



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana –Tanindrazana – Fandrosoana

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE-VAKINANKARATRA

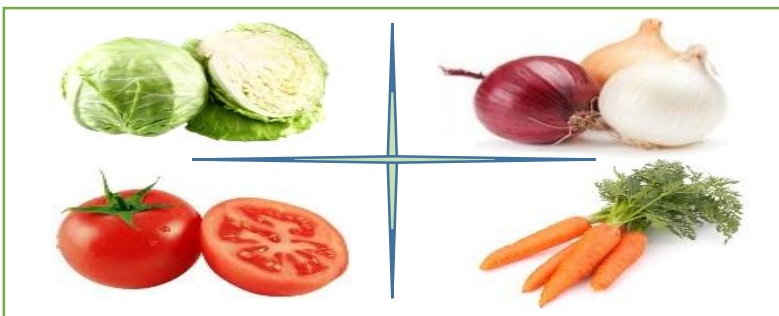
Domaine: Science de l'Ingénieur

Mention: Génie Rural

Parcours: Transformation Agro-Alimentaire

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME
DE LICENCE**

**LACTO-FERMENTATION DES PRINCIPAUX LÉGUMES DU VAKINANKARATRA
POUR LUTTER CONTRE LA MALNUTRITION**



Présenté par : RANAIVOSON lalaharisoa Andriananja

Promotion : FANILO

Soutenu le : 18 Avril 2019

Membre de jury :

Président : Dr HDR RAJAONARISON Eddie Franck

Examineur : Mme RANDRIAMAMONJY Nalinjanahary

Encadreur professionnel : Monsieur RANDRIAMPENOHAJA Andriamanalina R. Jens

Encadreur pédagogique : Dr RAMINOARISOA Eliana Lalao

REMERCIEMENTS

Nous tenons tous d'abord à exprimer nos très grandes gratitudes à Dieu Tout Puissant qui nous a donné la force et la puissance ainsi que la santé de pouvoir effectuer jusqu'à la fin cette étude. Ainsi, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à :

- Monsieur RAJAONARISON Eddie Franck, Directeur de l'IES-AV, de m'avoir autorisé à présenter ce mémoire, et président de jury, qui a bien voulu présider la soutenance de ce mémoire de fin d'étude.
- Madame RAKOTOSON Tatiana, Docteur, enseignante et Chef du parcours TAA à l'IES-AV,
- Madame RAMINOARISOA Eliane Lalao, Docteur, enseignante et le Chef de la mention Génie Rural à l'IES-AV, encadreur pédagogique de ce mémoire de fin d'étude, qui malgré ses rôles multiples et contraignants n'a pas cessé de nous aider et de nous donner de précieux conseils pendant toute la durée de ce travail.
- Mme RANDRIAMAMONJY Nalinjanahary, Ingénieur Agronome, Enseignante à l'IES-AV, d'avoir accepté d'examiner et de participer à notre jury de mémoire.
- Monsieur RANDRIAPENOHAJA Andriamanalina Razafimanana Jens, encadreur professionnel, pour son soutien moral, appui technique et pour ses conseils pendant la réalisation de la recherche.
- Je tiens à remercier chaleureusement mes Parents pour leur précieuse contribution financière et aussi le soutien moral qui m'a donné le courage et la force de réaliser cette étude, et ma famille, pour les appuis aux efforts physiques surtout lors de l'expérience.
- Je n'oublierai jamais les dégustateurs adultes et les enfants de moins de 5 ans dans le Fokontany de Mandoto, Commune Mandoto, qui ont l'amabilité de déguster nos produits, ce qui a permis d'évoquer des résultats de la recherche.
- Enfin, me remerciement s'adresse à tout ce qui ont contribué de près ou loin de cette présente étude.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES ANNEXES.....	v
INTRODUCTION	1
I- MATERIELS ET METHODES.....	3
I.1. MATERIELS	3
I.2. METHODES.....	7
CONCLUSION PARTIELLE.....	10
II- RESULTATS	10
II.1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	10
II.2. RESULTAT DE LA LACTO-FERMENTATION	23
II.3. RESULTATS DES TESTS DE PREFERENCE.....	24
CONCLUSION PARTIELLE.....	26
III- DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	27
III.1. DISCUSSIONS	27
III.2. RECOMMANDATIONS.....	30
CONCLUSION PARTIELLE.....	33
CONCLUSION GENERALE	34
BIBLIOGRAPHIE	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Productions régionales des légumes à lacto-fermenter	11
Tableau 2 : Composition en Vitamines de la carotte par rapport aux VNR.....	12
Tableau 3 : composition en minéraux et oligo-éléments de la carotte	13
Tableau 4 : Composition en vitamines du chou paumé	15
Tableau 5 : Composition en minéraux et oligo-éléments du chou paumé	15
Tableau 6 : Composition en Vitamines de l'oignon.....	16
Tableau 7 : Composition en minéraux et oligo-éléments de l'oignon	17
Tableau 8 : Composition en Vitamines de la tomate	18
Tableau 9 : Composition en minéraux et oligo-éléments de l'oignon	19
Tableau 10 : Composition en Vitamines de la tomate	20
Tableau 11 : Composition en minéraux et oligo-éléments et en manganèse.	21
Tableau 12 : Test ANOVA sur les trois formes de préparations des légumes	24
Tableau 13 : Résultat du test de Duncan	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la Région Vakinankaratra.....	3
Figure 2 : Les six Districts de la Région Vakinankaratra	4
Figure 3 : Les ingrédients.....	5
Figure 4 : Matériels de stérilisation.....	6
Figure 5 : matériels de fabrication	6
Figure 5 : Diagramme de fabrication	8
Figure 6 : Relation entre pauvreté, insécurité alimentaire et malnutrition	10
Figure 7 : Légumes lacto-fermentés au bout de 4 jours	23
Figure 8 : Notes des trois échantillons d'après le jury	25
Figure 9 : Pourcentage des enfants de moins de 5 ans qui aiment l'échantillon B	26

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHES D'ANALYSE SENSORIELLE	I
ANNEXE 2: CALCUL POUR LE TEST ANOVA.....	II
ANNEXE 3 : TABLE DE FISHER AU SEUIL DE 5%.....	IV
ANNEXE 4 : TABLE DE PROBABILITE POUR EVALUATION PAR PAIRE	V
ANNEXE 5 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA CAROTTE.....	VI
ANNEXE 6 : VALEUR NUTRITIONNELLE DU CHOU BLANC	VII
ANNEXE 7 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE L'OIGNON	VIII
ANNEXE 8 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA TOMATE	IX
ANNEXE 9 : VALEUR NUTRITIONNELLE DU GINGEMBRE	X
ANNEXE 10 : CALCUL POUR LE TEST DE DUNCAN.....	XI
ANNEXE 11 : VALEURS CRITIQUES DE Q.....	XI

INTRODUCTION

Dotée d'une richesse naturelle favorable, Vakinankaratra est une Région à très haute potentialité économique. Elle est une zone à vocation agro-pastorale. Cependant une paupérisation accentuée y été constatée, tant sur le plan économique que sociale (Rakotoarinosy, 2010). Le niveau de la pauvreté de cette région est très élevé, il s'élève à 75,8% en 2010 (Instat, 2011). En outre, la malnutrition constitue un problème public majeur dans cette Région. Elle est la responsable de plus de la moitié de la mortalité des enfants de moins de cinq ans (Raison, 1984). Le taux d'insuffisance pondérale des enfants dans cette Région est le plus élevé du pays avec 65% (UNICEF, 2018).

La vision du développement de la Région Vakinankaratra repose essentiellement sur la promotion du développement rurale. L'axe stratégique est définie par la filière fruits et légumes considérée comme locomotive du développement, propulsé par l'industrie Agro-alimentaire (GTDR Vakinankaratra, 2007). Par ailleurs, les cultures maraichères comme la carotte, la tomate, l'oignon et les choux sont comptées parmi les filières porteuses de la Région (Rakotoarinosy, 2010). Elles sont riches en vitamines et en sels minéraux d'où leur rôle incontesté dans la lutte contre la malnutrition.

Malgré tout, la majeure partie de la population de cette Région, surtout les paysans, ne profitent pas de cette richesse dans leur alimentation. Le manque de connaissance sur la conservation de ces denrées hautement périssables constitue la cause principale de cette situation. Or, la lacto-fermentation est une des techniques les plus sûres pour conserver les légumes jusqu'à plus de 12 mois. Elle ne nécessite aucune énergie et ne détruit pas les nutriments. Elle fournit en plus un aliment de haute qualité nutritive à moindre coût financier et écologique (Schoneck, 2019). Elle améliore la quantité de pro-biotiques qui aident la santé intestinale. Elle augmente le taux d'enzyme et de vitamines B et C. Elle suscite la présence de substances antibiotiques et anti-cancérigènes (Les jardins de l'escargot des bois, 2016).

Dans cette optique, la lacto-fermentation des principaux légumes du Vakinankaratra permettra de résorber la malnutrition tout en espérant qu'elle soit appréciée par les personnes concernées. Tel est donc l'objectif général de cette recherche qui a pour thème : « Lacto-fermentation des principaux légumes du Vakinankaratra pour lutter contre la malnutrition ».

Deux hypothèses ont été retenues :

- Hypothèse 1 : La lacto-fermentation peut se faire dans les conditions rudimentaires des ménages ruraux.
- Hypothèse 2 : Le goût de cet aliment est accepté par les consommateurs ruraux et surtout les enfants de moins de 5 ans.

Deux objectifs spécifiques découlent de ces hypothèses :

- OS 1 : Essayer de faire la lacto-fermentation dans un minimum de conditions.
- OS 2 : Faire le test de préférence des légumes lacto-fermentés ;

Cette étude sera divisée en trois parties. La première partie sera consacrée aux matériels et méthodes. La deuxième partie traitera les résultats. La troisième partie présentera les discussions et recommandations.

MATERIELS ET METHODES

I- MATERIELS ET METHODES

Les matériels et les méthodes sont surtout les principaux moyens utilisés au cours de la lacto-fermentation et du test de préférence.

I.1. MATERIELS

Avant d'illustrer les matériels proprement dits, la zone d'étude, c'est-à-dire, la Région du Vakinankaratra est d'abord présentée.

I.1.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La localisation géographique de la Région suivie de sa description sommaire sera présentée ci-après.

I.1.1.1 Localisation

Située entre 18°59' et 20°03' de latitude Sud et entre 46°17' et 47°19' de longitude Est, la Région Vakinankaratra fait partie des hautes terres, localisée dans la Province d'Antananarivo, et se trouve à la frontière de trois provinces à savoir : La Province de Fianarantsoa, la Province de Toamasina, et la Province de Toliara. Elle est en liaison directe avec cinq autres Régions : Région d'Analamanga, Région Amoron'i Mania, Région du Menabe, Région d'Alaotra Mangoro, et Région Bongolava (Figure 1).



Source : PRD,Vakinankaratra

Figure 1 : Localisation de la Région Vakinankaratra

1.1.1.2 Description sommaire de la Région

La Région Vakinankaratra couvre une superficie de 19 205 Km². Elle représente 27% de la superficie de la province d'Antananarivo. Elle a une population de plus de 2 000 000 d'habitants actuellement (ONE, 2009 ; UNICEF, 2018). Elle est constituée de 6 Districts, à savoir : Antsirabe I, Antsirabe II, Betafo, Antanifotsy, Faratsiho et Ambatolampy (Figure 2). C'est une zone favorable aux cultures grâce à ses sols relativement fertiles liés aux alluvions récentes et aux roches volcaniques. Elle fait partie du régime climatique tropical d'altitude, supérieure à 900 mètres. La température moyenne annuelle est inférieure ou égale à 20°C. Elle est caractérisée par l'alternance de saison fraîche et sèche (mai-septembre) et de saison chaude et humide (novembre-mars) séparées par des inter-saisons (avril-octobre).



Source : GTDR Vakinankaratra 2007

Figure 2 : Les six Districts de la Région Vakinankaratra

I.1.2. MATÉRIELS DE FABRICATION

Les matériels présentés dans ce cadre sont de trois types. Les ingrédients nécessaires à la lacto-fermentation constituent les matériels principaux. Des matériels de stérilisation ont été utilisés pour inhiber la croissance des microbes indésirables. Des

matériels de fabrication ont été employés lors de la lacto-fermentation. Ils ont été adaptés aux conditions précaires des paysans.

I.1.2.1. Les ingrédients

Les ingrédients majeurs sont les légumes à lacto-fermenter. Tous les légumes même les fruits peuvent être lacto-fermentés. Les légumes sélectionnés dans ce cadre sont parmi les plus porteurs dans la Région de Vakinankaratra, à savoir la carotte, le chou, l'oignon et la tomate. A part ça, du gingembre a été ajouté dans la formulation afin d'améliorer le goût, du sel à raison de 0,8 à 1,5% doit être ajouté pour assurer la fermentation et conserver la qualité des légumes frais. Ces ingrédients sont présentés dans la figure suivante. Ils ont été achetés au marché d'Antsirabe.

