



République d'Haïti

**Université d'État d'Haïti
(UEH)**

**Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire
(FAMV)**

**Département des Sciences et Technologies des Aliments
(DSTA)**

Caractérisation sensorielle et nutritionnelle de sept (7) variétés de soja edamame (*Glycine max L.*) cultivées à Lalouère (4^e section de Saint-Marc), et de leur potentiel pour l'amélioration de la santé nutritionnelle en Haïti

Mémoire de fins d'études

Présenté par : ESTIMÉ Osnel

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome

Option : Sciences et Technologies des Aliments

Février 2017

Ce mémoire intitulé :

Caractérisation sensorielle et nutritionnelle de sept (7) variétés de soja edamame (*Glycine max L.*) cultivées à Lalouère (4^e section de Saint-Marc), et de leur potentiel pour l'amélioration de la santé nutritionnelle en Haïti

a été approuvé par le jury composé :

	Signature	Date
NOM, Prénom Président du Jury	-----	-----
NOM, Prénom Membre du Jury	-----	-----
NOM, Prénom Membre du Jury	-----	-----
PHILIZAIRE Yvens Membre, Conseiller Scientifique	-----	-----

Caractérisation sensorielle et nutritionnelle de sept (7) variétés de soja edamame
(*Glycine max L.*) cultivées à Lalouère (4^e section de Saint-Marc), et de leur potentiel
pour l'amélioration de la santé nutritionnelle en Haïti

DÉDICACES

Ce travail de recherche est dédié à :

- Mon regretté père, **ESTIMÉ** Reynold
- Ma mère, **ISRAËL** Igélia ;
- Mon oncle **ESTIMÉ** Fétière ;
- Mes sœurs, mes frères, mes cousines et cousins ;
- Mes camarades de la promotion Joseph Waldeck **DÉMÉTRIUS** (2011-2016), en particulier, ceux de l'option Sciences et Technologies des Aliments ;
- Tous ceux qui auront à lire ce document

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à la participation de toute une équipe. Ainsi, je tiens à exprimer ma gratitude envers :

- Dieu, pour son amour incommensurable et ses bienfaits ;
- Mes conseillers scientifiques : **PHILIZAIRE** Yvens et **FILLION** Lucie pour leurs conseils et leurs apports scientifiques dans mon travail de recherche;
- Tous les professeurs de la FAMV qui ont contribué à ma formation particulièrement Monsieur **CORANTIN** Harold le directeur du département STA et Monsieur **ALCINDOR** Ewald ;
- Mes camarades : **BLECK** Guerby, **MÉRISTIL** Darvens, **ADOLPHE** Ralph, **BENJAMIN** Charles-Eddy, **DAVILUS** Jude, **JEAN-LOUIS** Carmelo, **PIERRE** Carl-Edward Destin et en particulier ceux de la STA ;
- Le projet AKOSAA, qui a financé ce travail et m'a supporté techniquement à travers ses responsables ;
- Aux personnels de laboratoire de chimie de la FAMV pour leur patience ainsi que leur appui pendant la réalisation des analyses de laboratoire ;
- Dr **DUBUISSON** Renald, **MENÉ** Bernace, **PHILEMOND** Grivenot pour leurs apports psychologique et financier ;
- **PHILIPPEAU** Alienne Nickesther pour son soutien moral ;

Enfin, un grand remerciement s'adresse à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à mes études et à la réalisation de ce travail.

RÉSUMÉ

Dans ce présent travail, l'objectif a été de retenir une variété d'edamame parmi les sept (7) étudiées afin de l'introduire dans une recette, et de voir le comportement des gens face à ce nouveau produit en la comparant à une recette traditionnelle, il est aussi question de comparer leurs compositions nutritionnelles avec d'autres légumineuses locales.

Ce travail consistait également à évaluer les paramètres nutritionnels des sept variétés d'edamame et de trois (3) autres légumineuses considérées comme témoin. L'analyse nutritionnelle a été effectuée au laboratoire de chimie de la FAMV, celle-ci a porté sur la teneur en matière sèche, minéraux, protéines, lipides, glucides et sur la quantité d'énergie produite par chacune des variétés suivant les méthodes proposées par l'AOAC.

Pour l'analyse sensorielle, trois tests ont été effectués: le test hédonique, le test de classement et le test de préférence. Les deux premiers ont été faits avec 10 juges entraînés pour identifier le cultivar le plus apprécié et le dernier avec des panélistes non-entraînés afin de comparer la recette riz-edamame avec une recette traditionnelle.

Les résultats du test hédonique ont montré que les variétés N09-8287, Crocket et SC97-1821 sont les plus appréciées. Pour continuer avec l'objectif du travail, le test de classement a montré que la variété N09-8287 est la plus appréciée parmi les trois. C'est cette variété qui a été retenue pour le test auprès des gens non-entraînés. Ce dernier montre que la recette riz-edamame est la plus appréciée en termes de goût.

Les résultats du test nutritionnel ont montré que les autres légumineuses ont plus de matière sèche que les variétés d'edamame. La valeur nutritive de la variété N09-8287 est intéressante pour la teneur en minéraux, lipides, glucides et en valeur énergétique alors qu'elle est intermédiaire pour la teneur en protéines.

En somme, ce travail a permis de valider l'appréciation de la recette « riz-edamame » face à une recette traditionnelle considérée comme témoin. Les analyses nutritionnelles montrent que l'edamame est beaucoup plus intéressante pour la teneur en protéines et en valeur énergétique que les autres légumineuses alors qu'elle est intermédiaire pour les lipides, Ainsi, à cause de la forte teneur en protéines de l'edamame, l'adoption de ce

dernier dans la recette haïtienne pourrait être considérée comme un outil contre la malnutrition protéino-énergétique.

TABLE DES MATIERES

DÉDICACES.....	iv
REMERCIEMENTS	v
RÉSUMÉ.....	vi
TABLE DES MATIERES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS.....	xiii
LISTE DES ANNEXES.....	xiv
I. INTRODUCTION.....	1
1.1. Problématique.....	1
1.2. Objectifs	3
1.2.1. Objectif général	3
1.2.2. Objectifs spécifiques	3
1.3. Hypothèses	3
II.- REVUE DE LITTERATURE	4
2.1.- Généralités sur le soja edamame	4
2.1.1.- Description de la plante.....	4
2.1.2.- Composition du soja edamame	4
2.1.2.1.- Importance des protéines.....	4
2.1.2.2.- Importance des glucides.....	5
2.1.2.3.- Importance des lipides.....	5
2.1.2.4.- Importance des vitamines.....	6

2.1.3.- Facteurs antinutritionnels et effets de la cuisson.....	6
2.2.- Définition de l'analyse sensorielle	7
2.3.- Méthodes des essais d'analyse sensorielle	8
2.4.- Caractéristiques de l'évaluation sensorielle des échantillons	8
2.5.- Qualité du soja edamame	9
2.6. Travaux réalisés sur le soja edamame en Haïti.....	9
III.- MÉTHODOLOGIE.....	10
3.1.- Cadre physique de l'étude	10
3.2.- Matériels et méthodes	10
3.2.1. Matériel végétal.....	10
3.2.2. Matériels physiques	11
3.2.3. Méthodes d'analyse	11
3.2.3.1. - Analyse sensorielle.....	11
3.2.3.2.- Préparation des échantillons.....	12
3.2.3.3- Conduite des tests de dégustation	12
3.2.3.4.- Conception de recette	13
3.2.3.5.- Présentation des fèves	13
3.2.4.- Dispositif expérimental	13
3.2.5.- Evaluation préalable.....	14
3.2.6.- Essais de préférence avec un panel entraîné	14
3.2.7.- Essai de classement avec un panel entraîné	15
3.2.8.- Essais de préférence par comparaison par paires	15
3.3. Évaluations physico-chimique et nutritionnelle	16
3.3.1.- Evaluation physico-chimique.....	16
3.3.1.1.- Mesure de la teneur en matière sèche	16

