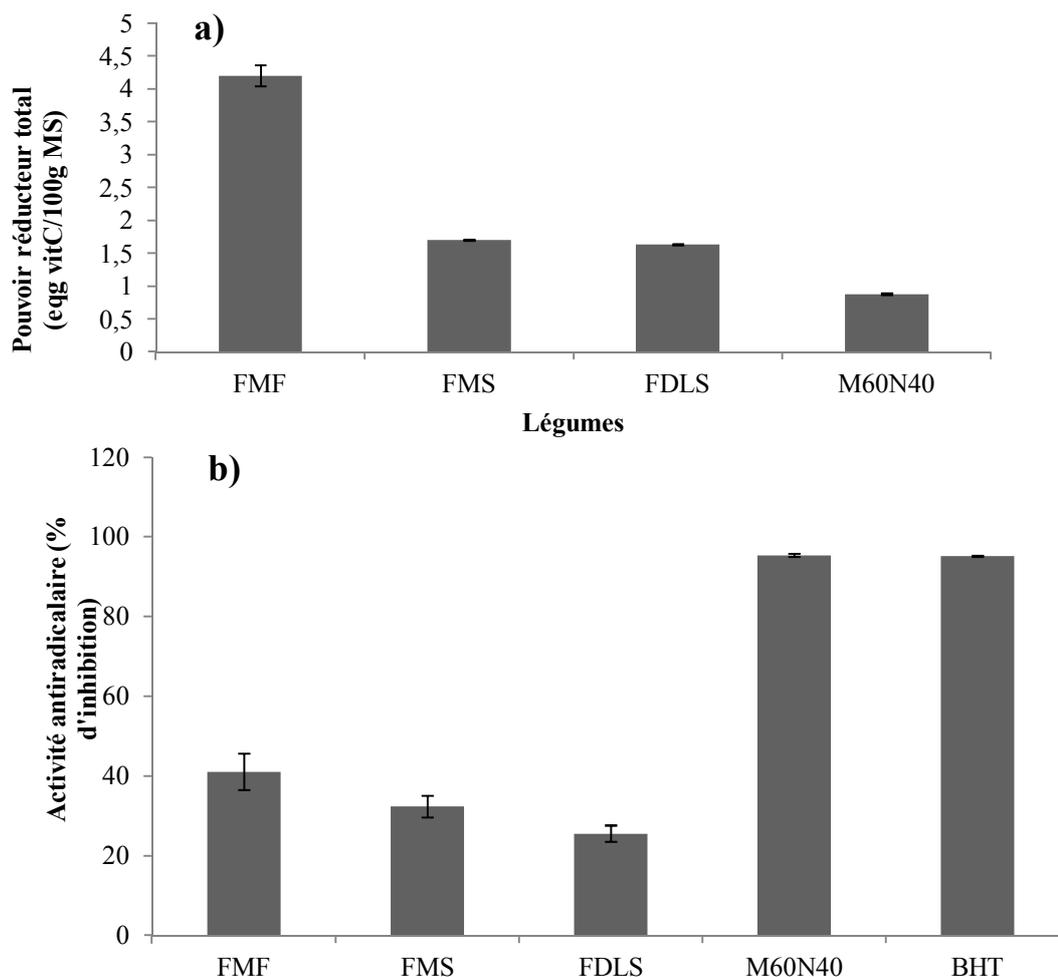


Figure 10: Pouvoir réducteur total (eqg vit C/100g MS) et activité antiradicalaire (% d'inhibition) des légumes feuilles

FMF= feuilles de manioc fraîches ; *FMS* = feuilles de manioc séchées ; *FDLS* = feuilles de Ndolè lavées séchées ; *M60N40* = mélange 60% feuilles de manioc séchée et 40% feuille de Ndolè lavées séchées et *BHT* = Butyl hydroxytoluène ; un antioxydant de référence.

La matrice de Pearson présentée dans le tableau 8, exprime le niveau de corrélation entre les variables dépendantes par rapport à la valeur observée. Il est remarqué que, la vitamine C agit plus sur le pouvoir réducteur que les autres variables. Plusieurs auteurs, reconnaissent l'action de la vitamine C, des caroténoïdes et les CPT sur le pouvoir réducteur, comme le montre les coefficients de corrélations obtenus. En effet, ces composés agiraient dans les réactions d'oxydoréduction en transférant un proton aux ions métalliques prooxydants, les rendant ainsi stables. En dehors des CPT, une corrélation négative est notée entre l'activité antiradicalaire et les autres variables. Dans le cadre de cette étude, la vitamine C, les tannins, les caroténoïdes agiraient contre l'activité antiradicalaire, tandis que les CPT influenceraient légèrement cette activité. Cette hypothèse pourrait justifier le fort pourcentage

d'inhibition des radicaux libres observés dans le mélange, où les CPT sont plus élevés (voir tableau 5 et 7). Meziti (2009) relève que, les composés phénoliques tels que les flavonoïdes ont une action directe sur les radicaux libres.

Tableau 8: Matrice de corrélation de Pearson.

Variables	Vit C	Caroténoïdes	CPT	Tannins	PRT	DPPH
Vit C	1					
Caroténoïdes	0.614	1				
CPT	0.904	0.450	1			
Tannins	0.460	0.792	0.576	1		
PRT	0.960	0.780	0.777	0.509	1	
DPPH	-0.128	-0.754	0.201	-0.306	-0.402	1

Les valeurs en gras indiquent des corrélations fortes à un niveau de signification $\alpha=0,05$ (test bilatéral).

CPT = Composé phénoliques totaux ; PRT = pouvoir réducteur total Vit C = vitamine C ; DPPH = activité antiradicalaire.

