

# TABLE DES MATIERES

Glossaire	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>Première partie : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>1. GENERALITES</b>	<b>3</b>
1.1 Historique du riz	3
1.2 Présentation du riz	3
1.2.1 Systématique	3
1.2.2 Structure d'un grain de riz	4
1.3 Classification	5
1.3.1 Classification selon la couleur	5
1.3.2 Classification selon la morphologie	6
1.3.3 Classification selon le taux de brisures	6
1.4 Mode de culture	7
1.4.1 La riziculture irriguée ou riziculture aquatique	7
1.4.2 La riziculture pluviale ou riziculture de montagne	7
1.5 Généralités sur le riz pluvial	7
1.5.1 Le riz pluvial dans le monde	7
1.5.2 Le riz pluvial à Madagascar	8
1.5.3 Appréciation du riz pluvial par les malgaches	8
1.5.4 Ecologie	8
1.5.5 Variétés de riz pluvial cultivées à Madagascar	10
<b>2. QUALITE DU RIZ</b>	<b>11</b>
2.1 Qualité nutritionnelle	12
2.1.1 Les matières hydrocarbonées	13
2.1.2 Les protéines	14
2.1.3 Les lipides	14

2.1.4 Les éléments minéraux.....	15
2.1.5 Les vitamines.....	15
2.2 Qualité organoleptique .....	15
2.3 Qualité hygiénique .....	16
2.4 Critères de qualité du riz.....	16
<b>3. FACTEURS DE QUALITE .....</b>	<b>17</b>
 <b>Deuxième partie : MATERIELS ET METHODES</b>	
<b>1. MATERIELS D'ETUDE .....</b>	<b>18</b>
1.1 Choix des variétés de riz pluvial.....	18
1.2 Transformation des échantillons.....	19
<b>2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES ECHANTILLONS.....</b>	<b>20</b>
2.1 Caractérisation physique .....	20
2.1.1 Détermination des dimensions .....	20
2.1.2 Détermination du poids de mille grains .....	20
2.1.3 Détermination du taux de grains entiers .....	20
2.2 Caractérisation biochimique .....	20
2.2.1 Détermination de la teneur en eau et de la matière sèche .....	21
2.2.2 Détermination de la teneur en lipides .....	22
2.2.3 Détermination de la teneur en protéines .....	22
2.2.4 Détermination de la teneur en glucides totaux.....	24
2.2.5 Détermination de la valeur énergétique globale.....	25
2.2.6 Dosage de l'amidon .....	25
2.2.7 Dosage de l'amylose.....	27
2.2.9 Détermination de la teneur en cendres brutes et dosage de quelques éléments minéraux .....	29
2.3 Etude du comportement à la cuisson.....	31
2.3.1 Détermination du temps de cuisson.....	31
2.3.2 Etude du gonflement.....	31
<b>2. ANALYSE SENSORIELLE.....</b>	<b>32</b>
3.1 Les jurys de dégustation .....	32
3.2 Protocole de cuisson du riz pluvial .....	32
3.3 Evaluation de la texture.....	33

## **Troisième partie : RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>1. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES</b> .....	34
1.1 Caractéristiques physiques des grains de riz pluvial.....	34
1.2 Caractéristiques biochimiques .....	36
1.3 Comportement du riz à la cuisson.....	47
1.3.1 Temps de cuisson des échantillons.....	47
1.3.2 Gonflement.....	47
1.3.3 Comparaison des variétés rouges et blanches selon leur comportement à la cuisson .....	47
<b>2. CARACTERISTIQUES SENSORIELLES</b> .....	48
2.1 Evaluation des riz par le jury de dégustation.....	48
2.2 Classification des échantillons par test ANOVA.....	49
2.3 Description des échantillons par les variables sensorielles .....	51
2.4 Distinction des groupes de riz.....	52
2.5 Comparaison des caractéristiques sensorielles des riz pluviaux blanc et rouge.....	53
<b>3. ETUDE DES CORRELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES CARACTERISTIQUES MESUREES</b> .....	54
3.1 Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques.....	54
3.1.1 Corrélations entre le poids de mille grains et la teneur en cendres brutes .....	54
3.1.2 Corrélations entre le rapport L/l et la teneur en cendres brutes.....	55
3.2 Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques et le comportement à la cuisson .....	55
3.3 Corrélations entre les caractéristiques biochimiques et sensorielles.....	55
3.3.1 Corrélations entre lipides et les grains déformés, le collant pendant la mastication et le résidu de mastication.....	56
3.3.2 Corrélations entre amidon et fermeté pendant la mastication .....	57
3.3.4 Corrélations entre amylose et éparpillement des grains, fermeté avant et pendant la mastication et résidu de mastication.....	57
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	59

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **ANNEXES**

## **RESUME**

## GLOSSAIRE

**ACP ou analyse en composantes principales :** technique d'analyse statistique, qui consiste à représenter au mieux les corrélations entre plusieurs variables aléatoires. Ce test permet ainsi de visualiser un espace à plusieurs dimensions à l'aide d'espaces de dimensions plus petites

**ANOVA :** appelé encore analyse de la variance est un test qui consiste à comparer plusieurs moyennes d'échantillons

**Biodisponibilité :** aptitude d'un nutriment ingéré dans un aliment à être mis à la disposition des organes ou cellules cibles où il doit exercer son action

**Corrélation :** dépendance entre deux phénomènes, indiquant un effet de causalité ou une fonction d'interdépendance

**Descripteurs :** ensemble des termes appropriés servant à décrire d'une manière convenable un produit alimentaire

**Digestibilité :** capacité d'un aliment à être hydrolysé pendant le transit et à donner naissance à des nutriments capables de traverser la paroi intestinale

**Glumes et glumelles :** pièces florales rigides qui enveloppent le riz paddy et qui sont détachés après des traitements technologiques tel que l'usinage et le pilonnage.

**Hygrométrie :** caractérise l'humidité de l'air, à savoir la quantité d'eau sous forme gazeuse présente dans l'air humide

**Kapoaka :** boîte vide de lait concentré de 300 ml servant de mesure du riz ; 3,5 kapoaka correspondent à 1kg de riz décortiqué

**Mohaka :** riz très mou et collant

**Mantamohaka :** riz cuit hétérogène ; une partie reste crue et une autre collante et molle.

**Organoleptique (ou sensoriel) :** caractère d'un critère d'un produit pouvant être apprécié par les organes de sens humains

**Profil sensoriel :** description à l'aide de descripteurs des propriétés sensorielles d'un échantillon dans leur ordre de perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété

**Pyriculariose :** maladie des organes aériens du riz (feuilles, tiges et panicules) due à des champignons (*Pyricularia oryzae*)

**Riz glacé :** riz usiné enrobé de fine couche de talc pour donner un éclat brillant sur les grains de riz et les rendre plus nutritifs

**Santabary :** évènement traditionnel durant la moisson où tous les villageois s'invitent pour célébrer la première récolte afin de renforcer les liens sociaux

**Tanety :** mot malgache désignant les sommets et les versants des collines. Sur les Hautes Terres malgaches, le riz pluvial est généralement cultivé sur les *tanety*

**Vary maina :** riz cuit jusqu'à absorption totale de l'eau de cuisson, de consistance assez ferme

**Vary sosoa :** riz cuit dans un excès d'eau, de consistance plus fluide et plus molle que le *vary maina*

**Tavy :** défrichement des terres.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Coupe transversale du paddy .....	5
Figure 2 : Riziculture irriguée .....	7
Figure 3 : Riziculture pluviale .....	7
Figure 4 : Carte des riz pluviaux cultivés à Madagascar .....	11
Figure 5 : Microscopie électronique de granules d'amidon de riz .....	13
Figure 6 : Les matériels d'étude sous forme de paddy et blanchi .....	19
Figure 7 : Préparation de la farine de riz .....	20
Figure 8 : Entraînement des jurys de dégustation .....	32
Figure 9 : Séance de briefing .....	32
Figure 10 : Préparation et cuisson du riz .....	33
Figure 11 : Structure microscopique des granules d'amidon des échantillons .....	39
Figure 12 : Caractéristiques sensorielles des échantillons .....	49
Figure 13 : Cercle de corrélation de l'ACP .....	51
Figure 14 : Cercle de corrélation des descripteurs .....	52
Figure 15 : Dendrogramme de CAH .....	52
Figure 16 : Corrélation entre PMG et la teneur en cendres des échantillons .....	54
Figure 17 : Corrélation entre la teneur en cendres brutes et le rapport L/l .....	55
Figure 18 : Corrélations positives entre lipides et a) grains déformés b) collant pendant la mastication c) résidu de mastication .....	56
Figure 19 : Corrélation entre amidon et fermeté pendant la mastication .....	57
Figure 20 : Corrélations négatives entre amylose et a) éparpillement b) fermeté visuelle c) fermeté pendant la mastication d) nombre de mastication .....	57

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Effet de la température (°c) sur la culture du riz.....	9
Tableau 2 : Teneurs (%) en quelques acides gras du riz.....	14
Tableau 3 : Caractéristiques des échantillons de riz.....	18
Tableau 4 : Préparation de la gamme de concentration en amylose .....	28
Tableau 5 : Raies de résonance .....	31
Tableau 6 : Rendement du riz blanchi des échantillons .....	34
Tableau 7 : Caractéristiques physiques des grains de riz .....	34
Tableau 8 : Caractéristiques biochimiques des échantillons.....	36
Tableau 9 : Comparaison des moyennes des teneurs en lipides des grains .....	36
Tableau 10 : Teneurs en amylose et en amylopectine de l'amidon .....	37
Tableau 11 : Comparaison de l'index glycémique suivant la teneur en amylose .....	38
Tableau 12 : Teneurs moyennes en protéines comparatives des échantillons de riz avec celles de la littérature.....	40
Tableau 13 : Comparaison de la teneur en protéines des variétés rouge et blanche de riz pluvial cru et cuit .....	41
Tableau 14 : Teneurs en acides aminés des protéines totales des échantillons en g pour 100g de MS .....	42
Tableau 15 : Teneurs en acides aminés des protéines totales des variétés de riz pluvial étudiées en g pour 100g de protéines .....	42
Tableau 16 : Teneurs en acides aminés indispensables des protéines des échantillons (en %).....	43
Tableau 17 : Scores chimiques des protéines des échantillons de riz selon le profil de référence des jeunes enfants âgés de moins de 2 ans.....	44
Tableau 18 : Scores chimiques des protéines des échantillons de riz selon le profil de référence des enfants plus de 2 ans et des adultes .....	44
Tableau 19 : Scores chimiques des protéines de quelques variétés de riz déjà étudiées.....	45
Tableau 20 : Teneur moyenne en cendres brutes de quelque riz pluvial de Madagascar.....	45
Tableau 21 : Teneurs en éléments minéraux des échantillons de riz (g pour 100g de MS).....	45
Tableau 22 : Teneurs moyennes en phosphore, en potassium et en calcium de quelques variétés de riz pluvial malgache .....	46
Tableau 23 : Comparaison des moyennes entre les variétés rouge et blanche par test ANOVA .....	46
Tableau 24 : Temps optimum de cuisson des échantillons.....	47

Tableau 25 : Gonflement à la cuisson .....	47
Tableau 26 : Temps de cuisson et gonflement de quelques variétés de riz pluvial de Madagascar .....	47
Tableau 27 : Temps de cuisson et gonflement des variétés rouges et blanches.....	48
Tableau 28 : Intensité moyenne des descripteurs pour chaque produit.....	48
Tableau 29 : Résultat du test ANOVA .....	50
Tableau 30 : Caractéristiques sensorielles comparatives du riz blanc et du riz rouge .....	53
Tableau 31 : Matrices de corrélation entre les variables physico-chimiques .....	54
Tableau 32 : Valeurs des coefficients de corrélation.....	55
Tableau 33 : Corrélation entre les variables physico-chimiques et sensorielles.....	56

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ACP</b>	: Analyse en Composantes Principales
<b>AFNOR</b>	: Agence Française de NORmalisation
<b>ANOVA</b>	: Analysis Of Variance
<b>CAH</b>	: Classification Ascendante Hiérarchique
<b>CIQUAL</b>	: Centre Informatique sur la qualité de l'aliment
<b>CIRAD</b>	: Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
<b>CUD</b>	: Coefficient d'Utilisation Digestive
<b>DRDR</b>	: Direction Régionale du Développement Rural
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
<b>FOFIFA</b>	: Foibempirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampanandrosoana ny Ambanivohitra (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural)
<b>INSTAT</b>	: Institut national de la statistique (Madagascar)
<b>LABASAN</b>	: Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition
<b>LAS</b>	: Laboratoire d'Analyse Sensorielle
<b>MAEP</b>	: Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche
<b>PSDR</b>	: Projet de Soutien au Développement Rural
<b>URP/ SCRID</b>	: Unité de Recherche en Partenariat/ Systèmes de Culture et Rizicultures Durable
<b>SPAD</b>	: Systèmes de production d'altitude et durabilité
<b>Fa</b>	: Fofifa

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : La norme Codex Alimentarius

Annexe 2 : La machine SB 30

Annexe 3 : Les valeurs de a, b et r utilisées pour le calcul de la composition en acides aminés  
des grains de riz

Annexe 4 : L'origine de quelques échantillons de riz utilisés comme matériels d'étude

Annexe 5 : Les 7 descripteurs étudiés pour décrire la texture du riz cuit

Annexe 6 : La conduite de l'étude de la texture du riz cuit

Annexe 7 : Fiche test sensoriel : analyse descriptive

Annexe 8 : L'illustration de l'ACP

# *Introduction*

Madagascar est le seul pays producteur de riz dans la zone de l'Océan Indien. La riziculture a toujours été au centre des systèmes de production malgache ; c'est une culture traditionnelle ancestrale. Elle occupe près de 45% des terres cultivables apportant deux à trois récoltes par an, selon les différentes variétés de riz, fort nombreuses à Madagascar (INSTAT/DSM, 2011). Pourtant, le climat forme un facteur limitant pour cette culture comme le cas de la partie Sud de Madagascar, déficitaire en cette denrée alimentaire.

Au titre de l'année 2012, la production de paddy, enregistré au niveau des 22 Direction Régionale du Développement Rural (DRDR) de Madagascar pour la campagne 2011/2012, est estimée à environ 5.803 700 tonnes, avec un rendement de 3,24 tonnes/ha, contre 5.886 100 tonnes en 2011, soit une diminution de l'ordre de 1,40%, attribuée particulièrement aux effets des aléas climatiques et des ravageurs des cultures (Razafindraibe et Ravelomanantsoa, 2010). Vu ces rendements annuels, l'autosuffisance du riz à Madagascar est encore un défi majeur pour l'état malgache. Alors pour combler cette nécessité, les cultures pluviales prennent place aujourd'hui, surtout dans les régions des hautes terres de Madagascar. Comme la superficie rizicole malgache est estimée à 1.330 000 hectares, environ 20% est en système pluvial (MAEP, 2005).

Le riz est la principale source alimentaire des malgaches avec une consommation considérable. Pour eux, « le riz, c'est la vie » (FAO, 2004). La consommation annuelle de cette céréale est classée parmi les plus fortes du monde, évaluée à 105kg /capita (Badjeck *et al.*, 2013). Cette denrée est consommée tous les jours, souvent trois fois : le matin, le midi et le soir, avec deux modes de cuisson qui diffèrent selon la quantité d'eau (le *vary soso*a et le *vary maina*). Sur la forme de cuisson se posent les critères de choix à l'achat liés aux caractéristiques des grains crus. On note qu'il y a une dualité entre ces critères de qualité, ceux qui sont recherchés dans l'une des préparations sont rejetés dans l'autre (Andrianarison, 2006). En plus de cela, il y a aussi les critères liés à la cuisson proprement dite. Ce sont surtout le comportement à la cuisson et les caractéristiques du riz cuit évalués lors de l'usage et de la consommation (Rahanitrarivony, 2013). Par ailleurs, le critère de qualité varie selon l'exigence du consommateur.

Si le riz constitue la base de l'alimentation malgache, il tient également une place importante dans les traditions, les coutumes, le langage ... La période de récolte du riz déclenche des festivités et permet de resserrer les liens sociaux. C'est le *santabary* pour les Malgaches.

Depuis des décennies, le riz est l'une des céréales faisant l'objet de nombreux travaux de recherche. Cependant, ces derniers sont souvent orientés vers des variétés hybrides par souci d'amélioration du rendement, de résistance aux différentes maladies. S'agissant de qualité du riz, les données sont encore rares malgré les normes internationales en matière de commerce pour cette céréale. En effet, le développement de filières de qualité est un enjeu de recherche qui va de l'organisation de la production jusqu'à la perception de la qualité par les consommateurs. Néanmoins, la texture du riz cuit comprenant, son gonflement, sa fermeté et son caractère collant en particulier, est un critère important pour prédire l'appréciation des consommateurs. Elle conditionne l'acceptation ou le rejet d'une variété de riz parmi d'autres (CIRAD, 2005).

L'URP/ SCRiD, associant l'Université d'Antananarivo, le CIRAD et le FOFIFA cherche à améliorer la productivité et la qualité du riz pluvial. Dans ce thème s'insère le présent travail qui a comme objectif principal de contribuer à la constitution des échantillons de référence sur la qualité du riz pluvial malgache. Plus spécifiquement, il s'agit de poursuivre les travaux de recherche initiés depuis quelques années sur la qualité du riz en mettant en évidence les différences et/ou les similitudes entre plusieurs variétés de riz selon leurs caractéristiques intrinsèques et selon les préférences des consommateurs.

Ainsi, après cette introduction générale, ce travail comprend quatre parties, à savoir :

- La revue bibliographique pour permettre de mieux comprendre l'étude de la qualité du riz pluvial malgache.
- La méthodologie qui aborde les matériels et les méthodes adoptées pour la réalisation des différentes activités.
- L'interprétation et les discussions des résultats obtenus.
- La conclusion générale

***Synthèse***  
***bibliographique***

## 1. GENERALITES

Le riz est une céréale annuelle des régions chaudes et représente la richesse des tropiques (ENCARTA, 2005). C'est une des plantes vivrières la plus cultivée et la plus consommée dans le monde.

### *1.1 Historique du riz*

L'ancêtre du riz cultivé serait apparu en Asie il y a 40 millions d'années. Sa domestication par l'homme remonte à plus de 9000 ans pour le riz asiatique et 4000 ans pour le riz africain (ST Claire, 1987 ; CIRAD, 2002).

Le riz a été introduit à Madagascar par les Malais venant de l'Indonésie au IV<sup>ème</sup> siècle. D'autres revues indiquent que ces groupes de personnes l'introduisirent 1000 ans avant Jésus-Christ dans le Sud-Ouest de l'Ile (CIRAD, 2002). Vers 1700, le célèbre riz de Caroline des États-Unis correspond à une variété de riz de Madagascar introduite en Amérique par un capitaine navigateur (Le Boudiec, 1974).

Pourtant, le nom *vary* vient du sanscrit *vrihi* qui a été également à l'origine de *vari* dans certains dialectes malais (Angladette, 1966 ; Fofifa, 1989).

### *1.2 Présentation du riz*

#### *1.2.1 Systématique (Tateoka, 1963)*

Le riz appartient au :

Règne : Plantae  
Sous-règne : Tracheobionta (vasculaire)  
Division : Magnoliophyta (angiospermes)  
Classe : Liliopsida (monocotylédones)  
Sous-classe : Commelinidae  
Ordres : Cypéales  
Famille : Poaceae (anciennement appelées graminées)  
Tribu : Oryzées  
Genre : *Oryza*  
Espèce : *sativa*  
Nom anglais : Rice  
Nom français : riz  
Nom malgache : *vary*

Deux espèces de riz existent à travers le monde :

- *Oryza sativa*, originaire d'Asie, la plus cultivée et que l'on trouve dans le monde entier. Cette espèce s'est différenciée en deux sous-espèces selon leurs caractéristiques morphologiques et physiologiques :

i) le groupe *Indica* à grain demi-rond à long, à tallage fort, adapté au climat tropical, chaud et humide, généralement sensible à la photopériodique. Il est remarquable par ses grains cristallins (sans amidon) et son cycle végétatif long.

ii) le groupe *japonica* à grain rond à long, à tallage faible qui pousse majoritairement sous climat tempéré, insensible à la photopériodique et plus tolérant au froid (Glaszmann *et al.*, 1984). C'est un riz amidonneux et ayant un cycle végétatif court.

- *Oryza glaberrima*, originaire d'Afrique occidentale que l'on ne trouve que dans cette partie du monde.

### *1.2.2 Structure d'un grain de riz*

Le grain de riz est le fruit obtenu après fécondation de l'ovaire. Puisque le riz est une céréale vêtue, le riz paddy est enveloppé de deux pièces florales rigides qui sont les glumes et les glumelles. Ces enveloppes sont détachées après traitement technologique tel que l'usinage ou pilonnage en donnant respectivement du riz usiné ou du riz pilonné. Le riz cargo est le grain débarrassé de ses enveloppes externes, après décorticage. Le riz blanchi est le grain débarrassé de ses téguments après blanchissage. Sur la partie externe du grain, on trouve le péricarpe. Ce péricarpe coloré en rouge donne les variétés dites "riz rouge " et cette couleur disparaît plus ou moins pendant l'opération de blanchiment (Dufournet, 1965). La partie comestible du riz, le caryopse, est constituée de trois parties : l'enveloppe, l'albumen et l'embryon ou germe.

L'enveloppe, constituant le son, est riche en différents nutriments : teneur non négligeable en protéines (7%), en lipides (2%), en éléments minéraux, en vitamines du groupe B (à l'exception de vit B12) et très élevée en fibres (cellulose, hémicellulose et lignine).

L'albumen ou l'endosperme comprend de l'extérieur vers l'intérieur différentes couches de cellules : la couche d'aleurone et subaleurone riche en protéines et en lipides et d'autres couches de cellules amylacées.

La couche d'aleurone recouvre la partie inférieure de l'albumen qui forme le germe. Ce dernier se détache plus facilement et constitue un organe de réserve riche en protéines et en lipides.