3.3.2.- Evaluation nutritionnelle	16
3.3.2.1.- Détermination de la teneur en minéraux	16
3.3.2.2.- Détermination des protéines.....	17
3.3.2.3.- Détermination de la teneur en lipide	17
3.3.2.4.- Détermination de la teneur en glucide.....	17
3.3.2.5.- Détermination de la valeur énergétique	18
3.4. Analyse et traitement des données	18
IV.- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	19
4.1.- Proportion de production des variétés d'edamame	19
4.2.- Evaluation sensorielle des variétés.....	19
4.2.1.- Durée de cuisson	19
4.2.1.- Test de préférence avec un panel entraîné	20
4.2.2.- Test de classement avec panel entraîné.....	20
4.2.3.- Test de préférence par comparaison par paires	21
4.3.- Caractérisation physico-chimique et nutritionnelle.....	22
4.3.1.-Caractérisation physico-chimique.....	22
4.3.1.1. Teneur en matière sèche des variétés	22
4.3.2.- Evaluation de la teneur nutritionnelle des variétés en % de MS	23
4.3.2.1. Teneur en minéraux des variétés	24
4.3.2.2. Teneur en protéines des variétés.....	24
4.3.2.3. Teneur en lipides des variétés.....	24
4.3.2.4. Teneur en glucides des variétés	24
4.3.2.5. Valeur énergétique des variétés.....	24
V.- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	25
VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Variétés de légumineuses qui ont été utilisées pour l'évaluation sensorielle et nutritionnelle	10
Tableau 2: Liste des matériels utilisés pour les évaluations sensorielles et nutritionnelles ..	11
Tableau 3 : Comparaison des moyennes des sept (7) variétés pour le test de préférence	20
Tableau 4: Classement des trois (3) variétés d'edamame.....	21
Tableau 5: Test de préférence par comparaison par paires des deux recettes	21
Tableau 6: Valeur moyenne et écart-type de matière sèche des variétés de légumineuses...	22
Tableau 7: Valeur moyenne et écart-type des nutriments des légumineuses en % de MS....	23
Tableau 8: Nombre minimal de réponses consensuelles nécessaires pour conclure qu'il existe une différence perceptible sur la base d'un essai bilatéral par paires	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue des sept variétés de soja edamame	12
Figure 2: Schéma du test effectué avec les panélistes entraînés.....	14
Figure 3: Schéma du test de préférence par comparaison par paires.....	15
Figure 4: Rendement de la production des différentes variétés de soja edamame cultivées à Lalouère (4 ^e section de Saint-Marc).....	19

LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS

AFNOR	: Association Française de la Normalisation
AKOSAA	: Valorisation et Renforcement des Capacités pour un accroissement de la Sécurité Alimentaire en Haïti
ANOVA	: Analyse de Variance
AOAC	: Association of Official Agricultural Chemists
CNSA	: Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire
DSTA	: Département des Sciences et Technologie des Aliments
FAMV	: Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire
FAO	: Organisation des Nations-Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
FCEN	: Fichier Canadien des Éléments nutritifs
J.-C	: Jésus-Christ
Kcal	: Kilocalories
MS	: Matière Sèche
°C	: Celsius
UEH	: Université d'Etat d'Haïti
USDA-ARS	: United States Department of Agriculture / Agricultural Research Service

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A : Fiche d'évaluation pour l'essai hédonique

ANNEXE B : Fiche d'évaluation pour l'essai de classement

ANNEXE C : Fiche d'évaluation de la recette avec l'un des cultivars retenus

ANNEXE D : Résultats d'analyse sensorielle de traitement statistique

ANNEXE E : Résultats d'analyse nutritionnelle de traitement statistique

ANNEXE F : Liste des ingrédients et leur quantité dans les deux recettes testées

ANNEXE G : Tableau de comparaison par paires

I. INTRODUCTION

1.1. Problématique

L'insécurité alimentaire reste encore un problème très grave au niveau mondial et sa complexité occasionne que, pour y répondre, un cadre d'intervention intégré impliquant de multiples institutions est nécessaire. Aujourd'hui, la non-intervention ou des interventions inappropriées entraînent des coûts très élevés qui seront payés au prix fort par tous les secteurs tant en Haïti qu'à l'étranger. En Haïti, l'insécurité alimentaire touchait environ 46% de la population entre 2002 et 2004 après avoir atteint le niveau de 65% entre 1990 et 1992 (FAO 2006). La proportion de personnes sous-alimentées est plus élevée en Haïti que dans la région de l'Amérique Latine (10%) et des Caraïbes (5%). Selon la FAO, Haïti est encore dans une phase de famine et si rien de conséquent et soutenu n'est fait, cela pourrait évoluer vers une catastrophe humanitaire.

Dans les pays en voie de développement notamment en Haïti, les aliments constructeurs d'origine animale deviennent problématiques par leur accessibilité. Pour répondre à cette exigence combien importante, l'introduction ou l'utilisation des légumineuses fournissant des protéines de très bonne qualité est intéressante. Suite aux différents problèmes de santé publique causés par certaines denrées animales, beaucoup de scientifiques se sont tournés vers les légumineuses à graines comestibles qui sont réputées pour leur protéine de haute qualité. Les plus cultivées sont : le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le pois congo (*Cajanus cajan*) et le soja edamame (*Glycine max L.*).

Le soja edamame est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bénéfique pour la santé humaine. En effet, une alimentation à base de soja est pauvre en acides gras saturés et en cholestérol, et amène beaucoup moins de calories qu'une alimentation à base de viandes et de produits laitiers (Hubert, 2006). L'utilisation du soja edamame pour l'alimentation des Haïtiens est avant tout un atout pour résoudre le problème de dénutrition très fréquente en Haïti, et du même coup faire baisser le taux d'insécurité alimentaire estimée à 38% au niveau national (CNSA, 2011).

Les variétés du soja edamame, en tant que légumineuse alimentaire, revêt d'une importance incontestable du fait de leur teneur en éléments nutritifs. Ces fèves contiennent plus de protéines que les autres types de légumineuses. De plus, les fèves du soja edamame sont une excellente source de phosphore, minéral qui joue un rôle important dans le maintien d'une bonne santé osseuse.

Elles sont aussi riches en fer, ce qui en fait un excellent choix pour les adeptes de l'alimentation végétarienne et présentent une quantité de protéines équivalentes à la viande, quoiqu' inférieure à celle de l'œuf, protéine de référence et riches en lysine, acide aminé limitant des céréales avec lesquels il s'associe de manière bénéfique. L'index DISCO qui tient compte de l'équilibre en acides aminés et de la digestibilité de la protéine place le soja en tête des protéines végétales. En plus des vitamines (B et E) et des minéraux (Mg, Fe, P, K, Mn, Zn, Cu), le soja contient des isoflavones, des polyphénols à propriétés antioxydantes et phyto-hormonales.

En effet, dans le souci de promouvoir une agriculture visant à atténuer le problème d'insécurité alimentaire surtout en milieu rural, le projet sur la Valorisation et le Renforcement des Capacités pour un Accroissement de la Sécurité Alimentaire en Haïti (AKOSAA) a fait le choix du soja edamame pour ses qualités nutritionnelles et gustatives comme outil dans la lutte contre la malnutrition en Haïti. Cependant, compte tenu de la méconnaissance de cet aliment dans le pays, il est question d'abord d'examiner la perception des consommateurs haïtiens. Pour cela, suite à un essai d'introduction de 7 lignées de soja-edamame en provenance du USDA-ARS (Soybean & Nitrogen Fixation Unit) dans la commune de St-Marc au cours de la saison hivernale 2015-2016, une étude sur l'évaluation sensorielle et nutritionnelle du soja edamame a été effectuée. En outre, il a été question aussi de tester certaines recettes, proches des habitudes alimentaires des Haïtiens, qui intègrent ce nouveau produit.

1.2. Objectifs

1.2.1. Objectif général

Cette étude vise à faire l'évaluation sensorielle de 7 variétés de soja edamame en vue de déterminer laquelle d'entre elles est meilleure en terme d'appréciation globale dans le souci de l'intégrer dans l'alimentation des Haïtiens et de comparer leur teneur nutritionnelle avec certaines légumineuses couramment consommées en Haïti.

1.2.2. Objectifs spécifiques

De manière spécifique, cette étude vise à :

- Examiner les fèves d'edamame pour leur apparence ;
- Évaluer visuellement les fèves d'edamame ;
- Évaluer les caractéristiques organoleptiques de la fève d'edamame ;
- Évaluer la teneur physico-chimique et nutritionnelle des 7 variétés d'edamame ainsi que des 3 autres variétés de légumineuses couramment utilisées en Haïti ;
- Déterminer la variété préférée des 7 variétés d'edamame du panel initié ;
- Tester une recette appropriée proche des recettes populaires ;
- Évaluer l'acceptabilité de la variété retenue dans une recette populaire;
- Comparer l'acceptabilité de la recette riz-edamame avec celle du riz-haricot ;

1.3. Hypothèses

H₁ : Parmi les 7 variétés cultivées dans les conditions écologiques de Lalouère, en termes de goût, au moins une d'entre elles serait appréciée.

