

SIGLES ET ACRONYMES

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

AEA : Attestation d'Etudes Approfondies

ANOVA : Analyse de la Variance

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CRDI : Centre de Recherche pour le Développement International

CERAAS : Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse

DAPS : Direction de l'Analyse et de la Prévision de la Statistique

DEA : Diplôme d'Etudes Approfondies

DPS : Direction de la Prévision et de la Statistique

ENSA : Ecole Nationale Supérieure de l'Agriculture

FAO : Food and Agriculture Organisation

FNRAA : Fonds national de Recherches Agricoles et Agro-alimentaire

IRRI : International Rice Research Institute.

ISE : Institut des Sciences de l'Environnement

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

ISRA: Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

ITA : Institut de Technologie Alimentaire

MAE : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

SAED : Société nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Les principaux pays exportateurs de riz (tous types) et leur part dans la production mondiale du riz paddy de 1995 à 2002

Tableau II : Les principaux pays importateurs de riz (tous types) et leur part dans la production mondiale du riz paddy de 1998 à 2002

Tableau III : Pourcentage des différentes régions rizicoles au Sénégal

Tableau IV : Quantités de riz (en kg) importées au Sénégal et valeurs correspondantes (en Frs. CFA) de 2001 à 2004.

Tableau V : Principaux exportateurs au Sénégal et leur part dans le marché.

Tableau VI : Comparaison des moyennes des taux de protéines des variétés étudiées

Tableau VII : Comparaison des moyennes des taux de cendres des variétés étudiées

Tableau VIII : Comparaison des moyennes des taux d'humidité des variétés étudiées

Tableau IX : Comparaison des moyennes des taux de matières grasses des variétés étudiées

Tableau X : Comparaison des moyennes des taux de calcium des variétés étudiées

Tableau XI : Comparaison des moyennes des taux de potassium des variétés étudiées

Tableau XII : Comparaison des moyennes des taux de fer des variétés étudiées

Tableau XIII : Taux moyen d'acidité des différentes variétés au bout de six mois

Tableau XIV : Taux moyen d'amylose des différentes variétés au bout de six mois

Tableau XV : Taux d'amidon moyen des différentes variétés au bout de six mois

Tableau XVI : ANOVA. Variable dépendante : protéine

Tableau XVII : Variation de la teneur en protéines de la variété Sahel 108 suivant les sites

Tableau XVIII : ANOVA. Variable dépendante : matières grasses

Tableau XIX : Classement des groupes significativement différents pour les taux de matières grasses

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Teneur en protéines des variétés étudiées

Figure 2 : Teneur en cendres des variétés étudiées

Figure 3 : Taux d'humidité des variétés étudiées

Figure 4 : Teneur en matières grasses des variétés étudiées

Figure 5 : Teneur en calcium des variétés

Figure 6 : Teneur en potassium des variétés

Figure 7 : Teneur en fer des variétés

Figure 8 : Evolution du taux d'acidité au cours du temps

Figure 9 : Evolution du taux d'amylose au cours du temps

Figure 10 : Evolution du taux d'amidon au cours du temps

Figure 11 : Comparaison de la teneur en protéines des variétés entre 2004 et 2006

Figure 12 : Comparaison de la teneur en matières grasses des variétés entre 2004 et 2006

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	10
CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	13
<i>I GENERALITES SUR LE RIZ.....</i>	<i>14</i>
I-1 HISTORIQUE.....	14
I-2 PRESENTATION DE LA PLANTE	14
I-3 DESCRIPTION BOTANIQUE DE LA PLANTE	15
I-4 FACTEURS ECOLOGIQUES.....	15
<i>I-4-1 FACTEURS CLIMATIQUES.....</i>	<i>15</i>
<i>I-4-2 LES FACTEURS EDAPHIQUES.....</i>	<i>16</i>
I-5 PLACE DU RIZ DANS LE MONDE ET AU SENEGAL.....	17
<i>I-5-1 PLACE DU RIZ DANS LE MONDE.....</i>	<i>17</i>
<i>I-5-2 PLACE DU RIZ AU SENEGAL</i>	<i>19</i>
<i>II QUALITE ALIMENTAIRE</i>	<i>21</i>
II-1 COMPOSITION CHIMIQUE DU GRAIN	21
II-2 QUALITE ORGANOLEPTIQUE ET CULINAIRE.....	25
<i>II-2-1 QUALITE COMMERCIALE</i>	<i>25</i>
<i>II-2-2 QUALITE A LA CONSOMMATION</i>	<i>26</i>
II-3 UTILISATIONS DU RIZ.....	27
<i>III- TECHNIQUES D'AMELIORATION DE LA QUALITE ALIMENTAIRE (QUALITE TECHNOLOGIQUE DU RIZ)</i>	<i>27</i>
III-1 L'AMELIORATION VARIETALE	28
III-2 ENRICHISSEMENT DU RIZ.....	28
III-3 TECHNIQUES DE TRANSFORMATION	28
III-4 TECHNIQUES DE L'ETUVAGE	28
CHAPITRE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE	29
<i>I- MATERIEL VEGETAL</i>	<i>30</i>
I-1-PREPARATION DES ECHANTILLONS	30
I-2 PRESENTATION DES ECHANTILLONS.....	31
<i>II METHODES GENERALES D'ANALYSE</i>	<i>31</i>
II-1 CARACTERISATIONS CHIMIQUE ET BIOCHIMIQUE.....	31
<i>II-1-1 DETERMINATION DE L'HUMIDITE</i>	<i>32</i>
<i>II-1-2- DETERMINATION DES CENDRES.....</i>	<i>32</i>
<i>II-1-3 DETERMINATION DES PROTEINES</i>	<i>33</i>
<i>II-1-4 DETERMINATION DES MATIERES GRASSES.....</i>	<i>34</i>
<i>II-1-5 DETERMINATION DE L'ACIDITE DES GRAINS</i>	<i>35</i>
<i>II-1-6 DETERMINATION DE LA TENEUR EN AMIDON</i>	<i>36</i>
<i>II-1-7 DOSAGE DE L'AMYLOSE (ISO, 1987).....</i>	<i>38</i>
<i>II-1-8 DETERMINATION DES MINERAUX</i>	<i>40</i>
II-2 SUIVI DE L'EVOLUTION DE CERTAINS PARAMETRES DETERMINANTS AU COURS DU TEMPS	41
II-3 ETUDE DE LA VARIATION DES TAUX DE PROTEINES ET DE MATIERES GRASSES SUR DES ECHANTILLONS AGES.....	41
<i>III ANALYSES STATISTIQUES</i>	<i>42</i>