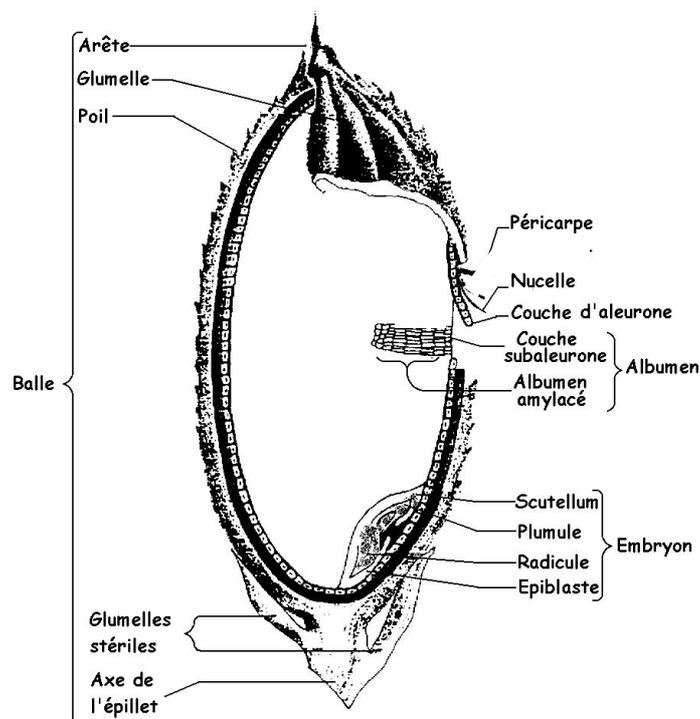


Figure 1 : Coupe transversale du paddy

Le riz cargo est composé de couches externes du péricarpe, du tégument et du nucelle, ainsi que du germe et de l'albumen ce qui le rend plus nutritif (Juliano et Bechtel, 1985).

### ***1.3 Classification***

Il n'y a pas encore une classification universelle pour le grain de riz. Plusieurs façons peuvent être utilisées. Cependant, la classification courante se réfère aux critères morphologiques dont la couleur et la forme du grain.

#### *1.3.1 Classification selon la couleur*

La couleur du caryopse est un des critères de classification. D'après cette couleur, on peut distinguer quatre principaux types de riz :

- le **riz brun** : ou riz complet est un riz entier débarrassé de son enveloppe extérieure fibreuse et non comestible, la balle, mais conserve le son et le germe (l'embryon) qui le rend

plus nutritif que le riz blanc. En Europe, on nomme souvent ce type de riz : « riz cargo » car il est principalement transporté par voie maritime

- le **riz rouge** : c'est un riz avec une couche de son rouge
- le **riz noir** : reconnu par la présence d'une fine couche de son noir. Sous le son se trouve un grain blanc
- le **riz blanc** : ce type de riz est décortiqué et poli. Il a perdu une grande partie de ses éléments nutritifs et contient notamment beaucoup moins de niacine, de thiamine, de magnésium, de zinc, de fer et de fibres que le riz brun. Dans certains pays, dont les États-Unis, il est enrichi en donnant du « riz poli » ou du « riz glacé » (Ekopédia ; Cirad/Gret/MAE, 2002).

### *1.3.2 Classification selon la morphologie*

Le format d'un grain de riz blanchi est défini par sa longueur, sa largeur et le rapport longueur/largeur (L/l).

On peut citer quatre types de grains par rapport à ses dimensions selon la classification Européenne, 1988:

- Le **riz à grain long** : 3 fois plus long que large (supérieur à 6mm) qui se subdivise en deux catégories selon le rapport longueur/largeur : le type long B si le rapport longueur/largeur est supérieur à 3 et le type long A avec un rapport longueur/largeur supérieur à 2 et inférieur à 3. Il est léger, non collant et se sépare facilement après cuisson.
- Le **riz à grain moyen** : 2 à 3 fois plus long que large (longueur < 6mm et rapport longueur/largeur < 3), plus court et plus gonflé que le riz à grain long.
- Le **riz à grain court** : ou riz à grain rond est presque aussi large que long (longueur < 5,2mm et rapport Longueur/largeur < 2).

### *1.3.3 Classification selon le taux de brisure*

Outre ces classifications classiques, le taux de brisure est un des facteurs considérés par les consommateurs pour qualifier le type de riz. Il y a ce qu'on appelle « riz de qualité supérieure » quand le taux de brisure est au maximum 5%. Il y a aussi le « riz de second choix » qui contient au maximum 50% de brisures.

## **1.4 Mode de culture**

Le riz est un produit agricole allégorique de Madagascar avec deux modes de cultures pratiquées qui sont la riziculture irriguée (Figure 2) et la riziculture pluviale (Figure 3).



Figure 2 : Riziculture irriguée



Figure 3 : Riziculture pluviale

### *1.4.1 La riziculture irriguée ou riziculture aquatique*

Ce mode de culture englobe toute culture de riz qui se pratique en sol de rizière sous une lame d'eau durant tout le cycle cultural. Les écosystèmes aquatiques représentent 88% des superficies totales en culture de riz (CIRAD-GRET, 2002). La riziculture aquatique se subdivise en deux sous-types :

- la riziculture irriguée : elle représente 55% des superficies rizicoles mondiales. Elle nécessite une maîtrise parfaite de l'eau car les dates d'arrivées et de retraits ainsi que la hauteur de la lame d'eau doivent être contrôlées (Courtois, 1998).
- la riziculture inondée : contrairement à la riziculture irriguée, on ne se soucie ni des dates d'arrivées et de retraits, ni de la hauteur de la lame d'eau. En d'autres termes c'est une culture aquatique sans maîtrise d'eau (Mémento de l'Agronome, 1974).

On note que Madagascar est le deuxième pays d'Afrique Subsaharienne en termes de superficie irriguée : 1 million d'Ha soit 30% de terres agricoles.

### *1.4.2 La riziculture pluviale ou riziculture de montagne*

C'est une culture sans submersion et alimentée par les pluies ou par la nappe phréatique.

## **1.5 Généralités sur le riz pluvial**

### *1.5.1 Le riz pluvial dans le monde*

Il y a environ 150 millions d'hectares de rizières dans le monde. La riziculture pluviale occupe 40% de cette superficie totale (FAO, 2007). Le rendement obtenu en système pluvial

est généralement faible, il se situe en moyenne aux environs d'une tonne de paddy à l'hectare. Cependant, il compose la majorité du riz cultivé dans certaines parties de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique du Sud (Seebold *et al.*, 2004).

### *1.5.2 Le riz pluvial à Madagascar*

Pour répondre aux besoins croissants de riz à Madagascar, les malgaches ont recours à la culture pluviale. Cette culture est traditionnellement pratiquée dans des systèmes itinérants d'abattis de brûlis pour la culture sur *tavy* (Courtois, 1998).

La superficie rizicole malgache est estimée à 1.330.000 hectares dont environ 20% est en système pluvial (MAEP, 2005). Le riz pluvial cultivé à Madagascar comporte de nombreuses variétés locales et quelques variétés améliorées.

### *1.5.3 Appréciation du riz pluvial par les malgaches*

La présence du riz pluvial sur le marché est à la fois très saisonnière et de courte durée, quelquefois masquée par le mélange avec d'autres types de riz (Guyou, 2003 ; Razanantoanina, 2003). Les seuls connaisseurs du riz pluvial sur le marché sont majoritairement ceux qui ont déjà résidé en campagne. Concernant la qualité, ses caractéristiques sont plutôt masquées par ses défauts notamment sa difficulté à cuire et à digérer. D'ailleurs, la dureté de ses grains est une des caractéristiques inhérentes au riz pluvial (Ramarolahy, 2006).

### *1.5.4 Ecologie*

Le riz pluvial se distingue par son cycle de production plus court (cycle de 90 à 120 jours). En moyenne, le calendrier de culture se divise en 3 principales étapes qui se répartissent comme suit (Rafenomanjato, 2011) :

- du semis au tallage : 20 à 25 jours
- du tallage à la montaison : 35 jours
- de la montaison à la maturité : 40 à 65 jours

La récolte se fait en une fois et le rendement maximum peut atteindre jusqu'à 4 tonnes par hectare. Il représente donc un riz précoce qui réduit la période de soudure (FAO, 2007 ; Fomba, 2007).

Comme les autres plantes, les facteurs pédoclimatiques ont chacun ses effets plus ou moins importants sur le développement du riz.

➤ **Les facteurs liés au climat**

La riziculture est une plantation sensible au changement climatique. Plusieurs facteurs peuvent être considérés pour avoir un meilleur rendement :

- Effet de la **température** : chaque phase de développement végétatif a ses exigences propres en chaleur et en lumière. Il existe une température minimum, optimum et maximum de végétation présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Effet de la température (°C) sur la culture du riz

Phase végétative	Température min	Température opt	Température max	Température létale
<b>Germination</b>	14-16	30-35	42	50
<b>Tallage</b>	16-18	28-30	-	-
<b>Floraison</b>	22	27-29	-	-
<b>Maturation</b>	-	25	-	-

Température min : *température minimale*

Température opt : *température optimale*

Température max : *température maximale*

- Effet de la **lumière** : la culture pluviale est dite une plante de lumière. L'optimum est de l'ordre de 500 calories/cm<sup>2</sup>/jour.
- Le besoin en **eau** : il s'élève et croît avec l'âge de la plante. En culture sèche, il faut 1000 à 1800 mm pendant la période végétative. Les fortes pluies sont nuisibles à l'épiaison et en période de moisson.
- L'**hygrométrie** : la période de floraison est la plus exigeante qui nécessite 70 à 80% d'hygrométrie.

➤ **Le facteur sol**

Cette céréale peut s'adapter dans tout type de sols, de plaine, de *tanety* et sur bas pente mais il ne peut pas pousser sur des sols très sableux.

➤ **Les conditions de fertilisation**

La fertilisation est une opération qui consiste à incorporer des engrais organiques et inorganiques dans le sol pour améliorer sa productivité et obtenir une croissance et un rendement meilleur des cultures. Le riz pluvial est plus exigeant du point de vue fertilisation que le riz irrigué. Les sols de culture pluviale stricte manquent souvent de matières organiques dont les agriculteurs doivent prendre en compte pour la bonne pratique. L'apport d'engrais vert, de déchets végétaux et de fumier de ferme dans le sol est important pour :

- augmenter sa capacité de rétention hydrique et sa capacité d'échange cationique,
- améliorer sa structure et le taux d'infiltration de l'eau,
- apporter des éléments nutritifs aux plantes,

Tandis que la fumure minérale de son côté servira à couvrir les besoins en éléments nutritifs de la plante (azote, phosphore, potassium et autres). Les quantités d'engrais minéral à apporter peuvent ainsi être réduites, mais ne doivent pas être supprimées par l'apport d'engrais organiques ou d'engrais verts. Il est à remarquer que presque tous les sols de riz pluvial ont une faible teneur en azote.

#### *1.5.5 Variétés de riz pluvial cultivées à Madagascar*

En 1966, les collections du Lac Alaotra comptent plus de 1300 variétés, ce qui montre le nombre considérable de variétés de riz existant à Madagascar. Aujourd'hui, le FOFIFA a pu recenser plus de 3 000 lignées après une évolution de la création variétale dirigé par les sélectionneurs du riz à Madagascar.

Les variétés de riz cultivées et adaptées à Madagascar selon les régions sont récapitulées dans la carte de riz créée par le FOFIFA :

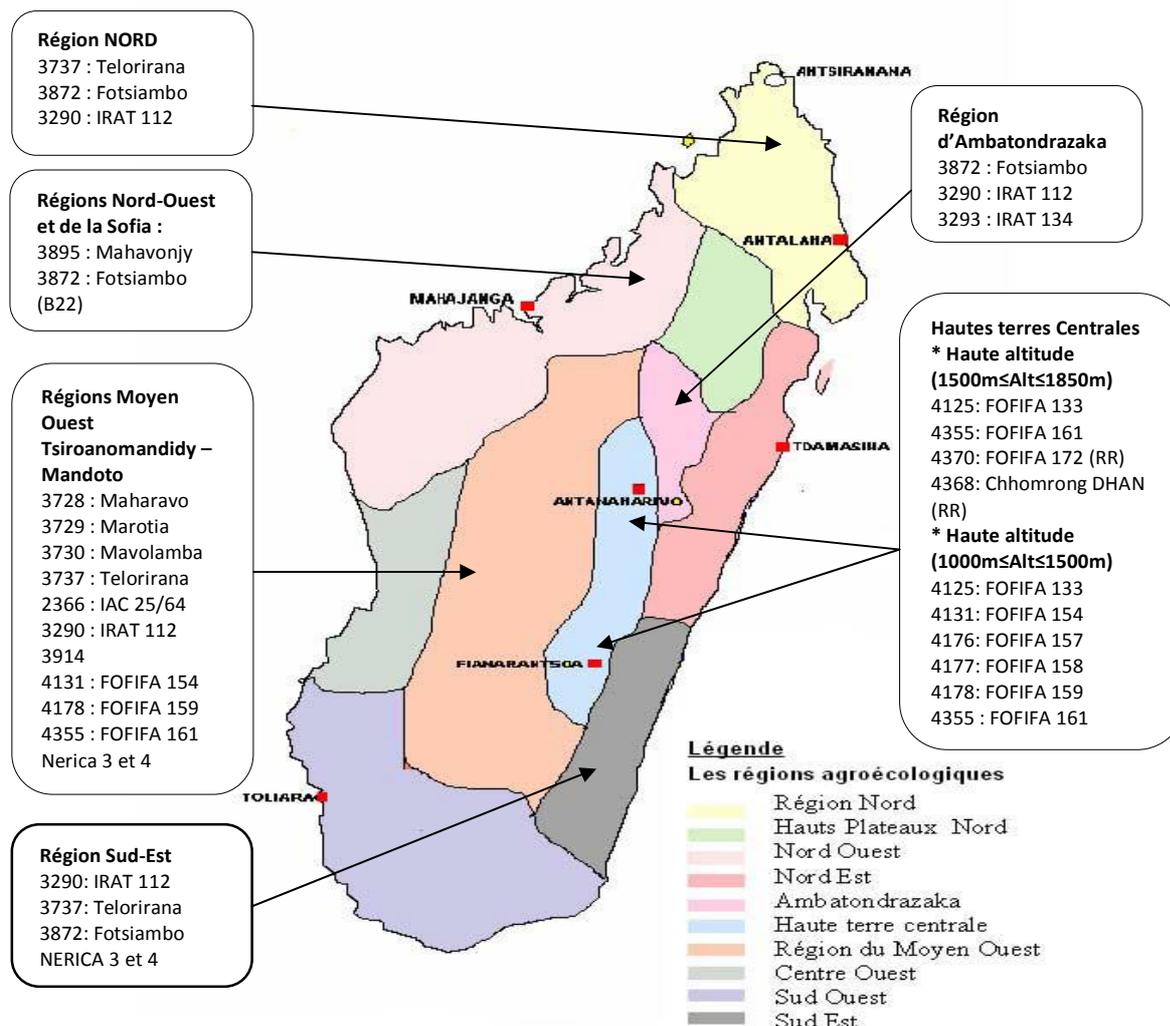


Figure 4 : Carte des riz pluviaux cultivés à Madagascar (Source : FOFIFA, 2008)

## 2. QUALITE DU RIZ

La qualité est une notion complexe, définie par l'International Organization for Standardisation (ISO) comme : « ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit, d'un processus ou d'un service qui lui confère son aptitude à satisfaire des besoins implicites et explicites ». D'après Nicolas et Valceschini, 1993, la qualité est une construction sociale, une notion polysémique et arbitraire.

En général, 4 composantes complémentaires déterminent la qualité d'une denrée alimentaire :

- la qualité nutritionnelle qui est définie par l'aptitude de l'aliment à nourrir c'est-à-dire la satisfaction des besoins énergétique et nutritionnelle aussi bien sur le plan qualité que sur le

plan quantité. Lors de la transformation de l'aliment, la digestibilité et la biodisponibilité des nutriments que ce soit énergétique ou micronutriments doivent être considérées.

- la qualité organoleptique, appelée aussi qualité sensorielle ou encore qualité psychosensorielle, basée sur la perception des consommateurs vis-à-vis de ses 5 organes de sens (le goût, l'odorat, le toucher, l'ouïe et la vue).

- la qualité hygiénique, prise en compte pour assurer la sécurité et la salubrité d'un aliment pour éviter tout risque d'intoxication alimentaire. Pour le cas de Madagascar, la qualité des produits alimentaires est encore mal connue. Les normes ne paraissent pas une garantie suffisante, soit elles n'existent pas, soit leurs moyens de vérification ou de sanction sont insuffisants pour qu'elles soient appliquées (<http://www.cirad.mg>). Pourtant en 1995, la commission du Codex Alimentarius a entériné les normes de qualité et de sûreté sanitaire pour le riz destiné à la consommation humaine : Normes du Codex pour le Riz (CODEX ALIMENTARIUS, 1995 ; FAO, 2004).

- Enfin la qualité marchande qui concerne essentiellement le rapport qualité-prix du riz. Les autres critères de qualité contribuent également à cette qualité (Andriantahiana, 2012). La qualité marchande est en rapport avec la qualité nutritionnelle et la qualité hygiénique du riz. Le riz bio est largement plus cher que les autres variétés de riz.

En 2013, William *et al.* affirment que la qualité du riz est basée sur les propriétés chimiques et physiques qui affectent son apparence, sa saveur et sa texture.

## **2.1 Qualité nutritionnelle**

La qualité d'un aliment, du point de vue nutritionnel, dépend de sa composition chimique (glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux) mais aussi d'un nombre important de facteurs tels que la disponibilité digestive et métabolique des nutriments. Elle dépend des modifications subies au cours des traitements culinaires et technologiques (cuisson, ajout d'additifs, etc.). Ces modifications peuvent être bénéfiques ou néfastes à l'aliment (Raveloson, 2003).

Le riz est un aliment énergétique fournissant 350 à 380Kcal pour 100g en fonction de l'humidité du grain. Parmi les différents produits d'usage, le son de riz est la plus énergétique avec 399 à 476Kcal pour 100g. Ce sous-produit de riz semble la fraction d'usage la plus nutritive (Raolison, 2014).

### *2.1.1 Les matières hydrocarbonées*

Les glucides du riz se présentent sous différentes formes :

- L'amidon, principale composante du riz usiné, constitué essentiellement de l'amylose et de l'amylopectine.
- Les sucres simples comprenant le raffinose, le glucose, le fructose et l'inositol
- Les sucres complexes : la cellulose, l'hémicellulose et la lignine

#### ▪ **L'amidon**

Les glucides digestibles, s'agissant principalement d'amidon, se trouvent uniquement dans l'albumen. L'amidon représente 70 à 90% de l'extrait sec du riz. Il confère au riz la plupart de ses propriétés physiques et chimiques. Sur le plan botanique, c'est la principale substance glucidique de réserve synthétisée par les végétaux supérieurs à partir de l'énergie solaire. Du point de vue biochimique, c'est un homopolymère du D-glucose à liaison  $\alpha$ -(1-4) et il se compose habituellement d'une fraction essentiellement linéaire, l'amylose, et d'une fraction ramifiée, l'amylopectine.

#### ❖ Structure de l'amidon de riz

L'amylose et l'amylopectine s'organisent en couches pour former les granules d'amidon. Des lames semi-cristallines et des lames amorphes s'alternent et forment les cercles concentriques d'un granule (Vandeputte *et al.*, 2004). La taille et la forme des granules dépendent de la variété dont a été extrait l'amidon (Singh *et al.*, 2002). Ils sont identifiés par :

- leur forme : ovoïde, sphérique et polyédrique ;
- leur taille : de 5  $\mu$ m dans le riz à 10  $\mu$ m dans la pomme de terre (fécule).

Parmi les céréales, les grains d'amidon de riz sont les plus petits. Ils font de 2 à 12  $\mu$ m (Kent, 1975). Leur surface est lisse, mais ils présentent des formes angulaires ou polygonales (Figure 5).

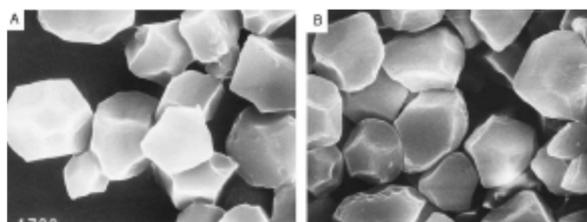


Figure 5 : Microscopie électronique de granules d'amidon de riz (Kent, 1975)

Les propriétés des granules d'amidon dépendent principalement de la composition chimique de l'amidon en amylose et amylopectine (Singh *et al.*, 2002).

### 2.1.2 Les protéines

Le riz usiné renferme plusieurs fractions de protéines : 15% d'albumine (soluble dans l'eau) et globuline (soluble dans les sels), de 5 à 8% de prolamine (soluble dans l'alcool) et le reste de glutéline (soluble dans les alcalis). La partie externe du caryopse contient beaucoup plus de protéines que les autres parties du grain. De ce fait, l'usinage mal conduit peut influencer la teneur en protéines du riz. En outre, plusieurs facteurs doivent être considérés tels que la fertilisation du sol surtout azotée, le facteur génétique et le facteur climatologique.

Les protéines du grain de riz diffèrent également par le mode de culture. Le riz pluvial semble plus riche en protéines que le riz irrigué. De par la composition en acides aminés essentiels, les protéines du riz sont considérées comme ayant une bonne valeur biologique mais la lysine reste le facteur limitant quel que soit le mode de culture, irrigué ou pluvial (Juliano, 1985b ; Ralambofetra et Rakotovao, 1986 ; Rahanitrarivony, 2013).

### 2.1.3 Les lipides

Le riz est parmi les céréales qui ont une faible teneur en lipides. Soixante-dix pour cent de ses lipides se trouvent dans la partie externe du grain dont le 1/3 est dans l'embryon (Ralambofetra, 1983). La teneur en lipides du riz cargo varie de 0,6 à 4% alors que le riz blanchi n'en contient que 0,2 à 2,7%. Selon le mode d'usinage, le riz pilonné est plus riche en lipides que le riz usiné (Rahanitrarivony, 2013).

La valeur lipidique d'un aliment dépend de leur composition en acides gras outre ces apports en vitamines liposolubles : A, D, E et K. Pour le riz, les acides gras dominants sont l'acide palmitique, l'acide linoléique et l'acide linoléique dont la concentration est différente suivant les conditions de culture.

Le tableau 2 ci-après représente les teneurs respectives en acides palmitique, linoléique et en linoléique du riz irrigué blanchi et du riz pluvial blanchi.

Tableau 2 : Teneurs (%) en quelques acides gras du riz

Type de riz	Ac.palmitique	Ac.linoléique	Ac. linoléique
Riz pluvial	20	36	37
Riz irrigué	24	33	34

Source : Ralambofetra, 1983

Comme les protéines, les lipides sont localisés en forte concentration dans la partie externe du caryopse ce qui devrait limiter l'usinage aux couches externes.