H₂ : Les teneurs en protéines et en matière grasse du soja edamame sont plus élevées que celles des autres légumineuses.

II.- REVUE DE LITTERATURE

2.1.- Généralités sur le soja edamame

2.1.1.- Description de la plante

L'edamame (*Glycine max* L.) est un soja dont les graines sont volumineuses et dont la popularité est de plus en plus grande dans les cuisines américaines en raison de son bon goût, de sa forte valeur nutritive et de la faveur que connaissent les mets asiatiques. L'edamame est aussi appelé soja végétal, soja vert ou soja de régime, haricot de soja, fève de soja, soja. Il trouve son origine au Japon autour de 1270 où il est toujours un légume populaire. Appartenu à la famille des Fabacées, certaines variétés d'edamame sont plus grandes et plus sucrées que le soja en grains et on les récolte et les consomme lorsqu'elles sont vertes, soit à un stade précoce. Les plus grands producteurs de soja dans le monde sont les États-Unis (près de 50 % de la production), le Brésil, l'Argentine la Chine, l'Inde et le Paraguay et le Canada. (CHATENET, 2007)

2.1.2.- Composition du soja edamame

Outre la présence intéressante de protéines, lipides et glucides, les fèves de soja contiennent les vitamines liposolubles A,D,E,K et sont particulièrement riches en vitamine B et en minéraux mais aussi en micronutriments tels que les isoflavones, les saponines, les stérols qui apportent au soja des propriétés préventives, prouvées ou à l'étude, à l'égard de certaines pathologies. (ELODIE, 2013)

2.1.2.1.- Importance des protéines

Les protéines constituent la seule source d'azote assimilable par l'Homme en apportant les acides aminés indispensables à la construction et au renouvellement des tissus de l'organisme. Les graines de soja edamame sont une source importante de protéines; elles représentent la plus grande part de la graine entière. La teneur moyenne en protéines est de 12,35 g par 100 grammes de produit cuit et égoutté. (FCEN, 2017)

Les protéines de l'edamame ont une valeur nutritionnelle proche de celle de la viande de par le profil protéique de la graine mais aussi la digestibilité de ses protéines. La composition protéique de ces graines couvre largement les besoins en acides aminés essentiels et semi-essentiels pour l'Homme (lysine, histidine, thréonine, tryptophane, tyrosine, leucine, isoleucine, phénylalanine, valine). Seules la méthionine et la cystéine sont absentes, des acides aminés soufrés qui, dans l'edamame (et dans d'autres légumes secs) sont considérés limitant et peuvent donc réduire la synthèse de nouvelles protéines corporelles sans apport d'une alimentation variée. Cependant, en complétant la nourriture à base de soja par des céréales (riz, blé, maïs, sorgho, millet...) qui sont riches en acides aminés soufrés, l'apport en protéines devient équilibré. Le soja et les céréales sont donc des aliments complémentaires au niveau protéique. (LECERF, 1995).

2.1.2.2.- Importance des glucides

La graine de soja est un oléoprotéagineux du groupe des légumineuses qui contient 38 % de sucres classés en deux catégories : on retrouve en majorité, les polysaccharides insolubles principalement dans les fibres de la graine et en minorité les polysaccharides solubles. Ces glucides solubles pour la plupart de faible poids moléculaire (arabinose, fructose, raffinose, rhamnose, saccharose, stachyose, verbascose) constituent 16,4 % du poids sec. Parmi les polysaccharides digestibles, on retrouve l'amidon qui est un glucide insoluble faiblement représenté dans les graines de soja (moins d'1 % du poids sec de la graine de soja), contrairement aux tubercules, aux graines de céréales et aux autres graines de légumineuses. Les autres polysaccharides digestibles des graines de soja sont représentés par l'arabinose, le fructose, le rhamnose et le saccharose qui sont solubles. (LECERF, 1995)

2.1.2.3.- Importance des lipides

Les graines de soja contiennent entre 17 et 22 % de leur poids sec en lipides. Elles sont pauvres en acides gras saturés qui eux ont un fort pouvoir athérogène, et font partie des graines huileuses les plus riches en acides gras polyinsaturés totalisant 54 à 72 % des lipides totaux. Parmi eux, l'acide linoléique (oméga 6) et alpha-linolénique (oméga 3), principaux acides gras essentiels à l'organisme car non synthétisables, sont les mieux représentés. Les acides gras polyinsaturés permettent la synthèse de dérivés

supérieurs et de métabolites (prostaglandines, leucotriènes) sous l'action d'enzymes (désaturase, élongase) et interviennent dans la constitution des tissus et des membranes cellulaires de l'organisme. Mais la teneur en lipide des graines est très variable en fonction de la variété de soja et des conditions de cultures. (LECERF, 1995).

2.1.2.4.- Importance des vitamines

L'edamame riche en vitamines, contient toutes les vitamines liposolubles A, D, E, K mais aussi des quantités intéressantes de vitamines hydrosolubles du groupe B (B1 ou thiamine, B2 ou riboflavine, B3 ou PP ou niacine, B5 ou acide pantothénique). Elle possède également 4 à 5 % de minéraux dont le potassium, le phosphore, le magnésium et le calcium sont les principaux. (HUBERT, 2006)

2.1.3.- Facteurs antinutritionnels et effets de la cuisson

Les edamames contiennent des facteurs antinutritionnels (dont la plupart sont thermolabiles) qui réduisent la digestibilité, rendant les graines crues de soja impropres à la consommation et réduisent la qualité nutritionnelle de ces graines. Il y a : les inhibiteurs trypsiques, les α -galactooligosaccharides, les phytates, les lipoxygénases, les lectines et l'uréase. Le type et l'intensité du chauffage des graines ont une influence sur la valeur nutritionnelle, ici toute la difficulté de trouver un compromis entre l'inactivation des facteurs antinutritionnels et la conservation de la qualité nutritionnelle en particulier des protéines. Le chauffage excessif provoque une perte plus ou moins importante des éléments nutritionnels c'est pourquoi l'inactivation totale des facteurs antinutritionnels par le chauffage n'est pas recherchée. L'inactivation thermique peut simplement se baser sur la destruction du facteur antinutritionnel le plus thermorésistant représenté par les inhibiteurs trypsiques. Ces facteurs antinutritionnels peuvent aussi être inactivés par les techniques de concentrations protéiques.

Parmi ces facteurs antinutritionnels, les inhibiteurs trypsiques sont des protéines qui ralentissent l'hydrolyse des protéines alimentaires par les enzymes pancréatiques (trypsine et chymotrypsine) et donc diminuent leur assimilation dans l'organisme. De plus un des inhibiteurs trypsiques du soja l'inhibiteur de Kunitz a été identifié comme allergisant. L'élimination de ces inhibiteurs de protéases dans les graines de soja peut s'effectuer par une inactivation thermique ou par un processus de fermentation.

Cependant ils peuvent avoir un rôle favorable dans l'inhibition de certains processus de cancérogenèse.

Quant aux α -galactooligosaccharides, ils sont responsables de la mauvaise digestibilité des produits dérivés du soja de par leurs propriétés fermentescibles et flatulentes et donc d'une mauvaise absorption des protéines. Ces α -galactooligosaccharides sont solubles dans l'eau et peuvent être éliminés après un trempage long des graines.

Les phytates ont la particularité de jouer un rôle chélateur sur certains minéraux, en particulier avec le zinc, en générant des complexes moléculaires insolubles ce qui peut modifier leur biodisponibilité et diminuer leur absorption.

Les lipoxygénases, qui constituent 1 % des protéines de la graine de soja, sont associées à l'oxydation de certaines vitamines et d'acides gras polyinsaturés qu'elles transforment en aldéhydes à chaînes plus courtes, résultant en une saveur désagréable de certains produits à base de soja et en une diminution de leur qualité lipidique.