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	43
<i>I. ANALYSE DES RESULTATS.....</i>	<i>44</i>
I-1. CARACTERISATION DES VARIETES DE RIZ.....	44
I-1-1. DETERMINATION DU TAUX DE PROTEINES	44
I-1-2. DETERMINATION DES CENDRES	45
I-1-3. DETERMINATION DU TAUX D'HUMIDITE	46
I-1-4. DETERMINATION DES MATIERES GRASSES	47
I-1-5. DETERMINATION DES MINERAUX	48
I-2. EVOLUTION DE CERTAINS PARAMETRES DETERMINANTS AU COURS DU TEMPS	51
I-2-1. EVOLUTION DE L'ACIDITE AU COURS DU TEMPS	51
I-2-2. EVOLUTION DE L'AMYLOSE AU COURS DU TEMPS	52
I-2-3. EVOLUTION DE L'AMIDON AU COURS DU TEMPS	53
I-3. ETUDE DE LA VARIATION DES TAUX DE PROTEINES ET DE MATIERES GRASSES SUR DES ECHANTILLONS AGES.....	54
I-3-1. VARIATION DES TAUX DE PROTEINES	55
I-3-2. VARIATION DES MATIERES GRASSES	57
<i>II. DISCUSSION.....</i>	<i>59</i>
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	64
BIBLIOGRAPHIE	67
ANNEXES.....	73

INTRODUCTION

Le mot « riz » vient du mot tamoul arizi. On considère que cette herbe aquatique est originaire de deux régions: d'Afrique (*l'espèce Oriza glaberrima Steud*) et de la Chine du sud (*l'espèce Oriza sativa L.*).

Le riz (*Oryza sativa L.*) est la culture céréalière la plus importante dans le monde en développement et il constitue la denrée alimentaire de base de plus de la moitié de la population du globe (Juliano, 1994). S'il est concurrencé dans bien des cas par le blé, il tend souvent à se substituer dans divers pays d'Afrique tropicale à d'autres céréales dont le mil et le sorgho.

Au Sénégal, le riz est traditionnellement cultivé en Casamance. Il a été introduit dans la vallée du fleuve au temps de la colonisation. En effet, le colonisateur a favorisé la culture de l'arachide au détriment de celle du mil et il a fait venir de l'Indochine, ancienne colonie, du riz brisé pour la consommation (ISRA /FAO, 1991).

La majorité des grains de riz produite est consommée après cuisson. Il est alors nécessaire de stocker le riz sur des périodes variables. Ainsi la fraîcheur, la nature gluante de même que d'autres caractéristiques chimiques telles que la teneur en lipides et l'activité enzymatique des grains changent durant le stockage, ce qui peut affecter leur valeur marchande (Chen & Chen, 2003).

Cette céréale a su s'imposer pour ainsi devenir une primauté culinaire dans le quotidien sénégalais. La production nationale du riz étant très faible, le Sénégal à l'image de la plupart des pays africains pour satisfaire les besoins de la population en cette denrée, est obligé de recourir à des importations massives de riz entraînant des pertes considérables de devises.

Face à ce constat, il serait intéressant d'accroître la production du riz local et de répondre à la demande des consommateurs en valorisant l'image de ce produit. D'où l'importance qui sied de mettre à la fois sur le marché des produits à hautes valeurs nutritives et organoleptiques.