III.3.2.2. L'analyse en composantes principales (ACP)

La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles des feuilles étudiées dépendent des teneurs en éléments nutritifs et en composés bioactifs (la teneur en composés phénoliques totaux (CPT), en tannins, en caroténoïdes totaux et en vitamine C). Afin de regrouper ces feuilles en fonction de leurs similitudes ou dissemblances, une analyse en composante principale a été faite. Il ressort de cette analyse représentée par la figure 11 que les variables sont linéairement corrélées autour d'un système d'axes virtuels (F1 et F2). Les deux composantes principales expriment environ 89,40 % des variations, soit 64,74% pour la première composante principale (F1) et 24,65% pour la seconde composante principale (F2). F1 est représenté par les CPT, la vitamine C, PRT (du côté positif), les tannins et les caroténoïdes totaux (du coté négatif) tandis que F2 est uniquement et du côté positif représenté par l'activité antiradicalaire DPPH. Ceci a révélé que la différence entre les légumes (quant à l'activité antioxydante) se situait beaucoup plus au niveau de l'activité antiradicalaire DPPH.

D'après cette distribution, il est possible de rapprocher le légume M60N40 à l'activité antiradicalaire DPPH. De même il est possible de réunir les feuilles de manioc séchées aux tannins et aux caroténoïdes. Les feuilles fraîches sont groupées aux CPT, à la vitamine C au

PRT ainsi qu'aux caroténoïdes et tannins. Les feuilles de *Ndolè* bien que seules, nécessitent une attention particulière, des études supplémentaires doivent être menées pour mieux comprendre sa corrélation avec le PRT et l'activité antiradicalaire.

Ces regroupements viendraient confirmer les observations et hypothèses déjà faites plus haut. Mais globalement, en rapport avec l'activité antioxydante, l'activité antiradicalaire primerait sur le PRT des légumes secs.

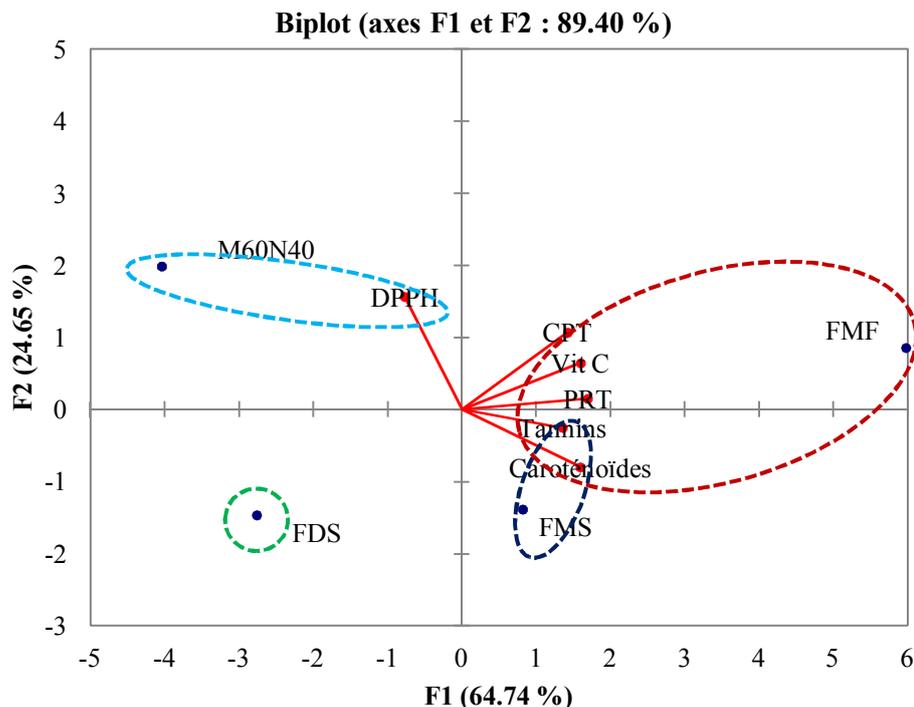


Figure 11 : Distribution des légumes feuilles et des variables dépendantes sur le système d'axes F1xF2

Les feuilles de manioc fraîches pendant le séchage ont perdu de leur activité antioxydante. Cette perte pourrait être due à la température de séchage (60 à 70 °C) et au long temps de séchage (24 h voir plus). Il faudra donc revoir à la baisse le couple temps/température. Mais malgré cela, l'on ne peut oublier les effets bénéfiques que peuvent avoir les tannins et les caroténoïdes (dont certains sont précurseurs de la vitamine A) sur la santé.

Le légume M60N40 pourrait être un allié pour la santé dans la lutte contre les espèces oxygénées réactives (EOR) et autres radicaux libres, qui peuvent induire le stress oxydatifs et les dégénérescences associées du système immunitaire, cardiovasculaire, nerveux

III.3.4. Etiquetage des différents légumes, et chips de manioc épicées

A partir des résultats d'analyses physicochimiques, de nouvelles informations à inscrire sur l'étiquette viendront améliorer l'étiquetage des chips de manioc (voir tableau 9), des feuilles de manioc séchées et des feuilles de ndolé lavées séchées.