Carotte	Chou	Oignon
		
Tomate	Gingembre	Sel
		

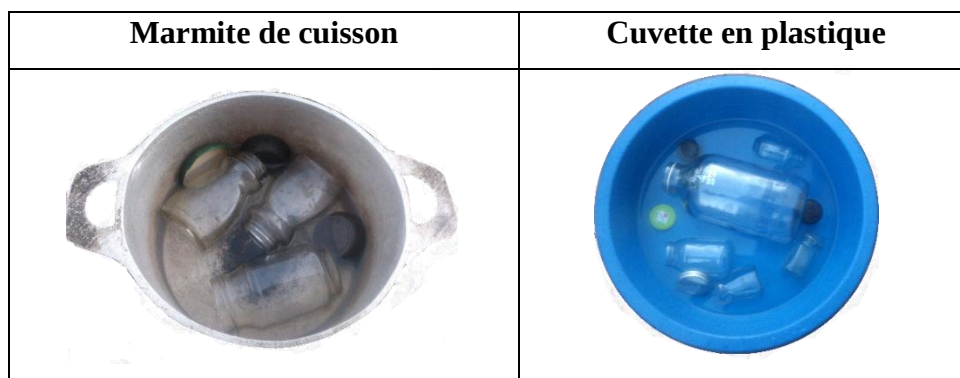
Source : auteur

Figure 3 : Les ingrédients

I.1.2.2. Matériels de stérilisation

La stérilisation est une technique incontournable au cours de la fabrication d'un produit alimentaire, elle permet d'éliminer et/ou de stopper la prolifération des agents pathogène. L'absence de cette technique peut entrainer des risques sur la santé des consommateurs. Le trempage dans l'eau bouillante pendant au moins 15 minutes permet de rendre stérile les bocaux en verre qui vont être utilisés dans la lacto-fermentation. La

stérilisation peut se faire dans la marmite de cuisson ou dans une cuvette en plastique (Figure 4).



Source : auteur

Figure 4 : Matériels de stérilisation

I.1.2.3. Matériels de fabrication

Les matériels de fabrication utilisés lors la lacto-fermentation sont tous disponibles localement et à la portée des paysans. Ils sont simples et peu nombreux. Ils sont illustrés dans la figure suivante.



Source : auteur

Figure 5 : matériels de fabrication

Les matériels doivent être bien propres :

Cuvettes : sert à contenir les légumes coupés en tranches ou en lamelles. Ces derniers y sont tassés à l'aide d'une cuillère à soupe afin qu'ils rendent leurs jus.

Râpe ou couteau : est utilisé pour découper les légumes. Ils doivent être en acier inoxydable.

Cuillère à soupe : permet de tasser les légumes afin qu'ils rendent leurs jus. Ces jus doivent sortir afin d'assurer une condition anaérobie lors de la fermentation. La cuillère sert également à transférer les légumes avec leurs jus dans des bocaux. Elle doit être en acier inoxydable.

Bocaux: sont utilisés comme des véritables fermenteurs tout en assurant que leurs couvercles soient hermétiques. Le verre est l'un des plus anciens parmi les matériaux utilisés dans la confection des récipients destinés à la conservation des denrées alimentaires. Le verre est imperméable aux gaz, aux vapeurs et aux liquides, sa structure empêche aussi la migration des micro-organismes. Il ne possède pas d'odeurs et ne transmet pas celle du milieu environnant. Le verre peut être aussi une barrière vis - à - vis des rayons lumineux nocifs pour le contenu ; sa couleur et son spectre d'absorption peuvent être adaptés au contenu (Roux, 1994). Le bocal conditionné doit être pré-stérilisé.

I.2. METHODES

Les méthodes présentées ci-après sont celle utilisée pour lacto-fermenter les légumes, une autre est en rapport au test de préférence et enfin les méthodes de traitement des données.

I.2.1. Méthode pour lacto-fermenter les légumes

Elle se déroule en six étapes, à savoir : le lavage des légumes, le découpage, le tassement, la mise en pot, la fermentation et le stockage. Cette étape est illustrée par le diagramme de fabrication suivant.

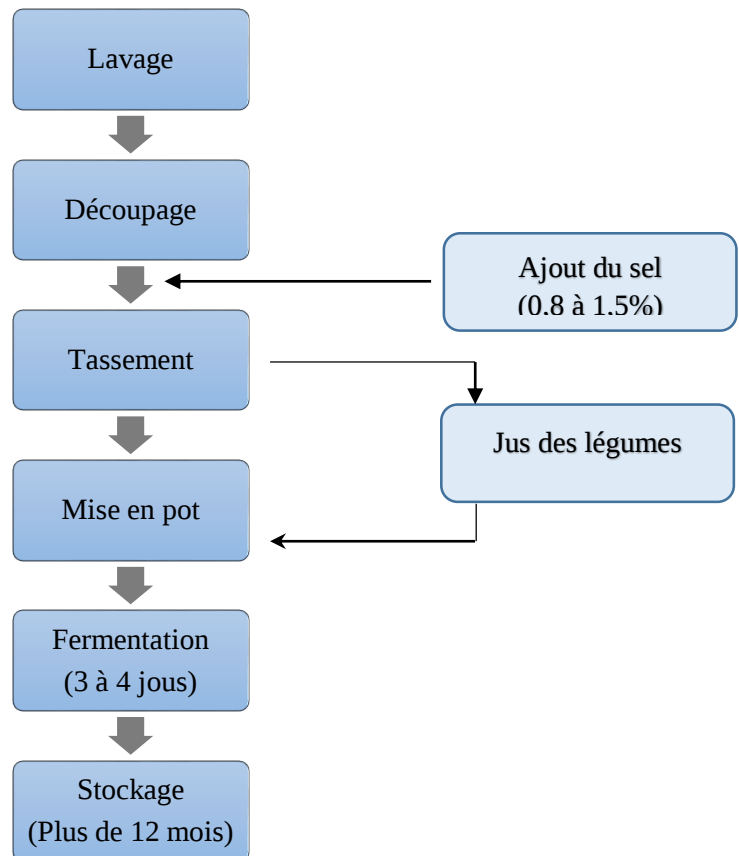


Figure 5 : Diagramme de fabrication

I.2.2. Méthode pour le test de préférence

Le test de préférence fait partie des méthodes d'analyse sensorielle qui est la discipline scientifique qui s'occupe de décrire, mesurer, analyser et interpréter les réactions aux aliments et aux matières telles qu'elles sont perçues à travers les sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe (Watts et al, 1991).

Le test de préférence ou test hédonique sert à apprécier, à classer ou à noter des échantillons selon la préférence des dégustateurs. Ces derniers peuvent être naïfs ou entraînés. Dans le premier cas, le nombre des dégustateurs doit être supérieur ou égal à 30. Dans le second, il peut être fixé à 6 (Watts et al, 1991).

Dans le cadre de cette étude qui a pour but de tester la préférence des consommateurs et surtout des enfants de moins de 5 ans qui sont les plus touchés par la malnutrition, le test a consisté d'abord à noter deux types de légumes lacto-fermentés (l'un cru et l'autre cuit avec une même quantité de légume frais) par rapport à un témoin (légumes frais cuits), en recrutant 36 dégustateurs adultes résidant dans le Fokontany de Mandoto, Commune Mandoto. L'une des formes de préparation de légumes lacto-

fermentés la mieux notée par les adultes a été ensuite évaluée par 38 enfants de moins de 5 ans habitant dans le même Fokontany qui vont répondre uniquement par oui ou non selon leurs préférences. Ce type de test est appelé mesure de préférence par comparaison par paire (Watts et al, 1991). Le taux de refus ou son inverse (le niveau d'acceptabilité) a été enregistré. Les fiches d'analyse sensorielle relatives à ces deux épreuves sont présentées en annexe 1.

I.2.3. Méthodes de traitement des données

Les données ont été recueillies à partir des fiches d'enquêtes (annexe 1) et ont été traitées selon le mode de calcul présenté en annexe 2 pour le test de préférence des adultes. Il s'agit d'abord de faire un test ANOVA suivi d'un test de Duncan afin de déceler l'existence d'une différence de préférence statistiquement notable entre les trois échantillons présentés. La table de Fisher associée au test ANOVA est donnée en annexe 3. Le résultat du test auprès des enfants a été validé à l'aide de la table de probabilité présentée en annexe 4.

CONCLUSION PARTIELLE

Pour profiter des bienfaits conséquents de la lacto-fermentation des légumes sur la santé et en particulier sur la lutte contre la malnutrition, quelques principaux légumes de la Régions de Vakinankaratra, à savoir la carotte, le chou, l'oignon et la tomate ont été acheté au marché d'Antsirabe pour subir une lacto-fermentation. Du gingembre et du sel ont été ajoutés afin d'améliorer le goût et la qualité du produit fini.

Des simples matériels comme la cuvette, le couteau ou la râpe, la cuillère à soupe et les bocaux ont été utilisés lors de la lacto-fermentation afin d'imiter les conditions où vivent les paysans ciblés par la présente recherche. La méthode de fabrication des légumes lacto-fermentés est également très simple et est donc à la portée des paysans.

Des tests de préférence en deux étapes, l'un auprès de 36 dégustateurs adultes et l'autre auprès de 38 dégustateurs de moins de 5 ans ont été menés afin d'identifier les notes attribuées à deux modes de préparation de légumes lacto-fermentés par rapport à un témoin et afin de trouver le niveau d'acceptabilité de ce produit par les enfants de moins de 5 ans les plus concernés par la malnutrition.

RESULTATS

II- RESULTATS

Les résultats qui vont être présentés concernent la revue bibliographique, le résultat de la lacto-fermentation et les résultats du test de préférence qui sont fournis par les dégustateurs adultes et les enfants de moins de 5 ans.

II.1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

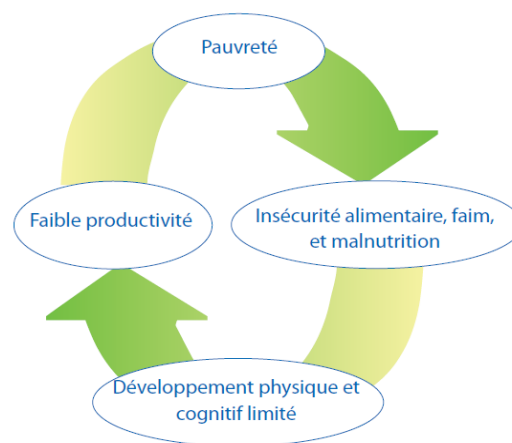
Après avoir parlé de la malnutrition dans la Région du Vakinankaratra, La production régionale des légumes entrant dans le cadre de cette recherche sont d'abord présentée suivi d'une description individuelle des ingrédients et d'une description synthétique de la lacto-fermentation et de ses bienfaits.

II.1.1. Malnutrition

La malnutrition sera définie brièvement et sa prévalence dans la Région Vakinankaratra sera présentée après.

II.1.1.1. Définition

La malnutrition est le résultat de carences, d'excès, ou de déséquilibres d'énergie, de protéines et d'autres nutriments. La malnutrition pourrait être le résultat de l'insécurité alimentaire, ou bien, elle pourrait être liée à des facteurs non alimentaires, tel que les pratiques inadéquates de soins aux enfants, l'insuffisance des services sanitaires et un environnement malsain (FAO, 2008). La relation entre insécurité alimentaire, malnutrition et pauvreté est très complexe et peut être considérée comme un cercle vicieux (Figure 6).



Source : FAO

Figure 6 : Relation entre pauvreté, insécurité alimentaire et malnutrition

II.1.1.2. Prévalence de la malnutrition dans la Région Vakinankaratra

Madagascar est le 5^{ème} pays le plus affecté de la malnutrition chronique au monde. En 2014, 47% des enfants de moins de 5 ans (environ 2 millions d'enfants) affectés vivent surtout dans zones rurales. Elle a pour conséquence le retard de croissance et a compromis leur capacité d'apprentissage (INSTAT, 2014).

Les enfants des hautes terres sont les plus touchés ($\geq 60\%$). La région du Vakinankaratra a le taux le plus élevé à Madagascar (65%) (UNICEF, 2018). Avec une population de plus de deux millions d'habitants, le Vakinankaratra compte 380 000 enfants de moins de cinq ans. Pour que cette jeune population bénéficie d'une bonne santé, l'UNICEF assure que la malnutrition est l'affaire de tous et que la prévention commence avec les parents à la maison (UNICEF, 2019).

La forte consommation de pomme de terre, surtout pour les enfants, a été identifiée comme un facteur possible contribuant aux taux de la malnutrition chronique élevés. Elle serait parfois donnée aux enfants comme substitut au lait maternel. Les causes fréquentes perçues de la mortalité infantile dans cette Région sont dans l'ordre : les fièvres et les malnutritions, les difficultés à l'accouchement, le manque d'hygiène (SOURISSEAU, 2016).