C'est dans cette optique que s'inscrit le projet FNRAA « Amélioration de la qualité et valorisation du riz produit dans la Vallée du Fleuve Sénégal » qui a financièrement supporté ce travail mené à l'ITA et dont l'objectif général est de suivre l'effet de la durée de stockage du riz usiné sur la stabilité de la qualité chimique et biochimique.

L'objectif spécifique étant de suivre l'évolution de certains paramètres susceptibles d'influencer la qualité du riz au cours du temps.

Ce travail sera ainsi divisé en deux grands chapitres. Dans le premier chapitre consacré à la revue bibliographique, nous allons d'abord énoncer quelques généralités sur la plante ; aborder ensuite l'aspect qualité alimentaire et enfin passer en revue certaines techniques d'amélioration de cette qualité.

Le deuxième chapitre relatif à l'étude expérimentale consiste en une caractérisation des variétés étudiées qui sera suivie d'une évaluation de la stabilité de certains éléments majeurs au cours du temps. Au terme de la discussion des résultats obtenus, une conclusion et des perspectives seront dégagées.

Chapitre 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I GENERALITES SUR LE RIZ

I-1 Historique

Le riz a commencé à être cultivé depuis près de 10.000 ans, lors de la révolution néolithique. Il a des origines beaucoup plus lointaines, puisqu'on a retrouvé des traces dans l'ancien continent indo-africain du Gondwana, il y a 600 millions d'années (WIKIPEDIA, 2006).

Toutefois, il est généralement admis que la domestication du riz s'est faite d'une manière indépendante en Chine, en Inde et en Indonésie, d'où trois races de riz: Sinica, Indica et Javanica (Juliano, 1994).

Des anciennes installations portugaises, hollandaises et espagnoles en Afrique du XV au XVIII siècle ont permis l'introduction dans ce continent de variétés asiatiques. Les deux foyers principaux d'introduction du riz en Afrique de l'ouest furent d'une part la zone située entre la Casamance et le Rio Nunez et d'autre part celle située entre la Sierra Léone et le Liberia (Angladette, 1966).

L'espèce africaine *Oryza glaberrima steud* s'est répandue depuis son foyer originel, le delta du Niger, jusqu'au Sénégal entre 1.500 et 800 avant J.C, mais n'a jamais connue un développement loin de sa zone d'origine. Sa culture a même subi un déclin en faveur de l'espèce asiatique (Del Villar, 2005).

I-2 Présentation de la plante

Le riz est une plante annuelle glabre à chaume (la paille) dressé ou étalé de hauteur variable de moins d'un mètre jusqu'à deux mètres, voire jusqu'à cinq mètres pour les riz flottants. C'est une plante prédisposée au tallage, formant un bouquet de tiges, à racines fasciculées. Les fleurs en épillets uniflores, sont groupés en panicules de 20 à 30 cm, dressées ou pendantes. Le fruit ou paddy est constitué d'un caryopse enveloppé dans deux glumelles grandes, coriaces et adhérentes (WIKIPEDIA, 2006). A maturité, le caryopse ou grain de riz comporte trois parties : le péricarpe, l'albumen et l'embryon.

- Le péricarpe : il est extrêmement réduit et intimement soudé à la graine. Ce péricarpe peut avoir une coloration variable selon les variétés.

- L'albumen : c'est la partie comestible du riz constituée par des cellules amidonneuses opaques ou translucides suivant les variétés.

- L'embryon : il est situé sous la glumelle inférieure, à la base de l'albumen et contient déjà tous les organes différenciés de la future plante. Il disparaît au moment du blanchiment (MAEP, 2006).

I-3 Description botanique de la plante

Du point de vue systématique, nous pouvons retenir la classification ci-dessous.

Règne: Végétal

Sous - règne : Cormophytes

Embranchement: Spermaphytes

Classe: Monocotylédones

Ordre: Glumales

Famille: Graminées

Sous/famille: Panicacées

Genre: *Oryza*

Espèces: vingt dont deux cultivées; *Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud.

Oryza sativa présente deux types: Indica (grains généralement long et fins) et Japonica (grains court et rond)

I-4 Facteurs écologiques

I-4-1 Facteurs climatiques

- La température

Le riz est une plante thermophile adaptée aux régions tropicales humides. En zone tropicale et subtropicale de basse altitude, les températures moyennes et extrêmes sont pratiquement toujours suffisantes. Mais la température diminuant avec l'altitude, ce phénomène peut constituer même en climat tropical un facteur limitant de la culture du riz. La température doit être suffisamment élevée pour accélérer les activités de croissance de la graine. Une température trop élevée (40°C ou plus) ou trop basse (10°C ou moins) réduit les activités de croissance des graines et peut empêcher la graine de germer (Arraudeau & Vergara, 1992).

- La lumière

L'intensité lumineuse est déterminée par la durée du jour. Le riz réagit de façon très variable à la durée du jour, cette réaction étant complexe et liée à l'action de la température. Le riz est

sensible à la photopériode; c'est une plante à jours courts par conséquent les traitements à jours longs peuvent retarder la floraison ou l'empêcher (Vergara & Chang, non daté). Une lumière faible entraîne un allongement des feuilles et des graines. Les plantes deviennent plus hautes et plus fragiles. Les plantules poussent mieux avec une forte lumière.