Tableau 9 : Amélioration de l'étiquetage

Produits	Nouvelles informations	
Chips de manioc épicées	Valeur nutritionnelle pour 100g:	
	Valeur calorique (Kcal)	518.7
	Protéines (g)	2.4
	Matière grasse (g)	32.3
	Glucide (g)	56.9
	Vitamine C (mg)	157
	Calcium (mg)	700
	HCN (ppm)	3.6
	<i>Energétique, contient des antioxydants, riche en calcium.</i>	
Feuilles de manioc séchées	Valeur nutritionnelle pour 100g:	
	Valeur calorique (Kcal)	230.4
	Protéines (g)	30.24
	Matière grasse (g)	6.4
	Glucide (g)	13.0
	Vitamine C (mg)	492.6
	Calcium (g)	2.6
	<i>Riche en antioxydant, fer, vitamine C, calcium et protéines.</i>	
Feuilles de Ndolé lavées séchées	Valeur nutritionnelle pour 100g:	
	Valeur calorique (Kcal)	200.15
	Protéines (g)	24.25
	Matière grasse (g)	6.7
	Calcium (mg)	3.1
	<i>Riche en antioxydant, fer, calcium et protéines.</i>	

Pour le nouveau légume, voici une suggestion d'étiquette :

 <p>Ingrédients: sel gemme, 60% feuilles de manioc séchée et 40% feuille de ndolé lavées séchées. Sans conservateur</p> <p>Indiqué pour les femmes et les enfants. Riche en antioxydant. 100 g de ce légume permet de couvrir de l'ordre de 40% les besoins journaliers conseillés en protéines d'une femme allaitante et de 75% ceux en fer d'une femme enceinte.</p>	<p>Valeur nutritionnelle pour 100g:</p> <table border="1"> <tr><td>Valeur calorique (Kcal)</td><td>231.1</td></tr> <tr><td>Protéines (g)</td><td>27.7</td></tr> <tr><td>Lipides (g)</td><td>7.9</td></tr> <tr><td>Glucides (g)</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>Vitamine C (mg)</td><td>490</td></tr> <tr><td>Calcium (mg)</td><td>2290</td></tr> <tr><td>Fer (mg)</td><td>33.0</td></tr> <tr><td>Phosphore (mg)</td><td>72.7</td></tr> <tr><td>HCN (ppm)</td><td>44.3</td></tr> </table> <p>Prend : Lect: A consommer de préférence avant le:</p>	Valeur calorique (Kcal)	231.1	Protéines (g)	27.7	Lipides (g)	7.9	Glucides (g)	10.1	Vitamine C (mg)	490	Calcium (mg)	2290	Fer (mg)	33.0	Phosphore (mg)	72.7	HCN (ppm)	44.3	<p>Idée de recette: Ndolé du Cameroun avec le Mandolé</p> <p>Recette pour 4 personnes</p> <p>Mode de cuisson</p> <p>100 g de Mandolé sac 2 verres d'arachides nettoyées (sans enveloppe) ½ kg de viande , de poisson, d'écrevisses ou de crevettes fraîches une gousse d'ail un gros oignon 40 g de gingembre un pied de poireau 10 cl d'huile de cuisson (facultatif)</p> <p>Prendre le s 100 g du Mandolé avec au moins 1 l d'eau laisser tremper pendant au moins 6 H; bouillir les arachides (5 mn) puis les écraser avec tous les condiments; cuire la viande; mélanger dans une casserole (jus de viande compris); laisser à l'ébullition pendant 20 mn; ajouter le Mandolé essoré et 2 cubes; rectifier l'assaisonnement; Faire revenir dans de l'huile les oignons et du poivron émincés et y ajouter enfin de cuisson. Servir chaud!</p> <p>Compléments: couscous de maïs, riz, plantain , manioc, patate ou tout autre tubercule.</p> <p>Distribué par : TALESS DRY FOODS (TALLE) BP : 0011 Yaoundé-Cameroun Tel/Fax : (+37)22 21 82 00/ 99 56 83 28 Email : les.talless@laposte.net</p>
	Valeur calorique (Kcal)	231.1																		
Protéines (g)	27.7																			
Lipides (g)	7.9																			
Glucides (g)	10.1																			
Vitamine C (mg)	490																			
Calcium (mg)	2290																			
Fer (mg)	33.0																			
Phosphore (mg)	72.7																			
HCN (ppm)	44.3																			
<p>Trémper quelques heures avant cuisson. Cuire avec l'eau de trempage.</p>																				

CONCLUSION ET PERSPECTIVES :

L'objectif de ce travail était d'évaluer la qualité nutritionnelle des aliments améliorés du Cameroun, en prenant pour exemple les produits élaborés par l'entreprise TALESS DRY FOOD/GIC. Sous la base du fort potentiel économique, de la forte consommation, *Manihot esculenta Crantz* (les feuilles de et tubercules) et *vernonia Spp.* ont été choisis pour cette étude. Au cours de leur transformation ces plantes subissent des modifications qui altèrent ou améliorent non seulement leur valeur nutritionnelle et organoleptique mais aussi leur qualité fonctionnelle. La caractérisation des produits finis (feuilles de manioc séchées, feuilles de *Ndolè* lavée et séchées et chips de manioc épicées), montre que leur teneur en protéines, en fer et l'activité antioxydante pourraient être exploitées pour concevoir un nouveau légume. Le légume élaboré est composé de 60% de feuilles de manioc et de 40% de feuilles de ndolè. Il présente l'avantage de répondre à 40% des besoins journaliers conseillés en protéines d'une femme allaitante dans les six premiers mois et 75% de ceux en fer d'une femme enceinte active. Autre avantage est que le taux d'acide cyanhydrique très élevé dans les feuilles de manioc séchées revient à un taux recommandé par la FAO. De plus l'activité antiradicalaire du mélange est élevée de 73% à 66% plus que les autres légumes, mais son pouvoir réducteur est plus faible. L'ACP a montré que globalement, l'activité antioxydante des légumes était plus corrélée à son pouvoir antiradicalaire DPPH, ainsi sur ce plan, le nouveau légume aurait une meilleure activité antioxydante que les autres. Comme le recommande la FAO, si le mélange est bien emballé et étiqueté, si la publicité sur le produit est bien menée et si la population est bien sensibilisée quant aux bienfaits du légume M60N40. Ce dernier pourra connaître non seulement une très bonne vente auprès des consommateurs, mais aussi être bénéfique quant à leur santé.