Les lectines sont des protéines de soja qui provoquent des troubles de l'absorption intestinale. Elles peuvent être toxiques si elles sont consommées en grande quantité ou si elles subissent une préparation inadéquate lors de la cuisson. Aussi appelées hémagglutinines, elles peuvent provoquer une agglutination des érythrocytes. Cependant il a été démontré *in vitro* que ces lectines auraient des propriétés préventives à l'égard des cancers gastro-intestinaux (Bau *et al.*, 2001).

2.2.- Définition de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle consiste « à susciter, à mesurer, à analyser et à interpréter scientifiquement les réactions à des caractéristiques d'aliments et de matières perçues par les sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe ». La sensation complexe qui résulte de l'interaction de nos sens sert à mesurer la qualité des aliments, par exemple la vérification de la qualité ou la mise au point de produits. Cette mesure peut être confiée à un jury restreint ou nombreux (plusieurs centaines de dégustateurs), selon les renseignements attendus (Agriculture Canada 2003, cité par MONFISTON 2014).

2.3.- Méthodes des essais d'analyse sensorielle

Les trois catégories fondamentales d'essais sensoriels sont les essais de discrimination, les essais descriptifs et les essais subjectifs. Les essais de discrimination permettent de déterminer la présence d'une différence entre les échantillons. Les essais descriptifs servent à déterminer la nature et l'intensité des différences. Les essais subjectifs se fondent soit sur une mesure de la préférence (ou de l'acceptation), soit sur celle à partir de laquelle on peut déterminer une préférence relative. Les dégustateurs se laissent alors guider par leurs sentiments personnels à l'égard du produit (Linda et al, 1991).

2.4.- Exigences de l'évaluation sensorielle des échantillons

L'évaluation sensorielle ne nécessite aucune installation complexe mais un minimum de conditions doit être rempli afin que les épreuves puissent se dérouler efficacement et donner des résultats fiables. Les conditions sont les suivantes :

- ✓ Disposer d'un local spécial contenant plusieurs cabines individuelles ou cabines amovibles pouvant être mises en place aisément ;
- ✓ Les cabines de dégustation doivent :
 - ❖ Être séparées par des cloisons de façon à empêcher les échanges entre les dégustateurs et à leur faciliter la concentration ;
 - ❖ Être propres, bien éclairées (dans certains cas, il serait souhaitable d'avoir des lampes masquant les différences de couleur entre les échantillons), ventilées, à l'abri des odeurs de produits chimiques ou de cigarette ainsi que des distractions auditives et visuelles, équipées d'un crachoir permettant de se rincer la bouche et d'expectorer et dotées d'un accès commode à la zone de préparation des aliments.
- ✓ Les échantillons doivent être présentés aux dégustateurs sous la forme et à la température de consommation usuelles ;
- ✓ Les échantillons doivent être codés de façon à ne pas créer d'idées préconçues chez les dégustateurs (il suffit, par exemple, d'employer des codes à trois chiffres tirés d'une table de nombres au hasard) ;

- ✓ Les dégustateurs doivent boire de l'eau ou se rincer la bouche avec de l'eau entre deux échantillons ;
- ✓ Les dégustateurs ne doivent pas communiquer entre eux pendant l'évaluation sensorielle ;
- ✓ Les épreuves doivent avoir lieu chaque jour à la même heure, de préférence en dehors des heures normales de pause et pas trop près des heures de repas habituels (ACTIA, 2014).

2.5.- Qualité du soja edamame

Les différentes qualités requises du soja edamame reposent sur ses qualités visuelles (couleur, taille, forme), technologiques (conservation), commerciales (rendement), sensorielles et nutritionnelles. Ces deux dernières qualités sont déterminantes pour l'avenir de la production du soja edamame dans le pays (JACQUES, 2013).

2.6. Travaux réalisés sur le soja edamame en Haïti

Vu l'importance globale du soja edamame, trois (3) essais sont déjà réalisés en Haïti sur la production de l'edamame. L'un en 1982 avec Jean Fénel FELIX , l'autre en 2002 avec Fritz ARNE et le dernier en 2016 avec Davidson BEAUBRUN. Les deux premiers sur la ferme de Damien dont les paramètres étudiés sont ceux de croissance végétative (émergence des plantules, hauteur à la récolte, nodulation, nombre de jours à la floraison et à la maturité, verse et déhiscence) et reproductive (nombre de gousses par pied, nombre de grains par gousses, poids moyen de 100 grains et le rendement obtenu) et le dernier toujours sur la production mais dans la 4^e section de Saint-Marc.

Aucune étude sur l'évaluation sensorielle et nutritionnelle n'a été trouvée sur le soja edamame.

III.- MÉTHODOLOGIE

3.1.- Cadre physique de l'étude

Cette étude a porté sur l'évaluation sensorielle et nutritionnelle de sept (7) variétés de soja edamame et de trois (3) autres légumineuses servant comme témoin, et a été réalisée au local AKOSAA et au laboratoire de chimie de la FAMV. Certaines recettes contenant soit du soja edamame ou d'autres légumineuses ont été également effectuées dans quatre (4) zones différentes à savoir la 3^e section (Goyavier), la 4^e section (Gilbert), la 5^e section (Timonette) et le centre-ville de Saint-Marc.

3.2.- Matériels et méthodes

3.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de ce travail est le soja edamame (*Glycine max L*) et trois témoins qui sont : le haricot (DPC-40) (*Phaseolus vulgaris*) et deux pois inconnus (*Vigna unguiculata*) à savoir CAR9 et pois malere afin de faire un test sensoriel pour comparer les deux recettes et leurs compositions nutritionnelles. La culture du soja edamame est une expérimentation réalisée par un étudiant de la FAMV via le projet AKOSAA faisant la promotion de la production du soja edamame. La moitié du champ expérimental a été récoltée à l'état vert pour l'évaluation sensorielle.

Tableau 1: Variétés de légumineuses qui ont été utilisées pour l'évaluation sensorielle et nutritionnelle

N ^o	Espèce	Variétés
1	Soja edamame	Crocket
2	Soja edamame	Kosamame
3	Soja edamame	SC97-1821
4	Soja edamame	N09-8287
5	Soja edamame	TCWN1011-281
6	Soja edamame	TC09AXB832-1-8
7	Soja edamame	N09-8385
8	Haricot	DPC-40
9	Pois inconnu	CAR9
10	Pois inconnu	Pois malere

3.2.2. Matériels physiques

Les matériels nécessaires pour l'évaluation sensorielle et nutritionnelle des échantillons sont les suivants:

Tableau 2: Liste des matériels utilisés pour les évaluations sensorielles et nutritionnelles

Matériels pour le test sensoriel	Matériels pour le test nutritionnel
Four à gaz (Cuisinière)	Étuve
Bouteille de gaz propane	Balance
Bombe en inox	Dessiccateur
Équipement de cuisine	Capsule
Matériels de lavage	Creuset à incinération
Eau	Soxhlet
Pain blanc	Cartouche d'extraction
Crayon	Matras Kjeldahl
Gobelets	Hotte pour minéralisation
Cuillère	Appareil à distillation Kjeldahl
Fiche d'évaluation	Eau distillée

3.2.3. Méthodes d'analyse

3.2.3.1. - Analyse sensorielle

- La méthode hédonique a été utilisée pour évaluer la préférence des panélistes entraînés sur l'appréciation globale (couleur, goût, texture) des sept (7) variétés d'edamame préparés et présentés dans les mêmes conditions.
- Le test de classement a été utilisé pour classer les trois (3) variétés retenues du panel précédent suivant le degré d'appréciation globale des panélistes entraînés par ordre de préférence.
- Ensuite le test de préférence par comparaison par paires a été retenu et réalisé auprès des panélistes non-entraînés. Ce test consiste à choisir la recette préférée parmi les deux recettes servies. Dans ce test, il est obligatoire que les panélistes choisissent une recette.

3.2.3.2.- Préparation des échantillons

Les gousses ont été récoltées à la main et on a déterminé le rendement pour chaque variété. Par la suite, les échantillons ont été placés dans des sacs de polyéthylène de type ziploc bien identifiés et ils ont été ensuite congelés à -20°C pendant environ 3 à 4 semaines. Il importe de préciser que pour réduire la formation de glace dans les sacs, l'air a été enlevé à l'aide d'une paille. Les échantillons ont été décongelés à la température ambiante pour l'utilisation subséquente dans les tests de dégustation.