- La pluviométrie

La production rizicole est sous la dépendance totale de la pluviométrie lorsqu'il s'agit de culture « sèche ». Par contre en culture aquatique, si la pluviométrie joue bien entendu un rôle primordial, ce rôle doit être étudié en tenant compte des possibilités de mise en réserve de l'eau dans les rizières et les possibilités d'irrigations complémentaires (Angladette, 1966).

- Le vent

Le vent est un facteur important sur l'évaporation et la transpiration des plants. Le vent peut causer la verse des plants, surtout ceux des variétés à longue paille provoquant l'endommagement de la panicule au moment de l'épiaison et la détérioration des graines immergées dans l'eau de la rizière. Le vent peut également agir par son action desséchante. Les vents secs et chauds peuvent causer des brûlures aux plants, et l'avortement des grains en voie de formation; les vents froids et secs amènent un jaunissement des plants (Angladette, 1966).

I-4-2 Les facteurs édaphiques

- Les sols

Si l'on passe en revue la plupart des régions du monde, on constate que le riz est cultivé sur les sols les plus divers. Cependant, sa préférence pour les sols à texture fine (40 à 60 % d'argile) et 9 à 7 de pH est sans équivoque. C'est ainsi qu'en culture sèche : les sols riches, meubles, limoneux ou limono argileux sont préférés. En culture aquatique : les sols plus argileux (50 % alluvionnaires), argiles noires tropicales, ferrallitique et organique sont les préférés. Quelle soit sèche ou aquatique, la culture du riz est défavorable pour les sols contenant aussi bien des sulfures que des sulfates (MAEP, 2006).

- La profondeur du semis

Les grains semés à la surface du sol sont soit détruits par les rongeurs etc. soit endommagés en raison de la sécheresse ou de températures élevées. Un semis à la profondeur appropriée

(1 à 3 cm selon les sols) assurent une bonne germination. Des grains semés trop en profondeur germent tardivement ou pas du tout (Arraudeau & Vergara, 1992).

- les éléments nutritifs

Les engrais minéraux fournissent à la plante comme éléments nutritifs principalement de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K). Les engrais doivent être apportés aux sols qui n'ont pas assez d'éléments nutritifs. Les engrais organiques contiennent de petites quantités d'éléments minéraux indispensables à la plante, et de ce fait améliore la structure du sol. Ces éléments nutritifs fournis s'ajoutent à ceux qui existent déjà dans le sol en faibles quantités et qu'on appelle les éléments mineurs (calcium, bore, fer, zinc, magnésium...). En plus des éléments minéraux dans le sol, les plantes prélèvent l'oxygène et le carbone dans l'air.

- les besoins en eau

Les quantités d'eau optimales pour le riz sont de l'ordre de 200 mm /ha. Les besoins en eau sont très élevés et augmentent avec l'âge de la plante. En effet, en culture sèche ces besoins s'estiment à 160 - 300 mm par mois pendant la période végétative soit près de 1.000 - 1.800 mm pour la totalité de cette période. En culture irriguée où la submersion jusqu'à maturation doit être observée, ces besoins s'estiment à 12.000-20.000 mm par hectare et par an. Cependant sur les sols limoneux ou argilo-limoneux (sol lourd.), on peut cultiver avec seulement 800 à 1000 mm. En outre, en dessous de 600 mm, la culture de riz devient impraticable sans irrigation. C'est ainsi que dans la région de Saint Louis qui appartient à l'isohyète 600, la riziculture irriguée demeure la seule modalité.

I-5 Place du riz dans le monde et au Sénégal

I-5-1 Place du riz dans le monde

En 1965, la production mondiale de riz s'élevait à 257 millions de tonnes de paddy alors qu'elle était estimée à 554 millions de tonnes en 1995. Le riz a occupé ainsi depuis 1995 la première céréale produite dans le monde, devant le blé et le maïs (538 millions de tonnes pour le blé et 506 million de tonnes pour le maïs) (EFTA, 1998). Cependant, depuis 2005, le blé l'a supplanté avec une production de 626 millions de tonnes contre 615 millions de tonnes pour une production céréalière mondiale de 2.219 millions de tonnes (RISO, 2006).

L'espèce *Oryza glaberrima* Steud, dominante en Afrique de l'ouest avant les premières installations européennes diminue de plus en plus d'importance, cédant la place au riz asiatique (Angladette, 1966). L'expansion de la riziculture se rapporte donc à l'espèce *Oryza sativa* L.. Les pays asiatiques assurent à eux seuls, près de 90 % de la production du riz au niveau mondial, et 70 % des quantités vendues sur le marché international. Mais il y a d'autres pays exportateurs situés dans d'autres régions du monde (Yamdjeu, 2003). Les tableaux ci-dessous indiquent les plus grands pays exportateurs et importateurs du riz, et leur part dans la production mondiale.