II.1.2. Productions régionales des légumes à lacto-fermenter

La région Vakinankaratra est une région maraîchère par excellence. La plupart des producteurs (98%) cultivent des légumes (Mangui-Salom et Rakoronirainy, 2012). Les productions régionales des légumes à lacto-fermenter (carotte, chou, tomate et oignon) sont données dans le tableau suivant (MCA, 2008).

Tableau 1 : Productions régionales des légumes à lacto-fermenter

Légume	Production (Tonnes)	Quantité mise sur le marché		
		Début de saison	Pic	Fin de saison
Tomate	25 651	3 822	15 290	6 371
Choux	5 994	899	3 598	1 499
Carotte	4 754	713	2 853	1 189
Oignon	2 988	448	1 793	747

Source : DRDR Vakinankaratra, CIRDR, SIEL.

II.1.3. Les principaux ingrédients de la lacto-fermentation

Les ingrédients mis en jeu dans le cadre de la lacto-fermentation sont : la carotte, le chou, la tomate, l'oignon, le gingembre et le sel.

II.1.2.1. La Carotte

La carotte est parmi les légumes les plus importants. Le bêta-carotène dont les atouts santé sont reconnus provient de ce nom. C'est une plante bisannuelle, originaire d'Afghanistan et répandu dans toute les zones tempérées du monde (Wikipédia, 2019).

a- Classification

Selon la classification de Cronquist (1981), la carotte appartient à la famille des Apiaceae, elle se range dans la classification botanique suivant (Wikipédia, 2019) :

Règne :	Plantae
Sous règne :	Traceobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliosida
Sous Classe :	Rosidae
Ordre :	Apiales
Famille :	Apiaceae
Genre :	Daucus
Espèce :	<i>Daucus carota</i>

b- Valeur Nutritionnelle de la carotte

La carotte est **riche en vitamine A** (car 100 g de carotte crue ou cuite apportent plus de 30 % des VNR). Elle est une **source de vitamine B9** (car 100 g de carotte crue apportent plus de 15 % des VNR) et une **source de potassium** (car 100 g de carotte crue ou cuite apportent plus de 15 % des VNR). Le détail de la valeur nutritionnelle de la carotte est donné en annexe 5.

b1- Vitamines

La composition en Vitamines est donnée par le tableau suivant.

Tableau 2 : Composition en Vitamines de la carotte par rapport aux VNR

Vitamines	Qté.	%VNR
Provitamine A Béta-carotène	8290 µg	NC
Equivalent Vitamine A	1381,67 µg	172,71
Vitamine B1	0,054 mg	4,91
Vitamine B2	0,047 mg	3,36
Vitamine B3	0,99 mg	6,19
Vitamine B5	0,28 mg	4,67
Vitamine B6	0,13 mg	9,29
Vitamine B9	32,3 µg	16,15
Vitamine C	5,84 mg	7,3
Vitamine E	0,61 mg	5,08

Source : APRIFEL

Carotte crue

Elle est **riche en vitamine A**, car 100 g de carotte crue apportent l'équivalent de 172,71 % des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) en vitamine A (soit 1381,67 µg pour 100 g).

Elle est **source de vitamine B9**, puisque 100 g apportent l'équivalent de 16,15 % des VNR, soit 32,3 µg pour 100 g. En revanche, la carotte cuite ne l'est pas (11,65 % des VNR en vitamine B9, soit 23,3 µg pour 100 g).

La carotte crue apporte l'équivalent de 9,29 % des VNR en **vitamine B6** (soit 0,13 mg pour 100 g) et 7,30 % des VNR en vitamine C (soit 5,84 mg pour 100 g).

Carotte cuite

Elle est **riche en vitamine A**, car 100 g de carotte cuite apportent l'équivalent de 69,58 % des VNR en vitamine A (soit 556,67 µg pour 100 g). La **vitamine B9** apporte 11,65 % (soit 23,3 µg pour 100 g), la **vitamine E** avec 4,67% des VNR (soit 0,56 mg pour 100 g) et la **vitamine B1** avec 4,55 % (soit moins de 0,05 mg pour 100 g).

b2- Minéraux et oligo-éléments

La composition en minéraux et oligo-éléments de la carotte est donnée par le tableau 3.

Tableau 3 : composition en minéraux et oligo-éléments de la carotte

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	%VNR
Calcium	32,6 mg	4,08
Cuivre	0,041 mg	4,1
Fer	0,31 mg	2,21
Iode	5 µg	3,33
Magnésium	11,3 mg	3,01
Manganèse	0,25 mg	12,5
Phosphore	32,7 mg	4,67
Potassium	301 mg	15,05
Sélénium	0,17 µg	0,31
Sodium	39 mg	NC
Zinc	0,22 mg	2,2

Source : APRIFEL

Carotte crue

Elle est **source de potassium** car 100 g de carotte crue apportent l'équivalent de 15,05 % des VNR en potassium (soit 301 mg pour 100 g).

Elle apporte également 12,50 % des VNR en **manganèse** (soit 0,25 mg pour 100 g), 4,67% des VNR en **phosphore** (soit 32,7 mg pour 100 g), 4,10 % des VNR en **cuivre** (soit 0,041 mg pour 100 g) et 4,08 % des VNR en **calcium** (soit 32,6 mg pour 100 g).

Carotte cuite

Les minéraux ayant les VNR les plus élevées sont le **cuivre** avec 10% (soit 0,1 mg pour 100 g), l'**iode** avec 6,67% (soit 10 µg pour 100 g), le **sélénium** avec 5,40% des VNR (soit 2,97 mg pour 100 g) et le **manganèse** avec 5 % (soit 0,1 mg pour 100 g).

II.1.2.2. Le chou

Le chou (**Brassica oleracea** L., 1753) est une espèce de plantes appartenant à la famille des Brassicacées. Il est originaire du sud-ouest de l'Europe. Ce sont aussi des plantes bisannuelles (Wikipédia, 2019). Leurs feuilles comestibles peuvent former une tête compacte ou «pomme». C'est le cas du chou utilisé dans cette étude.

a- Classification

La classification présentée ci-après fait référence à celle de l'APG III (2009) :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Brassicales
Famille	Brassicaceae
Genre	Brassica
Espèce	<i>Brassica oleracea</i>

b- Valeur Nutritionnelle du chou

Le chou blanc est **riche en vitamine C**. Il est également **riche en vitamine B9** (car 100g de chou blanc cru apportent plus de 30% des VNR). Sa valeur nutritionnelle est présentée en annexe 6.

b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR

Elle concerne uniquement le chou paumé utilisé dans cette recherche. Sa composition en Vitamines est donnée dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Composition en vitamines du chou paumé

Vitamines	Qté.	% VNR
Vitamine B1	0,049 mg	4,45
Vitamine B2	0,036 mg	2,57
Vitamine B3	0,4 mg	2,5
Vitamine B5	0,21 mg	3,5
Vitamine B6	0,16 mg	11,43
Vitamine B9	77 µg	38,5
Vitamine C	45,8 mg	57,25
Vitamine E	0,02 mg	0,17

Source : APRIFEL

Le chou blanc est **riche en vitamine C** et **en vitamine B9**, car 100 g de chou blanc cru apportent respectivement l'équivalent de 57,25% des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) en vitamine C, soit 45,8 mg pour 100 g ; et 38.5% des VNR en vitamine B9, soit 77 µg pour 100 g. De plus, le chou blanc cru apporte l'équivalent de 11,43% des VNR en **vitamine B6** (soit 0,16 mg pour 100 g).

b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR

Le chou paumé ou chou blanc a la composition en minéraux et oligo-éléments suivante.

Tableau 5 : Composition en minéraux et oligo-éléments du chou paumé

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	% VNR
Calcium	50,9 mg	6,36
Cuivre	0,019 mg	1,9
Fer	0,31 mg	2,21
Iode	0,7 µg	0,47
Magnésium	10,9 mg	2,91
Manganèse	0,24 mg	12
Phosphore	30,1 mg	4,41
Potassium	240 mg	12
Sélénium	0,77 µg	1,4
Sodium	6 mg	-
Zinc	0,15 mg	1,5

Source : APRIFEL

Le chou blanc cru apporte l'équivalent de 12% des VNR en **manganèse** (soit 0,24

mg pour 100 g), de 12% des VNR en potassium (soit 240 mg pour 100 g) et de 6,36% des VNR en **calcium** (soit 50,9 mg pour 100 g).

II.1.2.3. L'oignon

L'oignon (*Allium cepa*), est également bisannuel. Il appartient à la famille des *Amaryllidaceae*. Il est largement cultivé depuis longtemps comme plante potagère pour ses bulbes de saveur et d'odeur fortes ou pour ses feuilles (Wikipédia, 2019).

a- Classification

Cronquist (1981) a classé l'oignon comme suit :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	Liliaceae
Genre	Allium
Espèce	<i>Allium cepa</i>

b- Valeur Nutritionnelle de l'oignon

L'oignon est **une source de sélénium**. Le détail de sa valeur nutritionnelle se trouve en annexe 7.

b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR

L'oignon se mange cuit ou cru. Son apport en vitamines change un peu en fonction de ce mode de préparation.

Tableau 6 : Composition en Vitamines de l'oignon

Vitamines	Qté.	%VNR
Provitamine A Béta-carotène	50 µg	-
Equivalent Vitamine A	8,33 µg	1,04
Vitamine B1	0,05 mg	4,55
Vitamine B2	0,05 mg	3,57
Vitamine B3	0,05 mg	0,31
Vitamine B5	0,13 mg	2,17
Vitamine B6	0,09 mg	2,86
Vitamine B9	21 µg	10,5
Vitamine C	2,1 mg	2,63
Vitamine E	0,015 mg	0,13

Source : APRIFEL

Oignon cuit

Il apporte l'équivalent de 10,50% des VNR en **vitamine B9** (soit 0,021 mg pour 100 g), de 4,55% des VNR en vitamine B1 (soit 0,5 mg pour 100 g) et de 3,57% des VNR en **vitamine B2** (soit 0,05 mg pour 100 g).

Oignon cru

Il apporte l'équivalent de 14,80% des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) en **vitamine B9** (soit 0,0296 mg pour 100 g), de 7,14% des VNR en **vitamine B6** (soit 0,1 mg pour 100 g) et de 4,88% des VNR en **vitamine C** (soit 3,90 mg pour 100 g).

b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR

L'oignon est riche en potassium, sélénium et en phosphore. Mais sa teneur en ces éléments change également en fonction du mode de préparation.

Tableau 7 : Composition en minéraux et oligo-éléments de l'oignon

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	%VNR
Calcium	28,9 mg	3,61
Cuivre	0,077 mg	7,7
Fer	0,21 mg	1,5
Iode	1 µg	0,67
Magnésium	13 mg	3,47
Manganèse	0,12 mg	6
Phosphore	44 mg	6,29
Potassium	220 mg	11
Sélénium	10 µg	18,18
Sodium	8,4 mg	-
Zinc	0,19 mg	1,9

Source : APRIFEL

Oignon cuit

Il est **source de sélénium** puisque 100 g apportent l'équivalent de 18,18% des VNR (soit 0,01 mg pour 100 g). Il apporte également l'équivalent de 11% des VNR en **potassium** (soit 220 mg pour 100 g).

Oignon cru

Il apporte l'équivalent de 9,50% des VNR en **potassium** (soit 190 mg pour 100 g) et de 29% des VNR en **phosphore** (soit 37 mg pour 100 g)

II.1.2.4. La tomate

La **tomate** (*Solanum lycopersicum* L.) appartient à une espèce de plantes herbacées du genre solanum de la famille des Solanacées. Elle est originaire du nord-

ouest de l'Amérique du Sud. Elle se consomme comme un légume-fruit, crue ou cuite (Wikipédia, 2019). La production nationale était de 22 000 tonne (FAO, 2001).

a- Classification

D'après la classification phylogénétique, la tomate est classée comme suit :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	Solanum
Espèce	<i>Solanum lycopersicum</i>

b- Valeur Nutritionnelle de la tomate

La tomate est une **source de vitamine C** (car 100 g de tomate apportent plus de 15 % des VNR). Elle est aussi une **source de sélénium** (car 100 g de tomate apportent plus de 15 % des VNR). Sa valeur nutritionnelle est détaillée en annexe 8.

b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR

La tomate peut être cuite ou mangée crue. Son apport en vitamines est donné par le tableau suivant.