Figure 1 : Vue des sept variétés de soja edamame

3.2.3.3- Conduite des tests de dégustation

Une formation minimale a été faite à l'intention des dégustateurs pour uniformiser leur connaissance du produit et pour leur donner des informations sur le principe de notation ou d'appréciation et sur la façon de compléter la fiche d'évaluation. Par la suite, les dégustateurs ont été invités à apprécier les échantillons sur la fiche d'évaluation.

Par contre, pour réaliser ces tests de dégustation, il a fallu composer avec les installations disponibles. En effet, contrairement à la théorie, la salle utilisée ne contenait pas de cabines de dégustation. Pour éviter que les résultats soient biaisés, les juges avaient été informés qu'ils devaient effectuer le test en silence. Les autres

conditions respectaient les exigences théoriques de l'analyse sensorielle des échantillons.

3.2.3.4.- Conception de recette

Tenant compte de la teneur en protéine du soja edamame et conscient du problème d'insécurité alimentaire dans le pays, le soja pourrait être utilisé comme un substitut du haricot, légumineuse qu'on utilise quotidiennement, ou de la viande tenant compte de sa richesse en protéine. Une recette de riz-edamame a ainsi été réalisée pour essayer d'intégrer celui-ci dans l'alimentation haïtienne. (Les ingrédients de la recette sont disponibles à l'annexe F)

3.2.3.5.- Présentation des fèves

Le jour de l'évaluation, les gousses ont été retirées du congélateur, décongelées, cuites dans l'eau bouillante pendant environ 5 à 7 minutes. Les échantillons cuits, puis écosés, ont été placés dans des gobelets transparents en plastique identifiés par un numéro de code choisi aléatoirement afin que le codage des échantillons ne puisse donner aux dégustateurs aucun indice de la nature des traitements subis. Chaque échantillon a été accompagné d'une cuillère en plastique et de serviettes jetables. Du pain blanc a été mis à la disposition des panélistes pour éliminer le goût résiduel de l'échantillon testé et de l'eau pour pouvoir rincer leur bouche après avoir goûté un échantillon et avant de passer à un autre.

3.2.4.- Dispositif expérimental

Tout d'abord un panel constitué de 10 membres du personnel d'AKOSAA a été mis en place pour déterminer les variétés préférées parmi les sept. Ensuite ce panel a classé les variétés retenues suivant leur appréciation globale. Le cultivar retenu a par la suite été intégré à une recette afin de faire évaluer l'appréciation auprès de la population. Ces personnes devraient être sélectionnées de concert avec les responsables du projet AKOSAA. Les impressions des panélistes ont été transmises dans un questionnaire préparé à cette fin et pour ceux qui ne savent pas lire, leur avis a été transcrit dans le questionnaire.

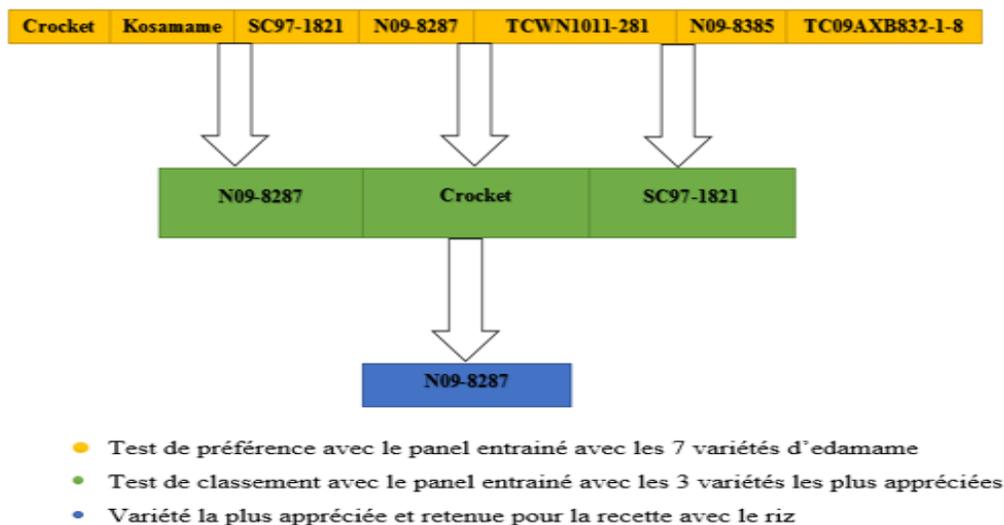


Figure 2: Schéma du test effectué avec les panélistes entraînés

3.2.5.- Évaluation préalable

Les sept variétés ont été d'abord évaluées par les membres du personnel afin de discuter des critères de qualité de l'edamame pour les aspects évalués, les normes et les caractéristiques attendues par le projet.

3.2.6.- Essais de préférence avec un panel entraîné

Un groupe de 10 panélistes initiés provenant des membres du personnel du projet a évalué les 7 variétés d'edamame. Les variétés ont été classées en trois catégories afin d'uniformiser les échantillons et celles-ci ont distingué leur type de production, soit trois variétés pour la production précoce, deux variétés pour la production moyennement précoce et deux variétés pour la production tardive.

Pour chacune des trois catégories évaluées, les échantillons ont été codés de façon aléatoire et servis de façon identique. Tous les échantillons d'une même catégorie consistaient en 3 fèves chacune, et ont été servis simultanément. L'ordre de présentation a été réparti au hasard pour chacun des dégustateurs afin d'éviter qu'une variété ne se retrouve plus fréquemment qu'une autre à une position donnée, ce qui aurait pu biaiser les résultats. L'ordre de présentation étant donc différent, chaque évaluateur recevant une fiche d'évaluation (allant de « me déplaît extrêmement » à « me plaît extrêmement ») conforme avec l'ordre de présentation. Les évaluateurs ont été incités à commenter leurs appréciations. (Voir annexe A).

Par la suite, les réponses ont été transformées en valeur numérique selon :

1= me déplait extrêmement; 2= me déplait beaucoup; 3= me déplait modérément; 4= me déplait légèrement; 5= ne me déplait ni ne me plaît; 6= me plaît légèrement; 7= me plaît modérément; 8=me plaît beaucoup; 9= me plaît extrêmement.

3.2.7.- Essai de classement avec un panel entraîné

Cet essai a permis aux dégustateurs de classer les variétés préférées du panel précédent suivant leur degré d'appréciation globale du produit. Dans cet essai, on doit assigner un rang à chaque échantillon, aucune égalité n'est permise. Ils ont été servis de manière aléatoire de même que l'essai hédonique. Cet essai a permis de déterminer l'échantillon qui a été retenu pour l'évaluation finale. (Voir annexe B)

Par la suite, la variété classée en premier a eu comme note 1, le second 2 et la troisième 3. Les données ont été traitées et interprétées afin de déterminer la variété retenue.

3.2.8.- Essais de préférence par comparaison par paires

Soixante-quatre (64) panélistes environ, dont quarante-six (46) femmes ont évalué la recette proche de la recette haïtienne, avec le cultivar retenu lors des analyses précédentes. On a évalué deux recettes « riz-edamame » et le témoin « riz-haricot ». Les juges ont identifiés leur préférence entre ces deux produits avec une fiche d'évaluation commune. Les résultats ont été analysés statistiquement. Cet essai a été développé dans le but de vérifier l'intérêt d'une clientèle potentielle pour utiliser l'edamame dans leur alimentation. (Voir annexe C)

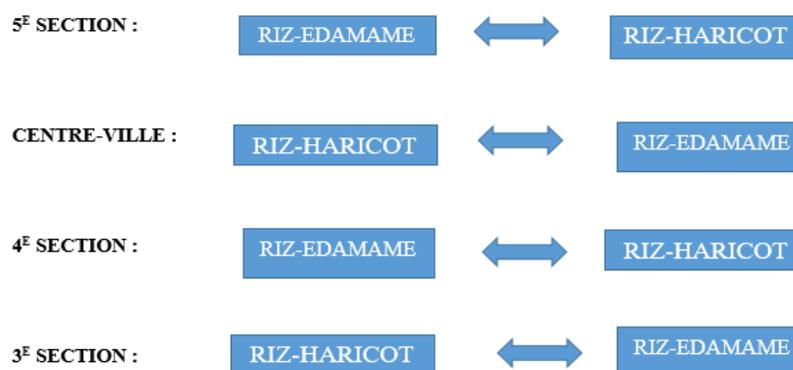


Figure 3: Schéma du test de préférence par comparaison par paires

3.3. Évaluations physico-chimique et nutritionnelle

Pour les sept (7) variétés d'edamame ainsi que les trois (3) variétés de légumineuses, les quantités de matière sèche, de minéraux, de protéines, de matière grasse, de glucides et la quantité d'énergie ont été déterminées au laboratoire de chimie de la FAMV.