Tableau I : Les principaux pays exportateurs de riz (tous types) et leur part dans la production mondiale du riz paddy de 1995 à 2002

Pays exportateurs	Part dans la production mondiale	Part des exportations mondiales
	Quantités moyennes en riz paddy	Quantités moyennes tous types de riz
Thaïlande	4,2 %	26 %
Vietnam	5 %	15 %
Inde	22 %	10 %
Etats Unis	1,5 %	11 %

Source : Del Villar (2006)

Tableau II : Les principaux pays importateurs de riz (tous types) et leur part dans la production mondiale du riz paddy de 1998 à 2002

Pays importateurs	Part dans la production mondiale	Part des importations mondiales
	Qtés moyennes en riz paddy	Qtés moyennes tous types de riz
Indonésie	8,5 %	3,5 %
Union européenne	0,4 %	7,7 %
Brésil	1,7 %	3,4 %
Bangladesh	3,4 %	4,5 %
Japon	2,2 %	2 %
Chine	32 %	1 %

Source : Del Villar (2006)

Le riz occupe une place importante dans l'alimentation des populations de l'Afrique de l'ouest et du centre. La production locale ne pouvant satisfaire une demande qui croît en permanence, les importations sont pour l'instant le recours le plus sûr et le plus efficace pour répondre à cette demande.

I-5-2 Place du riz au Sénégal

Sur une superficie de 20.000 Km² du pays, plus de 8.000 sont directement et en permanence consacrés à l'activité agricole (Bassène, 2005).

D'après les informations fournies par RESIMAO (2006), la superficie exploitée pour la culture de riz au Sénégal en 2005 est de 941,66 Km² sur une production réelle de 208.954.354 Kg et un rendement moyen de 2.219 Kg/ha. La production nationale du riz se fait en grande partie dans la vallée du fleuve Sénégal (Nord du Sénégal). Ceci est bien illustré par le tableau III qui indique le pourcentage des différentes régions rizicoles dans la production nationale.

Tableau III : Les différentes régions rizicoles et leur part dans la production nationale

Zones de production	Part dans la production nationale
Casamance	26 %
Bassin Anambé	19 %
Vallée du fleuve Sénégal	55 %
Niveau national	100 %

Source : DAPS / MAE (non daté)

Dans la vallée du fleuve, la culture du riz est basée sur le système d'irrigation avec l'utilisation de variétés performantes (Sahel 108, Jaya, IR 1529, Sahel 201 et 202...) mises en place par la recherche et dont le rendement moyen est de 5 t/ha. La vallée assure 55 % de la production nationale du pays.

Au sud et au centre du pays, la production rizicole n'est pas intensive utilisant en majorité des variétés locales et des variétés améliorées adaptées aux conditions écologiques (war, rock 5 etc...).

Les besoins en consommation de riz sont estimés actuellement à 900.000 tonnes dont une production nationale d'environ 200.000 tonnes et des importations de l'ordre de 700.000 tonnes (Gaye, 2003). La production nationale du riz ne satisfait que 20 % des besoins de la consommation intérieure (Sène, non daté).

Une importation de 600.000 tonnes de riz correspond à des sorties de devises de l'ordre de 100 milliards de francs CFA. Ainsi une réduction de 50 % des importations de riz procurerait une économie de devises de 52 milliards F CFA. Ces chiffres fournis par la SAED sont en parfaite corrélation avec ceux donnés par la DPS comme l'indique le tableau IV.

Tableau IV : Quantités de riz (en kg) importées au Sénégal et valeurs correspondantes (en Frs. CFA) de 2001 à 2004.

Périodes	2001	2002	2003	2004
Poids net (kg)	682.080.153	792.094.528	824.677.883	747.739.012
Valeur (frs CFA)	104.352.074.758	119.980.296.079	118.114.160.427	117.216.848.291

Source : DPS (2005)

Le marché sénégalais de riz est dominé par le riz importé qui assure les 4 /5 des besoins du pays. Il s'agit du riz brisé à 100% importé principalement d'Asie (Sène, non daté).

Tableau V : Principaux exportateurs au Sénégal et leur part dans le marché.

Exportateurs principaux	Part
Thaïlande	97 %
Vietnam	3 %
Etats unis	Moins de 1 %

Source : Yamdjeu, (2003)

II QUALITE ALIMENTAIRE

Bien que la variété de riz soit le principal facteur qui contribue à la qualité du grain, une manutention satisfaisante peut maintenir celle-ci, voir l'améliorer. Cependant, cette étude de qualité ne peut se faire sans voir au préalable la composition chimique du grain.