Tableau 8 : Composition en Vitamines de la tomate

Vitamines	Qté.	% VNR
Provitamine A Béta-carotène	449 µg	NC
Equivalent Vitamine A	74,83 µg	9,35
Vitamine B1	0,039 mg	3,55
Vitamine B2	0,019 mg	1,36
Vitamine B3	0,65 mg	4,06
Vitamine B5	0,21 mg	3,5
Vitamine B6	0,082 mg	5,86
Vitamine B9	22,7 µg	11,35
Vitamine C	15,5 mg	19,38
Vitamine E	0,66 mg	5,5

Source : APRIFEL

La tomate crue est **source de vitamine C**, car 100 g de tomate apportent l'équivalent de 19,38 % des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) en vitamine C (soit 15,50 mg pour 100 g). La tomate crue apporte également 11,35 % des VNR en

vitamine B9 (soit 22,70 µg pour 100 g) et de 9,35 % des VNR en **vitamine A** (soit 74,83 µg pour 100 g).

b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR

La tomate est une source naturelle en sélénium, potassium, phosphore et manganèse.

Tableau 9 : Composition en minéraux et oligo-éléments de l'oignon

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	% VNR
Calcium	8,14 mg	1,02
Cuivre	0,029 mg	2,9
Fer	0,12 mg	0,86
Iode	0,2 µg	0,13
Magnésium	10,1 mg	2,69
Manganèse	0,066 mg	3,3
Phosphore	26,6 mg	3,8
Potassium	256 mg	12,8
Sélénium	10 µg	18,18
Sodium	3,22 mg	-
Zinc	0,087 mg	0,87

Source : APRIFEL

La tomate crue est **source de sélénium** car 100 g apportent l'équivalent de 18,18 % des VNR en sélénium (soit 10 µg pour 100 g). Elle apporte l'équivalent de 12,80 % des VNR en **potassium** (soit 256 mg pour 100 g), de 3,80 % des VNR en **phosphore** (soit 26,60 mg pour 100 g) et de 3,30 % des VNR en **manganèse** (soit 0,066 mg pour 100 g).

II.1.2.5. Le gingembre

Le gingembre (*Zingiber officinale*) est une espèce de plantes originaire de l'Inde. Il appartient au genre *Zingiber* et à la famille des *Zingiberaceae* dont on utilise le rhizome en cuisine et en médecine traditionnelle. (Wikipédia, 2019).

a- Classification

D'après toujours la classification phylogénétique, le gingembre est classé comme suit :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Zingiberidae
Ordre	Zingiberales

Famille	Zingiberaceae
Genre	Zingiber
Espèce	<i>Zingiber officinale</i>

b- Valeur Nutritionnelle du gingembre

Le gingembre est **riche en manganèse** (car 100 g de gingembre apportent plus de 30 % des VNR). Il est aussi une **source de potassium** (car 100 g de gingembre apportent plus de 15 % des VNR). Sa valeur nutritionnelle est donnée en annexe 9.

b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR

Le gingembre est une plante tropicale très utilisée notamment comme épice dans l'alimentation dans le monde. Son apport en vitamines est donné par le tableau suivant.

Tableau 10 : Composition en Vitamines de la tomate

Vitamines	Qté.	%VNR
Provitamine A Béta-carotène	43 µg	-
Equivalent Vitamine A	7,17 µg	0,9
Vitamine B1	0,018 mg	1,64
Vitamine B2	0,01 mg	0,71
Vitamine B3	0,1 mg	0,63
Vitamine B5	0,13 mg	2,17
Vitamine B6	0,1 mg	7,14
Vitamine B9	11,8 µg	5,9
Vitamine C	0,5 mg	0,63
Vitamine E	0,75 mg	6,25

Source : APRIFEL

Le gingembre apporte l'équivalent de 7,14% des VNR en **vitamine B6** (soit 0,1 mg pour 100 g) et l'équivalent de 6,25% des VNR en **vitamine E** (soit 0,75 mg pour 100 g).

b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR

Le gingembre est une source importante en manganèse. Il en contient jusqu'à 350% des VNR.

Tableau 11 : Composition en minéraux et oligo-éléments et en manganèse.

Minéraux et oligo-éléments	Qté.	%VNR
Calcium	11 mg	1,38
Cuivre	0,05 mg	5
Fer	0,4 mg	2,86
Iode	20 µg	-
Magnésium	26 mg	6,93
Manganèse	7 mg	350
Phosphore	26 mg	3,71
Potassium	320 mg	16
Sélénium	20 µg	-
Sodium	6,3 mg	-
Zinc	0,24 mg	2,4

Source : APRIFEL

Le gingembre est **riche en manganèse**, car 100 g de gingembre apportent l'équivalent de 350% des VNR en manganèse (soit 7 mg pour 100 g). Il est également **source de potassium**, car 100 g de gingembre apportent l'équivalent de 16% des VNR en potassium (soit 320 mg pour 100 g).

II.1.2.6 Le sel

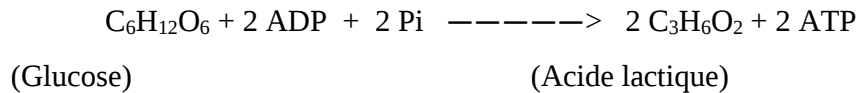
Le sel de table, de formule chimique NaCl, a été utilisé. Il a pour rôle de régulateur en limitant la croissance des levures lors de la fermentation, afin que les bactéries utiles puissent se développer. La dose d'incorporation est entre 0,5 et 2 % du poids des légumes épluchés, prêts à être mis en bocaux (Locale Hesbaye-Condroz, 2009). Il doit être non raffiné et de bonne qualité. Il va extraire le jus des légumes par osmose, tout en solidifiant leurs pectines, les rendant plus croquants. Le sel est toléré jusqu'à un certain point par les bactéries lactiques nécessaires à la lacto-fermentation, et inhibe le développement d'autres organismes. Plus on en rajoute, plus on ralentit la fermentation (Sols vivants, Alimentation vivante, 2011).

II.1.3. La lacto-fermentation et ses bienfaits

La lacto-fermentation des légumes fait partie de l'art de la fermentation lactique pratiqué dans la fabrication de l'yaourt, des fromages et des saucissons secs. Elle a pour origine l'Europe, l'Asie et en particulier la Russie. Des célèbres produits comme la choucroute, le kim chi, la naveline, les cornichons, le borscht, et les olives ont passé par la lacto-fermentation (Minville, 2007). Les bienfaits de cette technique seront montrés ici après sa description.

II.1.3.1. La lacto-fermentation

C'est le processus par lequel des bactéries, principalement *Leuconostoc mesenteroides* et *Lactobacillus plantarum*, transforment les sucres contenus dans les aliments en acide lactique. C'est principalement le glucose et le fructose (des sucres simples) qui seront transformés selon la réaction suivante (Les jardins de l'escargot des bois, 2016) :



Il est possible de faire de la fermentation naturelle avec tous les légumes, parce que les bactéries responsables de la lacto-fermentation vivent en grand nombre dans le sol et sont naturellement présentes sur les légumes crus, même lavés et brossés.

Il faut créer un milieu propice à la prolifération des bonnes bactéries et néfaste pour les autres afin qu'il ne reste que les bonnes au terme de la compétition. Les deux conditions de base sont l'absence d'air et la création d'une solution salée. Par exemple, la bactérie *L. mesenteroides* est anaérobie et tolérante au sel, alors que ce dernier tue la plupart des autres. Les *Lactobacillus* ont les mêmes tolérances en plus de tolérer l'acidité. L'acide lactique produit par les bonnes bactéries servira ensuite d'agent de conservation et inhibera le développement de bactéries et de levures pathogènes. La fermentation produira aussi du gaz carbonique qui remplacera l'air, et donc l'oxygène, dans les bocaux (Les jardins de l'escargot des bois, 2016).

II.1.3.2. Les bienfaits de la lacto-fermentation

La lacto-fermentation permet de conserver, à température ambiante ou au froid, des aliments frais et sains pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. Elle est aussi l'une des façons les plus sûres de conserver les aliments, car les bactéries pathogènes (comme *Clostridium botulinum*, celle responsable du botulisme) ne peuvent se développer dans ce milieu.

En plus de cette conservation à long termes, la lacto-fermentation améliore les bienfaits sur la santé des aliments (Sols vivants, Alimentation vivante, 2011 ; Tompress, 2012 ; Les jardins de l'escargot des bois, 2016). Elle permet de

- Conserver des éléments nutritifs par les acides lactiques. Ce sont des conservateurs biologiques.

- Augmenter la quantité de pro-biotiques présents sur les aliments qui aident la santé intestinale. Les jus de produits lacto-fermentés crus contiennent de nombreuses bactéries utiles à notre flore intestinale qu'elles rajeunissent.
- Augmenter le taux de vitamines B et C en rendant ces dernières plus facilement absorbables, Non seulement il conserve mieux ces vitamines mais il en crée. C'est le cas de la vitamine C. Pour la choucroute par exemple, sa teneur augmente de 60% au cours de la fermentation. Les vitamines PP et B12 augmentent aussi de façon notable.
- Augmenter le taux d'enzymes présents et les aliments sont prédigérés et sont donc facilement dégradables et assimilables.
- Augmenter la présence de substances antibiotiques et anti-cancérigènes.

En effet, des expériences récentes ont montré que les aliments lacto-fermentés ont une action inhibitrice sur certaines tumeurs. Les aliments lacto-fermentés sont souvent préconisé dans le traitement des cancers. Les légumes lacto-fermentés sont également fortement recommandés aux diabétiques : les glucides sont en grande partie décomposés et l'acide lactique active les sécrétions du pancréas (Locale Hesbaye-Condroz, 2009)

Les bactéries responsables de la lacto-fermentation sont également présentes dans le vagin de la femme et aide le développement du système immunitaire des bébés qui naissent par voie naturelle (Les jardins de l'escargot des bois, 2016).

II.2. RESULTAT DE LA LACTO-FERMENTATION

Après 24 heures de fermentation, les légumes ont commencés à être fermentés. La sensation d'odeur de vinaigre émanant du bocal a commencé à se faire sentir à partir de 2 jours. Au bout de 3 jours, les légumes lacto-fermentés ont été déjà prêts. Cette odeur caractéristique indique la réussite de la fermentation. Les légumes ont été bien croquants. La figure suivante est prise après 4 jours de fermentation. Ils peuvent être conservés dans le même bocal ou emballés dans un film plastique.



Figure 7 : Légumes lacto-fermentés au bout de 4 jours

Les matériels artisanaux utilisés lors de la fermentation n'ont pas eu d'influence sur la réussite de la fermentation. Il a suffi de respecter la condition anaérobie en immergeant complètement les légumes dans leurs jus et en fermant hermétiquement le couvercle du bocal. Le sel a permis de faire écouler ces jus et d'assurer en même temps la fermentation et la texture croquante des légumes lacto-fermentés.

II.3. RESULTATS DES TESTS DE PREFERENCE

Deux types de résultats sont rapportés ici : le test de préférence des adultes suivi du test d'acceptabilité du produit par les enfants de moins de 5 ans.

II.3.1. Test de préférence des adultes

Trente-six dégustateurs adultes ont testé trois formes de préparation de légumes : 100% légumes sautés à l'huile de friture, 50% légumes frais et 50% légumes lacto-fermentés sautés à l'huile, 100% légumes lacto-fermentés crus. Deux tests ont été effectués : le test ANOVA suivi du test de Duncan.

II.3.1.1. Test ANOVA

Le résultat de l'analyse des variances entre ces trois préparations a montré qu'il existe une différence de préférence entre les trois produits (Tableau 12). Les détails du calcul sont présentés en annexe 2.

Tableau 12 : Test ANOVA sur les trois formes de préparations des légumes

Source de variation	dl	SC	MC	F _{calculé}	F _{table}
Traitement	2	38,89	19,44	11,49	3,14
Dégustateur	35	22,33	0,64	0,38	1,60
Erreur	70	118,44	1,69		
Total	107	179,67			

D'après ce tableau, du côté traitement ou variable forme de présentation, le $F_{\text{calculé}}$ est supérieur à F_{table} . Ce qui veut dire qu'il existe une différence décelable de préférence entre les trois produits au seuil de 95%. Du côté dégustateurs, $F_{\text{calculé}}$ est inférieur à F_{table} . Ce qui veut dire que le test est non significatif. La préférence ne dépend pas des dégustateurs. Ils sont tous d'accord sur l'ensemble du résultat. Ce dernier est donc fiable.

II.3.1.2. Test de Duncan

Ce test est utile pour connaître lequel parmi les trois échantillons est différent des autres. Le résultat du test est donné par le tableau suivant. Le processus de calcul se trouve en annexe 10. Le calcul des écarts est présenté en annexe 11.

Tableau 13 : Résultat du test de Duncan

Gamme	Intervalle	Différence	Signe	Ecart	Observation
3	B-C	1,4	>	0,63	S
2	B-A	1,1	>	0,61	S
	A-C	0,3	<	0,61	NS

D'après ce tableau il existe une différence statistique notable entre le produit B (50% légumes frais et 50% légumes lacto-fermentés) d'une part et le produit B et A (100% légumes frais) d'autre part. La différence entre le produit A et C (100% légumes lacto-fermentés) n'est pas significative.