La caractérisation des chips de manioc montre que l'apport des épices dans la valeur nutritionnelle globale est important. Que ce soit pour ces chips ou pour les légumes, la qualité nutritionnelle des produits consommés peut être améliorée sans ajout de produits de synthèse, mais uniquement par des épices, légumes et autres plantes comestibles retrouvés dans le terroir. Désormais l'entrepreneur pourra rénover l'étiquetage des chips de manioc, des feuilles de manioc séchées et du *Ndolè* lavée séchées et ainsi répondre à certaines exigences du marché.

En perspective à ce travail, il est utile :

- d'ajouter à ce travail l'analyse de la digestibilité protéique et la biodisponibilité du fer dans tous nos légumes feuilles. Vu que les protéines et le fer sont les nutriments recherchés dans cette étude pour apporter une réponse précise aux besoins des populations ciblées.
- D'addition à ces études, la suivit de la contribution des nutriments et composés bioactifs de ces légumes dans les propriétés nutritionnelle et fonctionnelle des mets finaux.
- De trouver un mode séchage permettent de réduire le taux de cyanure dans les feuilles de manioc, tout en réduisant les pertes en nutriments et composés bioactifs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Abioye V. F., Akande E. A. and Aluko B.O. (2013).** Effects of different local debittering methods on some chemical components and antioxidants in bitter leaf (*Vernonia amygdalina*). *International Journal of Research in Chemistry and Environment* 4, 96-101
- Abondo R. et Amvamzollo P. H. (1995).** Valorisation des plantes aromatiques du genre *afmomum* du Cameroun. *Centre de Recherches en Plantes Médicinales et en Médecine Traditionnelle*. Pharm. Méd. trad. Afro.1995, pp. 81-88.
- Agbogidi O.M. and Akpomorine M.O. (2013).** Health and nutritional benefits of bitter leaf (*vernonia amygdalina del.*). *Int.J.A.PS.BMS* , 2.(3), 164-170
- Ajeegah G. A. (2013).** Exploitation of wastewater disposal sites and river banks in the cultivation of *Vernonia spp. (Ndolè)* in urban areas in Cameroon. Department of Animal Biology, Faculty of Science, University of Yaoundé 1, Cameroon. 2 p. Disponible sur <http://nus2013.files.wordpress.com>, consultée le 04/07/2014).
- Antsaso R. (2004).** *Etude de la faisabilité technico-économique d'une unité pilote de Production de farine de manioc de qualité dans la région D'ambatomanoina-anjozorobe*. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agronome spécialisation Industries Agricoles et Alimentaires, Université d'Antananarivo, année académique 2004.
- Ayodeji O. F. (2005).** Nutrient Composition and Processing Effects on Cassava Leaf (*Manihot esculenta*, Crantz) Antinutrients. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (1), 37-42
- Barka M. et Kadri F. (2011).** Impact de deux modes de cuisson sur la teneur en polyphénols solubles de six légumes. *revue-genie-industriel* 6, 41-45
- Benbrinis S. (2012).** *Evaluation des activités antioxydante et antibactérienne des extraits de Santolina chamaecyparissus*. Master en biochimie appliquée, Université Ferhat Abbas-Setif. Année universitaire 2011-2012.
- Bindzi J. M. (2012).** *Etude du séchage-fumage de la pate rouie de Manioc (Manihot esculenta Crantz) : Caractérisation physicochimique et fonctionnelle de la farine et de l'amidon*. Master of Science & Technology, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles, Ngaoundéré, année académique 2012.
- Bonazzi C. et Bimbene J.-J. Séchage des produits alimentaires (Principes).** Techniques de l'Ingénieur, N° F 3000. 14 p.
- Busson F. et Bergeret B. (1985).** *Contribution a l'étude chimique des feuilles de manioc*. O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire- N° 16495. 3p.

- CIRAD (2009).** *Fruits & légumes, la santé du monde*. CIRAD, Paris. 16 p.
- Diallo Y., Momar, Gueye T., Sakho M., Darboux P. G., Kane A., Barthelemy J.-P. et Lognay G. (2013).** Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* 17(4), 634-643.
- Doua P., Kuitche A., Edoun M., Giroux F. et Kapseu C. (2009).** Détoxification du manioc a forte teneur en cyanure d'hydrogène par voie de séchage. In : *Recent progrès en génie des procédés* (numéro 98-2009). 2-910239-72-I, Ed SFGP, Paris, France. P: 1-6
- Ejoh R. A., Djuikwo V. N., Gouado I. and Mbofung C. M. (2007).** Effect of the method of processing and preservation on some quality parameters of three non-conventional leafy vegetables. *Pakistan Journal of Nutrition* 6 (2), 128-133.
- Ejoh R. A., Djuikwo V. N., Gouado I. and Mbofung C. M. (2007).** Nutritional components of some non-conventional leafy vegetables consumed in Cameroon. *Pakistan Journal of Nutrition* 6 (6), 712-717.
- FAO (1991).** *Racines, tubercules, plantains et bananes: dans la nutrition humaine*. FAO, Rome. 200p.
- FAO (2013).** *Produire plus avec moins : Le manioc* (Guide pour une intensification durable de la production). FAO, Rome. 24 p..disponible sur www.fao.org/ag/save-and-grow consulté le 21/08/2014.
- Favier J. C. (1977).** *Valeur alimentaire de deux aliments de base africains : le manioc et le sorgho*. ORSTOM, Paris. 118p.
- Fiagan Y. S. (2007).** *Les utilisations du manioc, Première rencontre des projets de développement des plantes racines et tubercules du FIDA en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Yaoundé novembre 2007.
- <http://biochim-agro.univ-lille1.fr/brunissement/> (page consultée le 17/octobre 2014)
- http://gii.polytech.up.univ-mrs.fr/deuterium/page_guide.php?num_page=442. (Page consultée le 01 juillet 2014)
- <http://www.cap-sciences.net/>. (Page consultée le 01 juillet 2014)
- <http://www.lavoixdupaysan.org/196.php>. (Page consultée le 07 juillet 2014)
- <http://www.med.univ-montp1.fr/>. (Page consultée le 01 juillet 2014)
- <https://www.cameroon-tribune.cm> (consulté le 20 octobre 2014)
- Hugo L. et Chakib A. (2012).** *Rapport provisoire PFNL 2012*. FAO. 315 p. disponible sur <http://www.fao.org/forestry/nwfp/78836/fr/cm/> consulté le 23/07/2014.