#### *2.1.4 Les éléments minéraux*

Les minéraux sont concentrés dans les couches extérieures du riz cargo ou dans la fraction constituée par le son. Dans le riz cargo, les minéraux sont répartis à raison de 52% dans le son, 10% dans le germe, 10% dans les résidus de polissage et 28% dans la fraction correspondant au riz usiné avec une distribution identique pour le fer, le phosphore et le potassium (Resurrección *et al.*, 1979). Le riz usiné retient 63% du sodium, 74% du calcium et 83% de la teneur en azote (Juliano, 1985b).

#### *2.1.5 Les vitamines*

Le son de riz renferme beaucoup plus de vitamines que les autres fractions d'usage (Raolison, 2014). Les teneurs en vitamines B et E sont plus élevées dans le son ; 65% de thiamine du riz cargo se trouvent dans le son, 13% dans les résidus de polissage et 22% dans la fraction de riz usiné. Les valeurs correspondantes pour la riboflavine sont 39% dans le son, 8% dans les résidus de polissage et 53% dans le riz usiné. Pour la niacine, la répartition est la suivante : 54% dans le son, 13% dans les résidus de polissage et 22% dans la fraction de riz usiné (Rajaonarison, 2004). Il est à remarquer que le grain de riz ne contient ni vitamine A, ni vitamine D, ni vitamine C.

### **2.2 Qualité organoleptique**

La texture est le premier indicateur de qualité organoleptique du grain de riz suivie du goût et de la couleur qui sont liés entre eux. Pourtant, la qualité organoleptique du riz peut être évaluée par une combinaison de descripteurs qui définissent ainsi sa propriété sensorielle (William *et al.*, 2013). Ainsi, pour décrire la texture du riz cuit, Rahanitrarivony (2013) a défini 7 descripteurs qui sont fondés i) sur l'appréciation visuelle (éparpillement des grains, fermeté visuelle et grains déformés), ii) sur l'appréciation pendant la mastication (collant, fermeté, nombre et résidu de mastication). Pour évaluer cette texture, l'analyse sensorielle faisant intervenir les organes de sens est la méthode de choix (AFNOR, 1992 ; Elias *et al.*, 2003). En vue d'obtenir des résultats fiables et valides, il faut constituer un panel pour l'analyse sensorielle qui doit être considéré comme un « instrument de mesure » scientifique (Lefebvre et Bassereau, 2003). Les tests faits avec ce panel sont réalisés dans des conditions contrôlées, en se servant de plans d'expériences et d'analyses statistiques bien conçues.

### **2.3 Qualité hygiénique**

Trois types de dangers à savoir biologiques, chimiques et physiques peuvent être rencontrés dans les aliments.

✓ Les dangers biologiques

C'est la contamination par les microbes, les insectes, les déjections des souris et des rats, les cheveux, les poils,...

✓ Les dangers chimiques

C'est la contamination par les engrais, les pesticides, les produits de détergence, les produits chimiques utilisés contre les rongeurs et les insectes, etc.

✓ Les dangers physiques

C'est la contamination due aux débris de matériel, aux cailloux, au sable, etc (Noeli, 2010).

Concernant le grain de riz, l'indice de la qualité hygiénique correspond à la détérioration par les microorganismes lors du mauvais séchage qui influe aussi sur le stockage. Le riz, comme les autres céréales, est très sensible aux variations de température et d'humidité relative. Plus les grains doivent être stockés longtemps, plus le taux d'humidité doit être faible. Un taux d'humidité de 13% équivalent à une activité de l'eau  $\leq 0,75$  est souhaitable pour un stockage de 8 à 12 mois (Nguyen, 2007); au-delà d'une année, il ne doit pas dépasser 9%. Les grains ayant un taux d'humidité supérieur à 14% moisissent rapidement.

Le riz étant la base de l'alimentation de nombreuses parties du monde, il est nécessaire que le bol de riz quotidien soit de bonne qualité. Ainsi, la commission du codex Alimentarius a édicté une nouvelle norme internationale pour définir les critères de qualité destinés à sécuriser les consommateurs, pour des soucis d'hygiène, à partir d'*Oryza sativa L.* uniquement (CODEX ALIMENTARIUS, 1995 ; FAO, 2004). Cette norme est détaillée dans l'annexe 1.

### **2.4 Critères de qualité du riz**

Selon Dabat *et al.* (2008), la qualité pour les consommateurs est multidimensionnelle : dimensions nutritionnelles (composition quantitative et qualitative en nutriments), sanitaire ou hygiénique (absence de composants chimiques nocifs à la santé, propreté bactériologique...), fonctionnelle ou d'« usage » (divers services inclus dans le produit), organoleptique ou psychosensorielle, gustative et culturelle, sociale et symbolique.

Pour le cas des consommateurs malgaches, les critères de qualité du riz peuvent être groupés en deux catégories :

- ceux qui sont perçus par les riziers : teneur faible en brisure, absence de paddy, de poussière, de son et de grain verdâtre
- ceux qui sont perçus par les consommateurs et les cuisiniers, et pouvant être subdivisés en deux attributs :
  - attributs de connaissance relatifs aux propriétés du riz (absence de cailloux, de grains noirs, de poussière, de son et de paddy), aux défauts du grain (brisure, humidité et grains verts) et aux caractéristiques du grain cru (taille/forme, couleur, translucidité et opacité).
  - attributs d'expérience relatifs au comportement à la cuisson (gonflement, le *mohaka*, le *mantamohaka* et le temps de cuisson), aux caractéristiques du grain cuit (goût sucré, goût laiteux, goût astringent, riz sans goût, éparpillement et fermeté), à la digestibilité (tenue au ventre, rassasiement et facilité à digérer).

Par ailleurs, le choix des consommateurs lors de l'achat est généralement lié aux plats à préparer qui sont le *vary maina* et le *vary sosoa* (Randrianaivo, 2004 ; Andrianarison, 2006 ; Sangar, 2011 ; Rahanitrarivony, 2013).

### **3. FACTEURS DE QUALITE**

On appelle facteurs de qualité ceux qui peuvent influencer sur la qualité du riz. Divers facteurs influent notablement sur la qualité du riz. On peut citer :

- les caractéristiques variétales propres du riz liés à son patrimoine génétique : la morphologie du grain, la couleur, la dureté des glumes et des glumelles (qui influe particulièrement sur le décorticage), le goût et le comportement au cours de la cuisson ;
- la conduite de la culture du riz : celle-ci conditionne essentiellement la présence de grains étrangers (grains noirs) et de grains verts ;
- la conduite des opérations post-récolte tel que le séchage, l'usinage, le stockage : celle-ci conditionne la propreté, l'humidité et le taux de brisure du riz (Randrianaivo, 2004).

***Matériels***  
***et***  
***méthodes***

## 1. MATERIELS D'ETUDE

### 1.1 Choix des variétés de riz pluvial

Les matériels d'étude ont été fournis gracieusement par les chercheurs sélectionneurs du riz du SCRID (Fofifa et Cirad) Antsirabe. Il s'agit d'une part, de six (6) échantillons de riz déjà vulgarisés auprès des riziculteurs : Fa 161, Fa 171, Fa 172, Fa 152, Fa 154 et Chhomrong Dhan et d'autre part, de deux (2) nouvelles variétés : Scrid 186 et le Fa 173.

Leurs caractéristiques distinctives sont récapitulées dans le tableau 3.

Tableau 3: Caractéristiques des échantillons de riz

Nom de variétés	Origine géographique	Origine génétique		Couleur des grains
		Parent femelle	Parent mâle	
Fofifa 152	Madagascar	Latsidahy	Fofifa 62	Blanc
Fofifa 154	Madagascar	Latsibavy	Fofifa 62	Blanc
Fofifa 161	Madagascar	IRAT 114	Fofifa 133	Blanc
Fofifa 171	Madagascar	Chhomrong Dhan	SLIP 48-M-1	Rouge
Fofifa 172	Madagascar	IRAT 265 57-2	JumliMarshi	Rouge
Fofifa 173	Madagascar	Chhomrong Dhan	?	Rouge
SCRID 186	Madagascar	Chhomrong Dhan	F 172	Rouge
Chhomrong Dhan	Népal	Variété irriguée traditionnelle du Népal		Rouge

 : Variétés ayant un lien de parenté

Les échantillons, 3Kg de chaque variété, ont été fournis sous forme de paddy (Figure 6). Ils sont tous de la récolte 2014, et ont été cultivés sur le même type de sol avec une altitude entre 1300m à 1800m. Ces échantillons ont été traités avec des fumures sans intrants minéraux mais cinq variétés : Fofifa 161, Fofifa 171, Fofifa 172, Fofifa 173 et Chhomrong Dhan ont été issues d'un même essai de fertilisation. Après récolte, ils ont été séchés de façon traditionnelle par la méthode de séchage la plus courante et la plus économique, c'est-à-dire, au soleil puis stockés dans un magasin de stockage non conditionné.

Fofifa 152 et Fofifa 154 ont été choisis particulièrement car d'après les sélectionneurs, ils sont apparus comme étant très appréciés par les paysans par leur goût aussi bien que par leurs grains longs.

## 1.2 Transformation des échantillons

Les échantillons ont été transformés par une nouvelle machine décortiqueuse, SB 30, issue d'une technologie moderne capable de décortiquer une quantité minime inférieure à 5kg (Annexe 2). On obtient du riz blanchi.

Le rendement à l'usinage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{masse du riz blanchi}}{\text{masse du riz paddy}} \times 100$$

Figure 6 : Les matériels d'étude sous forme de paddy et blanchi



## 2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES ECHANTILLONS

### 2.1 Caractérisation physique

Les caractéristiques macroscopiques des grains crus peuvent être considérées comme un outil rapide de prédiction du comportement à la cuisson.

#### 2.1.1 Détermination des dimensions

Les grains sont préalablement triés à la main afin de séparer les grains entiers et les brisures. Ensuite un pied à coulisse électronique a été utilisé pour déterminer les caractéristiques biométriques des grains de riz crus.

#### 2.1.2 Détermination du poids de mille grains

Milles (1000) grains sont comptés manuellement puis pesés sur une balance de précision.

#### 2.1.3 Détermination du taux de grains entiers

Après séparation des grains entiers et des brisures à l'aide d'une plaque à alvéole, le taux de grains entiers a été déterminé pondéralement suivant la formule suivante :

$$\text{Taux de grains entiers (\%)} = \frac{100 \times \text{masse des grains entiers}}{\text{masse de riz global}}$$

### 2.2 Caractérisation biochimique

L'analyse nutritionnelle est faite sur la farine de riz.

- *Préparation*

L'analyse biochimique nécessite un broyeur de céréale pour réduire les échantillons en poudre (Figure 7).

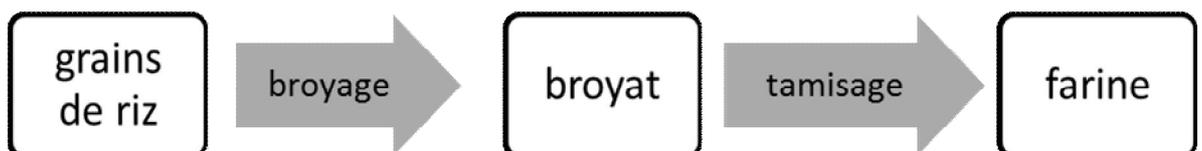


Figure 7 : Préparation de la farine de riz

La farine obtenue est mise dans des bocaux, conservées dans un endroit sec de manière à préserver les qualités hygiéniques et nutritionnelles des échantillons.

### 2.2.1 Détermination de la teneur en eau et de la matière sèche

La variation de l'humidité influe sur la teneur en d'autres nutriments dans un aliment. Alors, la détermination de l'humidité et de la matière sèche est fondamentale pour toute analyse chimique d'un aliment pour ramener toutes les valeurs à une base fixe qui est la matière sèche.

- **Principe**

La manipulation consiste à faire sécher un échantillon dans l'étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'à ce que le poids reste constant (AFNOR, 1993 ; Norme ISO 712-1985).

- **Méthodes**

Dans une capsule séchée et préalablement tarée, est introduite une quantité connue d'échantillon. Après 8h d'étuvage à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  (nécessaire pour l'obtention du poids constant), le tout est refroidi dans un dessiccateur pendant 30mn puis pesé sur une balance de précision.

La teneur en eau (H%) a été calculée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Avec : H% : humidité ou teneur en eau pour 100g d'échantillons

$m_0$  : masse initiale de la prise d'essai (g)

$m_1$  : masse après séchage de la prise d'essai (g)

$$\Leftrightarrow m_1 = m_2 - m_{\text{cap}}$$

Avec :  $m_2$  : masse finale de la prise d'essai avec capsule (g)

$m_{\text{cap}}$  : masse de la capsule

La teneur en matière sèche (MS %) est calculée selon la formule ci-après :

$$MS\% = 100 - H\%$$

Avec : MS% : teneur en matière sèche pour 100g d'échantillon

### 2.2.2 Détermination de la teneur en lipides

- Principe

Les lipides d'une prise d'essai sont entraînés par un solvant d'extraction, le n-hexane, dans un appareil soxhlet. Le solvant est ensuite séparé des lipides à l'aide d'un rotavapor et l'extrait obtenu est pesé (AFNOR, 1993).

- **Méthode**

Dans une cartouche de papier filtre sont introduits 10g de farine. L'ensemble est placé dans le soxhlet muni d'un système réfrigérant ascendant et d'un ballon à col rodé préalablement séché et taré. L'hexane est versé dans l'appareil jusqu'au 2/3 du ballon contenant 3 billes de verre pour l'homogénéisation.

L'extraction s'effectue à 45°C pendant 12h. Les lipides sont récupérés après évaporation sous vide de l'hexane au moyen d'un évaporateur rotatif. Le ballon est mis dans l'étuve à 80°C pendant quelques minutes pour éliminer les dernières traces de solvant.

Le produit ainsi obtenu est refroidi dans un dessiccateur et pesé sur une balance de précision. La teneur en lipides a été déduite à partir de la formule suivante :

$$L\% = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

Avec : L% : pourcentage de lipides en gramme pour cent grammes de matière sèche

$m_0$ : masse de la prise d'essai (g)

$m_1$  : masse du ballon et des billes de verre (g)

$m_2$  : masse du ballon contenant les billes de verre avec la phase inférieure évaporée (g)

### 2.2.3 Détermination de la teneur en protéines

#### 2.2.3.1 Protéines totales des échantillons

- Principe

La méthode de Kjeldahl a été adoptée pour la détermination de la teneur en azote des graines : elle permet de déterminer indirectement la teneur en protéines totales sachant que les protéines de riz étant constituées de 16,8% d'azote en moyenne.

- *Méthodes*

La méthode de KJELDAHL se divise en trois étapes :

- Minéralisation

Dans un matras Kjeldahl sont introduits 0,25g de prise d'essai, 0,7g de catalyseur Kjeldahl, 10ml d'acide sulfurique concentré. La minéralisation s'effectue dans un digesteur durant au moins 3h pour que la destruction de la matière organique azotée soit complète. Après digestion, le contenu du matras est totalement limpide.

- Distillation

Le minéralisât refroidi est distillé en présence de soude 30% afin de faire virer le pH en milieu basique. Ce changement de pH va transformer les sels d'ammonium en ammoniac qui va s'évaporer et recueilli par 10ml d'acide borique 4% dans un erlenmeyer, préalablement additionné de 2 gouttes de réactif de Tashiro, pour l'emprisonner.

- Dosage de l'azote

Le mélange, contenu dans l'erlenmeyer, est agité à l'aide d'un barreau aimanté et titré par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N jusqu'au virage de la coloration bleu-vert en rose persistante. Le volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nécessaire pour le dosage est noté.

L'azote total des échantillons a été calculé selon la relation ci-dessous (Grienfield et Southgate, 1992 ; AFNOR, 1993) :

$$N\% = \frac{V \times N \times 0,014}{m} \times 100$$

Avec : N% : teneur en azote total en g pour 100g de matières sèches

V : volume en ml d'acide sulfurique (1N) nécessaire pour obtenir le virage de la coloration

N : normalité de l'acide sulfurique utilisé lors du titrage

m : masse en g de l'échantillon

La teneur en protéines totales est donnée par la formule suivante :

$$P\% = N\% \times 5.95$$

Avec : P% : teneur en protéines totales en g pour 100g de la prise d'essai

5.95 : facteur de conversion

### 2.2.3.2 Détermination quantitative des acides aminés des protéines

La méthode de MOSSE a été choisie pour évaluer la quantité des acides aminés constitutifs des protéines du grain de riz.

Les caractéristiques de variation de composition en acides aminés des graines (légumineuses et/ou des céréales) obéissent aux mêmes types de relations linéaires qui sont définis par trois coefficients déterminables expérimentalement (a : pente ; b : ordonné à l'origine ; r : coefficient de corrélation ; N : taux d'azote). Connaissant ces coefficients, il est possible de calculer la composition précise en acides aminés de graines à partir de la détermination du taux d'azote (Mossé, 1990).

Deux formules ont été utilisées pour calculer :

- ❖ Le taux (X) d'acides aminés en grammes pour cent grammes de matières sèches :

$$X = (a.N + b) / 1000$$

- ❖ La concentration en acides aminés en gramme pour cent grammes de protéines brutes :

$$C = [(a + b)/N] 0.016$$

- ❖ Détermination de l'indice chimique

L'indice chimique (IC) est calculé par la formule suivante :

$$IC = AAI \cdot 100 / AAI \text{ réf}$$

Avec : IC : indice chimique

AAI : teneur en acides aminés indispensables de la protéine de riz étudié

AAI réf : teneur en acides aminés indispensables de la protéine de référence (valeurs de la FAO, voir annexe 3)

### 2.2.4 Détermination de la teneur en glucides totaux

- *Principe*

La teneur en glucide des échantillons a été calculée par différence, à partir des teneurs en eau, en cendres brutes, en protéines totales et en lipides totaux.

- *Méthode*

Elle a été déduite par la relation suivante :

$$G\% = 100 - (P\% + L\% + C\%)$$

Avec : G% : Teneur en glucides totaux  
P% : Teneur en protéines totales  
L% : Teneur en lipides  
C% : Teneur en cendres brutes

### 2.2.5 Détermination de la valeur énergétique globale

- *Principe*

La valeur énergétique globale est l'énergie libérée par la combustion des macronutriments : protéines, glucides et des lipides contenus dans l'alimentation en tenant compte de leur coefficient d'Atwater : 4Kcal, 4Kcal, et 9Kcal respectivement (Greenfield et Southgate, 1992).

- *Méthode*

Elle est exprimée en kilocalorie (Kcal) et calculée à partir de la relation :

$$E \text{ (Kcal)} = (9 \times L) + (4 \times P) + (4 \times G)$$

Avec : L : teneur en lipides  
P : teneur en protéines  
G : teneur en glucides

### 2.2.6 Dosage de l'amidon

- *Mode d'extraction de l'amidon*

L'amidon est extrait selon une méthode d'extraction humide inspirée par la méthode de Banks et Greenwood (1975).

Dans un premier temps, le riz usiné est lavé, trempé à l'eau pendant 15min et égoutté avant d'être broyé.

La farine est trempée à l'eau environ 15min, puis décantée et filtrée. Ces trois opérations sont répétées 3 fois afin de ressortir le maximum de granule d'amidon dans le grain de riz. Les grains d'amidon sont obtenus par tamisage des produits recueillis séchés avec un tamis de petite maille (0,5mm de diamètre).

## Dosage

La méthode polarimétrique d'Ewers a été adoptée.

### ○ Principe

Cette méthode consiste à disperser l'amidon par traitement à chaud avec de l'acide chlorhydrique dilué. Après défécation et filtration de la suspension, le pouvoir rotatoire de la solution est mesuré par polarimétrie. Le même traitement est effectué sur l'extrait éthanolique à 40% de la farine, extraction qui a pour but d'éliminer les glucides solubles capables d'interférer en polarimétrie.

La différence obtenue entre deux mesures polarimétriques multipliée par un facteur spécifique de l'origine botanique de l'amidon conduit à la teneur en amidon de l'échantillon.

### ○ Méthode

#### - Détermination du pouvoir rotatoire total P

Dans une fiole jaugée de 100ml, 0,5g de l'échantillon est mélangé avec 10ml d'acide chlorhydrique à 1,128%. Le mélange est ensuite agité et 10ml d'acide chlorhydrique à 1,128% y sont à nouveau versés.

La fiole est ensuite plongée dans un bain d'eau bouillante et durant les trois premières minutes qui suivent, la fiole est agitée énergiquement pour éviter la formation d'agglomérats. L'agitation se poursuit pendant le bain, à l'aide de l'appareil agitateur.

Après 15min, la fiole est retirée du bain et 30ml d'eau froide y sont ajoutées. Pour déféquer les protéines, 2ml de solution de Carrez I et 2ml de Carrez II sont ajoutées. Le mélange est bien agité pendant 1min, puis complété à 100ml avec de l'eau distillée, homogénéisé et filtré puis son pouvoir rotatoire est lu.

#### - Détermination du pouvoir rotatoire P' :

Un (1) g de l'échantillon est introduit dans une fiole jaugée de 100ml avec 10ml d'éthanol à 40%. Le mélange est ensuite laissé en attente durant 1h à la température ambiante, au cours de laquelle la prise d'essai est agitée énergiquement avec l'agitateur de façon à ce qu'elle soit bien mélangée à l'éthanol, pour obtenir une suspension. Le volume est complété à 50ml avec de l'éthanol à 40%, puis homogénéisé et filtré.

Evaporer la suspension jusqu'à obtenir 25ml (dilution  $\frac{1}{2}$ , coefficient de dilution : 2), puis l'introduire dans une fiole de 250ml, et ajouter 2,1ml d'acide chlorhydrique à 25%. La fiole est ensuite ajustée à un réfrigérant à reflux puis plongée dans un bain bouillant. Après 15min exactement, la fiole est retirée du bain et refroidie jusqu'à 20°C.

Pour déféquer les protéines, 2ml de solution de Carrez I et 2ml de Carrez II sont ajoutées. Le volume est ensuite complété à 100ml avec de l'eau distillée. Le mélange est homogénéisé, filtré et son pouvoir rotatoire est mesuré.