Statistiquement, la note attribuée au produit B est donc différente des notes données aux deux produits C et A. Ces derniers sont identiques d'après l'appréciation du jury (Figure 8).

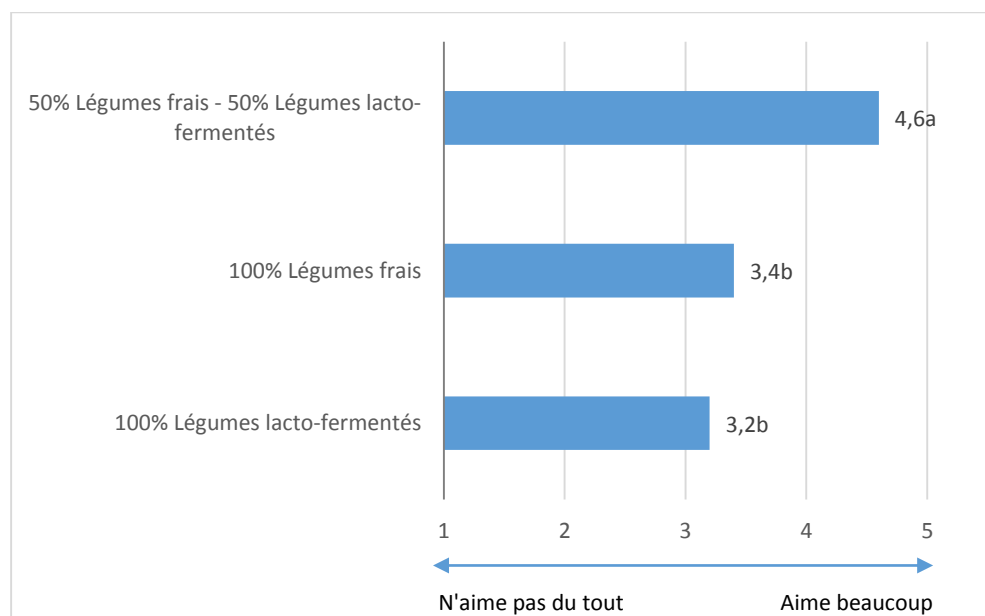


Figure 8 : Notes des trois échantillons d'après le jury

Cette graphique montre que les dégustateurs aiment beaucoup (4,6/5) la préparation 50% légumes frais – 50% légumes lacto-fermentés. Ils aiment modérément les préparations 100% légumes frais et 100% légumes lacto-fermentés. Cette dernière a le même niveau d'acceptabilité que la préparation habituelle (100% légumes frais).

II.3.2. Test de préférence des enfants de moins de 5 ans

L'échantillon qui a obtenu la meilleure note (50% légumes frais – 50% légumes lacto-fermentés) a servi au test d'acceptabilité pour les enfants de moins de 5 ans, cibles de cette recherche. Trente enfants parmi les trente-huit aiment ce produit, soit 79% contre 21% (figure 9).

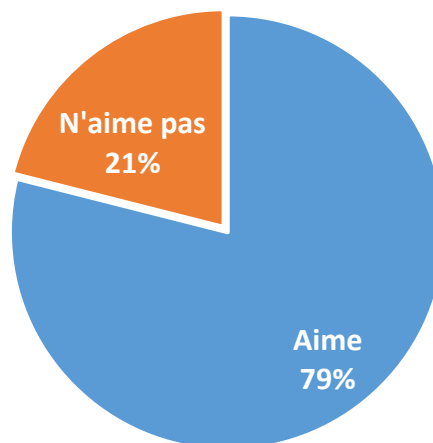


Figure 9 : Pourcentage des enfants de moins de 5 ans qui aiment l'échantillon B

D'après la table statistique présentée en annexe 4, la probabilité de la comparaison par paire est inférieure à 0,01. Ce qui est inférieur à la valeur critique de $P = 0,05$. Le test est donc significatif au seuil de 95%. Les enfants de moins de 5 ans ont apprécié, en général et de façon significative la préparation 50% légumes frais – 50% légumes lacto-fermentés.

CONCLUSION PARTIELLE

La malnutrition résulte des carences, de l'excès, ou des déséquilibres d'énergie, de protéines et d'autres nutriments. Madagascar est le 5^{ème} pays le plus touché de la malnutrition chronique au monde. Dans la Région du Vakinankaratra, 65% des enfants de moins de 5 ans sont affectés. C'est le taux le plus élevé à Madagascar.

Cependant, la région Vakinankaratra est une région propice aux cultures maraîchères. La production annuelle de tomate s'élève à 25 651 tonnes, celle de choux atteint 5 994 tonnes, la carotte enregistre 4 754 tonnes et la plantation d'oignon produit 2 988 tonnes.

Ces quatre produits aromatisés avec du gingembre ont été utilisés comme ingrédients de lacto-fermentation. Dans l'ensemble, l'association de ces légumes offre un aliment riche surtout en Vitamines A, C et B9. Cette composition est riche en Potassium, manganèse et sélénium.

La lacto-fermentation est le processus par lequel des bactéries transforment les sucres contenus dans les aliments en acide lactique. L'avantage nutritionnel de la lacto-fermentation est énorme : conservation à long termes, augmentation des taux d'enzymes et de vitamines B et C conduisant à l'amélioration de la valeur nutritionnelle et à une meilleure assimilation des aliments par l'organisme. Elle peut aussi lutter contre le cancer et le diabète. Elle participe au développement du système immunitaire des bébés qui naissent par voie naturelle.

La lacto-fermentation a été bel et bien réussie dans les conditions rudimentaires des ménages ruraux. Les légumes étaient bien croquants après 4 jours de fermentation. La comparaison des légumes lacto-fermentés avec des légumes frais et 50% de légumes frais – 50% de légumes lacto-fermentés par le biais d'un test de préférence par des adultes a montré que ces dégustateurs aiment beaucoup la préparation (50% - 50%) avec une note de 4,6 points sur 5. Ils aiment modérément sans différence statistique notable les préparations à 100% légumes frais et à 100% légumes lacto-fermentés (notes de 3,4 et 3,2 sur 5 respectivement).

Statistiquement, le test de préférences des enfants de moins de 5 ans a montré qu'ils affectionnent en général la préparation à 50% frais et 50% lacto-fermentés.

DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

III- DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette partie se divisera en deux sous-parties : discussions puis recommandations.

III.1. DISCUSSIONS

Les discussions vont se porter sur l'application de la technique de la lacto-fermentation en milieu rural et les avantages du meilleur produit. Quelques limites seront également évoquées.

III.1.1. Application de la lacto-fermentation en milieu rural

La lacto-fermentation des légumes existait depuis longtemps. Le procédé est très ancien, des traces ont été trouvées chez les chinois 6000 ans avant notre ère, le naturaliste romain Pline l'Ancien le décrit en 50 après J.C, et alors qu'elle fut une base essentielle de l'alimentation, la lacto-fermentation disparaît (Tompress, 2012).

Notons cependant que la technique de fabrication de l'yaourt et les fromages, une autre forme de produits lacto-fermentés à partir du lait, a été déjà adoptée par plusieurs ménages ruraux. En 1999, Razafindrahaga a identifié trois sous-types de transformateurs artisanaux dans le domaine de la production de l'yaourt et de la fromagerie : l'artisan individuel qui travaille à domicile, l'unité artisanale qui recrute des salariés et l'entreprise artisanale qui dispose de personnel et de matériels.

Il ne serait donc pas difficile d'introduire la technique de lacto-fermentation des légumes dans les ménages ruraux étant donné que les paysans maîtrisent déjà l'art de la fermentation et que les matériels nécessaires à sa mise en œuvre sont à leur portée, y compris les ménages les plus pauvres. Ce sont des matériels qu'ils utilisent quotidiennement. Le seul obstacle à franchir c'est le respect d'hygiène qui nécessite une formation préliminaire dans le but de vulgariser cette technique pour profiter et la conservabilité des produits lacto-fermentés et la qualité nutritionnelle de ces derniers.

III.1.2. Avantages du meilleur produit

Le meilleur produit a trois avantages : large gamme de préparation, temps d'utilisation élargi et avantages nutritionnels.

III.1.2.1. Mode de préparation

Les légumes lacto-fermentés sont très appréciés lorsqu'ils sont mélangés avec des légumes frais. L'acidité de ce produit est adouci par ce mélange ce qui agrmente encore

le goût final du produit par la sensation d'un gout de vinaigre léger et agréable. Des multitudes de recette peuvent être donc confectionnées, soit en l'associant à des légumes frais, soit avec d'autres produits comme les légumes secs, les viandes et poissons, etc.

III.1.2.2. Large temps d'utilisation

Les légumes lacto-fermentés sont conservables plus d'une année. D'un côté les légumes frais ou autres produits frais qui vont avec sont disponibles pendant toute l'année. Il suffit de garder les légumes lacto-fermentés dans un grand bocal et en soutirer la quantité voulue à chaque préparation. Il est possible de manger toutes les semaines des légumes lacto-fermentés à condition d'en fabriquer une quantité suffisante pendant les périodes de récolte.

III.1.2.3. Avantages nutritionnels

Les légumes frais ou les autres produits tels que les légumes secs, les viandes et les poissons possèdent déjà leurs qualités. Elles sont renforcées par la présence des légumes lacto-fermentés dans la préparation. Ce qui permet de tirer un double avantage surtout dans le cas de l'association des légumes lacto-fermentés avec des aliments pauvres en vitamines C et B. C'est surtout le cas où les paysans ne mangent que de la pomme de terre. Cette dernière peut être préparée avec les légumes lacto-fermentés sautés avec de l'huile de friture sans cuire excessivement. L'association pois de terre (voanjobory) légumes lacto-fermentés serait également intéressante du fait que le pois de terre offre des meilleurs taux d'acides aminés essentiels comme la méthionine et la lysine parmi les légumineuses (Réf).

Les rôles des vitamines et minéraux présents abondamment dans les mets contenant de la carotte, du chou, de la tomate, du gingembre plus la lacto-fermentation sont cités ci-après (APRIFEL, 2019).

- **La vitamine C** accroît l'absorption de fer et contribue :
 - à maintenir le fonctionnement normal du système immunitaire pendant et après un exercice physique intense,
 - à la formation normale de collagène pour assurer le fonctionnement normal des vaisseaux sanguins, des os, des cartilages, des gencives, de la peau et des dents,
 - à un métabolisme énergétique normal,

- au fonctionnement normal du système nerveux, du système immunitaire et à des fonctions psychologiques normales,
- à protéger les cellules contre le stress oxydatif,
- à réduire la fatigue,
- à la régénération de la forme réduite de la vitamine E.
- **La Vitamine A** joue un rôle dans le processus de spécialisation cellulaire et contribue :
 - au maintien d'une peau normale, de muqueuses normales et d'une vision normale,
 - au métabolisme normal du fer,
 - au fonctionnement normal du système immunitaire.
- **Les folates ou vitamine B9** jouent un rôle dans le processus de division cellulaire et contribuent :
 - à la croissance des tissus maternels durant la grossesse,
 - à la synthèse normale des acides aminés,
 - à la formation normale du sang, du système immunitaire et à des fonctions
 - au métabolisme normal de l'homocystéine,
 - au fonctionnement normal,
 - à réduire la fatigue.
- **Le potassium** contribue :
 - au fonctionnement normal du système nerveux,
 - à une fonction musculaire normale,
 - au maintien d'une pression sanguine normale.
- **Le sélénium** contribue :
 - au maintien de cheveux et d'ongles normaux,
 - à une fonction thyroïdienne normale,
 - à protéger les cellules contre le stress oxydatif,
 - au fonctionnement normal du système immunitaire et à une spermatogénèse normale.
- **Le manganèse** contribue :
 - à un métabolisme énergétique normal,
 - au maintien d'une ossature normale,
 - à la formation normale de tissus conjonctifs,

- à protéger les cellules contre le stress oxydatif.

III.1.3. Limites de l'étude

Cette étude s'est limitée seulement à l'analyse de valeur nutritionnelle d'après les publications antérieures. Mais il serait intéressant de faire une analyse nutritionnelle complète des deux formes de présentations des légumes lacto-fermentés. Une analyse microbiologique et une étude plus précise sur la durée de conservation des légumes lacto-fermentés seront également nécessaires.

III.2. RECOMMANDATIONS

La lacto-fermentation est une méthode de transformation qui comporte très peu de risques. Toutefois, quelques recommandations sont utiles pour éviter quelques problématiques qui peuvent survenir durant la fermentation.