- IRAD (2013).** Augmentation de la productivité du manioc et diffusion des semences améliorées. *Projet C2D Manioc*. IRAD, Cameroun. 44 P.
- J. BENAICHE,** *Jus d'orange concentré : extraction et conservation*. Techniques de l'Ingénieur, N° F 6280. 15 p.
- LAROUSSE (2001).** *Encyclopédie des sciences de la nature : identifications, préparations, soins*. LAROUSSE, Paris. 335 p.
- Latham M. C. (2001).** *La nutrition dans les pays en développement*. FAO, Rome. Consulté sur <http://www.fao.org/DoCreP/004/W0073F/w0073f00> le 05/08/2014
- Le Blanc A. (2009).** *Alimentation humaine (Condensé de cours)*. BTS IC- ENSMIC. 17 p.
- Lema D. N. N. P. (2007).** *Intégrer les questions de genre dans le secteur forestier en Afrique, Cameroun*. FAO, Rome. 44 p.
- Meziti A. (2009).** Activité antioxydante des extraits des graines de *Nigella sativa L.* Étude in vitro et in vivo. Master en biochimie appliquée, Université El-Haj Lakhdar Batna. Année universitaire : 2008-2009
- MINEPAT (2012).** Elaboration du plan d'intervention et de l'observatoire sur les mécanismes de dialogue entre opérateurs économiques européens et camerounais dans le secteur agro-industriel, Etude des filières vivrières destinées à l'exportation dans les marchés européens. Eden Consulting & Engineering Sarl, PASAPE, Yaoundé. Contrat de services N°022/MINEPAT/PASAPE/DP3/2012
- Montagnac J. A., Davis C. R. et Tanumihardjo S. A. (2009).** Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement *Vol. 8. Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety* 8, 181- 194
- Ngah E. A. (1993).** *Gestion des terroirs villageois au Cameroun potentialités fertilisantes de Vernonias Ssp. En zones forestières*. INADES-formation, Yaoundé. Consulté sur <http://www.beep.ird.fr> le 03/07/2014
- Nguimbou R. M. (2012).** *Potentiel nutritionnel et propriétés physico-chimiques des poudres de tubercules de Cyrtosperma merkusii (H. Schott), taro bicolore non-conventionnel*. Thèse de DOCTORAT/Ph.D., Université de Lorraine et Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles, Ngaoundéré, Année 2012.
- Nkeoua G., et Boundzanga G. C. (1999).** *Données sur les produits forestiers non ligneux en République du Congo, projet cp/int/679/ec programme de partenariat – ec – fao (1998-2000)*. FAO, Brazzaville. 124 p.
- Pamplona-Roger G. (2007).** *Santé par les aliments, nouveau style de vie*. Editorial safeliz, Madrid. 381 p.

- Priso R. J., Nnanga J. F., Etame J., Din N. et Amougou A. (2011).** Les produits forestiers non ligneux d'origine végétale : valeur et importance dans quelques marchés de la région du Littoral – Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 40, 2715 – 2726.
- Programme de Relance de la Recherche Agricole et Forestière en République Démocratique du Congo.** Projet 9 ACP ZR 13/1 (GCP/DRC/036/EC selon codification FAO).
- République du Cameroun (2010).** *Evaluation rapide de la sécurité alimentaire des populations réfugiées et hôtes des régions de l'Adamaoua et de l'est du Cameroun.* P.A.M., Croix Rouge, F.A.O. et UNHCR Rapport publié en Septembre 2010. Disponible sur <http://documents.wfp.org>, consulté le 09/07/2014. 49 p.
- République du Cameroun.** *Profil pharmaceutique du pays.* Ministère de la Santé et O.M.S., Yaoundé. 223 p.
- Roussel S.** *Découpe des produits alimentaires.* Techniques de l'Ingénieur, N° F 1230. 10 p.
- Suganyadevi P., Suresh R. and Saravanakumar M. (2011)** Anthocyanins from Indian cassava (*Manihot esculenta crantz*) and its antioxidant properties. *International Journal of pharmaceutical sciences and research* 2(7), 1819-1828.
- Support de cours (2014): les composés phénoliques.** In *Physique des aliments et Biochimie des transformations.* Dispensé par Pr. Ndjouenkeu R. et Pr. Tchiégang C., ENSAI, université de Ngaoundéré. Année académique 2014
- Tabuna H. et Kayitavu I. (Eds) (2007).** *Diagnostic technique et perspective de développement des unités de transformation des produits forestiers non ligneux alimentaires au Cameroun et en Afrique centrale. Tome1 : Généralités sur la transformation des aliments traditionnels et des produits forestiers non ligneux au Cameroun et en Afrique centrale.* Worldagroforestry. Consulté dans <http://www.worldagroforestry.org> le 03-07-2014.
- Tchiégang C. et Kitikil A. (2004).** Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicultura* 22 (1) 11-18.
- Verheij Ed., et Waaijenberg H. (2008).** *Le jardin potager dans les zones tropicales.* Agrodok, Pays Bas. 100 p.
- Wobeto C., Corrêa A. D., Pato de Abreu C. M., dos Santos C. D. and de Abreu J. R. (2006).** *Nutrients in the cassava (Manihot esculenta Crantz) leaf meal at three ages of the plant.* *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 26(4), 865-869