La teneur en amidon est calculée comme suit :

$$A\% = \frac{(P - P')10^2 \times 10^2}{[\alpha]_D^{20} \times l \times PE}$$

Avec : A% : teneur en amidon en pourcentage de la MS

P : pouvoir rotatoire total (degré d'arc)

P' : pouvoir rotatoire spécifique de l'amidon pour ( $[\alpha] = 184,0$ )

PE : masse de la prise d'essai (g)

L : longueur du tube polarimétrie (cm)

### 2.2.7 Dosage de l'amylose

La technique mise en œuvre est celle de la norme ISO 6647 (ISO, 1987).

- *Principe*

Par comparaison à une courbe étalon préparée au préalable, la teneur en amylose est déduite par la lecture de la densité optique à 620nm de prise d'essai mise en suspension dans une solution de NaOH en présence d'une solution d'iode. L'amylose forme avec l'iode une coloration bleue dont l'intensité dépend de la quantité d'amylose présente.

- *Méthode*

L'opération comporte plusieurs étapes qui sont détaillées dans les paragraphes suivants :

- Préparation de la prise d'essai (échantillon)

Cent milligrammes (100mg) de poudre de riz sont conditionnés dans une fiole jaugée de 100ml ; 1ml d'éthanol et 9ml de NaOH à 1M y sont ajoutés. La préparation est chauffée dans un bain-marie bouillant pendant 10min, puis laissée se refroidir à la température ambiante. Puis le volume est ajusté à 100ml avec de l'eau distillée. Le tout est homogénéisé vigoureusement.

- Préparation de la solution mère d'amylose et amylopectine

La solution mère est préparée comme précédemment mais au lieu de 100mg de poudre de riz, on utilise 100mg d'amylose ou d'amylopectine : 1ml de cette suspension contient 1mg d'amylose ou d'amylopectine suivant la préparation.

- Préparation de la gamme de concentration

A partir de la solution mère, une gamme de concentrations de suspension étalon est préparée en utilisant une solution de NaOH à 0,09mole/l suivant les indications du tableau 4.

Tableau 4 : Préparation de la gamme de concentration en amylose

Amylose % (m/m)*	Suspension amylose (ml)	Suspension amylopectine (ml)	NaOH 0,09M
0	0	18	2
10	2	16	2
20	4	14	2
25	5	13	2
30	6	12	2

\* : concentration en amylose correspondant dans le riz, % (m/m) sur matière sèche

- Développement de la coloration

Pour cela, 5ml de chaque concentration sont introduites dans une fiole jaugée de 100ml contenant 50ml d'eau distillée ; 1ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) et 2ml de la solution d'iode sont également ajoutés. Le contenu de la fiole est ramené à 100ml avec de l'eau distillée en agitant le tout. La coloration est développée après un repos de 20 min à l'obscurité. La densité optique est ensuite lue au spectrophotomètre visible avec une longueur d'onde de 620nm.

- Préparation de l'essai à blanc

L'essai à blanc a été effectué parallèlement suivant le même mode opératoire, en utilisant les mêmes quantités de tous les réactifs, mais en utilisant 5ml de solution d'hydroxyde de sodium à 0,09mole/l à la place de la solution d'essai ou de la solution étalon.

- Courbe étalon

La courbe d'étalonnage est tracée en portant l'absorbance en fonction de la teneur en amylose exprimée en % en masse de la matière sèche du riz sur laquelle la teneur en amylose des essais est lue directement. L'analyse a été faite en double. La moyenne arithmétique des deux déterminations est utilisée comme résultat.

### ❖ Etude microscopique de l'amidon des échantillons

La structure d'amidon a été observée avec un microscope photonique modèle Axiovert S100 avec un grossissement de 320x (fort grossissement). Une goutte d'eau est ajoutée sur la préparation pour éviter le dessèchement des grains d'amidon entre lame et lamelle.

## 2.2.9 Détermination de la teneur en cendres brutes et dosage de quelques éléments minéraux

### 2.2.9.1 Détermination de la teneur en cendres brutes

- *Principe*

Les cendres brutes sont les résidus obtenus après incinération à 550°C dans un four à moufle jusqu'à une masse constante au bout de ~5h (Multon, 1991 ; AFNOR, 1993 ; ISO 2170-1980).

- *Méthode*

Dans un creuset préalablement taré sont introduits 10g de prise d'essai qui sont incinérés dans un four à moufle dont la température est fixée à 550°C pendant 5 heures. Chaque capsule est de nouveau pesée après refroidissement.

Le teneur en cendres brutes (CB %) a été calculée par la formule suivante :

$$CB = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

Avec :  $m_0$  : masse de la capsule d'incinération vide (g)

$m_1$  : masse de la capsule chargée avec la prise d'essai (g)

$m_2$  : masse de la capsule après incinération (g)

### 2.2.9.2 Dosage de quelques éléments minéraux (Laurent, 1991)

Parmi les éléments minéraux présents dans le riz pluvial : le phosphore, le calcium et le potassium ont été étudiés. Ce sont des macroéléments à rôle régulateur et participent à l'élaboration des tissus de soutien.

- ✓ **Mise en solution des éléments minéraux**

- ❖ *Dosage du phosphore*

- Principe

Le dosage colorimétrique permet de mesurer le complexe phosphovanadomolybdique en présence du vanadomolybdate. La concentration en phosphore de l'échantillon est proportionnelle à l'intensité de la coloration.

- Méthodes

Le dosage par colorimétrie se déroule en trois phases :

- Préparation de l'extrait à doser

Après incinération, les cendres de chaque échantillon sont humectées de 2 à 3 ml d'eau distillée et 1ml d'acide chlorhydrique concentrée.

La préparation est chauffée jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, ensuite filtrée et le volume du filtrat qui représente la solution mère est ramené jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.

- Préparation de la gamme étalon

La gamme étalon est préparée à partir d'une solution mère de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  de concentration  $100\mu\text{g/ml}$ . La concentration de la gamme varie de 5 à  $50\mu\text{g/ml}$ .

- Dosage

Dans un tube à essai, 1ml de l'extrait à doser est additionné de 1ml de solution de vanadomolybdate. Le tube est ensuite placé à l'obscurité pendant 15 minutes avant la lecture de la densité optique au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420nm.

La teneur en phosphore totale ( $\text{P}^0\%$ ) dans la prise d'essai est obtenue d'après la formule :

$$P\% = \frac{N \times 100}{10^6 \times l \times p}$$

Avec :  $\text{P}^0\%$  : pourcentage en phosphore

N : concentration en  $\mu\text{g/ml}$  lue sur la solution étalon

l : prise d'essai en ml pour le dosage

p : poids en g de l'échantillon minéralisé

- ❖ *Dosage du calcium et du potassium*

- *Principe*

La méthode d'absorption atomique est adoptée pour le dosage du Ca et P. Cette méthode consiste à mesurer l'absorption des radiations (raie de résonance qu'ils émettent lorsqu'ils sont excités). Les échantillons sont brûlés dans une flamme, les atomes captent de l'énergie, ils passent d'un état stable à un état excité en absorbant une partie de cette énergie puis reviennent à leur état initial par une série d'étapes. Le retour à l'état fondamental se manifeste par l'émission des radiations caractéristiques : raie de résonance. Les raies de résonance à bandes passantes très étroites peuvent alors être absorbées par les éléments à analyser, d'où sa spécificité. C'est une méthode photométrique obéissant à la loi de Beer-Lambert :

$$\log \frac{I_0}{I} = \varepsilon (LC)$$

Avec :  $I_0$  : intensité lumineuse incidente

$I$  : intensité lumineuse à la sortie de brûleur

$L$  : longueur du brûleur

$\varepsilon$  : coefficient d'absorption moléculaire

$C$  : concentration de l'échantillon

- *Méthode*

A 100ml d'extrait à doser, préalablement dilué, sont ajoutés 10ml de lanthane 0,2%. La solution obtenue est aspirée puis pulvérisée dans la flamme (acétylène/ oxygène).

Les raies de résonance obtenues au spectrophotomètre sont décrites dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Raies de résonance

Eléments minéraux	Calcium (Ca)	Potassium (K)
D.0 (nm)	422,7	766,5

D.O : *Densité optique*

Les densités optiques obtenues pour chaque élément à longueur d'onde spécifique sont rapportées sur une courbe étalon ; la concentration des extraits à doser en est déduite.

### **2.3 Etude du comportement à la cuisson**

Le comportement du riz à la cuisson est un des critères de choix des consommateurs lors de son achat.

#### *2.3.1 Détermination du temps de cuisson*

Le temps de cuisson correspond au temps de gélatinisation de l'ensemble de l'échantillon. La méthode de Ranghino a été adoptée pour déterminer le temps de cuisson de chaque échantillon. Cette méthode est basée sur le suivi toutes les minutes de la translucidité des grains de riz en l'écrasant entre deux plaques de verre. Ce suivi est fait après 15min de cuisson (Desikachar et Subrahmanyam, 1961).

#### *2.3.2 Etude du gonflement*

Le gonflement du riz est évalué par différence du poids du grain cuit par rapport au poids du grain cru avec une eau de départ froide : 5g de riz sont introduits dans une boule à thé préalablement pesée qui est ensuite plongée dans une marmite contenant de l'eau froide. En fin de cuisson, la boule est retirée, égouttée et pesée. Le gonflement est égal au rapport de la masse du grain cuit à la masse du grain cru.

## 2. ANALYSE SENSORIELLE

La texture du riz cuit est un critère important de son appréciation par les consommateurs. Elle conditionne l'acceptation ou le rejet d'une nouvelle variété de ce produit.

L'épreuve descriptive est une approche analytique qui consiste à mesurer l'intensité de la sensation perçue pour chacun des descripteurs choisis, et établir à l'aide de l'ensemble des descripteurs quantifiés, le profil sensoriel du produit (Lefebvre et Bassereau, 2003). Cette méthode est adoptée pour l'analyse sensorielle des échantillons. Le but est de quantifier les descripteurs utilisés pour évaluer la texture du riz après cuisson.

### 3.1 Les jurys de dégustation

Le test descriptif consiste à décrire le produit avec un minimum de mot et un maximum d'efficacité. Il est donc utile d'avoir un panel performant, capable d'utiliser correctement l'échelle de mesure, de reconnaître les différents types de riz ainsi que de juger ses propriétés globales à l'aide des descripteurs.

Douze (12) dégustateurs de catégories différentes (étudiants, femme de ménage, fonctionnaires) ont été choisis pour participer à cette analyse dont 5 d'entre eux sont sélectionnés dans la base de données du Laboratoire d'Analyse sensorielle d'Ambatobe et les 7 autres sont choisis pour leur performance après des séances d'entraînement et leur disponibilité pendant les tests d'évaluation. Leur motivation est aussi un élément crucial pour le choix du jury de dégustation.



Figure 8 : *Entraînement des jurys de dégustation*



Figure 9 : *Séance de briefing*

### 3.2 Protocole de cuisson du riz pluvial

Le protocole de cuisson utilisée par Rahanitrarivony (2013) a été adopté. Le riz est cuit le jour du test sensoriel sur les lieux de l'étude, c'est-à-dire au LAS, Ambatobe. L'étude

est faite de façon à réduire au maximum le temps entre la cuisson et les séances de dégustation afin de préserver la texture du riz fraîchement cuit.



Figure 10 : Préparation et cuisson du riz

Afin de maîtriser le feu, une cuisinière électrique est utilisée. Ce type de cuisson est très important car après absorption totale de l'eau de cuisson, le feu est éteint mais la marmite est gardée au chaud et n'est retirée de la cuisinière que lorsque le temps de cuisson de 30 mn est écoulé.

Le riz cuit est servi après 15mn, temps nécessaire pour avoir la température de consommation.

### ***3.3 Evaluation de la texture***

Le test d'évaluation de la texture consiste à mesurer l'intensité de la sensation perçue pour chacun des 7 descripteurs établies par Rahanitrarivony (2013) (Annexe 5) et dont les sujets ont été briefés. Les échantillons ont été servis dans la cabine de dégustation. Chaque échantillon est évalué trois fois dans un ordre aléatoire et sous des codes différents pour respecter l'anonymat du produit testé. Le protocole d'analyse sensorielle est expliqué dans l'annexe 6.

Concernant les données recueillies, elles ont été saisies sur Excel et traitées par le logiciel XLSTAT 8.0 et STATISTICA 7.0.

***Résultats***  
***et***  
***discussion***

### Rendement à l'usinage des échantillons

Après usinage, le rendement est détaillé dans le tableau 6.

Tableau 6: Rendement du riz blanchi des échantillons

Echantillon	Fa 152	Fa 154	S.186	Fa 171	Fa 172	Dhan	Fa 173	Fa 161
Rendement (%)	78	72,33	80,67	82,67	78	67,33	76	77

S. 186: Scrid 186

Dhan: Chhomrong Dhan

Avant d'être usiné le taux d'humidité du paddy ne doit pas dépasser 13% pour qu'il résiste à l'abrasion. Cette teneur en eau est obtenue après un séchage solaire approprié pendant 24 à 48 heures en remuant plusieurs fois pour bien mélanger les grains de riz et éviter la cassure des grains trop séchés (Wopereis *et al.*, 1998). Le rendement d'usinage théorique maximum d'une décortiqueuse est de 67%.

Pour le cas des échantillons étudiés, le rendement obtenu varie de 67% à 83%. Ces valeurs montrent que les grains de paddy ont été séchés convenablement. L'humidité du paddy influe donc sur la qualité du riz blanc.

## 1. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

### 1.1 Caractéristiques physiques des grains de riz pluvial

La qualité du riz peut être influée par les caractéristiques macroscopiques des grains crus. Les résultats obtenus sur la mesure des caractéristiques physiques sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Caractéristiques physiques des grains de riz

Riz	Epaisseur (mm)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	L/l	PMG (g)	TGE (%)
Fa 152	1,91	6,38	2,68	2,37	25,62	54,5
Fa 154	1,97	7,53	2,39	3,16	29,04	76,5
Fa 161	2,07	5,55	2,99	1,86	23,67	81,5
Fa 171	1,89	5,87	2,7	2,16	22,08	74,5
Fa 173	1,97	5,99	2,57	2,33	21,7	72
Dhan	1,83	5,64	2,77	2,03	19,57	47,5
Fa 172	1,97	5,57	2,8	1,99	22,89	81
Scrid 186	1,97	5,58	2,81	1,98	22,31	77
MOY	1,95	6,01	2,71	2,24	23,36	70,56

Fa: Fofifa

L/l : Rapport longueur sur largeur

TGE : Taux de grains entiers

Dhan: Chhomrong Dhan

PMG : Poids de mille grains

MOY : Moyenne

○ Le format des grains est déduit par la mesure de l'épaisseur, de la longueur et de la largeur. Les grains de riz varient d'un échantillon à l'autre selon leurs caractéristiques physiques :

- Pour l'épaisseur, l'échantillon Fa 161 a la valeur la plus élevée (2,07 mm) et le Chhomrong Dhan est l'échantillon le moins épais (1,83 mm).
- En ce qui concerne la longueur, le Fa 154 est le plus long (7,53 mm) et le Fa 161 le plus court (5,55 mm).
- La largeur moyenne des grains de riz pluvial étudiés s'échelonne entre 2,39 mm à 2,99 mm correspondant respectivement à l'échantillon Fa 154 et Fa 161.

Selon la réglementation de la Communauté Européenne (1988), les 8 échantillons peuvent être classés comme suit :

- Grain de type long B avec  $L > 6\text{mm}$  et  $L/l \geq 3\text{mm}$  : le Fa 154
- Grain de type long A avec  $L > 6\text{mm}$  et  $2 > L/l > 3\text{mm}$  : le Fa 152
- Les autres échantillons (Fa 161, Fa 171, Fa 172, Fa 173, Scrid 186 et Chhomrong Dhan) sont des grains de type médium avec  $5.2 > L > 6\text{mm}$  et  $L/l < 3\text{mm}$ .

Il est à remarquer que le Fa 152 et le Fa 154 appartiennent aux types grains longs comme leur parent le Fa 62. Ces deux échantillons ont un rapport  $L/l$  élevé, leur format est apprécié par les consommateurs et ce fait confirme les données de la littérature (Kasongo *et al.*, 2003; Radanielina, 2013). Quant aux autres échantillons, à l'exception du Fa 161 et Fa 172, issus du Chhomrong Dhan, ils appartiennent aux grains de type médium qu'ils ont aussi hérité de leurs parents. Ainsi, le caractère génétique influe la forme des grains de riz.

○ Suivant le PMG de chaque échantillon, le Chhomrong Dhan a la valeur la plus faible contrairement au Fa 154 avec un PMG le plus élevé.

○ La classification ascendante des échantillons selon leur taux de grains entiers sera la suivante :

Chhomrong Dhan < Fa 152 < Fa 173 < Fa 171 < Fa 154 < Scrid 186 < Fa 172 < Fa 161

Les grains longs et fins ont donc des poids de mille grains élevés comme le cas du Fa 154 mais du point de vue traitement technologique, ces grains se brisent plus facilement et présentent un fort taux de brisure, cas du Fa 152. Au contraire, les grains ronds et petits résistent mieux à l'usinage et présentent un taux de grains entiers plus élevé, cas du Fa 161. Le format des grains influence alors la qualité après usinage des grains crus, conforme aux résultats obtenus par d'autres auteurs (Rahanitrarivony, 2013 ; Meertens et Michiel, 2014).

## 1.2 Caractéristiques biochimiques

Le riz renferme plusieurs nutriments dont leurs teneurs diffèrent selon la variété et les différentes fractions après usinage (riz cargo, grain blanchi, son de riz).

Les teneurs en quelques nutriments déterminées lors de l'étude sont consignées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Caractéristiques biochimiques des échantillons

Riz	H (%)	MS (%)	Protéines (% MS)	Lipides (% MS)	Glucides (% MS)	VE (Kcal)	Amidon (% MS)	Cendres (% MS)
Dhan	13,37	86,63	7,55	1,28	90,73	404,64	79,33	0,44
Fa 171*	13,24	86,76	8,09	3,31	87,98	413,71	80,84	0,71
Fa 173*	13,21	86,79	8,33	1,99	89,14	407,79	72,99	0,54
Scrid 186*	13,63	86,37	7,16	1,32	90,96	404,36	74,68	0,56
Fa 172	12,98	87,02	7,48	2,37	89,62	409,13	78,79	0,68
Fa 152	13,38	86,62	6,57	1,36	90,90	402,12	81,15	1,17
Fa 154	13,08	86,92	6,64	1,82	89,87	402,42	78,27	1,67
Fa 161	13,34	86,66	8,10	1,76	89,36	405,68	73,84	0,78
MOY	13,57	86,43	7,49	1,90	89,79	406,23	77,46	0,82

H (%) : humidité

MS : matière sèche

VE : Valeur énergétique

\* : lignée issu du croisement de Chhomrong Dhan

MOY : moyenne

### ▪ Teneur en eau et matière sèche

Le taux d'humidité des grains oscille autour de 13% sauf pour l'échantillon Scrid 186 avec 13,63%. Ce qui est un peu élevé. Ces taux correspondent à des teneurs en matières sèches de 86% à 87% de matière sèche. Ces valeurs sont proches de celles trouvées dans la littérature (12 à 14% d'humidité) acceptées pour la conservation, la transformation et la commercialisation du riz (Andriatovina, 2007).

### ▪ Valeur lipidique

Les céréales sont classées parmi les groupes d'aliments pauvres en lipides (FAO, 2004). La teneur en lipides varie de 1,29 à 3,31% respectivement pour le Chhomrong Dhan et le Fa 171. Toutefois, le Fa 171 et le Fa 172 renferment des teneurs élevées en lipides parmi les autres ; 3,31% et 2,37%.

Le tableau 9 permet de comparer les teneurs en lipides des échantillons étudiés avec celles des autres variétés déjà étudiées.

Tableau 9 : Comparaison des moyennes des teneurs en lipides des grains

Echantillon	Rp D*	Rp D**	Rp D***
Lipides (% MS)	0,29	1,71	1,91

Rp D : Riz pluvial décortiqué

\* : Rahanitrarivony, 2013

\*\* : Ralambofetra, 1983

\*\*\* : les échantillons

Ce tableau montre que la teneur en lipides des échantillons est comparable à celle citée par Ralambofetra (1983) mais plus élevée par rapport à celle de Rahanitrarivony (2013).

▪ **Valeur glucidique**

Les glucides du grain de riz sont essentiellement composés d'amidon, concentré dans l'albumen (FAO, 2004). Le riz pluvial est riche en glucides totaux (FAO, 1991) avec une teneur allant de 87,98% à 90,96% de MS. C'est un aliment hyperglucidique.

▪ **Valeur énergétique**

De ces teneurs en différents macronutriments découlent des valeurs énergétiques comprises entre 402Kcal (Fa 152) et 414Kcal % MS (Fa 171). Du fait de la teneur élevée en lipides, le Fa 171 est plus énergétique que les autres variétés (Tableau 8).

❖ *Caractéristiques de l'amidon de riz*

▪ **Amidon**

Le taux d'amidon présent dans la farine du riz est compris entre 72,99 à 81,15% MS (tableau 8). Ce résultat confirme celui de Ralambofetra (1983) et de Randrianarisoa (2014) avec une teneur moyenne proche de 77%.

Les deux constituants majeurs de l'amidon sont l'amylose et l'amylopectine. Leur teneur respective est indiquée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Teneurs en amylose et en amylopectine de l'amidon

<b>Riz</b>	<b>Amylose (%)</b>	<b>Amylopectine (%)</b>	<b>Rapport</b>
<b>Dhan</b>	24,33	75,67	0,32
<b>Fa 171*</b>	19,07	80,93	0,24
<b>Fa 173*</b>	19,36	80,64	0,24
<b>Scrid 186*</b>	24,50	75,50	0,32
<b>Fa 172</b>	23,53	76,47	0,31
<b>Fa 152</b>	21,96	78,04	0,28
<b>Fa 154</b>	23,52	76,48	0,31
<b>Fa 161</b>	27,66	72,34	0,38
<b>MOY</b>	22,99	77,01	0,30

▪ **Amylose**

La teneur en amylose des amidons des échantillons est comprise entre 19,07% (Fa 171) et 27,66% (Fa 161). Une classification de riz suivant leur teneur en amylose a été établie par Juliano (1991) :

- Teneur très faible : 2 à 12%
- Teneur faible : ~12% à ~20%

- Teneur moyenne : ~20% à ~25%
- Teneur forte : ~25% à ~33%

D'après cette classification, les échantillons appartiennent à la classe de riz à teneur moyenne en amylose sauf le Fa 161 qui a une teneur forte. Cet échantillon n'a aucun lien de parenté comme les autres échantillons ce qui peut expliquer cette teneur assez élevée.