3.3.1.- Évaluation physico-chimique

3.3.1.1.- Mesure de la teneur en matière sèche

Deux (2) grammes de soja edamame frais par variété ont été prélevés et mises dans des capsules tarées pour être séchées à l'étuve à 65 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le taux d'humidité et la teneur en matière sèche de l'échantillon ont été calculés comme suit :

$$\% \text{ Humidité} = \frac{P_1 - (P_2 - P_0) * 100}{P_1}$$

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ Humidité}$$

Dans cette relation P_0 représente le poids de la capsule, P_1 le poids de l'échantillon frais et P_2 le poids de l'échantillon séché.

3.3.2.- Évaluation nutritionnelle

3.3.2.1.- Détermination de la teneur en minéraux

La teneur en minéraux a été déterminée par pesée différentielle de trois (3) grammes d'aliments après incinération au four d'un échantillon d'une gamme de produits de fèves séchées et broyées. Un creuset taré à l'étuve et refroidi dans un dessiccateur pendant 15 à 30 minutes et contenant un gramme d'échantillon a été pesé sur une balance Adam (0,1 mg). Ce creuset a été ensuite placé dans un four chauffé à 550 °C pendant 48 heures pour que la prise d'essai soit bien incinérée. Après incinération, le creuset a été refroidi pendant 20 à 25 minutes dans un dessiccateur, puis pesé.

La quantité de minéraux a été donnée par la relation suivante : $C = \frac{P_3 - P_2}{P_1} * 100$

Dans cette relation P_1 représente le poids de l'échantillon, P_2 le poids du creuset à incinération et P_3 le poids du creuset contenant le produit à incinérer.

3.3.2.2.- Détermination des protéines

Pour la détermination des protéines, la méthode utilisée a été celle de Kjeldahl. Cette méthode consiste en une minéralisation de l'azote organique par destruction de la matière vivante au moyen de H_2SO_4 concentré à l'ébullition en présence d'un mélange de K_2SO_4 100 parties, $CuSO_4$ 10 parties et HgO 10 parties, utilisé comme catalyseur. Les matières azotées ont été transformées en $(NH_4)_2SO_4$. Une partie de l'azote échappe à cette transformation ; N lié à O : nitrates, nitrites. L'ammoniac du sel $(NH_4)_2SO_4$ a été déplacé par la soude concentrée, entraîné par la vapeur d'eau recueilli par l'acide borique. L'ammoniaque fixe sur l'acide borique a été dosé par un acide de titre connu (T) soit V la quantité de ml versé et P le poids de la prise d'essai.

La quantité de protéines en gramme pour 100 g de produit est donnée par la relation :

$$\text{Teneur en protéines} = \frac{0.014 * T * V * 6.25}{P} * 100$$

3.3.2.3.- Détermination de la teneur en lipide

La teneur en lipide a été déterminée au SOXHLET par extraction à l'éther diéthylique.

On a introduit 1 g d'aliment sec dans une cartouche à extraction. Puis la cartouche a été placée dans le soxhlet. L'extraction a duré environ 24 heures puis la cartouche a été séchée pendant une nuit à 105 °C. Ensuite, l'échantillon a été refroidi dans un dessiccateur.

La matière grasse pour le produit brut a été donnée par cette formule : $\frac{(P_2 - P_3) * MS}{P_2 - P_1}$

Dans cette relation, P_1 représente le poids de la cartouche, P_2 le poids la cartouche remplie et P_3 le poids de la cartouche et produit dégraissé.

3.3.2.4.- Détermination de la teneur en glucide

La teneur en glucide par matière sèche a été déterminée par la relation mathématique suivante :

$$\text{Glucide} = 100 - [(\% \text{ lipide}) + (\% \text{ protéine}) + (\% \text{ cendre})].$$

3.3.2.5.- Détermination de la valeur énergétique

La valeur énergétique des variétés par matière sèche a été déterminée par l'application des coefficients d'Atwater. 1 g de glucide ou de protéine fournit 4 kilocalories alors qu'un gramme de lipides fournit 9 kilocalories.

L'expression de la valeur énergétique pour 100 g de soja edamame séchée a été donnée par l'équation :

$$E_c = [4 * (\% \text{ glucide}) + 9 * (\% \text{ lipide}) + 4 * (\% \text{ protéine})].$$

3.4. Analyse et traitement des données

L'analyse statistique des données issues de l'analyse sensorielle et nutritionnelle a été effectuée par le Microsoft Excel et par le logiciel R. Les analyses ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) en utilisant la procédure du logiciel R à un niveau de signification de 0.05 pour tous les tests. Pour chaque cas, une analyse de variance a été réalisée afin de déterminer s'il y a une différence significative ($P \leq 5\%$) entre les facteurs de variations. Dans le cas où une différence significative existe, la comparaison des valeurs moyennes de DUNCAN a été utilisée pour déterminer quels échantillons sont sensiblement différents les uns des autres. Pour le test de classement, le test Friedman a été utilisé pour vérifier le degré de signification des résultats.

IV.- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les données obtenues sont interprétées et traitées en fonction des objectifs et des hypothèses du travail et discutées en fonction de la revue littérature sur le sujet.

4.1.- Proportion de production des variétés d'edamame

La production a été réalisée par un étudiant de l'option phytotechnie de la FAMV au niveau de la 4^e section communale de St Marc (Lalouère). De ce fait, le rendement de la production des variétés est présenté dans la figure 4.

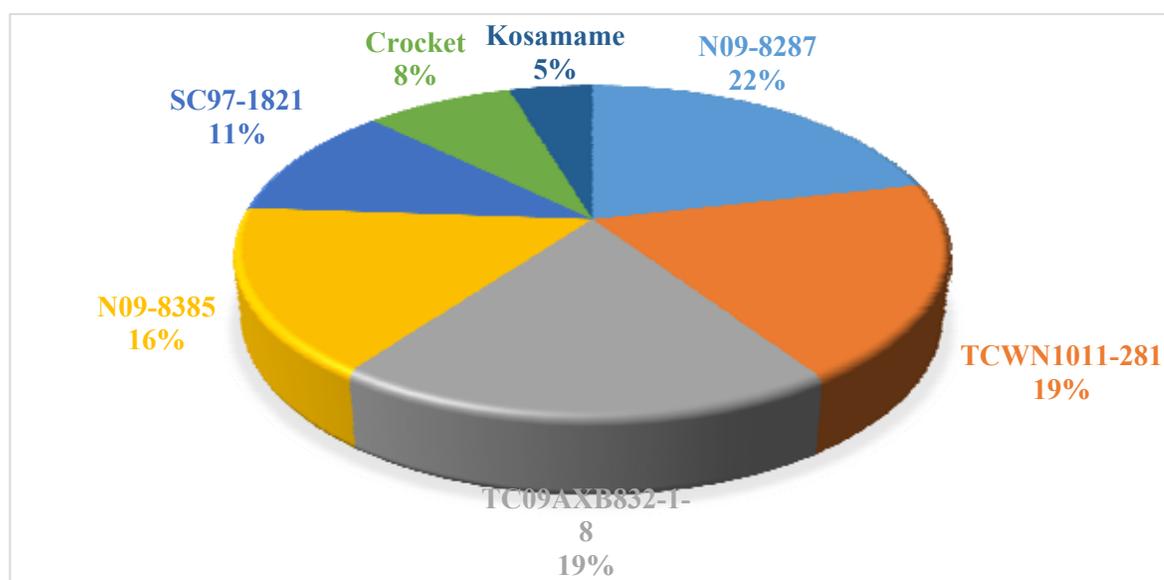


Figure 4: Rendement de la production des différentes variétés de soja edamame cultivées à Lalouère (4^e section de Saint-Marc)

4.2.- Evaluation sensorielle des variétés

Les données obtenues de l'analyse sensorielle ont été traitées et présentées dans les tableaux 3,4 et 5.

4.2.1.- Durée de cuisson

Les sept (7) variétés d'edamame ont été cuites dans l'eau bouillante pendant 20-25 minutes, temps au bout duquel les fèves sont bien cuites et non imbibées d'eau. Dépendamment de la variété et du niveau de maturité des fèves, le temps de cuisson devrait être 5 à 7 minutes. Cette différence pourrait être due à une récolte tardive des variétés.