Yakubu N., Amuzat A.O. et Hamza R. U. (2012). Effect of processing methods on the nutritional contents of bitter leaf (*Vernonia amygdalina*). *American Journal Of Food and Nutrition* 2(1), 26-30

ANNEXES

Annexe 1 : caractérisation de la chambre à sécher

Description générale :

Encombrement : les dimensions du séchoir sont : 3 x 3 x 2 m (L x l x h)

Nombre de claies : le séchoir peut recevoir au maximum 50-60 claies (supports tissées avec des fils et couverts par du film plastique)

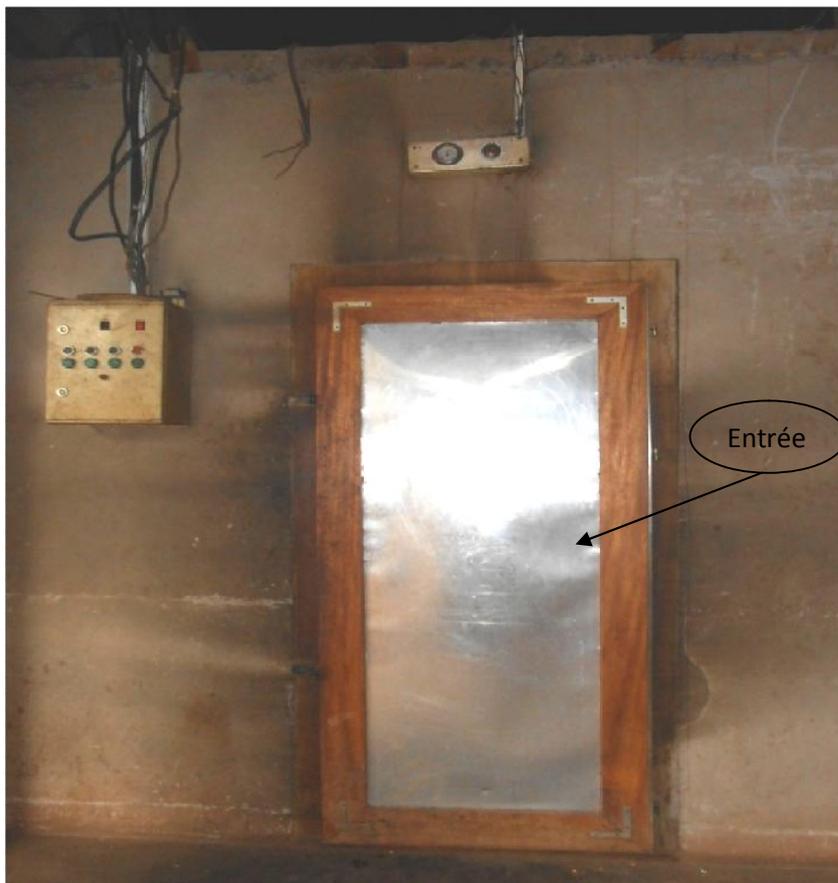
Système de chauffage : le chauffage est direct à bois

Système de ventilation : ventilation forcée avec recyclage de l'air

Vitesse de ventilation = 1,0 m/s

Matériaux :

Le séchoir est constitué de matériaux suivants : bois, aluminium, plastique, sables, ciment.



Chambre à sécher

Annexe 2 : Liste des équipements utilisés au laboratoire

Centrifugeuse (Hereaus Biofuge primor, Germany), Plaque chauffante (Bibby HB502, type : L 07356), Bain marie (Memmert, type F-Nr 760), Etuve (Heraeus-kendro laboratory products, type : T6, fabrication N°20001046, Germany), Four à moufle (Prolabo N° 54786, France), Balance électronique (Denver instrument, APX-3202, max : 3200 g, d=0,10g), Spectrophotomètre (Raileigh vis-723N), Balance de précision (Sartorius AG Geöttingen Germany LP 620P. S0707662), soxhlet (Berh Labo-Technick), chauffe ballon (Electromantle MV), scelleuse (Severin Folio), ampoule à décanter (BISTABIL, NS 19/26), bac de minéralisation, réfrigérant (vineland. N.J., USA).

Annexe 3: Dosage des sucres totaux :

Tableau : Etalonnage de la solution de glucose et dosage des sucres réducteurs ou sucres totaux

N° des tubes	1	2	3	4	5	6	Inconnus
Etalon de maltose à 1mg/ml (µl)	0	10	30	50	70	90	
Echantillon à doser (ml)	/	/	/	/	/	/	20
Phénol aqueux 50% (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide sulfurique (conc.) (ml)	1	1	1	1	1	1	5
Incubation	15 minutes dans un bain marie en suite 15 min à l'ombre						
Eau distillée (ml)	2,5	2,49	2,27	2,05	1,83	1,01	2,48
Glucose (mg)	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	
DO à 490 nm							

Annexe 4 : Besoins journaliers recommandés en protéines, en fer pour les enfants, les adolescentes et les femmes adultes

Age	Poids moyen (kg)	Protéines (g)	Fer (mg)
Enfants			
1 -2	11,0	13,5	8
1-3	13,5	15,5	9
3-5	16,5	17,5	9
Femmes			
10-12	36,0	36,0	16
12-14	46,5	44	27
14-16	52,0	46,0	27
16-18	54,0	42	29
> 18	55	41,0	29
Enceinte pleine active	---	47	47
Allaitante les six premiers mois	---	58,5	17

Source : FAO 1991

Annexe 5 : Fiche de questionnaire pour test hédonique de légumes feuilles

FICHE DE QUESTIONNAIRE POUR TEST HEDONIQUE DE LEGUMES FEUILLES

Code Panéliste: Filière : Sexe Age : Date: Région.....

connaissiez-vous les légumes feuilles ? : Oui Non Et avez-vous déjà consommé ? Oui Non

Dans quel(s) met :

Vous avez en face de vous 3 échantillons de légumes. Votre contribution centrée sur l'aspect sensoriel nous permettra d'évaluer les caractéristiques organoleptiques de ces légumes. Soyez donc objectifs dans vos réponses et notez chaque caractéristique indépendamment des autres.