II-1 Composition chimique du grain

- Les protéines

Les protéines sont surtout présentes sous forme de corps sphériques de 0,5 à 4 µm dans tout l'albumen. La valeur habituellement attribuée à la teneur en protéine du riz usiné est de 8,1 % contre 8,7 % pour le riz cargo. La proportion des protides dans le riz est plus faible que dans la plupart des céréales: blé, maïs, sorgho, mil. Par contre, les protéines du riz sont de

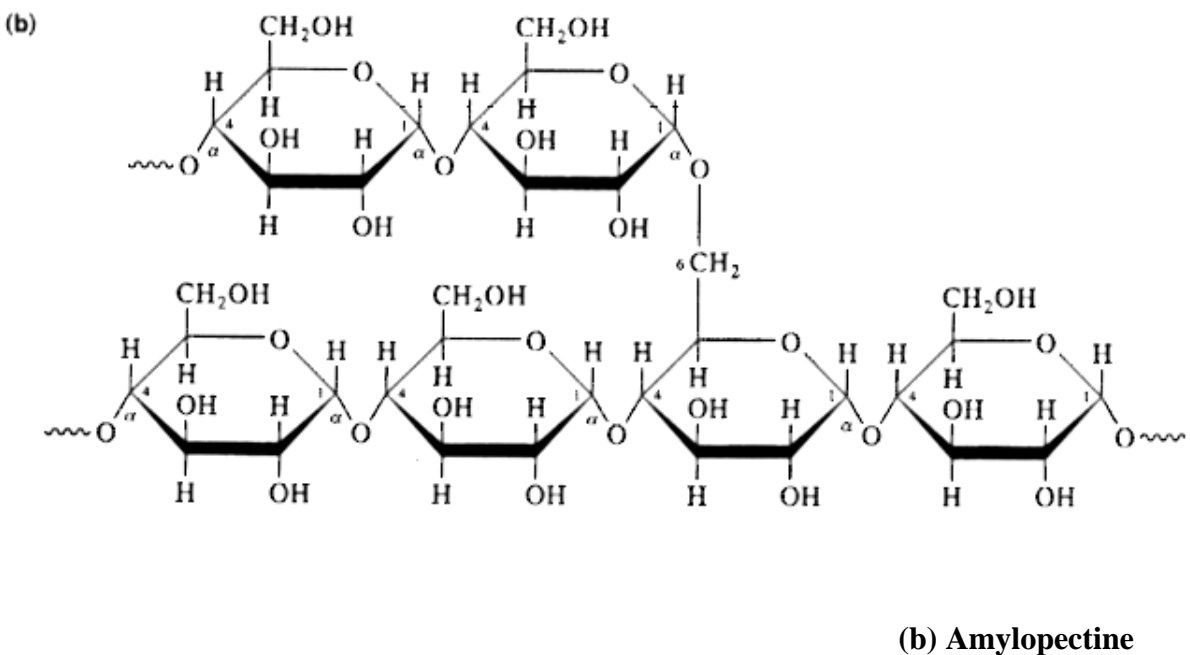
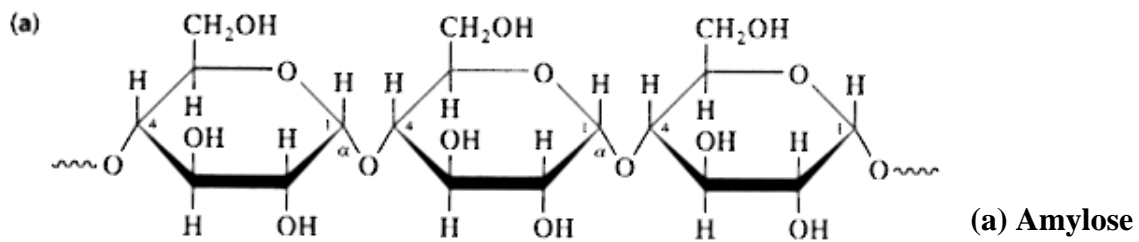
meilleure qualité que celles de la plupart des céréales. Cette qualité est fonction de la composition acido-aminique des protéines du riz (Angladette, 1966).

- Les glucides

Le riz est riche en glucides complexes, la valeur habituellement attribuée à la teneur en glucides du riz usiné est de 90,6 % pour le riz blanchi contre 86,4 % pour le riz cargo. Les matières hydrocarbonées comportent essentiellement des produits amylacés: amidon et amylose et une faible quantité de sucres libres réducteurs et non réducteurs diminuant lors du blanchiment (Angladette, 1966). L'amidon est la principale composante du riz usiné. C'est un polymère de glucose D, et il se compose habituellement d'une fraction essentiellement linéaire: l'amylose et d'une fraction ramifiée l'amylopectine.

L'amylose est un polymère linéaire de résidus de glucose liés par une liaison α -(1,4)-D-glucosidique.

L'amylopectine est un polymère ramifié où les glucoses des chaînes forment des liaisons α -(1,4)-D-glucosidique et les branchements entre chaînes des liaisons α -(1,6)-D-glucosidique (HORTON et *al.*, 1994).



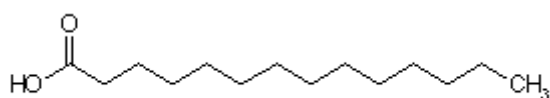
- Les lipides

Les lipides du riz comportent des glycérides d'acides gras divers ; On y trouve des acides gras saturés (acides: lignocérique, arachidique, miristique, stéarique, et palmitique), et des acides gras non saturés (acides: linoléique, oléique et linolénique en traces). La valeur habituellement attribuée à la teneur du riz en lipides est de 4,9 % pour le cargo contre 1,3 % pour le riz blanchi (Angladette, 1966). On constate au cours de l'usinage essentiellement une disparition presque complète des lipides du fait de l'élimination de la couche extérieure du caryopse sous forme d'issue de blanchissement.