- **Une couche blanche sur le dessus**

Une petite couche blanchâtre peut flotter à la surface, Ce n'est pas de la moisissure mais une couche de levure kahm. Elle n'est pas nocive et se développe lorsque les aliments entrent en contact avec l'air et elle accélère le processus de lacto-fermentation en consommant rapidement les sucres et en diminuant le pH de la solution. Pour éviter que les aliments deviennent trop acides et que d'autres micro-organismes indésirables s'y développent, il faut retirer cette couche de levure et les aliments sur lesquels elle s'est développée. Pour prévenir ce problème, il faut s'assurer que les aliments sont bien tous submergés dans la saumure et qu'ils ne soient pas dans un endroit trop chaud. (Idéalement pas plus de 21°C.)

- **Une couche colorée dans le contenant**

La formation d'une couche colorée dans un produit lacto-fermenté indique la présence d'une couche de moisissure. Elle est nocive pour la santé. Cependant, cette moisissure ne signifie pas nécessairement qu'il faut jeter tout. Il faut d'abord jeter la couche de moisie et les aliments à la surface, puis, s'il n'y a pas d'odeur de pourri, on peut corriger la situation pour avoir de bons produits lacto-fermentés à la fin. Du sel peut être ajouté pour assainir le processus de fermentation sans en mettre excessivement pour ne pas avoir le résultat inverse. La température ambiante ne doit pas être trop chaude, car une température trop chaude aide à la prolifération des moisissures. Cependant, La fermentation peut être difficilement sauvée si le moisissure est causé par un mauvais

nettoyage des instruments ou par les aliments qui au départ étaient contaminés par des moisissures.

- **De l'écume en surface**

L'écume à la surface n'est pas nocive pour la santé. Elle est due à des bulles de CO₂ causées par la consommation de sucres par les micro-organismes. *Leuconostoc mensesenteroides*, qui est l'un des deux principaux micro-organismes responsables de lacto-fermentation, produisent beaucoup de CO₂ en début de fermentation et elles en font plus lorsque les aliments ont une forte teneur en sucre.

- **Une odeur nauséabonde**

Une odeur âcre qui rappelle la putréfaction accompagnée de moisissures signifie que la lacto-fermentation a échoué et qu'il ne reste rien d'autre à faire que de jeter les aliments. Toutefois, il est toujours possible d'essayer d'enlever les couches superficielles de moisi et les aliments affectés pour savoir si l'odeur persiste. Si elle ne persiste pas, ce qui reste est consommable.

- **Les aliments ou la saumure sont gluants**

Si les légumes lacto-fermentés sont gluants ou qu'ils baignent dans une saumure gluante c'est qu'ils ont été affecté par des micro-organismes qui ne participent pas à une lacto-fermentation. Ces derniers sont nocifs pour la santé. Si seulement quelques aliments superficiels sont affectés, il est possible de les enlevés et manger le reste. Cette situation est généralement causée par un manque de sel ou une mauvaise répartition du sel dans le mélange et parfois par des températures trop élevées.

- **Les aliments goûtent trop salé**

Il est possible, soit de tenter de diminuer la quantité de sel dans la saumure avant de débiter la lacto-fermentation ou diluer la saumure en y ajoutant de l'eau après la fermentation. Toutefois, le rinçage provoque une perte des probiotiques.

- **Les aliments sont devenus trop mous**

Deux principales raisons font que les aliments peuvent devenir trop mous au goût de certains : soit ils ont eu trop chaud, soit ils ne contenaient pas assez de tanin. Le tanin peut être augmenté dans la saumure soit en y mettant du thé noir, soit en y ajoutant des feuilles de vigne fraîches.

- **Des légumes verts deviennent roses**

La couleur rose des légumes indique qu'il y a des micro-organismes indésirables qui ont contaminé les aliments. Il faut donc les jetés pour avoir une bonne santé.

- **De la brume ou des sédiments dans le fond du bocal**

Ce sont des sous-produits normaux de la lacto-fermentation. Les sédiments sont des bactéries mortes et la brume dans la saumure est de l'acide lactique. Ce ne sont pas des conditions nuisibles pour la santé.

- **Les aliments deviennent foncés**

Cela est généralement dû à l'usage d'une eau de saumure trop dure ou du contact de l'eau avec certains métaux comme l'aluminium ou le cuivre. Ce contact avec des métaux se produit soit dans la plomberie, soit avec les outils de cuisine comme la marmite en aluminium. Ces changements ne rendent pas les aliments nocifs.

CONCLUSION PARTIELLE

Techniquement, l'introduction de la technique de lacto-fermentation des légumes dans les ménages ruraux ne va pas poser des problèmes. Les paysans maîtrisent déjà l'art de la fermentation. Les matériels nécessaires à sa mise en œuvre sont à la portée des ménages les plus pauvres.

Le choix du meilleur produit (50% légumes frais – 50% légumes lacto-fermentés) suggère une large possibilité de préparation en associant les légumes lacto-fermentés avec d'autres légumes frais voire secs. Des associations avec des viandes et poissons seraient envisageables. Le temps d'utilisation de cette préparation s'étend au cours d'une année entière.

Les avantages nutritionnels de ce produit sont conséquents. Il peut pallier le déficit causé par la consommation excessive de pomme de terre. L'association légumes lacto-fermentés – pois de terre est également intéressante du point de vue apport en acides aminés essentiels.

Les rôles des vitamines et minéraux essentiellement présent dans la recette ont été cités. Mais une analyse nutritionnelle complète, une analyse microbiologique et une étude approfondie de la durée de conservation des deux modes de préparation des légumes lacto-fermentés présentés ici seront utiles pour compléter la présente recherche.

Des recommandations nécessaires à la bonne conduite de la fermentation et à la prévention des risques sur la santé ont été émises.

CONCLUSION GENERALE

Dans le but de lutter contre la malnutrition, quelques principaux légumes de la Régions de Vakinankaratra, à savoir la carotte, le chou, l'oignon et la tomate ont été préparés avec du gingembre et du sel pour être lacto-fermentés.

Pour imiter les conditions où vivent les paysans ciblés par la présente recherche, des matériels simples comme la cuvette, le couteau ou la râpe, la cuillère à soupe et les bocaux ont servi à cette lacto-fermentation. La méthode est très simple pour être à la portée des paysans.

Trois échantillons (légumes frais à 100%, légumes frais à 50% et légumes lacto-fermentés 50%, Légumes lacto-fermentés 100%) ont été présentés aux tests de préférence en deux étapes. L'un a été mené auprès de 36 dégustateurs adultes et l'autre auprès de 38 dégustateurs de moins de 5 ans. Ces derniers sont les plus touchés par la malnutrition (65%).

La littérature montre que la région Vakinankaratra est une région propice aux cultures maraîchères. Les productions annuelles de tomate, de choux, de la carotte et de l'oignon sont toutes supérieures à 2500 tonnes.

En plus des Vitamines A, C et B9 et de la richesse en potassium, manganèse et sélénium des légumes frais choisis, la lacto-fermentation crée aussi des Vitamines B et C. Elle produit un aliment conservable longtemps (plus d'une année) qui a une valeur nutritionnelle élevée permettant de réduire la malnutrition.

L'hypothèse 1 a été vérifiée. La fermentation peut se dérouler dans les conditions des ménages ruraux et cette technique n'est pas nouvelle aux yeux des paysans. La préparation 50% légumes frais- 50% légumes lacto-fermentés a obtenu une note de 4,6 points sur 5. C'est le meilleur produit qui a servi au test de préférence des enfants de moins de 5 ans. Ces derniers ont aimé ce produit au seuil de probabilité de 0,05%. L'hypothèse 2 est également vérifiée.

Il est possible de créer différente sorte de recette en associant les légumes lacto-fermentés avec d'autres légumes frais voire secs tout au long de l'année. La consommation excessive de pomme de terre peut être évitée par supplémentation de légumes lacto-fermentés.

Toutefois, une analyse nutritionnelle complète, une analyse microbiologique et une étude approfondie de la durée de conservation des deux modes de préparation des

légumes lacto-fermentés présentés ici seront nécessaires pour compléter la présente recherche.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- 1- APRIFEL (Agence pour la Recherche et l'Information en Fruits et Légume), 2019, <http://www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-analyse-carotte,87.html>
- 2- GTDR VAKINANKARATRA, Programme Régional De Développement Rural, 2007, 99 pages
- 3- INSTAT, 2011. Enquête Périodique auprès des Ménages 2010. EPM-2010 Rapport Principal.
- 4- INSTAT, 2014. Enquête Nationale sur le Suivi des indicateurs des Objectifs du Millénaire pour le Développement à Madagascar 2012 – 2013 (ENSOMD).
- 5- INSTAT. Antananarivo Août 2011. 374 p. http://www.instat.mg/pdf/epm_10.pdf
- 6- Les jardins de l'escargot des bois, 2016, Atelier sur la lacto-fermentation, Aide-mémoire, <http://www.lescargotdesbois.wordpress.com>
- 7- Locale Hesbaye-Condroz, 2009, La lacto-fermentation des légumes, Comprendre et affiner la préparation des légumes lacto-fermentés, www.bio-hesbayecondroz.be, 6 pages
- 8- MCA, 2008, PROJET AGRO TECHNOPOLE : Note de présentation du concept du projet, 27 pages
- 9- Minville Marc -Antoine, 2007, La lactofermentation des légumes, 9 pages
- 10- RAKOTOARINOSY Olinantenaina Miharisoa, Université d'Antananarivo - Mémoire 2010, Etude de la région Vakinankaratra à Madagascar, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO, *Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, AGRO MANAGEMENT*
- 11- RAZAFINDRAHAGA HJF, 1999. La transformation laitière à Madagascar. Synthèse d'étude de filière. Mai 1999. CITE. 21 p.
- 12- SOLS VIVANTS, ALIMENTATION VIVANTE, 2011, Fiche pratique 1 : légumes lactofermentés, <http://naomicarolyn.typepad.com/alimentationvivante/>, 3 pages
- 13- SOURISSEAU Jean-Michel et al., 2016, Diagnostic Territorial de la Région du Vakinankaratra à Madagascar, <https://www.researchgate.net/publication/299520574>
- 14- Tompress, 2012, Fabriquer des vitamines : la lacto-fermentation, www.tompress.com
- 15- UNICEF, 2019, Malnutrition – Madagascar, <https://www.unicef.org/madagascar/programme/nutrition>
- 16- UNICEF/2018/Rakotobe, Vakinankaratra relève le défi contre la malnutrition, <https://www.unicef.org/madagascar/recits/vakinankaratra-rel%C3%A8ve-le-d%C3%A9fi-contre-la-malnutrition>
- 17- Watts et al., 1991, Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle es aliments, Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Canada, 145 pages
- 18- Wikipédia, 2019, <https://fr.m.wikipedia.org/wiki>.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHES D'ANALYSE SENSORIELLE

Anarana :

Fanampiny :

Lahy/Vavy : Lahy ☐ Vavy ☐

Taona :

FANONTANIANA HO AN'NY OLON-DEHIBE

Omeo naoty 1 hatramin'ny 5 araka ny fitiavanao azy ireto karazana legioma telo aroso anao ireto:

Naoty	1	2	3	4	5
312					
640					
127					

1: Tena tsy tia 2: Tsy tia 3: Tia antonony 4: Tia 5: Tena tia

FANONTANIANA HO AN'NY ZAZA LATSAKY NY 5 TAONA

Tianao sa tsy tianao ity lasary ity : Eny ☐ Tsia ☐

ANNEXE 2: CALCUL POUR LE TEST ANOVA

Dégustateur	A	B	C	Total dégustateur	Moyenne des Dégustateurs	Total dégustateur ²
1	5	4	1	10	3,3	100
2	5	3	1	9	3,0	81
3	5	5	1	11	3,7	121
4	5	3	1	9	3,0	81
5	5	5	4	14	4,7	196
6	4	5	4	13	4,3	169
7	3	5	4	12	4,0	144
8	4	3	5	12	4,0	144
9	4	5	3	12	4,0	144
10	4	3	2	9	3,0	81
11	4	5	2	11	3,7	121
12	1	5	4	10	3,3	100
13	4	5	2	11	3,7	121
14	2	5	4	11	3,7	121
15	4	5	2	11	3,7	121
16	4	5	5	14	4,7	196
17	2	5	4	11	3,7	121
18	3	5	4	12	4,0	144
19	3	5	5	13	4,3	169
20	1	5	4	10	3,3	100
21	4	5	3	12	4,0	144
22	3	5	4	12	4,0	144
23	3	5	1	9	3,0	81
24	3	5	4	12	4,0	144
25	2	4	5	11	3,7	121
26	1	4	5	10	3,3	100
27	3	5	2	10	3,3	100
28	5	3	3	11	3,7	121
29	2	5	3	10	3,3	100
30	4	5	2	11	3,7	121
31	3	5	1	9	3,0	81
32	4	5	2	11	3,7	121
33	3	5	5	13	4,3	169
34	5	4	3	12	4,0	144
35	2	4	5	11	3,7	121
36	5	4	4	13	4,3	169
Σ traitement	124	164	114	GT = 402		ΣΣDég ² = 4556