Le test consiste à évaluer la couleur, la texture, l'arôme ou odeur et l'acceptabilité générale en utilisant l'échelle hédonique à 7 points ci-dessous. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé une caractéristique en lui affectant une note (allant de 1 à 7) selon qu'il est indiqué ci-dessous.

1 : Déteste**2 : N'aime pas****3 : N'aime pas beaucoup****4 : Indifférent****5 : Aime un peu****6 : Aime modérément****7 : Aime beaucoup**

NB :

- *Evaluer une seule caractéristique à la fois pour les 3 échantillons et faites un commentaire si nécessaire*
- *A la fin de l'évaluation des caractéristiques de tous les échantillons, faire un commentaire global sur ce nouveau produit.*
- *Il vous est demandé de rincer votre bouche après chaque dégustation élémentaire avant de passer à la suivante. Il n'est pas nécessaire d'avaler le produit.*
- *Les réponses sont individuelles et ne doivent pas faire l'objet d'une concertation avec son voisin.*
- *Nous vous prions de rester calme durant toute la dégustation*
- **La couleur** : qualité de la lumière renvoyée par les légumes
- **La texture** : lisse, ferme, doux
- **L'arôme** : odeur agréable qui émane des légumes

Que pensez-vous de ce produit :

Code échantillon	Couleur	Texture	Arôme ou odeur	Acceptabilité générale

A quel (s) légume (s) feuilles-vous font penser ses légumes analysés:**Commentaires :**

Annexe 6 : produits TALESS DRY-FOOD/GIC commercialisés

Désignation/ Conditionnement	Image	Vertus et/ou utilisation
Produits à grignoter ; pour pâtisseries, confiseries et apéritifs		
Mangue séchée (<i>Mangifera indica</i>) St. 25 g St. 100g		Asthénie ; déminéralisation ; croissance Convalescence ; affection de la peau artérielle ; diabète ; affection de la rétine prévention le cancer de la prostate ; du sein et du côlon.
Ananas séché (<i>Ananas sativus</i>) St. 25 g St. 100g Fibres d'ananas. St.35 g		Utiliser en cas de : anémie ; obésité ; arthrite ; goutte ; hypochlorhydrie ; déminéralisation ; dyspepsies, artériosclérose; lithiase ; intoxications ; stérilité ; cancer de l'estomac ; constipation ; hypolipémiant ...
Banane fondante V.Gros Michel St.75 g St.150 g Banane séchée V. FOCONAH St.50 g (<i>Musa spp.</i>)		Lutte contre l'Asthénie ; la déminéralisation pour des personne en état de croissance et/ou convalescent indiquée en cas : de diabète, d'arthrite par dépôt d'acide urique et goutte, régime faible en sodium, affection...
Chips de safou (<i>Dacryodes edulis</i>) St.25 g St.100g		Riche en acide gras et même les acides gras insaturés ; Riche en protéines possédant : Phénylalanine, Isoleucine, Thréonine, Valine, Lysine, Leucine, Arginine.
Noix de coco râpée Séchée C. 150 g St.100 g St. 35 g (<i>Cocos nucifera</i> L.)		Contre la décalcification, l'arthrose, ostéoporose, les douleurs ostéo- musculaires ; en cas de faiblesse des cheveux et des ongles.

<p>Kessala chips (<i>Manihot esculenta Granz</i>) St.65 g St. 175 g St.400 g</p>		<p>Pour grignotage; produit riche en calcium et vitamine C possédant des antioxydants</p>
<p>Légumes</p>		
<p>Ndolè lavé séché (<i>Vernonia Spp.</i>) St. 100 g</p>		<p>Prévention du cancer ; Prévention du diabète (hypoglycémiant et réparateur du pancréas) ; des maladies cardiovasculaires....</p>
<p>Morelle noire séchée (<i>Djap-zom</i>) St. 100 g</p>		
<p>Amarante séchée (<i>Amaranthus dubius</i>) St.100 g</p>		<p>Contre les maladies inflammatoire ; sédatif affections cutanées ; galactogène ; pansement des plaies; elle est d'astringente ; diurétique ; d'emménagogue et d'antiprurigineuse,...</p>
<p>Okok séché (<i>Gnetum africanum et Gnetum buchholzianum</i>) St. 60g</p>		<p>teneur élevée en protéines des feuilles d'okok ce qui explique pourquoi il est souvent utilisé comme substitut à la viande</p>
<p>Feuilles de manioc (<i>Manihot esculenta Granz</i>) St. 100g</p>		<p>riches en acides aminés essentiels (isoleucine, leucine, lysine, méthionine et cystéine, phénylalanine et tyrosine, thréonine, tryptophane, valine). Les teneurs pour 100 g de feuilles sont suffisantes pour couvrir les besoins quotidiens de l'homme selon recommandations de la FAO et de l'OMS</p>