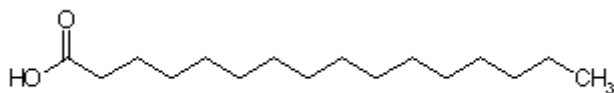
Acides gras saturés :

Acide lignocérique : $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{22}-\text{COOH}$

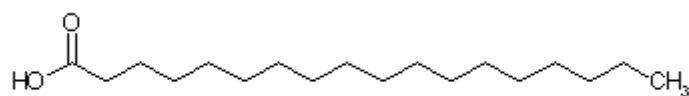
Acide arachidique : $\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{18}-\text{COOH}$



acide myristique (14:0)

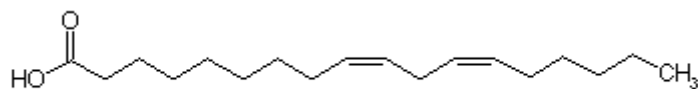


acide palmitique (16:0)

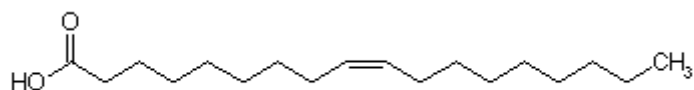


acide stéarique (18:0)

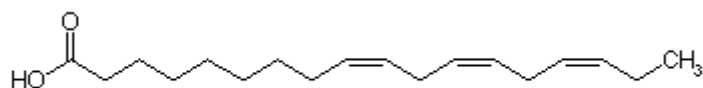
Acides gras non saturés :



acide linoléique (18:2 $\Delta^{9,12}$)



acide oléique (18:1 Δ^9)



acide alpha-linolénique (18:3 $\Delta^{9,12,15}$)

- Les vitamines et minéraux

Les grains de riz comportent une large gamme de vitamines appartenant tant au groupe des liposolubles, qu'au groupe des hydrosolubles. Ces vitamines se rencontrent essentiellement dans les couches périphériques du caryopse, ce qui explique que le blanchiment entraîne une perte importante de vitamines (Angladette, 1966). Le riz ne contient ni vitamine A, ni

vitamine D, ni vitamine C. Les vitamines du groupe B et les principaux minéraux sont concentrés dans les couches extérieures du riz cargo (Juliano, 1994). Le riz est également une source de magnésium, il contient du phosphore, du zinc, et du cuivre, ainsi que des traces d'acide pantothénique, de potassium et de fer chez certaines variétés (Del Villar, 2005).

- Humidité

La teneur en eau varie beaucoup parmi les grains d'une même panicule puisque la floraison et le développement s'effectue du sommet de la panicule vers la base. La teneur optimale en humidité pour la moisson varie selon l'époque de l'année, mais elle est habituellement atteinte environ un mois après la floraison. A noter que le taux d'humidité varie selon les circonstances et au gré des modalités d'usinage. La Norme Sénégalaise (1996) en vigueur fixe le taux maximal d'humidité tolérable pour le riz à 14 %.

II-2 Qualité organoleptique et culinaire

Le riz forme la base du régime alimentaire de près de la moitié de la population du globe. C'est le grain décortiqué (caryopse) plus ou moins blanchi, entier ou brisé qui est consommé après cuisson. Contrairement à la qualité commerciale qui est déterminée principalement par les propriétés physiques et l'appellation de la variété, la qualité à la consommation est déterminée par les propriétés physico-chimiques, en particulier la teneur apparente en amylose.

II-2-1 Qualité commerciale

Les principaux résultats de la recherche sur les aspects économiques de la qualité du grain effectués de 1987 à 1989 par l'IRRI et par des programmes nationaux de recherche sur le riz dans beaucoup de pays ont montré que :

- la qualité du grain de riz et les préférences en matière de qualité varient selon les pays et les régions. Cependant, certaines préférences du point de vue de la qualité sont largement partagées (IRRI & CRDI, 1992). Dans tous les pays étudiés les consommateurs préfèrent un rendement élevé de riz entier et des grains plus translucides. Les propriétés physiques telles que l'âge du riz usiné, la longueur, la largeur, la translucidité, le degré d'usinage, la couleur sont des indicateurs de la qualité du grain.
- le marché du riz de qualité supérieure avec un faible taux de brisures (moins de 10 %) répond principalement à la demande des pays industrialisés (USA, Vietnam...). Le marché du riz de qualité inférieure (à plus de 10 % de brisures) est dominé par les exportateurs

Asiatiques et répond principalement à la demande des pays en développement d'Afrique, d'Amérique latine, ou d'Asie.

Toute irrégularité (tâche, grains jaunes et son résiduel) abaisse le degré de qualité (Del Villar, 2005).