$\Sigma \text{traitement}^2$	15376	26896	12996	$\Sigma \Sigma \text{Tr}^2 =$ 55268
Moyenne Traitement	3,4	4,6	3,2	

Somme des carrés

FORMULE	OPERATION	RESULTAT
Facteur de Coercction = GT^2/N	$= (420)^2/(36 \times 3)$	1496,3
SC Total = $\Sigma \Sigma x_i^2 - FC$	$= 1676 - 1496,3$	179,7
SC Traitement = $(\Sigma \Sigma \text{Tr}^2/\text{nb Dég}) - FC$	$= (55268/36) - 1496,3$	38,9
SC Dég = $(\Sigma \Sigma \text{Dég}^2/\text{nb Tr}) - FC$	$= (4556/3) - 1496,3$	22,3
SCE = SCT - (SC Tr + SC Dég)	$= 17 - (38,9 + 22,3)$	118,4

Degré de liberté

	Formule	Opération	Résultat
dl(T)	N -1	$= (35 \times 3) - 1$	107
dl(Tr)	Nb Tr -1	$= 3 - 1$	2
dl(Dég)	Nb Dég - 1	$= 36 - 1$	35
dl(E)	$Dl(T) - [dl(Tr) - dl(Dég)]$	70	70

Moyenne des carrés

	Formule	Opération	Résultat
CM (Tr)	SC (Tr)/dl (Tr)	$= 38,9/2$	19,4
CM (Dég)	SC (Dég)/dl (Dég)	$= 22,9/35$	0,6
CM (E)	SC (E)/dl (E)	$= 118,4/70$	1,7

$F_{\text{calculé}}$

	Formule	Opération	Résultat
$F_{\text{calculé}} (\text{Tr})$	CM (Tr)/CM (E)	$= 19,4/1,7$	11,39
$F_{\text{calculé}} (\text{Dég})$	CM (Dég)/CM (E)	$= 0,6/1,7$	0,38

NB : A= temoin(0%) ; B= 50% 50% ; C=100%

ANNEXE 3 : Table de Fisher au seuil de 5%

$\nu_1 \backslash \nu_2$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.09	251.14	252.20	253.25	254.32
2	19.396	19.413	19.429	19.446	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.5720	8.5494	8.5265
4	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.7170	5.6878	5.6581	5.6281
5	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3984	4.3650
6	4.0000	3.9399	3.8781	3.8142	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6688
7	3.6365	3.5747	3.5108	3.4445	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	3.3472	3.2840	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0428	3.0053	2.9669	2.9276
9	3.1373	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	2.9782	2.9130	2.8450	2.7740	2.7372	2.6996	2.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.6090	2.5705	2.5309	2.4901	2.4480	2.4045
12	2.7534	2.6866	2.6169	2.5430	2.5055	2.4663	2.4259	2.3842	2.3410	2.2962
13	2.6710	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3392	2.2966	2.2524	2.2064
14	2.6021	2.5342	2.4630	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2230	2.1778	2.1307
15	2.5437	2.4753	2.4035	2.3275	2.2878	2.2468	2.2043	2.1601	2.1141	2.0658
16	2.4935	2.4247	2.3522	2.2750	2.2354	2.1938	2.1507	2.1058	2.0589	2.0096
17	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1908	2.1477	2.1040	2.0584	2.0107	1.9604
18	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0166	1.9681	1.9168
19	2.3779	2.3080	2.2341	2.1555	2.1141	2.0712	2.0264	1.9796	1.9302	1.8780
20	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9464	1.8963	1.8432
21	2.3210	2.2504	2.1767	2.0960	2.0540	2.0102	1.9645	1.9165	1.8657	1.8117
22	2.2967	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.9380	1.8895	1.8380	1.7831
23	2.2747	2.2036	2.1282	2.0476	2.0050	1.9605	1.9139	1.8649	1.8128	1.7570
24	2.2547	2.1834	2.1077	2.0267	1.9838	1.9390	1.8920	1.8424	1.7897	1.7331
25	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8217	1.7684	1.7110
26	2.2197	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.9010	1.8533	1.8027	1.7488	1.6906
27	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9299	1.8842	1.8361	1.7851	1.7307	1.6717
28	2.1900	2.1179	2.0411	1.9588	1.9147	1.8687	1.8203	1.7689	1.7138	1.6541
29	2.1768	2.1045	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7537	1.6981	1.6377
30	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7396	1.6835	1.6223
40	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.6928	1.6373	1.5766	1.5089
60	1.9926	1.9174	1.8364	1.7480	1.7001	1.6491	1.5943	1.5343	1.4673	1.3893
120	1.9105	1.8337	1.7505	1.6587	1.6084	1.5543	1.4952	1.4290	1.3519	1.2539
∞	1.8307	1.7522	1.6684	1.5705	1.5173	1.4591	1.3940	1.3180	1.2214	1.0900

ANNEXE 4 : Table de probabilité pour évaluation par paire

n \	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
5	425	512	602																																		
6	695	719	831	016																																	
7	125	125	125	016																																	
8	227	259	299	359	439	006																															
9	308	380	459	539	619	699	004																														
10	344	419	499	579	659	739	819	002																													
11	349	429	509	589	669	749	829	909	001																												
12	354	434	514	594	674	754	834	914	994	005																											
13	359	439	519	599	679	759	839	919	999	009	002																										
14	364	444	524	604	684	764	844	924	004	004	002																										
15	369	449	529	609	689	769	849	929	009	009	009	002																									
16	374	454	534	614	694	774	854	934	014	014	014	012																									
17	379	459	539	619	699	779	859	939	019	019	019	019	012																								
18	384	464	544	624	704	784	864	944	024	024	024	024	024	012																							
19	389	469	549	629	709	789	869	949	029	029	029	029	029	029	012																						
20	394	474	554	634	714	794	874	954	034	034	034	034	034	034	034	012																					
21	399	479	559	639	719	799	879	959	039	039	039	039	039	039	039	039	012																				
22	404	484	564	644	724	804	884	964	044	044	044	044	044	044	044	044	044	012																			
23	409	489	569	649	729	809	889	969	049	049	049	049	049	049	049	049	049	049	012																		
24	414	494	574	654	734	814	894	974	054	054	054	054	054	054	054	054	054	054	054	012																	
25	419	499	579	659	739	819	899	979	059	059	059	059	059	059	059	059	059	059	059	059	012																
26	424	504	584	664	744	824	904	984	064	064	064	064	064	064	064	064	064	064	064	064	064	012															
27	429	509	589	669	749	829	909	989	069	069	069	069	069	069	069	069	069	069	069	069	069	069	012														
28	434	514	594	674	754	834	914	994	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	074	012													
29	439	519	599	679	759	839	919	999	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	079	012											
30	444	524	604	684	764	844	924	004	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	084	012										
31	449	529	609	689	769	849	929	009	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	089	012								
32	454	534	614	694	774	854	934	014	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	094	012							
33	459	539	619	699	779	859	939	019	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099	099		
34	464	544	624	704	784	864	944	024	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	012						
35	469	549	629	709	789	869	949	029	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	012					
36	474	554	634	714	794	874	954	034	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	012						
37	479	559	639	719	799	879	959	039	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	012					
38	484	564	644	724	804	884	964	044	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	012						
39	489	569	649	729	809	889	969	049	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	012					
40	494	574	654	734	814	894	974	054	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	012						
41	499	579	659	739	819	899	979	059	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	012					
42	504	584	664	744	824	904	984	064	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	012						
43	509	589	669	749	829	909	989	069	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	012					
44	514	594	674	754	834	914	994	074	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	012						
45	519	599	679	759	839	919	999	079	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	012					
46	524	604	684	764	844	924	004	084	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	012						
47	529	609	689	769	849	929	009	089	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	169	012					
48	534	614	694	774	854	934	014	094	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	012						
49	539	619	699	779	859	939	019	099	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	012					
50	544	624	704	784</																																	

* Le zéro et la virgule décimale qui le suit ont été omis.

Source : D'après E.B. Roessler et al., 1978, J. Food Sci. 43(3):942-943. ©Institute of Food Technologists. Reproduit avec la permission de l'éditeur.

ANNEXE 5 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA CAROTTE

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	89.6 g	85.7 - 92.3 g
Protéines	0.77 g	0.5 - 1.3 g
Lipides	0.26 g	0.1 - 0.4 g
Acides gras saturés	0.054 g	0.037 - 0.079 g
Glucides	6.45 g	6.3 - 6.6 g
Sucre	5.42 g	4.74 - 6.1 g
Fibres	2.7 g	2.1 - 3.6 g
Vitamines	Qté.	Min - Max
Provitamine A Béta-carotène	8290 µg	1990 - 21000 µg
Equivalent Vitamine A	1381.67 µg	331.67 - 3500 µg
Vitamine B1	0.054 mg	0.02 - 0.085 mg
Vitamine B2	0.047 mg	0.025 - 0.087 mg
Vitamine B3	0.99 mg	0.56 - 1.46 mg
Vitamine B5	0.28 mg	0.11 - 0.67 mg
Vitamine B6	0.13 mg	0.077 - 0.23 mg
Vitamine B9	32.3 µg	0 - 88 µg
Vitamine C	5.84 mg	0.9 - 9.2 mg
Vitamine E	0.61 mg	0.25 - 1.46 mg
Minéraux et oligo-éléments	Qté.	Min - Max
Calcium	32.6 mg	9 - 44 mg
Cuivre	0.041 mg	0.009 - 0.11 mg
Fer	0.31 mg	0.12 - 1.15 mg
Iode	5 µg	0.2 - 6.4 µg
Magnésium	11.3 mg	6.9 - 19 mg
Manganèse	0.25 mg	0.063 - 0.69 mg
Phosphore	32.7 mg	20 - 44 mg
Potassium	301 mg	142 - 430 mg
Sélénium	0.17 µg	0.1 - 0.9 µg
Sodium	39 mg	23 - 104 mg
Zinc	0.22 mg	0.11 - 0.62 mg
Polyphenols	Qté.	
Acides phénoliques	20 mg	
Polyphénols totaux	20 mg	

ANNEXE 6 : VALEUR NUTRITIONNELLE DU CHOU BLANC

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	90.5 g	88.4 - 94 g
Protéines	1.25 g	0.63 - 2.5 g
Lipides	0.2 g	-
Acides gras saturés	0.041 g	-
Glucides	4.25 g	3.8 - 4.7 g
Fibres	2.3 g	1.5 - 2.8 g
Vitamines	Qté.	Min - Max
Vitamine B1	0.049 mg	0.028 - 0.079 mg
Vitamine B2	0.036 mg	0.025 - 0.059 mg
Vitamine B3	0.4 mg	0.2 - 0.56 mg
Vitamine B5	0.21 mg	-
Vitamine B6	0.16 mg	0.1 - 0.21 mg
Vitamine B9	77 µg	42 - 125 µg
Vitamine C	45.8 mg	-
Vitamine E	0.02 mg	-
Minéraux et oligo-éléments	Qté.	Min - Max
Calcium	50.9 mg	42.5 - 57 mg
Cuivre	0.019 mg	0.009 - 0.035 mg
Fer	0.31 mg	0.19 - 0.6 mg
Iode	0.7 µg	0.1 - 3.1 µg
Magnésium	10.9 mg	8.1 - 15 mg
Manganèse	0.24 mg	0.11 - 0.36 mg
Phosphore	30.1 mg	23.3 - 40.7 mg
Potassium	240 mg	175 - 320 mg
Sélénium	0.77 µg	NC - 3.8 µg
Sodium	6 mg	4.4 - 9 mg
Zinc	0.15 mg	0.1 - 0.23 mg
Polyphenols	Qté.	
Flavonoïdes	1.02 mg	
Lignanes	78.31 mg	
Polyphénols totaux	79.33 mg	

ANNEXE 7 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE L'OIGNON

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	90.4 g	87.9 - 92.6 g
Protéines	1.3 g	0.77 - 1.36 g
Lipides	0.2 g	0.1 - NC g
Acides gras saturés	0.024 g	0.016 - 0.031 g
Glucides	6.2 g	-
Sucre	4 g	2.9 - 4.73 g
Fibres	1.4 g	NC - 1.8 g
Vitamines		
Provitamine A Béta-carotène	50 µg	0 - NC µg
Equivalent Vitamine A	8.33 µg	0 - NC µg
Vitamine B1	0.05 mg	0.023 - NC mg
Vitamine B2	0.05 mg	0.023 - NC mg
Vitamine B3	0.05 mg	NC - 0.17 mg
Vitamine B5	0.13 mg	0.099 - NC mg
Vitamine B6	0.09 mg	0.069 - 0.13 mg
Vitamine B9	21 µg	13 - NC µg
Vitamine C	2.1 mg	NC - 5.2 mg
Vitamine E	0.015 mg	0.01 - 0.02 mg
Minéraux et oligo-éléments		
Calcium	28.9 mg	16 - 44.9 mg
Cuivre	0.077 mg	0.019 - 0.16 mg
Fer	0.21 mg	0.091 - 0.36 mg
Iode	1 µg	-
Magnésium	13 mg	6 - 24.4 mg
Manganèse	0.12 mg	0.071 - 0.18 mg
Phosphore	44 mg	19 - NC mg
Potassium	220 mg	108 - 330 mg
Sélénium	10 µg	-
Sodium	8.4 mg	3 - 12 mg
Zinc	0.19 mg	0.059 - 0.34 mg