4.2.1.- Test de préférence avec un panel entraîné

Pour ce test, l'échelle hédonique graduée de 1 à 9 (allant d'extrêmement désagréable à extrêmement agréable) a été utilisée suivant la préférence du dégustateur. L'évaluation sensorielle de ces sept (7) variétés de soja d'edamame se faisait suivant l'uniformité des fèves (cycle de production) c'est-à-dire :

- Une 1^{ère} évaluation de préférence sur les trois variétés précoces : Crocket, SC97-1821 et Kosamame
- Une seconde sur les deux variétés mi- tardives : N09-8287 et TCWN1011-281
- Une troisième sur les deux variétés tardives : N09-8385 et TC09AXB832-1-8

Tableau 3 : Comparaison des moyennes des sept (7) variétés pour le test de préférence

Nom des variétés	N09-8287	Crocket	SC97-1821	N09-8385	TCWN1011-281	TC09AXB832-1-8	Kosamame
Moyenne	6,6 a	6,5 a	6,5 a	6,3 a	5,9 a	5,8 a	5,1 a
Ecart-type	±1,18	± 1,43	± 1,65	±1,69	± 2,70	± 2,50	± 2,05

Les moyennes des variétés accompagnées d'une même lettre dans une ligne ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité ($p > 0.05$) selon le test de Duncan

Les résultats montrent que les variétés sont également appréciées par le jury, il n'y a pas une différence significative entre les variétés (test de Duncan) pour $p = 0,05$. Les moyennes des variétés correspondent aux degrés « modérément plaisant » à « ni plaisant ni déplaisant ».

4.2.2.- Test de classement avec panel entraîné

Puisqu'il n'y avait pas de différence significative entre les variétés et l'expérience devait continuer, le jury a de nouveau soumis à un autre test avec les trois variétés qui avaient obtenu les meilleurs résultats pour l'essai précédent soit celles qui correspondaient aux degrés « modérément plaisant » à savoir les variétés : N09-8287, Crocket et SC97-1821. Pour essayer de différencier les préférences entre ces trois variétés, le test de classement a été utilisé pour classer les trois (3) variétés suivant l'appréciation globale du panel. Les résultats de cette évaluation sont les suivants :

Tableau 4: Classement des trois (3) variétés d'edamame

Nom des variétés	N09-8287	SC97-1821	Crocket
Moyenne	14 a	18 ab	28 b
Ecart-type	± 0,70	± 0,63	± 0,42

Les moyennes des variétés accompagnées d'une même lettre dans une ligne ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité ($p > 0.05$) selon le test de Friedman

Dans ce test, il y a une différence significative entre l'appréciation obtenue pour ces trois variétés. Les deux variétés (N09-8287 & SC97-1821) sont significativement plus appréciées que la variété Crocket. Par contre, l'appréciation pour les variétés Crocket et SC97-1821 n'est pas significativement différente.

En effet, la variété N09-8287 étant la plus appréciée des autres et a été retenue pour le test de préférence auprès de la population.

4.2.3.- Test de préférence par comparaison par paires

Pour ce faire, l'évaluation a été procédée dans 4 zones différentes à savoir le centre-ville de Saint-Marc, la 4^e section (Gilbert), la 3^e section (Goyavier) et la 5^e section (Timonette). Elle a été fait dans le but de voir l'appréciation des gens entre les deux recettes soit une traditionnelle à base de haricot et la recette expérimentale qui contient du soya edamame. 64 personnes dont 41 femmes et 23 hommes ont participé à cette évaluation et les résultats sont les suivants :

Tableau 5: Test de préférence par comparaison par paires des deux recettes

Recette	Riz-edamame	Riz-pois inconnu
Panéliste	47 a	17 b

Dans les mêmes conditions de préparation et de cuisson et les mêmes ingrédients constitutifs, 47 des panelistes ont préféré la recette faite de riz et d'edamame et 17 ont préféré la recette riz-pois inconnu. Selon AFNOR (2006), le nombre minimal de réponses nécessaires pour conclure qu'il existe une différence sur la base d'un essai bilatéral par paires est de 41. Les résultats montrent que la préférence des deux (2) recettes est significativement différente. La recette « Riz-edamame » est la plus appréciée.

4.3.- Caractérisation physico-chimique et nutritionnelle

Cela consiste en la détermination de la teneur en matière sèche, des minéraux, des protéines, des lipides, des glucides et de la valeur énergétique des sept (7) variétés d'edamame et des trois (3) autres légumineuses.

4.3.1.-Caractérisation physico-chimique

4.3.1.1. Teneur en matière sèche des variétés

Tableau 6: Valeur moyenne et écart-type de matière sèche des variétés de légumineuses

Variétés	% Humidité ($\bar{y} \pm SD$, n=2)	% Matière sèche ($\bar{y} \pm SD$, n=2)
Crocket	76,31 \pm 0,10 a	23,69 \pm 0,10 e
Kosamame	72,56 \pm 0,28 b	27,44 \pm 0,28 d
SC97-1821	75,79 \pm 0,23 a	24,21 \pm 0,23 e
N09-8287	69,22 \pm 0,45 c	30,78 \pm 0,45 c
TCWN1011-281	65,88 \pm 0,01 d	34,12 \pm 0,01 b
N09-8385	73,12 \pm 1,24 b	26,79 \pm 1,24 d
TC09AXB 832-1-8	64,97 \pm 0,49 d	35,03 \pm 0,49 b
DPC-40	11,08 \pm 0,01 e	88,93 \pm 0,01 a
Pois Malere	10,54 \pm 0,01 e	89,46 \pm 0,01 a
CAR9	11,69 \pm 0,18 e	88,31 \pm 0,18 a

Les moyennes des variétés accompagnées d'une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité ($p > 0.05$) selon le test de Duncan

Le tableau montre une plus forte teneur en matière sèche chez les autres légumineuses. Les autres légumineuses sont récoltées sèches, c'est pourquoi elles possèdent la plus forte teneur en matière sèche. En ce qui concerne les variétés d'edamame, les résultats montrent une plus forte teneur en matière sèche dans les variétés tardives à l'exception de la variété tardive N09-8385 qui a une faible teneur en matière sèche, cette différence pourrait-être due à une récolte précoce de cette variété.

Il n'y a pas de différence significative entre les autres légumineuses mais certaines variétés d'edamame sont significativement différentes des autres.

4.3.2.- Evaluation de la teneur nutritionnelle des variétés en % de MS

Tableau 7: Valeur moyenne et écart-type des nutriments des légumineuses en % de MS

Variétés	Nutriments				
	Minéraux	Protéines	Lipides	Glucides	Valeur énergétique
	(g/100g de MS) ($\bar{y} \pm SD$, n=2)	(g/100g de MS) ($\bar{y} \pm SD$, n=2)	(g/100g de MS) ($\bar{y} \pm SD$, n=2)	(g/100g de MS) ($\bar{y} \pm SD$, n=2)	(Kcal/100g de MS) ($\bar{y} \pm SD$, n=2)
Crocket	1,45 ± 0,09 e	46,68 ± 0,03 ab	1,07 ± 0,01 g	50,81 ± 0,05 e	399,57 ± 0,44 e
Kosamame	1,82 ± 0,04 cd	47,62 ± 0,03 b	1,74 ± 0,06 de	48,83 ± 0,13 ef	401,44 ± 0,14 d
SC97-1821	1,45 ± 0,05 e	48,08 ± 0,03 ab	1,76 ± 0,03 de	48,72 ± 0,01 ef	403,02 ± 0,34 c
N09-8287	2,10 ± 0,06 c	42,88 ± 0,03 c	3,06 ± 0,11 a	51,95 ± 0,20 d	406,88 ± 0,32 a
TCWN1011-281	1,39 ± 0,05 e	49,18 ± 0,03 ab	2,06 ± 0,01 c	47,38 ± 0,04 fg	404,76 ± 0,13 b
N09-8385	1,55 ± 0,01 de	42,74 ± 0,06 c	1,70 ± 0,03 ef	54,02 ± 0,04 c	402,32 ± 0,17 cd
TC09AXB 832-1-8	1,54 ± 0,04 de	49,60 ± 0,03 a	2,24 ± 0,04 b	46,63 ± 0,02 g	405,06 ± 0,35 b
DPC-40	4,10 ± 0,13 a	33,41 ± 0,03 d	1,08 ± 0,06 g	61,46 ± 0,03 b	389,00 ± 0,79 h
Pois malere	4,01 ± 0,37 a	32,31 ± 0,06 d	1,58 ± 0,03 f	62,11 ± 0,34 b	391,88 ± 1,36 g
CAR9	3,12 ± 0,04 b	27,59 ± 0,11 e	1,88 ± 0,11 d	67,48 ± 0,10 a	396,92 ± 0,67 f

Les moyennes des variétés d'edamame accompagnées d'une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilité ($p > 0.05$) selon le test de Duncan.