<p>Gombo en poudre (<i>Hibiscus Esculentus</i> et <i>Hibiscus Abelmoschus</i>) St.50 g Bte.40g Gombo séché St.50 g</p>		<p>Fortifiant (utilisé en convalescence) ; cas de maladie de la peau ; laxatif ; irritation intestinale ; utilisé pour la maturation des abcès chauds antispasmodique ; stomachique ; contre les céphalées et affections nerveuses ; contre la mauvaise haleine</p>
<p>pour tisane</p>		
<p>Citronnelle séchée (<i>Cymbopogon citratus</i>) St. 25 g Citronnelle +gingembre séchés St. 25 g Citronnelle + messep séchés St. 25 g</p>		<p>Antiarthritique ; antidépresseur ; antirhumatismal ; antiseptique ; carminatif ; bactéricide ; cicatrisant ; déodorisant, vermifuge ; tonocardiaque fébrifuge ; sédatif ; contre le cycle menstruel irrégulier la déprime, la diarrhée, douleur articulaire trouble digestif et gastrique, parasites intestinaux névralgies dentaire et faciale, insomnie, hypertension....</p>
<p>Epices et autres aromates</p>		
<p>Poivre de Penja (<i>Piper Nigrum L.</i>) St. 30 g Bte. 40 g Ct 65 g</p>		<p>Antibactérien ; antinauséeux ; apéritif ; réchauffant ; stomachique ; sudorifique ; stimulant le système nerveux ;...</p>
<p>Condiment Viande – Poisson St.50 g Bte 30 g</p>		<p>Assaisonnement des viandes et poisson.</p>
<p>Gingembre en poudre (<i>Zingiber officinale</i>) St. 50 g Bte.40g Bte. 130g</p>		<p>Aliment antalgique ; antiarthrite ; antidiarrhéique ; antirhumatismal ; aphrodisiaque ; calmant ; contre l'anémie ; les céphalées ; la fatigue (mentale et physique) ; gaz intestinaux ; nausées de grossesse...</p>
<p>Ail en poudre (<i>Allium sativum</i>) Bte. 130 g Bte. 40g</p>		<p>Antibactérien ; anti-carcinogène ; anti-infectieux ; antipoison ; antirhumatismal ; hypotensif, anti-thrombotique ; tonique; vermifuge ; contre l'acné.</p>

<p>Curcuma en poudre (<i>Curcuma longa</i> et <i>Curcuma domestica</i>)</p> <p>Bte 150g</p>		<p>Le principal ingrédient actif du curcuma est la curcumine. Elle possède une activité anticancer; Il a été démontré qu'elle est dix fois plus antioxydante que la vitamine E.</p>
<p>Rondelle en poudre (<i>Hua gabonii</i> <i>Pierre</i>)</p> <p>Bte 40g</p>		<p>Riche en sel minéraux, 5g de rondelle permet de couvrir l'apport journalier conseillé en zinc pour un adulte. Contre les rhumatismes ou les maux de tête.</p>
<p>Cannelle (<i>Cinnamomum cassia</i>)</p> <p>Bte. 40g</p>		<p>riche en huile essentielle Aliment antiseptique ; antispasmodique ; antidiarrhéique ; carminatif ; aphrodisiaque ; tiédeur sexuelle ; cicatrisant ;...</p>
<p>Piment rouge (<i>Capsicum frutescens</i>)</p>		<p>Contre le mal de mer ; l'arthrite alcoolisme. Stimulant circulatoire nerveux ; sudorifique...</p>
<p>Miel</p>		
<p>Miel naturel/ miel d'Oku</p> <p>Bte.1000 ml 500 ml 250 ml 50 ml</p>		<p>Le miel d'Oku se caractérise par : une couleur blanche à claire, une texture crémeuse et un goût caractéristique une grande viscosité, un arôme particulier (arômes floraux et de fumée), une longue conservation et il ne se cristallise.</p>
<p>Suppléments alimentaire</p>		
<p>TALESS Detox</p> <p>Bte. 130g</p>		<p>Détoxification ; renforce le système immunitaire ; renforce le système immunitaire.</p>

<p>Moringa (<i>Moringa oleifera</i>) Bte. 130g</p>		<p>Les feuilles de Moringa sont très nutritives. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamines B, du fer, du calcium, des protéines, du zinc, du sélénium.</p>
<p>Bouillie diététique Bte. 180 g</p>		<p>Stimule le système nerveux ; prévient le vieillissement ; prévient les maladies cardiovasculaires....</p>
<p>Ginseng (<i>Panax ginseng</i>) Bte. 130 g</p>		<p>Utiliser le produit en cas de : Immunodépression fatigue intellectuelle, fatigue musculaire ; faiblesses sexuelles, chute de cheveux, problème hépatiques ; vieillissement de la peau, travail intellectuelle intense, hyperglycémie ...</p>
<p>Boisson des hommes</p>		<p>La boisson est indiquée aux couples. Elle favorise la sécrétion des hormones sexuelles ainsi que ainsi que la fertilité</p>
<p>Boisson diététique Bte. 130 g</p>		<p>Anti-inflammatoire naturel sexuelle ; asthénie ; énergisant ; tonifiant ; faiblesse</p>
<p>Bouillie de céréales Lamana St. 250 g 400g 1000g</p>		<p>Indiqué pour le petit déjeuner des enfants et des adultes</p>
<p>Huile et baume</p>		
<p>Huile de neem (<i>Azadirachta indica</i> A.) Bte. 500ml 250ml</p>		<p>Contraceptif ; pour les soins fongicides ; antibactériens (l'huile de neem lutte contre plusieurs espèces de bactéries pathogènes, y compris Staphylococcus et Salmonella sp.) ; traite les parasites ; infection cutanée; vermifuges, anti-paludéennes</p>

Beurre de karité
(*Vitellaria paradox*)
Bte. 250 ml



Le beurre de karité protège contre les coups de soleil, il en est un ingrédient utile dans de protection solaire ou post-exposition au soleil. Il encourage également la cicatrisation des plaies et apaise les irritations de la peau.

Avec St. = sachet ; Bte. = boîte ou bouteille et Ct.= carton.