Comparés aux teneurs rapportées par d'autres auteurs, nos résultats corroborent ceux de Ralambofetra (1983) et Rahanitrarivony (2013) qui ont trouvé des teneurs en amylose moyennes.

Au vu de ces résultats, les variétés de riz pluvial déjà étudiées ont des teneurs en amylose intermédiaires.

- **Amylopectine**

C'est l'élément principal de l'amidon. Les teneurs en amylopectine varient de 72% à 81%. Vu cette teneur élevée, ces échantillons sont de type non glutineux.

C'est essentiellement la proportion d'amylose par rapport à l'amylopectine qui détermine la nature physico-chimique des aliments amylicés et leurs effets nutritionnels sur l'organisme humain. Ce rapport amylose/amylopectine est différent d'une variété à l'autre. Ceci confirme les résultats obtenus par Sandhu *et al.*, 2005.

De plus, cette proportion d'amylose et d'amylopectine influe sur l'index glycémique (IG). La formation hélicoïdale de l'amylose ne favorise pas l'accessibilité des enzymes alpha-amylases. En d'autres termes, plus la proportion d'amylose est forte, plus le pourcentage du glucose libéré dans le sang est faible et plus l'index glycémique est bas. Inversement, plus la proportion d'amylopectine est importante, plus la digestion de l'amidon est rapide et plus l'indice glycémique est élevé.

A titre de comparaison suivant la teneur en amylose des amidons de différents types de riz rapportée dans le tableau 11, les échantillons présentent un index glycémique intermédiaire.

Tableau 11 : Comparaison de l'index glycémique suivant la teneur en amylose

Teneur en amylose	Nulle ou très faible	faible	intermédiaire
IG	96	93	81

*Source : Juliano et Goddard, 1986*

- **Structure de l'amidon des échantillons**

La figure 11 suivante représente les différentes structures de l'amidon vue au microscope photonique avec un grossissement 320x (sans coloration).

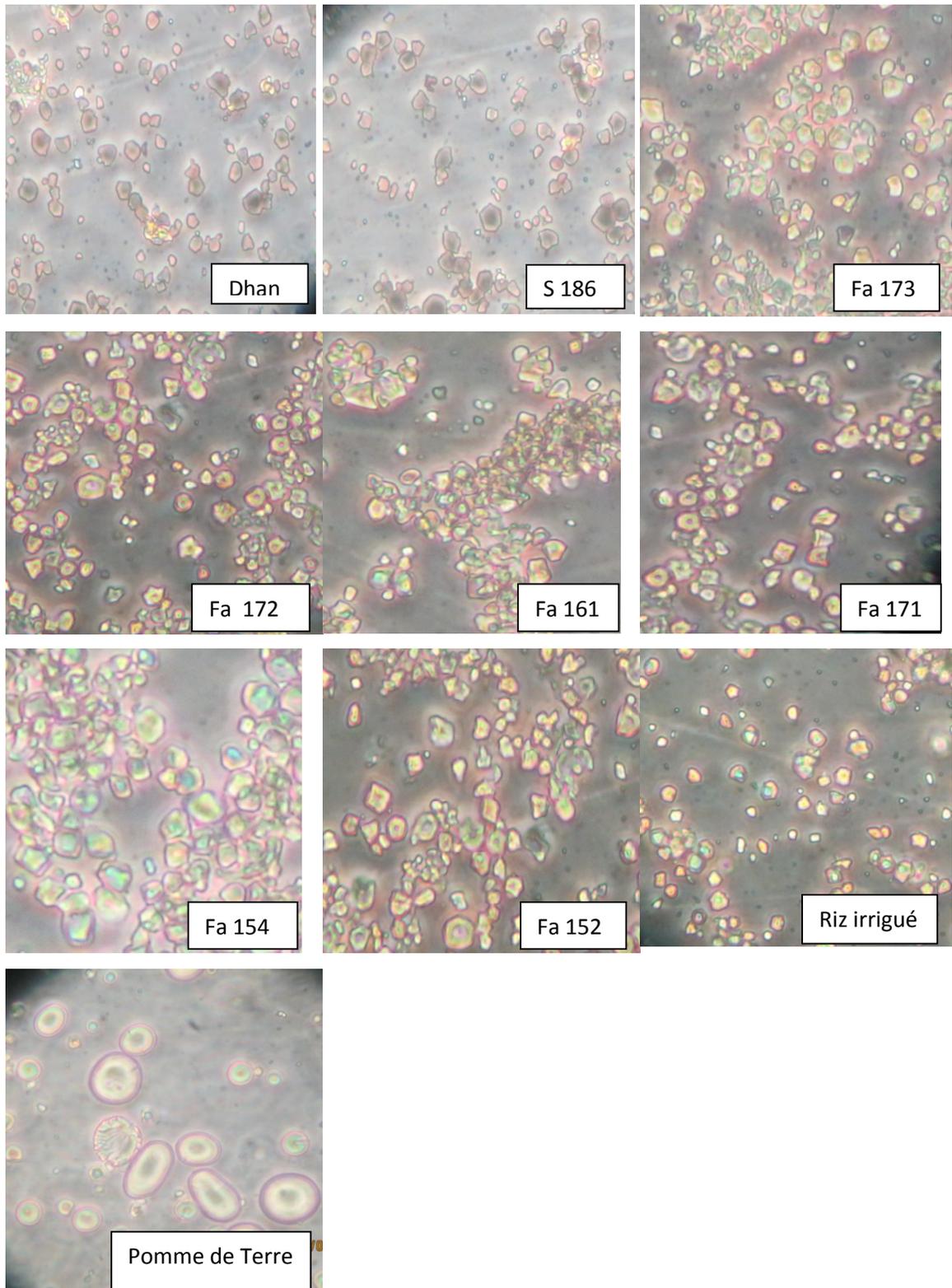


Figure 11 : Structure microscopique des granules d'amidon des échantillons

Il a été confirmé que les grains d'amidon de riz sont très petits et de forme polygonale quel que soit le type irrigué ou pluvial comparativement aux granules d'amidon de pomme de terre.

▪ **Valeur protéique**

Concernant les protéines, elles sont des macronutriments secondairement énergétiques ayant un coefficient d'ATWATER égale à 4. Le tableau 8 montre que les valeurs les plus élevées de la teneur en protéines des échantillons sont associées aux cinq variétés de riz ayant le même essai de fertilisation (Fa 161, Fa 171, Fa 172, Fa 173 et le Chhomrong Dhan) avec des teneurs respectives de 8,10%, 8,09%, 7,48%, 8,33% et 7,55%. Cette différence au niveau de la teneur en protéines du grain de riz confirme l'influence de la fertilisation du sol rapportée par Ralambofetra (1983) et Andriatoavina (2007). On peut également noter l'influence de la variété car les échantillons issus d'une même lignée ont des teneurs en protéines voisines, comme le cas du Fa 152 et le Fa 154 avec 6,57% et 6,64%.

Les lignées issues du Chhomrong Dhan ont tous une teneur nettement supérieure à celle de ses parents sauf le Scrid 186. Là encore, on peut voir l'effet de fertilisation du sol (Voir § 1.1 Matériels et Méthodes, p 18). Ainsi, la différence observée peut être attribuée à la quantité différente d'azote mise à la disposition de la plante.

En comparant avec les données de la littérature, les 8 variétés de riz pluvial étudiées ont une teneur moyenne faible en protéines totales comme le montre le tableau 12.

Tableau 12 : Teneurs moyennes en protéines comparatives des échantillons de riz avec celles de la littérature

Variétés	RP *	RP **	RP ***	RP ****
<b>Teneur en protéines (% MS)</b>	14	12,46	9,4	7,49
<b>Nbre d'échantillons</b>	5	36	4	8

RP : riz pluvial

\*\* : Ralambofetra, 1983

\*\*\*\* : les variétés de riz étudiées

\* : Rajaonarison, 2001

\*\*\* : Rahanitrarivony, 2013

Nbre d'échantillon : nombre d'échantillons

Etant donné que les échantillons proviennent de différents lieux de culture (voir Annexe 4), les facteurs environnementaux peuvent aussi jouer, comme par exemple, la température ambiante élevée qui augmente la teneur en protéines (Ressurécion *et al.*, 1979). Mais ceci n'est pas le cas pour les échantillons cultivés à une altitude >1800m, qui ont des teneurs faibles en protéines.

D'autres auteurs (Ralambofetra et Rakotovao., 1986, Andriatoavina, 2007) ont montré que la teneur en protéines totales du riz est influencée par quelques facteurs, notamment climatologiques (la luminosité, la température), ou liés au sol et/ou à la fumure azotée et aux facteurs génétiques. Les résultats obtenus semblent réaffirmer ces informations.

Comme le montre le tableau 13, la cuisson diminue sensiblement la teneur en protéines des grains de riz quel que soit le mode de préparation, *vary sosoa* ou *vary maina*.

**Tableau 13** : Comparaison de la teneur en protéines des variétés rouge et blanche de riz pluvial cru et cuit

		Teneur en protéines (% MS)	Pourcentage de perte (%)
<b>Variété rouge</b>	<b>Riz cru</b>	<b>7,16</b>	
	<b>Riz cuit en vary sosoa</b>	2,78	61,17
	<b>Riz cuit en vary maina</b>	3,11	56,56
<b>Variété blanche</b>	<b>Riz cru</b>	<b>8,1</b>	
	<b>Riz cuit en vary sosoa</b>	5,16	36,30
	<b>Riz cuit en vary maina</b>	6,64	18,02

Effectivement, après cuisson, une perte de plus de 50% est enregistrée pour la variété rouge et entre 18 à 36% pour la variété blanche. Il est important de noter que la forme *vary maina* limite sensiblement la perte due à la cuisson. Cette diminution de la teneur en protéines du riz après cuisson corrobore celle rapportée dans la table de composition CIQUAL, 6,6% vs 2,3%. Une explication possible, selon Juliano (1993) est le lavage du riz avant cuisson qui peut entraîner une perte de 2 à 7% des protéines solubles.

Malgré la variation de la teneur en protéines, sa qualité est surtout appréciée par trois critères qui sont:

- la composition en acides aminés
- le taux des acides aminés indispensables
- les valeurs des indices chimiques des acides aminés essentiels qui déterminent les scores de performance.

*a- Composition en acides aminés des protéines*

Les résultats sur les composants en acides aminés des protéines des échantillons (en g pour 100g de MS et en g pour 100g de protéines) sont récapitulés dans les tableaux 14 et 15.

Tableau 14 : Teneurs en acides aminés des protéines totales des échantillons en g pour 100g de MS

AA	Fa 161	Fa 172	S.186	Dhan	Fa 171	Fa 173	Fa 152	Fa 154
Gly	0,38	0,37	0,34	0,39	0,33	0,35	0,30	0,31
Ala	0,45	0,44	0,40	0,47	0,39	0,42	0,36	0,36
Val	0,49	0,48	0,44	0,51	0,42	0,45	0,38	0,39
Leu	0,66	0,65	0,59	0,68	0,57	0,61	0,52	0,53
Ile	0,34	0,33	0,30	0,35	0,29	0,31	0,26	0,26
Ser	0,41	0,40	0,36	0,43	0,35	0,38	0,31	0,32
Thr	0,29	0,28	0,26	0,30	0,25	0,27	0,23	0,23
Tyr	0,41	0,41	0,36	0,43	0,35	0,38	0,31	0,32
Phe	0,42	0,41	0,38	0,43	0,37	0,39	0,33	0,34
Trp	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
Pro	0,36	0,35	0,32	0,37	0,31	0,33	0,28	0,28
Met	0,21	0,21	0,19	0,21	0,19	0,20	0,18	0,18
Cys	0,21	0,21	0,20	0,22	0,20	0,20	0,19	0,19
Lys	0,32	0,32	0,30	0,33	0,29	0,30	0,27	0,27
His	0,20	0,20	0,18	0,21	0,18	0,19	0,17	0,17
Arg	0,70	0,69	0,18	0,72	0,62	0,65	0,57	0,58
Asx	0,73	0,72	0,18	0,75	0,64	0,68	0,59	0,60
Glx	1,36	1,34	0,18	1,42	1,16	1,25	1,03	1,05

AA : Acides aminés; Glx : Glu et Gln ; Asx : Asp et Asn

Tableau 15 : Teneurs en acides aminés des protéines totales des variétés de riz pluvial étudiées en g pour 100g de protéines

AA	Fa 161	Fa 172	S.186	Dhan	Fa 171	Fa 173	Fa 152	Fa 154
Gly	4,66	4,65	4,64	4,65	4,65	4,66	4,63	4,63
Ala	5,56	5,50	5,49	5,52	5,56	5,58	5,43	5,44
Val	6,07	5,95	5,92	5,99	6,05	6,10	5,81	5,84
Leu	8,13	8,01	7,98	8,05	8,11	8,16	7,87	7,89
Ile	4,18	4,08	4,05	4,11	4,16	4,20	3,95	3,97
Ser	5,09	4,96	4,92	5,00	5,07	5,13	4,79	4,82
Thr	3,57	3,54	3,53	3,55	3,57	3,58	3,50	3,51
Tyr	5,11	4,97	4,94	5,02	5,09	5,14	4,81	4,84
Phe	5,19	5,13	5,12	5,15	5,18	5,21	5,06	5,07
Trp	1,24	1,23	1,22	1,23	1,24	1,25	1,21	1,21
Pro	4,46	4,37	4,34	4,40	4,45	4,49	4,25	4,27
Met	2,56	2,64	2,66	2,61	2,57	2,54	2,73	2,72
Cys	2,61	2,73	2,77	2,70	2,63	2,58	2,88	2,86
Lys	3,98	4,05	4,06	4,02	3,99	3,96	4,13	4,11
His	2,48	2,50	2,51	2,49	2,48	2,47	2,53	2,52
Arg	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66
Asx	9,05	9,03	9,02	9,03	9,04	9,05	9,01	9,01
Glx	16,86	16,33	16,20	16,51	16,78	17,00	15,68	15,79

AA : Acides aminés ; Glx : Glu et Gln ; Asx : Asp et Asn

Presque tous les acides aminés sont présents dans le grain de riz pluvial étudié avec des teneurs non négligeables.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence entre les teneurs en acides aminés d'une même lignée (cas du Fa 152 et du Fa 154). De même pour Fa 171 et Fa 173 descendant du Chhomrong Dhan. Par ailleurs, l'hybridation du Chhomrong Dhan avec le Fa 172 n'a pas d'effet sur les teneurs en acides aminés pour Scrid 186.

*b- Taux des acides aminés indispensables*

Les teneurs en acides aminés indispensables pour chaque variété de riz pluvial sont représentées dans le tableau 16.

Tableau 16 : Teneurs en acides aminés indispensables des protéines des échantillons (en %)

<b>AAI</b>	<b>Fa 161</b>	<b>Fa 171</b>	<b>Fa 172</b>	<b>Fa 173</b>	<b>S. 186</b>	<b>Dhan</b>	<b>Fa 152</b>	<b>Fa 154</b>
<b>Val</b>	6,07	6,05	5,95	6,10	5,92	5,99	5,81	5,84
<b>Leu</b>	8,13	8,11	8,01	8,16	7,89	8,05	7,87	7,89
<b>Ile</b>	4,18	4,16	4,08	4,20	4,05	4,11	3,95	3,97
<b>Thr</b>	3,57	3,57	3,54	3,58	3,53	3,55	3,50	3,51
<b>Lys</b>	3,98	3,99	4,05	3,96	4,06	4,02	4,13	4,11
<b>Met+Cys</b>	5,17	5,20	5,37	5,12	5,42	5,31	5,62	5,57
<b>Phe+Tyr</b>	10,30	10,27	10,10	10,35	10,05	10,17	9,87	9,91
<b>Total (%)</b>	<i>41,40</i>	<i>41,35</i>	<i>41,10</i>	<i>41,48</i>	<i>41,02</i>	<i>41,20</i>	<i>40,73</i>	<i>40,80</i>

AAI : Acides aminés indispensables

Les variétés de riz pluvial étudiées renferment des protéines riches en acides aminés indispensables avec des taux ~ 41% des acides aminés totaux des protéines de chaque échantillon de riz pluvial. Ces teneurs sont largement supérieures à 32%, valeur recommandée par la FAO pour que les protéines soient considérées comme de bonne valeur biologique.

*c- Les indices chimiques des acides aminés essentiels et des protéines*

Les indices chimiques des acides aminés essentiels comparés avec deux profils de référence sont présentés dans les tableaux 17 et 18.

Tableau 17 : Scores chimiques des protéines des échantillons de riz selon le profil de référence des jeunes enfants âgés de moins de 2ans

AAI		Val	Leu	Ile	Thr	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	His	Trp
<b>Référence (FAO)</b>		<b>55</b>	<b>93</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>66</b>	<b>42</b>	<b>72</b>	<b>26</b>	<b>17</b>
<b>E C H A N T I L L O N</b>	<b>Fa 161</b>	110,03	80,74	90,08	80,31	60,03	120,32	140,30	90,53	70,30
	<b>Fa 171</b>	110,00	80,72	90,05	80,30	60,05	120,39	140,26	90,54	70,29
	<b>Fa 172</b>	100,82	80,61	80,86	80,23	60,13	120,79	140,03	90,62	70,22
	<b>Fa 173</b>	110,08	80,77	90,14	80,33	60,01	120,19	140,37	90,51	70,33
	<b>S 186</b>	100,77	80,58	80,80	80,21	60,16	120,91	130,97	90,64	70,20
	<b>Dhan</b>	100,89	80,66	80,93	80,26	60,10	120,64	140,12	90,59	70,25
	<b>Fa 152</b>	100,57	80,46	80,59	80,14	60,25	130,37	130,71	90,72	70,12
	<b>Fa 154</b>	100,61	80,48	80,63	80,15	60,23	130,27	130,76	90,70	70,13

D'après ce tableau, la lysine présente l'indice chimique le plus faible ~60, comparés aux besoins des enfants < 2 ans. Il constitue alors le facteur limitant pour les variétés étudiées. Ce qui veut dire que l'utilisation des variétés de riz pluvial étudié dans l'alimentation des nouveau-nés nécessite une complémentation avec des sources de protéines riches en lysine.

Tableau 18 : Scores chimiques des protéines des échantillons de riz selon le profil de référence des enfants plus de 2ans et des adultes

AAI		Val	Leu	Ile	Thr	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	His	Trp
<b>Référence (FAO)</b>		<b>35</b>	<b>66</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>58</b>	<b>25</b>	<b>63</b>	<b>19</b>	<b>11</b>
<b>E C H A N T I L L O N</b>	<b>Fa 161</b>	170,33	120,32	140,92	100,51	60,87	200,70	160,34	130,04	110,29
	<b>Fa 171</b>	170,28	120,29	140,87	100,49	60,88	200,81	160,30	130,06	110,27
	<b>Fa 172</b>	170,00	120,14	140,56	100,41	60,98	210,49	160,04	130,16	110,16
	<b>Fa 173</b>	170,42	120,36	150,02	100,53	60,84	200,49	160,43	130,01	110,32
	<b>S 186</b>	160,92	120,09	140,46	100,38	70,00	210,69	150,96	130,19	110,12
	<b>Dhan</b>	170,11	120,20	140,67	100,44	60,94	210,23	160,14	130,12	110,20
	<b>Fa 152</b>	160,60	110,92	140,11	100,29	70,11	220,46	150,66	130,30	110,00
	<b>Fa 154</b>	160,67	110,95	140,18	100,31	70,09	220,30	150,73	130,28	110,02

Pour les enfants au-delà de 2 ans et pour les adultes, la lysine se révèle toujours être l'acide aminé ayant le plus faible indice chimique dans les protéines des échantillons avec des scores chimiques proches de 61%, à l'exception du Scrid 186, le Fa 154 et le Fa 152 qui ont une score ~70% mais ne limite pas l'utilisation car l'indice est supérieur aux besoins des enfants plus âgés et adultes. Ceci est conforme aux données rapportées pour le riz en général

(Tableau 19) mais la différence de condition de culture (fertilisation) pourrait expliquer cet écart de score (voir § 1.1 Matériels et Méthodes, p 18).

Tableau 19 : Scores chimiques des protéines de quelques variétés de riz déjà étudiées

Riz	AA	Ile	Leu	Lys	Met+ Cys	Phe+Tyr	Thr	Val
Riz irrigué rouge*		97	114	69	120	156	93	126
Riz irrigué blanc*		97	113	67	149	154	92	125
Riz pluvial*		96	114	68	132	152	89	125
Riz pluvial usiné**		89	87	56	112	139	80	107
Riz pluvial pilonné**		90	85	56	110	140	80	108

\* : Ralambofetra, 1983

\*\* : Rahanitrarivony, 2013

Ainsi, pour assurer la croissance et le développement normal des enfants, un régime alimentaire avec une source protéinique riche en lysine comme les protéines des légumineuses et celles d'origine animale est souhaitable.

#### ▪ Valeur minérale

La teneur en cendres brutes des variétés de riz pluvial étudiées varie de 0,44% à 1,67% respectivement pour le Chhomrong Dhan et le Fa 154. Ce résultat corrobore celui rapporté par Ralambofetra (1983) mais plus élevé par rapport à celui de Rahanitrarivony (Tableau 20). Vue que les échantillons traités par Rahanitrarivony (2013) a un degré d'usinage plus poussé par rapport aux échantillons ; alors cette différence pourrait être expliquée par l'effet de l'abrasion qui élimine la couche la plus externe du riz cargo et le son, fractions d'usinage les plus riches en éléments minéraux (Fomba, 2007; Raoilson, 2014).

Tableau 20 : Teneur moyenne en cendres brutes de quelque riz pluvial de Madagascar

Echantillon	Riz pluvial Décortiqué *	Riz pluvial Décortiqué **
Cendre (% MS)	1,39	0,47

\* : Ralambofetra, 1983

\*\* : Rahanitrarivony, 2013

Trois éléments minéraux (Phosphore, Potassium et Calcium) ont pu être dosés. Les résultats sont consignés dans le tableau 21.