4.3.2.1. Teneur en minéraux des variétés

Les minéraux constituent la fraction non-organique de la matière vivante, et est surtout constitués d'éléments qui sont indispensables pour l'organisme. Les autres légumineuses possèdent plus de minéraux et sont significativement différentes des variétés d'edamame. La variété d'edamame ayant la plus forte teneur en minéraux est le N09-8287 avec 2,70 % tandis que celle des autres légumineuses ayant la plus faible teneur est le CAR9 avec 3,12 %.

Malheureusement les limites en termes de matériels et équipements d'analyse empêchent de quantifier et identifier les éléments minéraux.

4.3.2.2. Teneur en protéines des variétés

L'edamame est une légumineuse très riche en protéines, les variétés d'edamame sont significativement différentes des autres légumineuses. Les variétés d'edamame ne sont pas significativement différentes à l'exception de Kosamame, N09-8287 et N09-8385. La variété des autres légumineuses ayant la plus forte teneur en protéines est le DPC-40 avec 33,41 % tandis celle de l'edamame ayant la plus faible teneur en ce nutriment est le N09-8385 avec 42,74 %.

4.3.2.3. Teneur en lipides des variétés

Les résultats ont montré que c'est une variété d'edamame qui possède le plus de lipides, il s'agit de N09-8287 avec 3,06 %. La teneur en lipides des variétés d'edamame n'est pas trop différente des autres légumineuses. La variété d'edamame ayant la plus faible teneur en lipides est le crocket avec 1,07 % tandis celle des autres ayant la plus faible est le DPC-40 avec 1,08 %.

4.3.2.4. Teneur en glucides des variétés

Les autres légumineuses possèdent plus de glucides que les variétés edamame et sont significativement différentes. Certaines variétés d'edamame sont significativement différentes entre'elles. La variété d'edamame ayant la plus forte teneur en glucides est le N09-8385 avec 54,02 % tandis que DPC-40 est la variété des autres légumineuses ayant la plus faible teneur en glucides avec 61,46 %.

4.3.2.5. Valeur énergétique des variétés

Les variétés d'edamame ont une plus grande valeur énergétique que les autres légumineuses et sont significativement différentes. La variété d'edamame ayant la plus faible teneur en énergie est le crocket avec 399,57 Kcal tandis que la variété CAR9 possède la plus forte teneur en énergie avec 396,92 Kcal.

V.- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Avant l'introduction d'un nouvel aliment dans la diète d'un pays, il s'avère nécessaire voire important de faire une analyse sensorielle. Ainsi, dans le souci d'intégrer le soja edamame (*Glycine max L.*) qui est une légumineuse riche en protéine dans l'alimentation haïtienne, une étude a été faite sur l'analyse sensorielle de 7 variétés d'edamame. Pour ce, un panel de 10 personnes a été constitué et les juges ont été recrutés parmi les membres du personnel du projet AKOSAA, les juges ont reçu une formation afin de mieux connaître les critères de qualité de l'edamame et la façon de compléter les questionnaires lors des évaluations sensorielles. Un premier test de préférence a été fait avec ce jury et n'a pas trouvé de différence significative entre les variétés. Pour vérifier l'hypothèse 1 des tests sensoriels, un test de classement a été effectué avec les trois (3) variétés les mieux classées. La variété N09-8287 a été retenue pour le test auprès de la communauté. Par comparaison entre la recette riz-edamame et riz-haricot, c'est la recette riz-edamame qui a été la plus appréciée.

Les analyses nutritionnelles ont été faites sur les 7 variétés d'edamame et trois (3) autres légumineuses afin de les comparer. Les autres légumineuses possèdent plus de matière sèche car elles ont été récoltées à maturité alors que l'edamame ait récolté de façon immature. Les autres légumineuses ont plus de minéraux et sont significativement différentes des edamames. Les variétés d'edamame ont plus de protéines et sont significativement différentes que les autres légumineuses. Certaines variétés d'edamame ont beaucoup de lipides et d'autres ne sont pas significativement différentes des autres légumineuses. Pour les glucides, les autres légumineuses en possèdent beaucoup et sont significativement différentes des variétés d'edamame. Pour la valeur énergétique, ce sont les variétés d'edamame qui en possèdent beaucoup plus.

Sur l'ensemble des résultats obtenus, on observe l'excellente valeur nutritionnelle du soja edamame et de son appréciation dans une recette. Cet aliment pourrait contribuer à réduire le cas de malnutrition protéino-énergétique dans le pays.

Les résultats obtenus au cours de ce travail peuvent contribuer des sources d'information pour tous ceux qui veulent avoir de l'information nutritionnelle et sensorielle de cet aliment.

Ainsi, en s'appuyant sur les résultats et les limites de l'étude, ces recommandations sont formulées :

- Analyser d'autres éléments dans l'edamame comme les vitamines, le fer, le zinc etc. ;
- Comparer l'edamame avec d'autres légumineuses différents des 3 variétés utilisées dans ce travail ;
- Réaliser des études de commercialisation, de rentabilité économique et financière pour mieux orienter la production de l'edamame dans le pays ;
- Étudier la durée de conservation de l'edamame à température ambiante ;
- Identifier les différents facteurs pouvant induire à la perte post-récolte de l'edamame.

VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACTIA (2014). Evaluation sensorielle, guide de bonnes pratiques

AFNOR (2006). Analyse sensorielle, Methodologie, Essai par comparaison par paires

Agriculture Canada (2003). Méthodes d'analyse sensorielle des aliments en laboratoire

AKOSAA (2014). Stratégie d'intervention pour la campagne de printemps 2014

Arné F. (2002). Essai de comportement de neuf (9) variétés de soja (*Glycine max (L.) Merill*) dans les conditions de plaine semi-humide (Cul-de-Sac, Damien), 29p.

Bau H.-M., Villaume C., Giannangeli F., Nicolas J.-P., & Mejean L. (2001). Optimisation du chauffage et valeurs nutritionnelle et fonctionnelle des protéines de soja. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 36(2), pp. 96-102.

BEAUBRUN D. (2016). Essai d'adaptation de 7 lignées de soya-edamame (*Glycine max L.*) a Lalouère, 4e section communale de Saint-Marc

Chatenet C. (2007). Le soja, une plante étonnante, un aliment incontournable. *Actualités pharmaceutiques* (469), p. 37.

CNSA (2012). HAÏTI : Perspectives sur la sécurité alimentaire, 10p.

Elodie L. (2013). Le soja : influence de sa consommation sur la santé humaine et conséquences de l'expansion de sa culture au niveau mondial

FAO, (2006). La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture

FONTIN ML (2013). Guide d'analyse des aliments au laboratoire

Hubert J. (2006). *Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja – Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines.* Thèse de doctorat, École doctorale des Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, Qualité et sécurité des aliments, Toulouse

ISO 5495 (2006). Analyse sensorielle. Methodologie. Essai de comparaison par paires

Jacques M. (2013). Du Brésil à l'Inde, l'explosion mondiale de la culture du soja. Les Echos

Lecerf J.-M. (1995). L'intérêt nutritionnel du soja. *Nutrition clinique et métabolisme*(9), p. 137.

Linda M.P., Deborah A.M., Gail B., & Elizabeth L. (1991). Méthodes d'analyse sensorielle des aliments en laboratoire

Médart J. (2011). Manuel pratique de nutrition, l'alimentation préventive et curative (éd. 2e). De Boeck Université

MONFISTON E. (2015). Caractérisation nutritionnelle et sensorielle de trois (3) variétés de plantain (*Musa paradisiaca L.*) cultivées dans la plaine de l'Arcahaie, Mémoire de Fins d'Etudes, FAMV, Damien, Haïti, 36p

Muriel G. (1998). Nutrition et alimentation dans les pays en développement