ANNEXE 8 : VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA TOMATE

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	94.1 g	88 - 96.6 g
Protéines	0.86 g	0.5 - 1.3 g
Lipides	0.26 g	0.07 - 0.8 g
Acides gras saturés	0.056 g	0.028 - 0.073 g
Glucides	2.26 g	NC
Sucre	2.25 g	NC - 2.63 g
Fibres	1.2 g	0.7 - 3.2 g
Acides organiques	0.39 g	NC
Vitamines	Qté.	Min - Max
Provitamine A Béta-carotène	449 µg	184 - 95.33 µg
Equivalent Vitamine A	74.83 µg	30.67 - 200 µg
Vitamine B1	0.039 mg	0.02 - 0.071 mg
Vitamine B2	0.019 mg	0.012 - 0.028 mg
Vitamine B3	0.65 mg	0.45 - 0.33 mg
Vitamine B5	0.21 mg	0.041 - 0.33 mg
Vitamine B6	0.082 mg	0.055 - 0.15 mg
Vitamine B9	22.7 µg	1 - 52 µg
Vitamine C	15.5 mg	7.8 - 23.1 mg
Vitamine E	0.66 mg	0.05 - 1.3 mg
Minéraux et oligo-éléments	Qté.	Min - Max
Calcium	8.14 mg	3.41 - 18 mg
Cuivre	0.029 mg	0.011 - 0.13 mg
Fer	0.12 mg	0.012 - 0.79 mg
Iode	0.2 µg	0.01 - NC µg
Magnésium	10.1 mg	5.78 - 15.5 mg
Manganèse	0.066 mg	0.041 - 0.94 mg
Phosphore	26.6 mg	15 - 37 mg
Potassium	256 mg	101 - 385 mg
Sélénium	10 µg	0.2 - NC µg
Sodium	3.22 mg	1 - 24 mg
Zinc	0.087 mg	0.01 - 2.42 mg
Polyphenols	Qté.	
Flavonoides	0.29 mg	
Acides phénoliques	3.87 mg	
Polyphénols totaux	4.16 mg	

ANNEXE 9 : VALEUR NUTRITIONNELLE DU GINGEMBRE

Composants	Qté.	Min - Max
Eau	90.9 g	70.5 - NC g
Protéines	1.1 g	NC - 2.5 g
Lipides	1.1 g	0.7 - NC g
Acides gras saturés	0.09 g	-
Glucides	3.4 g	NC - 15.8 g
Sucre	1 g	NC - 1.7 g
Fibres	2.7 g	2 - NC g
Vitamines	Qté.	Min - Max
Provitamine A Béta-carotène	43 µg	-
Equivalent Vitamine A	7.17 µg	-
Vitamine B1	0.018 mg	NC - 0.026 mg
Vitamine B2	0.01 mg	NC - 0.039 mg
Vitamine B3	0.1 mg	NC - 0.8 mg
Vitamine B5	0.13 mg	NC - 0.2 mg
Vitamine B6	0.1 mg	NC - 0.16 mg
Vitamine B9	11.8 µg	11 - NC µg
Vitamine C	0.5 mg	NC - 5 mg
Vitamine E	0.75 mg	0.26 - NC mg
Minéraux et oligo-éléments	Qté.	Min - Max
Calcium	11 mg	NC - 18 mg
Cuivre	0.05 mg	NC - 0.23 mg
Fer	0.4 mg	NC - 0.69 mg
Iode	20 µg	-
Magnésium	26 mg	NC - 43 mg
Manganèse	7 mg	0.23 - NC mg
Phosphore	26 mg	NC - 42 mg
Potassium	320 mg	NC - 415 mg
Sélénium	20 µg	-
Sodium	6.3 mg	NC - 13 mg
Zinc	0.24 mg	NC - 0.34 mg
Polyphenols	Qté.	
Lignanes	0.2 mg	
Polyphénols totaux	0.2 mg	

ANNEXE 10 : CALCUL POUR LE TEST DE DUNCAN

Échantillons	A	B	C
Moyenne des notes	4, 6	3,4	3,2

Pour comparer les trois moyennes de ce test, la valeur des écarts pour une gamme de 3 et 2, doivent être calculée, avec l'équation suivant :

Ecart= $Q \sqrt{(CME/t)}$ avec CME= CM Erreur et t= nombre de réponses individuelles

Ecart= $Q \sqrt{(1,69/36)}$

= $Q (0,217)$

La valeur de Q a été obtenue à partir des valeurs critiques de Q présentées en annexe 11 avec $P \leq 0,05$. La valeur de $dl(E^\circ)$, est égale à 70. Après interpolation linéaire entre 60 et 120 on a : 3 moyennes = 2,9 et 2 moyennes = 2,8.

Alors, écart pour : 3 moyennes = 2,9 (0,217)= 0,63 et 2 moyennes= 2,8 (0,217)= 0,61

ANNEXE 11 : VALEURS CRITIQUES DE Q

Pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 5 %

p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522	3.525	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501	3.506	3.509	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484	3.491	3.496	3.498	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470	3.478	3.484	3.488	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457	3.467	3.474	3.479	3.482	3.484	3.484	3.485	3.485	3.485
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446	3.457	3.465	3.471	3.478	3.478	3.480	3.481	3.481	3.481
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437	3.449	3.458	3.465	3.470	3.473	3.477	3.478	3.478	3.478
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429	3.441	3.451	3.459	3.465	3.469	3.473	3.475	3.476	3.476
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421	3.435	3.445	3.454	3.460	3.465	3.470	3.472	3.474	3.474
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415	3.429	3.440	3.449	3.456	3.462	3.467	3.470	3.472	3.473
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409	3.424	3.436	3.445	3.453	3.459	3.464	3.467	3.470	3.472
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390	3.406	3.420	3.432	3.441	3.449	3.456	3.461	3.465	3.466
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371	3.389	3.405	3.418	3.430	3.439	3.447	3.454	3.460	3.466
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352	3.373	3.390	3.405	3.418	3.429	3.439	3.448	3.456	3.463
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333	3.355	3.374	3.391	3.406	3.419	3.431	3.442	3.451	3.460
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314	3.337	3.359	3.377	3.394	3.409	3.423	3.435	3.446	3.457
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294	3.320	3.343	3.363	3.382	3.399	3.414	3.428	3.442	3.454

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

$v = dl(\text{Erreur})$

$p =$ nombre de moyennes comparées dans la gamme

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES ANNEXES	v
INTRODUCTION	1
I- MATERIELS ET METHODES	3
I.1. MATERIELS	3
I.1.1 PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	3
I.1.1.1 Localisation.....	3
1.1.1.2 Description sommaire de la Région	4
I.1.2. MATERIELS DE FABRICATION	4
I.1.2.1. Les ingrédients	5
I.1.2.2. Matériels de stérilisation	5
I.1.2.3. Matériels de fabrication.....	6
I.2. METHODES	7
I.2.1. Méthode pour lacto-fermenter les légumes	7
I.2.2. Méthode pour le test de préférence	8
I.2.3. Méthodes de traitement des données.....	9
CONCLUSION PARTIELLE	10
II- RESULTATS	10
II.1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	10
II.1.1. Malnutrition	10
II.1.1.1. Définition.....	10
II.1.1.2. Prévalence de la malnutrition dans la Région Vakinankaratra	11
II.1.2. Productions régionales des légumes à lacto-fermenter	11
II.1.3. Les principaux ingrédients de la lacto-fermentation.....	11
II.1.2.1. La Carotte	12
a- Classification.....	12
b- Valeur Nutritionnelle de la carotte	12
b1- Vitamines	12
b2- Minéraux et oligo-éléments.....	13
II.1.2.2. Le chou	14
a- Classification.....	14
b- Valeur Nutritionnelle du chou.....	14
b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR.....	15
b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR.....	15

II.1.2.3. L'oignon	16
a- Classification.....	16
b- Valeur Nutritionnelle de l'oignon	16
b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR.....	16
b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR.....	17
II.1.2.4. La tomate	17
b- Valeur Nutritionnelle de la tomate	18
b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR.....	18
b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR.....	19
II.1.2.5. Le gingembre	19
a- Classification.....	19
b- Valeur Nutritionnelle du gingembre	20
b1- Composition en vitamines par rapport aux VNR.....	20
b2- Composition en minéraux et oligo-éléments par rapport aux VNR.....	20
II.1.2.6 Le sel.....	21
II.1.3. La lacto-fermentation et ses bienfaits	21
II.1.3.1. La lacto-fermentation.....	22
II.1.3.2. Les bienfaits de la lacto-fermentation.....	22
II.2. RESULTAT DE LA LACTO-FERMENTATION.....	23
II.3. RESULTATS DES TESTS DE PREFERENCE	24
II.3.1. Test de préférence des adultes	24
II.3.1.1. Test ANOVA.....	24
II.3.1.2. Test de Duncan	24
II.3.2. Test de préférence des enfants de moins de 5 ans	26
CONCLUSION PARTIELLE	26
III- DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	27
III.1. DISCUSSIONS	27
III.1.1. Application de la lacto-fermentation en milieu rural.....	27
III.1.2. Avantages du meilleur produit	27
III.1.2.1. Mode de préparation.....	27
III.1.2.2. Large temps d'utilisation.....	28
III.1.2.3. Avantages nutritionnels	28
III.1.3. Limites de l'étude	30
III.2. RECOMMANDATIONS	30
CONCLUSION PARTIELLE	33
CONCLUSION GENERALE	34
BIBLIOGRAPHIE	36

RESUME

La lacto-fermentation des légumes permet de lutter contre la malnutrition qui sévit dans la Région du Vakinankaratra. Avec des matériels et méthodes simplifiés, cette technique peut s'adapter aux conditions des ménages ruraux. Le mode de préparation légumes frais à 50% associé avec des légumes lacto-fermentés 50% est le plus apprécié par les dégustateurs adultes et est validé par les enfants de moins de 5 ans.

Ce type de préparation a l'avantage d'être utilisable tout au long de l'année, d'être riche en vitamines A, C et B9, en potassium, manganèse et sélénium. Il permet de répondre efficacement contre la problématique de la malnutrition dans la Région. Il est également possible de vulgariser cette technique auprès des ménages ruraux. Toutefois, des analyses nutritionnelles et microbiologiques suivies d'un test de conservabilité des légumes lacto-fermentés s'avèrent nécessaires pour compléter la présente recherche.

Mot clé : Lacto-fermentation, légumes, Malnutrition, Région Vakinankaratra

FINTINA

Ny fanotrehana legioma dia fomba iray ahafahana miady amin'ny tsy fanjarian-tsakafo izay manjaka ao amin'ny Faritra Vakinankaratra. Io teknika io dia azo ampiharina eny ambanivohitra noho ny fahatsoran'ny fitaovana ampiasaina sy ny fanatontosana azy. Ny fangaro Legioma manta 50% - Legioma naotrika 50% no tian'ny olon-dehibe nanandrana ny sakafo sady nofidian'ny zaza latsaky ny 5 taona ihany koa.

Azo ampiasaina mandritra ny taona io fangaro io no sady be otri'aina toy ny Vitamina A, C, B9 sy ny Pôtasiôma, Manganezy ary Seleniôma. Mamaly ny olana fototry ny tsy fanjarian-tsakafo ao amin'ny Faritra izany. Azo atao ny manapariaka io teknika io eny amin'ny tantsaha. Na izany aza, ilaina tsirihina ihany ireo singa entiny sy ny mikraoba ao anatin'ny jarena akaiky ny faharetan'ny fitehirizana ny legioma naotrika ho entina manatsara ity fikarohana ity.

Teny famaranana : Fanotrehana, legioma, Tsy fajarjian-tsakafo, Faritra Vakinankaratra
SUMMARY

It possible to fight against the malnutrition that rages in the Vakinankaratra Region due to the lactofermentation of vegetables. With simplified materials and methods, this technique can be adapted to the conditions of rural households. The menu composed of fresh vegetables at 50% combined with lactofermented vegetables 50% is the most appreciated by adult tasters and is validated by children under 5 years of age.

This type of preparation has the advantage of being usable throughout the year, being rich in vitamins A, C and B9, potassium, manganese and selenium. It occurs the possibility to respond effectively against the problem of malnutrition in the Region. This technique can also be disseminated in rural. However, nutritional and microbiological analyses followed by study of the present lactofermented vegetable conservability are necessary to complete this research.

Keywords : Lacto-fermentation, vegetables, Malnutrition, Region of vakinankaratra