Tableau 21: Teneurs en éléments minéraux des échantillons de riz (g pour 100g de MS)

Echantillon	Fa 152	Fa 154	Fa 161	Fa 171	Fa 172	Fa 173	Dhan	S. 186	Moy
P (%)	0,21	0,35	0,14	0,17	0,15	0,12	0,10	0,12	0,17
K (%)	0,13	0,21	0,10	0,15	0,15	0,11	0,08	0,09	0,13
Ca (%)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02

P : phosphore

K : potassium

Ca : calcium

Le Chhomrong Dhan est l'échantillon le plus pauvre en éléments que ce soit en phosphore, en potassium ou encore en calcium avec des teneurs respectives de 0,1%, 0,08% et 0,01%. Dès lors, le Fa 154 en est le plus loti (0,35%, 0,21% et 0,03%). La comparaison des moyennes de chaque élément minéral étudié avec celles de la littérature montre que la teneur en calcium est similaire. Cependant, les échantillons étudiés ont des teneurs très faibles en potassium et en phosphore par rapport aux autres variétés déjà étudiées (Tableau 22). Cet écart pourrait être expliqué par la différence du mode d'absorption des éléments nutritifs par la plante. Leur absorption dépend de la température, de l'éclairement et de la quantité d'oxygène disponible comme Ralambofetra *et al.* ont trouvé en 1985. De plus, la localisation des éléments minéraux dans la couche à aleurone conduit une perte en ces éléments lors de l'usinage. La transformation technologique influe alors sur les teneurs en éléments minéraux. Par ailleurs, les échantillons étudiés par Ralambofetra, 1983 ont été traités par des engrais minéraux riches en phosphore et en potassium. Ce qui pourrait expliquer leurs teneurs élevées en ces éléments minéraux.

**Tableau 22** : Teneurs moyennes en phosphore, en potassium et en calcium de quelques variétés de riz pluvial malgache

Élément	Phosphore	Potassium	Calcium
Teneur (% MS)	4,11	2,53	0,03

Source : Ralambofetra, 1983

Si on considère les couleurs du péricarpe, les échantillons étudiés présentent deux variétés rouge et blanche. Le tableau 23 permet de comparer leurs caractéristiques biochimiques.

**Tableau 23** : Comparaison des moyennes entre les variétés rouge et blanche par test ANOVA

	Moyenne variété rouge (% MS)	Moyenne variété blanche (% MS)	P
<b>Lipides</b>	1,67	2,13	0,182
<b>Protéines</b>	7,67	7,11	<b>0,049</b>
<b>Cendres brutes</b>	0,59	1,20	<b>0,000</b>
<b>Amylose</b>	17,28	18,69	0,234
<b>Amidon</b>	78,64	75,49	<b>0,039</b>

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Pour un même degré d'usinage, aucune différence significative n'est observée entre les teneurs moyennes en lipides et en amylose des deux variétés de riz (rouge et blanche). Cependant, les teneurs moyennes en protéines, en éléments minéraux et en amidon sont influencées par la couleur du péricarpe. En d'autres termes, la variété rouge paraît plus riche

en protéines et en amidon que la variété blanche et inversement pour la teneur en cendres brutes.

### 1.3 Comportement du riz à la cuisson

#### 1.3.1 Temps de cuisson des échantillons

Le tableau 24 montre la durée de cuisson de chaque variété de riz pluvial étudié.

Tableau 24 : Temps optimum de cuisson des échantillons

Echantillon	Fa 152	Fa 154	Fa 161	Fa 171	Fa 172	Fa 173	Dhan	S. 186	Moy
Temps (min)	24	30	27	29	31	24	26	28	27

Tous les échantillons étudiés ont une durée de cuisson supérieure à 20 min. Le Fa 152 et le Fa 173 semblent faciles à cuire (24 min) contrairement au Fa 172 avec une durée plus longue (31 min).

#### 1.3.2 Gonflement

Les résultats sur le gonflement des échantillons de riz sont récapitulés dans le tableau 25.

Tableau 25: Gonflement à la cuisson

Echantillon	Fa 152	Fa 154	Fa 161	Fa 171	Fa 172	Fa 173	Dhan	S. 186	Moy
Gonflement	4,52	3,54	3,71	2,57	2,29	3,58	3,96	3,91	3,51

Parmi les huit échantillons étudiés, le Scrid 186 gonfle le plus à la cuisson et le Fa 172 gonfle le moins.

Les moyennes des valeurs obtenues sur le comportement à la cuisson du riz pluvial étudié corroborent ceux rapportés par Rahanitrarivony en 2013 (Tableau 26).

Tableau 26 : Temps de cuisson et gonflement de quelques variétés de riz pluvial de Madagascar

Variétés de riz	3290	3737	Fa 154	3728	Moy
Temps de cuisson (min)	28	28	26	30	28
Gonflement	3,2	3,5	3,1	4,1	3,48

Source : Rahanitrarivony, 2013

#### 1.3.3 Comparaison des variétés rouges et blanches selon leur comportement à la cuisson

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 27.

Tableau 27 : Temps de cuisson et gonflement des variétés rouges et blanches

Variété de riz	Rouge	Blanche	P
Temps de cuisson (mn)	28	27	0,158
Gonflement	3,26	3,75	0,212

Aucune différence n'est enregistrée ni sur le temps de cuisson, ni sur le gonflement du riz rouge et du riz blanc. La couleur du péricarpe du riz n'a alors aucun effet sur son comportement à la cuisson.

## 2. CARACTERISTIQUES SENSORIELLES

### 2.1 Evaluation des riz par le jury de dégustation

A la suite d'une évaluation des riz, les moyennes d'intensité attribuée par les juges pour chaque descripteur et pour chaque échantillon de riz étudié sont récapitulées dans le tableau 28 suivant :

Tableau 28 : Intensité moyenne des descripteurs pour chaque produit

	Dhan	S. 186	Fa 161	Fa 154	Fa152	Fa 171	Fa 172	Fa 173	Moy
Eparp	5,83	5,11	4,42	5,06	4,37	3,53	3,11	3,42	4,36
Ferm V	6,53	6,19	5,19	4,89	5,51	3,81	3,78	4,28	5,02
Grain déf	4,88	5,39	6,06	7,37	6,31	7,92	7,78	6,17	6,49
Coll	3,75	3,81	3,89	4,50	4,26	5,81	6,00	4,91	4,62
Ferm	5,78	5,08	3,64	4,86	4,83	5,44	5,17	3,83	4,83
Résid	4,86	3,72	4,08	5,26	4,94	6,50	6,25	5,00	5,08
Nombr	9	5,17	2,44	4,60	4,57	5,59	4,11	1,42	4,61

Eparp : *éparpillement des grains*

Ferm V : *fermeté visuelle*

Grain déf : *grains déformés*

Coll : *collant pendant la mastication*

Ferm : *fermeté pendant la mastication*

Résid : *résidu de mastication*

Nombre : *nombre de mastications*

Moy : *moyenne*

Un traitement statistique simple (minimum, maximum et moyenne) des données obtenues a été réalisé en premier lieu pour classer les différents échantillons selon leurs caractéristiques sensorielles. L'histogramme suivant résume les intensités moyennes attribuées par les juges pour chaque descripteur et pour chaque produit :

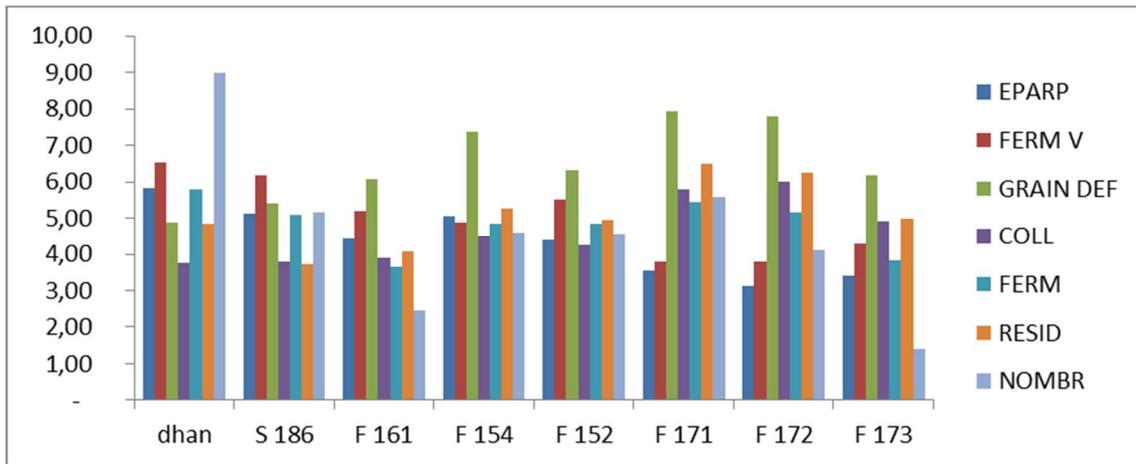


Figure 12 : Caractéristiques sensorielles des échantillons

A première vue, l'échantillon Chhomrong Dhan est très différent par rapport aux autres échantillons. Il est visiblement celui qui est le plus éparpillé et le plus ferme après cuisson, et qui a aussi le nombre de mastications le plus élevé. Cet échantillon diffère des autres par son origine géographique népalaise (voir § 1.1 Matériel et Méthodes, p 18). L'influence de la provenance sur les caractéristiques sensorielles du riz est alors mise en évidence.

Les échantillons Fa 171 et Fa 172 sont les plus déformés, plus collants pendant la mastication et présentent beaucoup plus de résidus de mastication selon l'évaluation des juges. Ces caractéristiques peuvent être liées à leur teneur en lipides élevée (voir tableau 8, p 36).

## 2.2 Classification des échantillons par test ANOVA

Le test ANOVA (Analyse of variance) permet de classer les échantillons étudiés par la comparaison de la moyenne des notes données par les juges. Le test donne un aperçu sur les caractéristiques sensorielles des échantillons. Le résultat du test ANOVA est synthétisé dans le tableau 29, le classement selon le test de FISHER étant affiché en gras à côté des intensités moyennes des descripteurs, permet d'identifier les groupes significativement différents.

Tableau 29 : Résultat du test ANOVA

	EPARP	FERM V	GRAIN DEF	COLL	FERM	RESID	NOMBR
<b>Dhan</b>	5,833 <b>A</b>	6,528 <b>A</b>	5,222 <b>D</b>	3,750 <b>C</b>	5,778 <b>A</b>	4,861 <b>B</b>	36,306 <b>A</b>
<b>S 186</b>	5,111 <b>AB</b>	6,194 <b>AB</b>	5,389 <b>CD</b>	3,806 <b>C</b>	5,083 <b>AB</b>	3,772 <b>C</b>	32,167 <b>B</b>
<b>Fa 161</b>	4,417 <b>BC</b>	5,194 <b>C</b>	6,056 <b>BC</b>	3,889 <b>C</b>	3,639 <b>C</b>	4,083 <b>C</b>	29,444 <b>BC</b>
<b>Fa 154</b>	5,056 <b>AB</b>	4,889 <b>CD</b>	7,348 <b>A</b>	4,500 <b>BC</b>	4,861 <b>B</b>	5,252 <b>B</b>	31,601 <b>BC</b>
<b>Fa 152</b>	4,371 <b>BCD</b>	5,501 <b>BC</b>	6,320 <b>B</b>	4,267 <b>BC</b>	4,829 <b>B</b>	4,947 <b>B</b>	31,574 <b>BC</b>
<b>Fa 171</b>	3,528 <b>CDE</b>	3,806 <b>E</b>	7,917 <b>A</b>	5,806 <b>A</b>	5,444 <b>AB</b>	6,500 <b>A</b>	32,583 <b>B</b>
<b>Fa 172</b>	3,111 <b>E</b>	3,778 <b>E</b>	7,778 <b>A</b>	6,000 <b>A</b>	5,167 <b>AB</b>	6,250 <b>A</b>	31,111 <b>BC</b>
<b>Fa 173</b>	3,417 <b>DE</b>	4,278 <b>DE</b>	6,167 <b>B</b>	4,906 <b>B</b>	3,833 <b>C</b>	5,000 <b>B</b>	28,417 <b>C</b>

Éparp : éparpillement des grains

Ferm V : fermeté visuelle

Grain déf : grains déformés

Ferm : fermeté pendant la mastication

Coll : collant pendant la mastication

Résid : résidu de mastication

Nombre : nombre de mastication

Les résultats du test LSD (Low Significant Différence) selon Fisher effectuée la comparaison des échantillons ayant la plus petite différence significative par classement en ordre alphabétique. Les échantillons n'ayant pas de différence significative sont ainsi groupés dans une même classe, présentée à droite des intensités moyenne des descripteurs. L'analyse de la variance indique que l'échantillon Chhomrong Dhan est significativement différent des autres au niveau de 5 descripteurs sur les 7 étudiés. Par rapport aux descripteurs « éparpillement des grains, fermeté visuelle, fermeté pendant la mastication et nombre de mastications », cet échantillon est dans le classement A avec les intensités moyennes respectivement de 5,833 ; 6,528 ; 5,778 et 36,306 significativement supérieures aux autres échantillons. Il est donc le plus éparpillé, le plus ferme visuellement et pendant la mastication. Il présente également le nombre de mastication le plus élevé. De plus, l'aspect visuel de Chhomrong Dhan est nettement différent des autres échantillons car ses grains sont moins déformés.

Les échantillons Fa 171 et Fa 172 sont significativement distincts au niveau de 4 descripteurs (grains déformés, fermeté visuelle, collant pendant la mastication et résidus de mastication). En effet, ils ont les grains les plus déformés, les moins fermes visuellement et les plus collants pendant la mastication. Ce sont les deux échantillons qui présentent le plus de résidus de mastication.

Le Fa 152 et Fa 154 sont similaires au niveau de 4 descripteurs, ils se placent entre B et C par rapport au collant et nombre de mastication. De plus, ils sont moyennement fermes et présentent des résidus moyens de mastication (classement B). Cette ressemblance peut être due à leur lien de parenté.

Ces résultats confirment et complètent les résultats obtenus après le simple traitement statistique.

### 2.3 Description des échantillons par les variables sensorielles

L'analyse en composantes principales (ACP) est un test multidimensionnel utilisé pour visualiser l'ensemble des descripteurs et des produits sur un axe à trois dimensions. L'analyse attribuera aux échantillons les descripteurs qui leurs sont corrélés. Le cercle de corrélation de l'ACP est montré dans la figure 13.

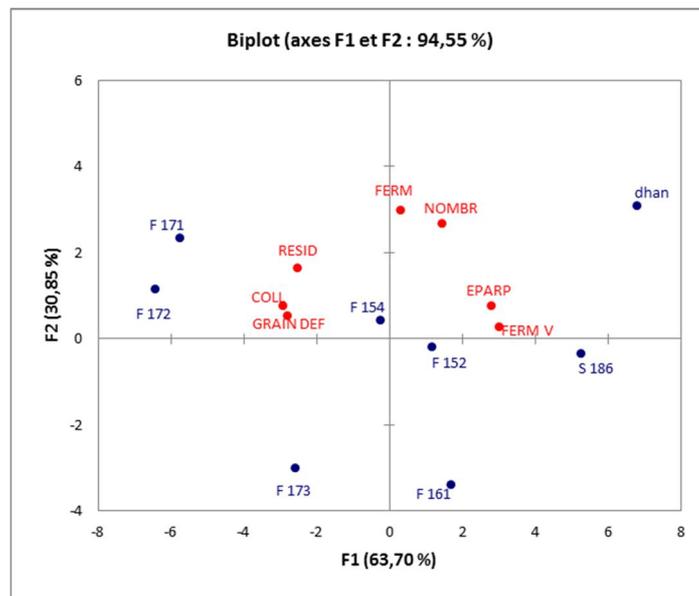


Figure 13 : Cercle de corrélation de l'ACP

L'analyse en composantes principales confirme les résultats du test ANOVA effectué précédemment. Le cercle de corrélation indique effectivement que l'échantillon Chhomrong Dhan est corrélé aux descripteurs nombre de mastications, éparpillement des grains, fermeté pendant la mastication. Les deux échantillons Fa 171 et Fa 172 sont proches et s'identifient à ses caractères : plus déformés, collant et présentent plus de résidus après la mastication. Les échantillons Fa 152, Fa 154 et le Scrid 186 sont reliés par les descripteurs éparpillement des grains et fermeté visuelle. Ces trois échantillons ont le même mode de culture (fertilisation), ce qui peut expliquer cette ressemblance. Ainsi, les conditions de culture peuvent influencer sur les caractéristiques sensorielles du grain de riz.

Le cercle de corrélation, représenté par la figure 14, indique la situation dans l'espace des descripteurs pour avoir une vue globale sur les sensations perçues par les juges.



La CAH a permis de classer les échantillons étudiés en quatre groupes :

- Chhomrong Dhan est très différent du reste des échantillons de riz testés. Il est le plus éparpillé, le plus ferme visuellement et pendant la mastication mais le moins déformés. Il présente également le nombre de mastications le plus élevé.
- Le Fa 171 et Fa 172 constituent le deuxième groupe. Ces deux échantillons se ressemblent sur trois des descripteurs : Ils ont un caractère collant, plus déformés et présentent plus de résidus après mastication.
- Le troisième groupe est formé par les échantillons Fa 154 et Fa 152 ainsi que le Scrid 186. Ce sont les plus éparpillés et ont la fermeté visuelle la plus nette.
- Le Fa 161 et le Fa 173 forment le dernier groupe. Ces deux échantillons se caractérisent par des grains plus mous pendant la mastication.

### ***2.5 Comparaison des caractéristiques sensorielles des riz pluviaux blanc et rouge***

La comparaison de l'intensité moyenne attribuée par les jurys de dégustation pour les deux variétés de riz pluvial étudié (riz rouge et riz blanc) montre que les descripteurs liés à la mastication sont influencés par le facteur variété, à l'exception du nombre de mastications. Le tableau 30 indique que la variété rouge diffère de la variété blanche par ses caractères collant et ferme pendant la mastication. Elle présente également un résidu de mastication élevé.

Tableau 30 : Caractéristiques sensorielles comparatives du riz blanc et du riz rouge

	Moyenne variété rouge	Moyenne variété blanche	P
<b>Eparpillement</b>	4,658	4,204	0,099
<b>Fermeté visuelle</b>	5,202	4,921	0,217
<b>Grains déformés</b>	6,577	6,490	0,711
<b>Collant pendant la mastication</b>	4,858	4,230	<b>0,011</b>
<b>fermeté pendant la mastication</b>	5,068	4,469	<b>0,008</b>
<b>Résidus de mastication</b>	5,266	4,740	<b>0,021</b>
<b>Nombre de mastications</b>	3,218	3,072	0,109

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

### 3. ETUDE DES CORRELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES CARACTERISTIQUES MESUREES

#### 3.1 Corrélations entre les caractéristiques physico-chimiques

Le tableau 31 résume les matrices de corrélation entre les caractéristiques physico-chimiques des échantillons.

Tableau 31 : Matrices de corrélation entre les variables physico-chimiques

Variabes	Lipides (% MS)	Protéines (% MS)	Amidon (%MS)	Amylose (% MS)	Cendres (% MS)
PMG (g)	-0,070	-0,641	-0,537	0,065	<b>0,974</b>
TGE (%)	0,283	-0,277	0,192	0,113	0,411
L/l	-0,026	-0,510	-0,614	-0,192	<b>0,853</b>
épaisseur (mm)	-0,018	0,180	-0,096	0,298	0,180

PMG : poids de mille grains ; TGE : taux de grains entiers ; L/l : rapport longueur sur largeur  
Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

Aucune corrélation n'est observée entre les caractéristiques physiques et les teneurs en lipides, en protéines et en amidon. Cependant, une corrélation positive est enregistrée avec la teneur en cendres brutes.

#### 3.1.1 Corrélation entre le poids de mille grains et la teneur en cendres brutes

Le poids des grains est fortement corrélé ( $r = 0,97$ ) à la teneur en cendres brutes. Plus le poids de mille grains est élevé, plus il renferme de cendres (Figure 16).

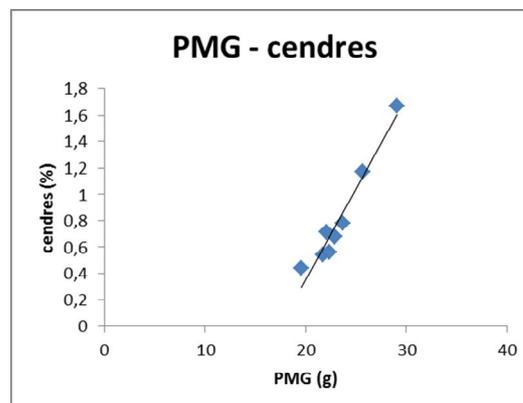


Figure 16 : Corrélation entre PMG et la teneur en cendres des échantillons

### 3.1.2 Corrélation entre le rapport L/l et la teneur en cendres brutes

Il y a une corrélation positive ( $r = 0,85$ ) entre le rapport L/l des échantillons et leur teneur en cendres brutes comme le montre la figure 17. Ceci confirme la corrélation montrée précédemment.

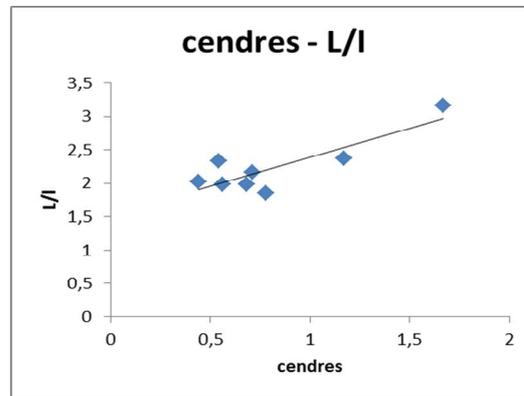


Figure 17 : Corrélation entre la teneur en cendres brutes et le rapport L/l

### 3.2 Corrélation entre les caractéristiques physico-chimiques et le comportement à la cuisson

Le tableau 32 montre les correspondances entre les caractéristiques physico-chimiques et le comportement des échantillons à la cuisson.

Tableau 32 : Valeurs des coefficients de corrélation

Variabes	PMG	TGE	L/l	Protéines	Lipides	Cendres	Amidon	Amylose
Temps de cuisson	-0,510	-0,388	-0,108	0,606	0,523	-0,483	0,484	0,482
Gonflement	-0,339	-0,379	0,058	0,083	-0,009	-0,361	-0,412	0,098

Aucune corrélation n'est observée entre les caractéristiques physico-chimiques et le comportement du riz lors de sa cuisson.

Par ailleurs, l'absence de corrélation entre le temps de cuisson du riz et la teneur en amylose confirme les résultats dans la littérature (Vidal *et al.*, 2007 ; Rahanitrarivony, 2013).

### 3.3 Corrélations entre les caractéristiques biochimiques et sensorielles

Les résultats de l'ACP sont récapitulés dans le tableau 33.

Tableau 33 : Corrélation entre les variables physico-chimiques et sensorielles

Variables	PMG	TGE	L/I	Protéines	Lipides	Cendres	Amidon	Amylose
EPARP	0,021	-0,354	0,162	-0,403	<b>-0,712</b>	0,124	0,120	<b>-0,708</b>
FERM V	-0,205	-0,354	-0,177	-0,240	<b>-0,834</b>	-0,158	0,185	<b>-0,709</b>
GRAIN DEF	0,367	0,553	0,271	0,032	<b>0,859</b>	0,348	0,021	0,509
COLL	-0,059	0,277	-0,028	0,321	<b>0,903</b>	-0,077	0,149	-0,388
FERM	-0,385	-0,043	-0,257	0,094	0,201	-0,302	<b>0,821</b>	<b>-0,742</b>
RESID	-0,129	0,101	-0,008	0,367	<b>0,866</b>	-0,073	0,260	0,184
NOMBR	-0,523	-0,390	-0,308	0,024	-0,113	-0,385	0,655	<b>-0,794</b>

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

D'après ce tableau, aucune corrélation n'est constatée entre les caractéristiques sensorielles et les caractéristiques physiques des échantillons. Toutefois, des corrélations sont enregistrées avec les teneurs en lipides, en amidon et en amylose.

### 3.3.1 Corrélations entre lipides et les grains déformés, le collant pendant la mastication et le résidu de mastication

Les résultats statistiques montrent qu'il y a une corrélation entre la teneur en lipides et i) les descripteurs grains déformés ( $r = 0,86$ ), ii) le collant pendant la mastication ( $r = 0,90$ ), iii) le résidu de mastication ( $r = 0,87$ ). En d'autres termes, plus la teneur en lipides dans le grain de riz est élevée, plus il est déformé, collant et présente beaucoup plus de résidus pendant la mastication. La figure 18 illustre ces corrélations.

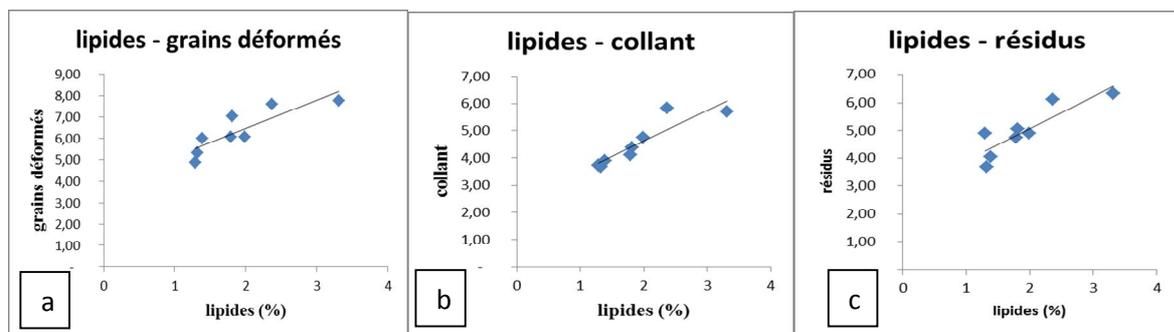


Figure 9 : Corrélations positives entre lipides et a) grains déformés b) collant pendant la mastication c) résidu de mastication

La corrélation enregistrée entre la teneur en lipides et grains déformés confirme celle rapportée par Mestres *et al.* (2011). Selon ces auteurs, la richesse du grain en constituants pariétaux comme le lipide pourrait faciliter sa déformation. Tandis que la corrélation positive entre résidu de mastication et teneur en lipides corrobore le résultat obtenu par Rahanitrarivony (2013).

### 3.3.2 Corrélation entre amidon et fermeté pendant la mastication

Une corrélation positive est enregistrée entre la teneur en amidon et la fermeté pendant la mastication ( $r = 0,82$ ). Ainsi, plus l'échantillon est riche en amidon, plus il est ferme pendant la mastication (Figure 19).

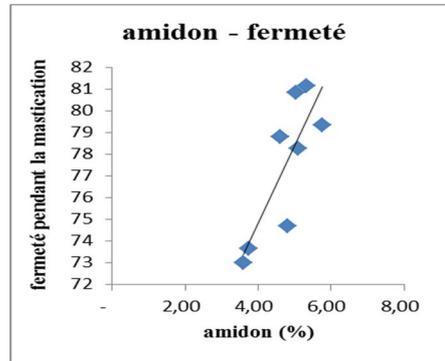


Figure 19 : Corrélation entre amidon et fermeté pendant la mastication

### 3.3.4 Corrélations entre amylose et éparpillement des grains, fermeté avant et pendant la mastication et résidu de mastication

La teneur en amylose est corrélée négativement à : i) l'éparpillement des grains ( $r = -0,71$ ), ii) l'ensemble des attributs liés à la fermeté (visuelle ( $r = -0,71$ ) et pendant la mastication ( $r = -0,74$ ), iii) au nombre de mastication ( $r = -0,79$ ). Toutefois, elle n'apparaît pas corrélée au collant à la mastication (Figure 20). Ces résultats confirment ceux de Rahanitrarivony (2013).

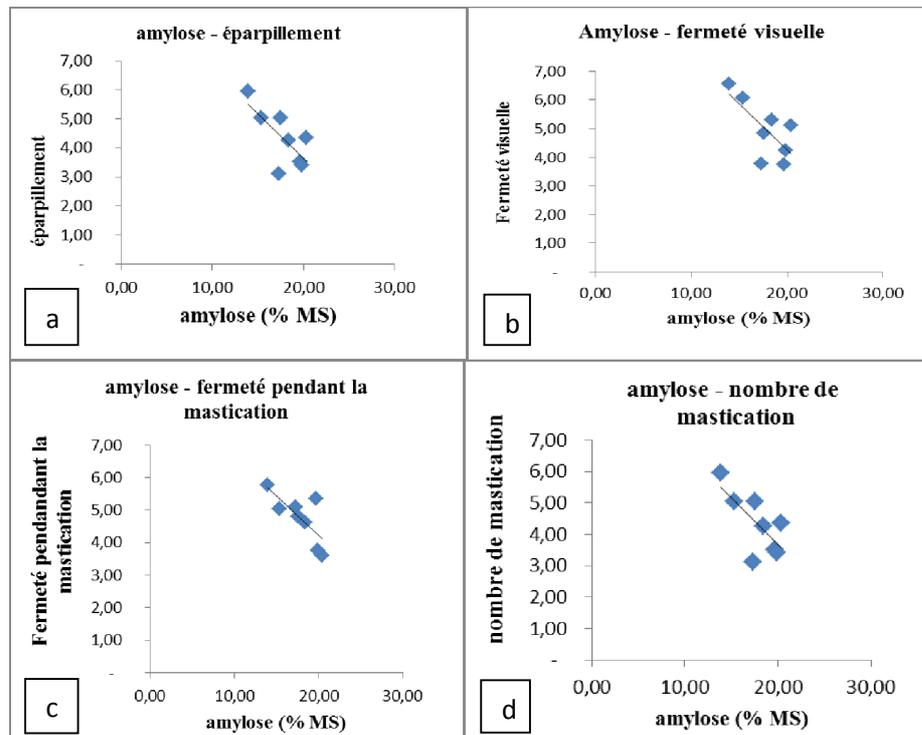


Figure 20 : Corrélations négatives entre amylose et a) éparpillement b) fermeté visuelle c) fermeté pendant la mastication d) nombre de mastication

Les riz gluants à teneur très faibles en amylose (0 à 2%) sont plus collants. Ainsi, l'absence de corrélation entre la teneur en amylose et le descripteur collant pourrait être expliquée par la teneur intermédiaire en amylose des échantillons. Les riz non glutineux ne sont donc pas collants ou peu collant après cuisson.

***Conclusion***  
***et***  
***Perspectives***

Le riz pluvial étudié présente deux variétés selon la couleur du péricarpe : la variété rouge représentée par : le Scrid 186, le Fa 171, le Fa 172, le Fa 173 et le Chhomrong Dhan et la variété blanche indiquée par le Fa 152, le Fa 154 et le Fa 161.

Selon la classification Européenne de 1988, ces huit échantillons sont subdivisés en trois types : le type long B représenté par l'échantillon Fa 154, le type long A comme le Fa 152 et les six autres appartiennent au type médium.

Il a été mis en évidence que les caractéristiques physiques des grains de riz sont influencés par les conditions post-récoltes, le séchage et la résistance au choc lors de l'usinage.

L'étude de la qualité des échantillons a montré que la valeur nutritionnelle du riz est influencée par plusieurs facteurs à savoir :

- i) la disponibilité de l'azote dans le sol, le facteur génétique, la coloration du péricarpe et le traitement culinaire pour la valeur protidique et leur composition en acides aminés.
- ii) le degré d'usinage pour la valeur lipidique,
- iii) le mode d'absorption des éléments nutritifs du sol, le degré d'usinage et la coloration du péricarpe pour les éléments minéraux.
- iv) La coloration du péricarpe pour la teneur en amidon

Les échantillons sont caractérisés par une teneur moyenne en amylose.

L'étude microscopique confirme que les granules d'amidon de riz sont de petite taille et de forme angulaire.

Concernant le comportement à la cuisson, le riz pluvial paraît plus long à cuire quelle que soit la variété, blanche ou rouge.

Pour ce qui est de la texture du riz pluvial cuit, l'évaluation a permis d'authentifier l'existence de corrélation entre les sept descripteurs étudiés, établis par Rahanitrarivony (2013) : éparpillement des grains, fermeté visuelle, grains déformés, collant pendant la mastication, fermeté pendant la mastication, résidus de mastication et nombre de mastications et les caractéristiques biochimiques des grains : lipides, amidon et amylose.

Ainsi, il a été confirmé que le riz pluvial semble plus éparpillé, plus ferme et nécessite beaucoup plus de nombres de mastications. Il présente également un résidu de mastication élevé.

Quant aux facteurs intrinsèques influençant la texture du riz cuit :

- Le descripteur visuel de fermeté pendant la mastication est lié à la teneur en amidon. Plus la teneur en amidon est élevée, plus les variétés de riz pluvial sont fermes.
- Contrairement aux descripteurs grains déformés, collant pendant la mastication et résidu de mastication qui sont tous influencés par la teneur en lipides, plus les variétés de riz pluvial sont riches en lipides totaux, plus les grains sont déformés, collants pendant la mastication et présentent beaucoup plus de résidu de mastication.
- L'amylose influe négativement sur l'éparpillement des grains et les caractéristiques sensorielles de fermeté (fermeté visuelle et pendant la mastication, le nombre de mastication). Moins les grains renferment de l'amylose, plus les grains sont éparpillés, fermes visuellement et pendant la mastication et ayant un nombre de mastication faible.

Les teneurs en lipides, en amidon et en amylose déterminent alors la texture du riz cuit ainsi que le facteur environnemental et la fertilisation qui agissent de façon indirectement.

Toutefois, de nombreux paramètres méritent encore d'être approfondis. A ce propos, des travaux de recherches sont à envisager :

- Analyser la composition en acides gras par la chromatographie en phase gazeuse.
- Etudier les facteurs antinutritionnels du riz pluvial
- Compléter l'analyse sensorielle par des tests hédoniques sur les riz pluviaux.
- Etudier les gènes de riz responsables de la qualité nutritionnelle des différentes variétés de riz pluvial.

***Références***

***Bibliographiques***

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AFNOR.** (1993). *Recueil de normes françaises : corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés*, 5<sup>ème</sup> Ed. Paris, 663p.
2. **ANDRIANARISON, F.** (2006). *Analyse qualitative des critères de choix des consommateurs de riz dans la commune urbaine d'Antananarivo Madagascar*. Mémoire de fin d'étude, ESSA Agro-management, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 48p.
3. **ANDRIANTAHIANA, Z. M.** (2012). *Qualité alimentaire du kitoza de porc fumé*. Mémoire de DEA, Faculté des sciences : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 95p.
4. **ANDRIATOAVINA, B. A.** (2007). *Utilisation du riz soufflé dans l'alimentation infantile du complément*. Mémoire de DEA, Faculté des sciences : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 76p.
5. **ANGLADETTE, A.** (1966). *Le riz*. In : COSTE René, Techniques agricoles et productions agricoles, 5<sup>ème</sup> Ed., Paris, 930p.
6. **BADJECK, B., IBRAHIMA, N. C. & SLAVIERO, F.** (2013). *Mission FAO/PAM d'évaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar*. Rapport spécial FAO/PAM. Disponible sur : <http://www.fao.org/giews/> (consulté le 13/09/2014).75p.
1. **BANKS, W. & GREENWOOD, C.T.** (1975). *Starch and starch Component*. Edinburgh University Press: Edinburgh, England, p. 270–273.
7. **BOUTEAU, B.** (2002). *Approvisionnement en riz d'Antananarivo à Madagascar- Stratégies d'acteurs et compétitivité des filières*. Mémoire de DESS Economie Rurale et Gestion des Entreprises Agro-Alimentaires, Université Montpellier I, Montpellier, 94p.
2. **CHAUVIGNE, V.** (2005). *Enjeux et perspectives de développement de la riziculture pluviale à Madagascar*. Mémoire de DESS, Université de Paris I, Paris, 95p.
3. **CIRAD – GRET – MAE.** (2002). *Mémento de l'agronome*. 1690p.
4. **CIRAD.** (2002). *Le riz qui nourrit le monde*. 8p.
5. **CIRAD.** (2005). *Valorisation et innovation en partenaire*.
6. **COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS** (1995). *Comité du codex sur les céréales, les légumes secs et les légumineuses*. 21<sup>ème</sup> session, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Rome.
7. **DABAT, M. H., PONS, B. & RAZAFIMANDIMBY, S.** (2008). *Des consommateurs malgaches sensibles à la qualité du riz*. Economie rurale, 308, 18p.
8. **DABAT, M.H.** (2002). *Analyse de la filière riz à Madagascar*. Cirad-Gret-Ministère des Affaires étrangères, *Memento de l'agronome*, 15p.

9. **DESIKACHAR, H. S. R., RAGHAVANDRA RAO, S. N. & ANANTHACHAR, T. K.** (1965). *Effect of degree of milling on water absorption of rice during cooking. J. Food Sci. Technol.*, 2, p. 110 – 112.
10. **DUFOURNET, R.** (1965). *Contribution à la connaissance et à l'amélioration de la riziculture malgache - Améliorations culturales et rendements des rizières.* IRAM.
11. **EkopédiaCirad/Gret/MAE.** (2002). *Mémento de l'Agronome (+ 2 cdroms)*, Cirad/Gret/Ministère des Affaires Etrangères éd, vol 1, Paris, France, 1692p.
12. **ELIAS, L., FEFFERY, L., WATTS, B. & YLIMAKIG.** (2003). *Méthode de bases pour l'évaluation Sensorielles des Aliments.* CRDI Ottawa Canada, 145p.
13. **FAO.** (1998). le riz dans la nutrition humaine.
14. **FAO.** (2004). le riz c'est la vie.
15. **FAO.** (2007). FAO database 2007 for rice area.
16. **FEINBERG, M., FAVIER, J.C. & IRELAND-RIPERT, J.** (1991). *Répertoire général des aliments : table de composition CIQUAL.* Techniques et Documentation, Paris.
17. **FOMBA, F.** (2007). *Connaissance et reconnaissance des variétés et des caractéristiques du riz pluvial dans la filière ; cas des communes d'ANKAZOMIRIOTRA et de BEMATAZANA.* Mémoire de fin d'étude ESSA Agro-management, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 64p.
18. **GLASZMANN, J.** (1984). *Classification de riz cultivée (Oriza sativa L.) Utilisation de la variété isoenzymatique.* *Agronomie Tropicale*, 39 (1), p. 61- 66.
19. **GRIEFIELD, H. & SOUTHGATT.** (1992). *Food Composition Data.* Chapman & Hall, New York, 263p.
20. **GUYOU, C.** (2003). *Etude diagnostic de la situation agraire de la région d'Antsirabe I.* Madagascar, 63p.
21. **INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE / DIRECTION DES STATISTIQUES DES MENAGES., INSTAT/DSM.** (2011). *Enquête Périodique auprès des Ménages 2010 : Rapport principal.* Antananarivo, Madagascar, 372p.
22. **ISO 2170-1980.** Céréales et légumes secs. Echantillonnage des produits de mouture.
23. **ISO 712-1985.** Céréales et produits céréaliers. Détermination de la teneur en eau (Méthode de référence de routine) (Méthode de Type I: Four à air).
24. **JULIANO, B.O. & BECHTEL, D.B.** (1985). *The rice grain and its gross composition.* Rice: chemistry and technology, 2<sup>nd</sup> ed., Am. Assoc. Cereal Chemistry, St Paul, MN, USA, p. 17-57.

25. **JULIANO, B.O.** (1985). *Rice: chemistry and technology*. 2<sup>nd</sup> ed., Am. Assoc. Cereal Chemistry, St Paul, MN, USA, 774p.
26. **KASONGO, K. M., WALANGULULU, M. J., BANTODISA, K.M., LIKOKO, B. & MBUYA, K.** (2003). *Etude du comportement et des performances de huit lignées hybrides de riz pluvial à cycle moyen sélectionnées à Yangambi*. *Tropicultura*, 21 (3), p. 112-116.
27. **LAURENT L.** (1991). Eléments minéraux In : Multon J. L. *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires*. 2<sup>e</sup> Ed. Tome 4. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 1991, p. 79- 98.
28. **LE BOUDIEC, F.** (1974). *homme et paysage du riz à Madagascar, étude géographique humaine*. Antananarivo, FTM, 348p.
29. **LEFEBRE, A. & BASSEREAU, J.F.** (2003). *L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration, Application aux emballages*. 10<sup>ème</sup> Séminaire CONFERE, Belfort- France p. 3-11.
30. **MAEP, FAO, PSDR.** (2010). Culture vivrière.
31. **MAEP.** (2005). *Enquête annuelle sur la production agricole*. Service statistique agricole. Campagne 2004-2005, p. 9 -12.
32. **MEERTENS, B. & VRIES, M.** (2014). *Améliorer la riziculture de bas-fonds ; Conseil pratiques de gestion à l'usage des petits paysans en Afrique tropicale*. 1<sup>ère</sup> Ed., Pays-Bas : Digigrafi, Veenendaal, 99p.
33. **MEMENTO DE L'AGRONOME.** (1974). Ministère de la Coopération française.
34. **MESTRES, C., RIBEYRE, F., PONS, B., FALLET, V. & MATENCIO, F.** (2011). *Sensory texture of cooked rice is rather linked to chemical than to physical characteristics of raw grain*. *Journal of Cereal Science*, 53, p. 81-89.
35. **MOSSE, J.** (1990). *Acides Aminés de 16 céréales et protéagineux : variation et clé du calcul de la composition en fonction du taux d'azote des grains. Conséquences nutritionnelles*. In INRA. *Prod-Anim*, 3(2), p. 103-119.
36. **MULTON, J. L.** (1991). *Technique d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires*. 2<sup>ème</sup> Ed. Paris : Technique et documentation, 396p.
37. **NGUYEN, M. T.** (2007). *Identification des espèces de moisissures, potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam – étude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxines*. Thèse de Doctorat en Génie des procédés et de l'environnement de l'institut national polytechnique de Toulouse. p.147

38. **NICOLAS, F. & VALCESCHINI, E.** (1993). *La négociation de la qualité*. Économie Rurale, n° 217, p. 12-17.
39. **NOELI, A.** (2010). *Amélioration de la qualité du riz*. Manuel du formateur, cahier n°2, Burkina Faso, 26p.
40. **OGGIER, R.** (2007). *Etude de conception d'une unité d'extraction d'amidon d'igname*. Science de l'ingénieur Orientation technologie alimentaire, Gembloux.
41. **PARC NATUREL REGIONAL DE CAMARGUE.** (2008). *Le riz en Camargue*. 10p
42. **PRESTON, R. L, JACOBSON, N. L., WIGGERS, K.D, WIGGERS, M.H. & JACOBSON, G.N.** (1977). *Phosphorus in ruminant nutrition*. NIFA.
43. **RADANIELINA, T., RAMANANTSOA, A., RABOIN, L.M. & AHMADI, N.** (2013). *Déterminants de la diversité variétale du riz dans la région de Vakinankaratra (Madagascar)*. Cahier Agriculture, vol. 22, n°8 (5), doi: 10.1684/agr.2013.0648.
44. **RAFENOMANJATO, A.** (2011). *Effets de la nutrition minérale sur la pyriculariose du riz pluvial dans différents systèmes de culture*. Mémoire de fin d'étude ESSA, Département agriculture, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 90p.
45. **RAHANITRARIVONY, V.** (2013). *Identification et évaluation des critères de qualité du riz de Madagascar ; recherche des déterminants de la texture du riz cuit*. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 137p.
46. **RAHANITRARIVONY, V., RALISON, C., PONS, B. & MESTRES, C.** (2012). *Evaluation de la qualité de quelques variétés de riz de Madagascar*. Bulletin de l'Académie Malgache, Tome XCI/1, [ISSN 1728-4317], p. 133-137.
47. **RAJAONARISON, J. L.** (2001). *Valeur nutritionnelle de cinq variétés de riz pluvial adaptées aux conditions culturales de la région Moyen ouest de Madagascar*. Mémoire de DEA. Faculté des Sciences : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 82p.
48. **RALAMBOFETRA, E. & RAKOTOVAO, L.H.** (1986). *Les protéines du riz. Etude de la valeur nutritionnelle de différentes variétés de riz de Madagascar*. FOFIFA: la recherche pour le développement, 2<sup>ème</sup> éd., p. 141-155.
49. **RALAMBOFETRA, E.** (1983). *Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle comparée de variétés de riz de Madagascar*. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 138p.
50. **RALAMBOFETRA, E., RAKOTOVAO, L.H. & CHARLOT, C.** (1985). *Les éléments minéraux du riz. Etude de la valeur nutritionnelle de différentes variétés de riz de Madagascar*. FOFIFA: la recherche pour le développement, 1<sup>ère</sup> éd., p. 115-143.

51. **RAMAROLAHY, A. A.** (2006). *Stratégies et comportements des détaillants et consommateurs de riz sur trois marchés d'Antananarivo : Analakeky, Mahamasina et Anosibe*. Mémoire de fin d'étude ESSA Agro-management. Université d'Antananarivo, Antananarivo, 110p.
52. **RANDRIANAIVO, H.** (2004). *Appréciation de la qualité du riz par les acteurs post-récolte et analyse de la consommation de la commune urbaine d'Antsirabe I*. Mémoire de fin d'étude ESSA Industries Agro-Alimentaire. Université d'Antananarivo, Antananarivo, 84p.
53. **RANDRIANARISOA, R.** (2014). *Etude de quelques propriétés fonctionnelles et de la valeur nutritionnelle de l'amidon de trois variétés de riz pluvial (B22, Fofifa 159 et 3737) du Moyen-Ouest de Madagascar*. Mémoire de DEA, Facultés des sciences, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 80p.
54. **RAOILISOA, R. O. A.** (2014). *Les vertus du son de riz par ses potentialités nutritionnelles et antioxydantes*. Mémoire de DEA, Facultés des sciences, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 61p.
55. **RASOLOARISON, E. L. M.** (2012). *Etude de marché de riz dans la commune urbaine d'Antananarivo*. Mémoire de maîtrise en gestion, Facultés de droit, d'économie, de gestion et de sociologie (DEGS), Marketing : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 72p.
56. **RAVELOJAONA, M. A. H.** (2008). *La filière riz au service du développement de Madagascar*. Mémoire de maîtrise en Economie, Facultés de droit, d'économie, de gestion et de sociologie (DEGS) : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 63p.
57. **RAVELOSON, A. I.** (2003). *Qualité du koba ravina vendu dans la ville d'Antananarivo*. Mémoire de DEA, Facultés des sciences : Université d'Antananarivo, Antananarivo, 108p.
58. **RAZAFINDRAIBE, I. E. & RAVELOMANANTSOA, S. H.** (2010). *Catalogue national des espèces et variétés cultivées*. Madagascar : Press Attitude, 1<sup>ère</sup> éd, 117p.
59. **RAZANANTOANINA, V.A.** (2003). *Analyse comparative des filières riz pluvial dans le Moyen Ouest d'Antsirabe et d'Antananarivo*. Mémoire de fin d'étude. ESSA Agromanagement, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 55p.
60. **RESURRECCION, A.P., JULIANO, B.O. & TANAKA, Y.** (1979). *Nutrient content and distribution in milling fractions of rice grain*. *J. Sci. Food Agric.*, 30, p. 475-481.
61. **SANDHU, K.S., SINGH, N. & MALHI N.S.** (2005). *Physicochemical and thermal properties of starches separated from corn produced from crosses of two germ pools*. *Food Chem.*, **89**, p. 541-548.

62. **SANGARE, D.** (2011). *Rapport étude de marche de riz locale*. Commercialisation du riz local, *IntermonOxfam-UNPR-B*, 57p.
63. **SEEBOLD, K.W., DATNOFF, L.E., CORREA-VICTORIA, F.J., KUCHARAK, T.A. & SNYDER, G.H.** (2004). *Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice*. *Plant disease*, 88, p. 253-258.
64. **SINGH, N., SINGH, J. & SODHI N.S.** (2002). *Morphological, thermal, rheological and noodle- making properties of potato and corn starch*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, p.1376-1383.
65. **ST CLAIR, P.M.** (1987). *Les cultures importantes de l'espace Tropical*. Les cultures vivrières. Tome II, 137p.
66. **TATEOKA, T.** (1963). *Taxonomic studies of Oryza III. Key to the species and their enumeration*. *Bot. Mag.*, 76 (899), Tokyo, p. 165-173.
67. **TOURE & LANCON.** (2002). *rice selection criteria and consumers characteristics: case of Bokané Market*.
68. **TOUZARD, S.** (2003). *La consommation et les critères de qualité du riz dans la commune d'Antsirabe I (Madagascar)*. Mémoire de DESS Université de Montpellier II, Montpellier, 50 p.
69. **VANDEPUTTE, G.E. & DELCOUR, J.A.** (2004). *From sucrose to starch granule to physical behavior: a focus on rice starch*. *Carbohydr Polym*, 58, p. 245–66.
70. **WILLIAMS, V.R., WU, W.T., TSAI, H.Y. & BATES, H.G.** (1958). *Varietal differences in amylose content of rice starch*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6, p. 47 - 48.
71. **WOPEREIS, M.C.S., MIÉZAN, K.M., DONOVAN, C., NDIAYE, A.M. & DOUTHWAITE, B.** (1998). *A new Senegalese Thresher-Cleaner responds to small-farmer post-harvest needs*. *IRRN*, 23 (2), p. 39–41.

Webographie :

- <http://informationsnutritionnelles.fr/energie-calories>
- <http://www.cirad.mg/fr/anx/sebota.php>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Riz\\_dor%C3%A9](http://fr.wikipedia.org/wiki/Riz_dor%C3%A9)
- [http://biochim-agro.univ-lille1.fr/proteines/co/ch1\\_II\\_a.html](http://biochim-agro.univ-lille1.fr/proteines/co/ch1_II_a.html)
- <http://www.agriculture.gov.mg>
- [http://www.vajra.be/index.php/info/les\\_cereales\\_sources\\_des\\_proteines\\_vegetal](http://www.vajra.be/index.php/info/les_cereales_sources_des_proteines_vegetal)
- <http://books.google.mg>
- <http://economierurale.revues.org>

- [www.qualireg.org](http://www.qualireg.org)
- [www.cirad.mg](http://www.cirad.mg)

# ***Annexes***

Annexe 1 : La norme CODEX ALIMENTARIUS

## 1. CHAMP D'APPLICATION

La présente norme s'applique au riz décortiqué, au riz usiné et au riz étuvé destinés à la consommation humaine directe, c'est-à-dire prêts pour leur utilisation prévue, à savoir l'alimentation humaine, emballés ou vendus directement en vrac au consommateur. Elle ne s'applique pas aux autres produits dérivés du riz ou au riz gluant.

## 2. DESCRIPTION

### 2.1 Définitions

2.1.1 Le **riz** se présente en grains entiers et en brisures provenant de l'espèce *Oryza sativa* L.

2.1.1.1 Le **(riz) paddy** est un riz qui a conservé sa balle après battage.

2.1.1.2 Le **riz décortiqué** (riz brun, riz cargo ou riz complet) est un riz paddy dont la seule balle a été éliminée. Le décorticage et la manutention peuvent entraîner quelques pertes de péricarpe.

2.1.1.3 Le **riz usiné** (riz blanc) est un riz décortiqué qui a été débarrassé par usinage de tout ou partie du péricarpe et du germe.

2.1.1.4 Le **riz étuvé** est un riz décortiqué ou usiné obtenu par trempage dans l'eau de riz paddy ou de riz décortiqué, puis soumis à un traitement thermique qui gélatinifie entièrement l'amidon, et à un séchage.

2.1.1.5 **Riz gluant**: variétés spéciales de riz dont les grains sont blancs et opaques. L'amidon du riz gluant est presque entièrement constitué d'amylopectine. Il a tendance à s'agglutiner après la cuisson.

## 3. FACTEURS ESSENTIELS DE COMPOSITION ET DE QUALITE

### 3.1 Facteurs de qualité – critères généraux

3.1.1 Le riz doit être sain et propre à la consommation humaine.

3.1.2 Le riz doit être exempt d'odeurs et de saveurs anormales, d'insectes et d'acariens vivants.

### 3.2 Facteurs de qualité – critères spécifiques

#### 3.2.1 Teneur en eau 15 % m/m maximum

Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage. Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays.

#### 3.2.2 Matières étrangères: substances organiques et inorganiques autres que les grains de riz.

3.2.2.1 **Souillures:** impuretés d'origine animale (notamment insectes morts) 0,1 % m/m maximum

3.2.2.2 **Autres matières étrangères organiques** telles que graines d'autres plantes, balle, son, fragments de paille, etc. qui ne doivent pas dépasser les limites suivantes:

##### **Concentration maximale**

Riz décortiqué 1,5 % m/m

Riz usiné 0,5 % m/m

Riz décortiqué étuvé 1,5 % m/m

Riz usiné étuvé 0,5 % m/m

3.2.2.3 **Les matières étrangères inorganiques** telles que pierres, sable, poussière, etc. ne doivent pas dépasser les limites suivantes: 2 Codex Standard 198-1995

##### **Concentration maximale**

Riz décortiqué 0,1 % m/m

Riz usiné 0,1 % m/m

Riz décortiqué étuvé 0,1 % m/m

Riz usiné étuvé 0,1 % m/m

## 4. CONTAMINANTS

### 4.1 Métaux lourds

Les produits auxquels s'appliquent les dispositions de la présente norme doivent être exempts de métaux lourds en quantités susceptibles de présenter des risques pour la santé humaine.

## 4.2 Résidus de pesticides

Le riz doit être conforme aux limites maximales de résidus fixées par la Commission du Codex Alimentarius pour ce produit.

## 5. HYGIENE

5.1 Il est recommandé que le produit visé par les dispositions de la présente norme soit préparé et manipulé conformément aux sections appropriées du *Code d'usages international recommandé – Principes généraux d'hygiène alimentaire* (CAC/RCP 1-1969) et des autres Codes d'usages recommandés par la Commission du Codex Alimentarius applicables à ce produit.

5.2 Dans la mesure où le permettent les bonnes pratiques de fabrication, le produit doit être exempt de matières indésirables.

5.3 Lorsqu'il est soumis à des méthodes appropriées d'échantillonnage et d'examen, le produit doit être :

- exempt de microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- exempt de parasites susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- exempt de substances provenant de microorganismes, y compris les champignons, en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé.

## 6. CONDITIONNEMENT

6.1 Le riz doit être emballé dans des récipients propres à préserver les qualités hygiéniques, nutritionnelles, technologiques et organoleptiques de ce produit alimentaire.

6.2 Les récipients, y compris les matériaux d'emballage, doivent être fabriqués avec des matériaux sans danger et convenant à l'usage auquel ils sont destinés. Ils ne doivent transmettre au produit aucune substance toxique, ni aucune odeur ou saveur indésirable.

6.3 Lorsque le produit est emballé dans des sacs, ceux-ci doivent être propres, robustes et solidement cousus ou scellés.

## **7. ETIQUETAGE**

Outre les dispositions de la *Norme générale Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées* (CODEX STAN 1-1985), les dispositions spécifiques ci-après sont applicables :

### **7.1 Nom du produit**

Le nom du produit déclaré sur l'étiquette doit être conforme aux définitions figurant à la Section 2.1. Les autres noms donnés entre parenthèses doivent être utilisés conformément aux usages locaux.

### **7.2 Etiquetage des récipients non destinés à la vente au détail**

Les renseignements sur les récipients non destinés à la vente au détail doivent figurer soit sur le récipient, soit dans les documents d'accompagnement, exception faite du nom du produit, de l'identification du lot, et du nom et de l'adresse du fabricant ou de l'emballleur qui doivent figurer sur le récipient. Cependant, l'identification du lot, le nom et l'adresse du fabricant ou de l'emballleur peuvent être remplacés par une marque d'identification, à condition que cette marque puisse être clairement identifiée à l'aide des documents d'accompagnement.

Annexe 2 : La machine SB 30

La transformation du paddy en riz blanc par la SB 30 comporte deux sous-étapes : le décortiquage et le blanchissage.

La réussite du décortiquage avec la SB 30 est basée sur quatre paramètres clés qui sont : l'hygiène du milieu, l'hygiène du personnel et du matériel, l'humidité et la propreté du paddy et le réglage de la décortiqueuse.



Photos : *Décortiqueuse SB 30*

Annexe 3 : Les valeurs de a, b et r utilisées pour le calcul de la composition en acides aminés des grains de riz

AA	a	b	r
Gly	283 ± 9	-8 ± 14	997
Ala	365 ± 9	-46 ± 15	998
Val	425 ± 17	-87 ± 28	995
Leu	550 ± 17	-90 ± 28	997
Ile	306 ± 23	-78 ± 37	984
Ser	378 ± 15	-102 ± 24	995
Thr	231 ± 8	-25 ± 13	996
Tyr	379 ± 11	-102 ± 18	997
Phe	342 ± 15	-45 ± 24	995
Trp	82 ± 3	-11 ± 4	997
Pro	320 ± 17	-74 ± 28	991
Met	106 ± 23	59 ± 38	986
Cys	88 ± 16	92 ± 25	993
Lys	201 ± 11	49 ± 18	997
His	135 ± 9	17 ± 15	996
Arg	517 ± 25	-2 ± 40	965

Chacun des 19 acides aminés est caractérisé par 3 coefficients : la pente a ( $\pm$  écart type), l'ordonnée à l'origine b ( $\pm$  écart type), et le coefficient de corrélation r. Ces données sont fournies après multiplication par 1000 pour éviter des décimales encombrantes. (Mossé, 1990).

Annexe 4 : L'origine de quelques échantillons de riz utilisés comme matériels d'étude

Auteur	Ralambofetra*	Rajaonarison	Rahanitrarivony
Nombre d'échantillons	36	5	5
origine	kianjasoa	Kianjasoa	Au près des paysans et les centres semenciers

*Ralambofetra, 1983*

*Rajaonarison, 2001*

*Rahanitrarivony, 2013*

\* : les parents des hybrides sont originaires du Brésil

Kianjasoa : région Moyen ouest de Madagascar

## Annexe 5 : Les 7 descripteurs étudiés pour décrire la texture du riz cuit

Appr	Descripteur	Explication	Méthode
V I S U E L L E	Eparpillement des grains - <i>mitambatra</i> - <i>mitsiratsiraka</i>	Absence d'agglomérat de grains 1 : les grains forment une masse compacte 9 : les grains sont individualisés	Evaluer la manière dont les grains se séparent les uns des autres
	Fermeté visuelle	Appréciation visuelle de la fermeté des grains 1 : pas ferme, mou ( <i>mohaka</i> ) 9 : très ferme, dur ( <i>henjana</i> )	Evaluer au premier coup d'œil la fermeté des grains
	Grain déformé	Déformation des grains (courbures, ouvertures) 1 : tous les grains sont intacts 9 : tous les grains sont déformés	Evaluer l'intensité et le type de déformation
P E N D A N T  L A  M A S T I C A T I O N	Collant pendant la mastication	Adhésion des grains sur les dents ou sur le palais 1 : aucun collant 9 : fort collant	Evaluer l'intensité de l'adhésion des grains dans la bouche
	Fermeté pendant la mastication	Résistance à une légère compression entre les dents 1 : mastication facile 9 : mastication difficile	Evaluer la fermeté en exerçant une légère compression entre les dents
	Nombre de mastications - <i>isan'ny tsako</i>	Importance relative du nombre de mastications nécessaires avant de pouvoir avaler 1 : peu de mastications 9 : beaucoup de mastications	Chaque dégustateur a sa propre échelle en nombre de mastications
	Résidu de mastication - <i>tsy mafaika</i> - <i>mafaika</i>	Importance relative du résidu (reste de tégument) 1 : pas de résidu 9 : beaucoup de résidus	Evaluer la quantité de résidus dans la bouche à la fin de la mastication

Appr : Appréciation

Annexe 6 : La conduite de l'étude de la texture du riz cuit

a) *Préparation des échantillons*

Les échantillons sont cuits de façon homogène pour éliminer les possibilités des effets de la préparation sur la perception et le jugement du panel. La méthode de cuisson est identique à celle de Rahanitrarivony en 2013:

- ④ Lavage du riz (2 kapoaka)
- ④ Cuisson du riz : rapport eau/riz = 1,8 ; temps de cuisson = 30minutes
- ④ Début des épreuves après 15minutes pour avoir une température propre à la consommation.

b) *Préparation des épreuves*

Les matériels à disposer dans chaque cabine de la salle d'évaluation sont :

- Un questionnaire
- Un stylo
- Une serviette propre
- Une cuillère
- Un verre d'eau
- les sous-tasses contenant les échantillons sont servies au dernier moment afin que l'intervalle entre le réchauffage et la présentation de l'échantillon soit le plus rapide possible.

Les échantillons sont placés conformément à la présentation dans la fiche de dégustation.

c) *Déroulement des épreuves*

Avant de commencer chaque séance d'évaluation, un petit briefing a été fait pour rappeler l'intérêt de l'étude.

Dans la salle d'évaluation, les dégustateurs sont placés dans des isolements et ne discutent plus entre eux. Les échantillons sont présentés un par un et de façon aléatoire dans la cabine afin de contrôler les erreurs dues à leurs dispositions. Le test est effectué à 3 répétitions. Durant l'évaluation, les sujets notent les intensités de chaque descripteur sur une échelle de 1 à 9.

Annexe 7 : FICHE TEST SENSORIEL : ANALYSE DESCRIPTIVE

Date (JJ/MM) :    /    / 2014

code juge :

Pour chaque produit, cochez par variable une note de 1 à 9 pour chaque descripteur selon votre perception.

Code de l'échantillon :

1. Eparpillement des grains :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>								

2. Fermeté visuelle :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>								

3. Grain déformé :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>								

4. Collant pendant la mastication :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

5. Fermeté pendant la mastication :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

6. Résidu de mastication :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Nombre de mastications :**Merci de nous fournir les informations suivantes :**Vous êtes : femme  ou homme 

Agés de:

moins de 20 ans entre 20 et 25 ans entre 25 et 30 ans entre 30 et 35 ans entre 35 et 40 ans plus de 40 ans ***Vous avez terminé le test. Merci de votre participation!***

Annexe 8 : L'illustration de l'ACPTableau A : Matrice de corrélation des descripteurs

<b>Variables</b>	<b>EPARP</b>	<b>FERM V</b>	<b>GRAIN DEF</b>	<b>COLL</b>	<b>FERM</b>	<b>RESID</b>	<b>NOMBR</b>
<b>EPARP</b>	<b>1</b>	<b>0,910</b>	-0,690	<b>-0,847</b>	0,312	-0,606	0,642
<b>FERM V</b>	<b>0,910</b>	<b>1</b>	<b>-0,882</b>	<b>-0,923</b>	0,202	<b>-0,770</b>	0,538
<b>GRAIN DEF</b>	-0,690	<b>-0,882</b>	<b>1</b>	<b>0,865</b>	0,064	<b>0,815</b>	-0,301
<b>COLL</b>	<b>-0,847</b>	<b>-0,923</b>	<b>0,865</b>	<b>1</b>	0,160	<b>0,903</b>	-0,235
<b>FERM</b>	0,312	0,202	0,064	0,160	<b>1</b>	0,402	<b>0,885</b>
<b>RESID</b>	-0,606	-0,770	<b>0,815</b>	<b>0,903</b>	0,402	<b>1</b>	0,092
<b>NOMBR</b>	0,642	0,538	-0,301	-0,235	<b>0,885</b>	0,092	<b>1</b>

**Titre : CARACTERISATION DE LA QUALITE DU RIZ PLUVIAL :  
VALEUR NUTRITIONNELLE ET TEXTURE DU RIZ CUIT**

**Auteur : RASOANAIVO Nambinintsoa Miora**

**Résumé :**

L'étude sur la qualité du riz, réalisée dans le cadre du projet SCRID/SPAD, a pour objectif de contribuer à la constitution des échantillons de référence de riz pluvial de Madagascar. Sept (7) variétés de riz pluvial originaire de Madagascar : Fa 152, Fa 154, Fa 161, Fa 171, Fa 172, Fa 173, Scrid 186 et une variété d'origine géographique népalaise : le Chhomrong Dhan ont été fournies pour cette étude.

Selon la couleur du péricarpe, ces échantillons peuvent être répartis en deux variétés : rouge et blanche. Cependant, leur format a permis de les classer en trois types : type long B, type long A et type médium.

L'analyse nutritionnelle montre que ces riz sont riches en lipides particulièrement le Fa 172 et le Fa 171 (2,37% MS et 3,31% MS) et en éléments minéraux (0,44 à 1,67% MS). Cependant, ils ont des teneurs faibles en protéines (6,57 à 8,33% MS) qui sont de bonne valeur biologique (>32%) mais la lysine reste l'acide aminé le plus limitant. Leurs granules d'amidon renferment des teneurs moyennes en amylose (19 à 27,66 %).

Quand à la texture, le riz pluvial de Madagascar paraît plus éparpillé, plus ferme, nécessite plus de nombre de mastication et présente un résidu de mastication élevé. Il est également caractérisé par sa difficulté à cuire. En outre, plusieurs facteurs influent sur les critères de qualité des grains de riz pluvial à savoir les facteurs intrinsèques : génétique, origine et couleur du péricarpe ; les facteurs environnementaux : climat, sol et disponibilité des éléments nutritifs du sol ; le mode de culture et les conditions post-récoltes comme le séchage et l'usinage.

**Mots clés :** Riz pluvial, critères de qualités, valeur nutritionnelle, texture

**Encadreur : Professeur RALISON Charlotte**

**Co-encadreur : Docteur RAHANITRARIVONY Veronirina**

**Title:** CHARACTERIZATION OF THE QUALITY OF UPLAND RICE: NUTRITIONAL VALUE AND TEXTURE COOKED RICE

**Author:** RASOANAIVO Nambinintsoa Miora

**Summary:**

The study on the quality of the rice produced in the SCRiD / SPAD project aims to contribute to the establishment of upland rice reference samples of Madagascar. Seven (7) upland rice varieties from Madagascar: F 152, F 154, F 161, F 171, F 172, F 173, 186 SCRiD and a variety of geographical origin Nepal: the Chhomrong Dhan were provided for this study . Depending on the color of the pericarp, these samples can be divided into two varieties: red and white. However, the format allowed to classify them into three types: type B long, long type A and medium type.

The nutritional analysis shows that these rice are high in fat especially F 172 and F 171 (2.37% and 3.31% MS) and minerals (0.44 to 1.67% MS). However, they have low protein levels (6.57 to 8.33% DM) that are of good biological value (> 32%) but lysine remains the most limiting amino acid. Their starch granules contain medium amylose (from 19 to 27.66%).

As for texture, rainfed rice in Madagascar seems more scattered, firmer, requires more number of chewing and chewing has a high residue. It is also characterized by its difficulty to cook. In addition, several factors influence the quality criteria for upland rice grains namely intrinsic factors: genetics, origin and color of the pericarp; environmental factors: climate, soil and availability of soil nutrients; the mode of cultivation and post-harvest conditions such as drying and milling.

**Keywords:** Upland rice, quality criteria, nutritional value, texture

**Coach:** Professor Charlotte RALISON

**Co-supervisor:** Dr. RAHANITRARIVONY Veronirina