- le riz importé est souvent de mauvaise qualité. Pour des raisons d'habitude alimentaire des consommateurs (cas du Sénégal et quelque peu du Mali), mais surtout économique (parce qu'ils coûtent moins chers), les riz importés ont généralement une grande proportion de brisures (entre 15 et 100 %). Les riz blancs sont préférés dans tout l'occident et une grande partie de l'extrême orient. Mais les riz jaunes sont préférés dans une bonne partie de l'Asie Islamique ou Indoue et de l'Afrique tropicale telle que l'Afrique de l'ouest. Dans la plupart des cas les consommateurs ne reconnaissent et ne recherchent aucune odeur ou saveur particulière au riz, ils exigent une odeur franche. Par contre, dans certains pays (Vietnam, Inde...), les riz parfumés ayant avant cuisson et à la cuisson une odeur et une saveur particulière, sont tous recherchés par les classes aisées de consommateurs (Angladette, 1966).

II-2-2 Qualité à la consommation

La teneur de l'amidon de riz en amylose est le principal facteur de qualité de la consommation. Cette teneur est directement en corrélation avec l'augmentation de volume et l'absorption d'eau pendant la cuisson et aussi la dureté, la durée, la blancheur et la matité du riz cuit (Juliano, 1985b). Les études génétiques montrent que le riz non gluant domine du point de vue qualité le gluant (Kumar et al., 1987).

Le gonflement des grains et leur capacité d'absorption d'eau à la cuisson sont en général des qualités recherchées.

En ce qui concerne la viscosité, on peut retenir que les grains collants à la cuisson ne sont recherchés que dans peu de pays (Japon, Chine, Corée etc.). Dans tous les autres pays, on préfère le riz se détachant bien après cuisson et ne collant pas.

Pour ce qui est de la durée de cuisson, les préférences sont assez difficiles à comparer car les modalités de cuisson sont très différentes d'un pays à un autre. La durée de cuisson reste dans un certain nombre de pays (Europe, USA notamment) un obstacle à sa préparation (Angladette, 1966).

NB : A noter que ces qualités culinaires sont directement en corrélation avec la teneur en amylose.

II-3 Utilisations du riz

Le riz offre toute une gamme de menus, depuis les préparations habituelles (riz gonflé, panification etc.), en passant par les préparations alcooliques (alcools et boissons alcooliques), jusqu'à son utilisation dans l'alimentation animale. Le riz peut également être utilisé comme combustible de par son huile.

- Les préparations habituelles

Comme préparations habituelles on peut citer la panification, le riz gonflé etc. Le riz gonflé est de loin le plus consommé dans le monde, cependant sa préparation diffère par endroit.

- Le riz et les préparations alcooliques

Le riz sert de matière première à la préparation de très nombreuses boissons alcooliques et la fabrication de l'alcool. La transformation totale de l'amidon permettrait d'obtenir théoriquement 45 litres d'alcool à partir de 100 kg de riz. Le rendement pratique obtenu varie considérablement et est plus ou moins éloigné du rendement théorique selon les procédés employés (Angladette, 1966).

- Le riz dans l'alimentation animale

Le paddy, les brisures de riz, les balles de riz, le son, les farines basses de blanchissement (de riz ordinaire ou de riz étuvé) et la paille de riz sont autant de produits utilisables dans certaines conditions déterminées pour l'alimentation du bétail.

- Huile de riz

L'huile de riz peut être extraite des farines fourragères à la presse. Mais son fort pourcentage d'acides gras libres limite son utilisation comme huile de cuisson. En revanche, on peut s'en servir comme combustible pour les lampes à huile (FAO, 1994).

III- TECHNIQUES D'AMELIORATION DE LA QUALITE ALIMENTAIRE (QUALITE TECHNOLOGIQUE DU RIZ)

Grâce à la technologie, des techniques d'amélioration de la qualité alimentaire du riz ont pu être mises au point. Ces techniques sont variables et on peut retenir entre autres :

III-1 L'amélioration variétale

Elle a pour objectif final l'obtention à partir d'une espèce variétale locale ou importée, de variétés possédant un certain nombre de caractéristiques héréditaires correspondant aux qualités recherchées, susceptibles cependant de variations limitées en fonction des conditions de milieu et de culture (Del Villar, 2005).

III-2 Enrichissement du riz

L'enrichissement consiste à ajouter aux riz non étuvés blanchis les éléments qui ont disparu au cours du blanchiment et même des éléments supplémentaires.

- Enrichissement en vitamines et éléments minéraux: on mélange intimement à du riz blanchi, des grains de riz dont la teneur en éléments minéraux et en vitamines a été particulièrement accrue; ces grains constituent le « prémix » que l'on mélange à une proportion de 0,1 à 1 % au riz blanchi ordinaire (Angladette, 1966).

III-3 Techniques de transformation

Ces techniques consistent d'une manière générale à enrichir le riz en éléments destinés à combler une carence chez certaines personnes.

On peut citer entre autres réalisations le projet « carotène plus ». Ce projet a été financé par l'Union Européenne, et a permis d'incorporer une production de bêta carotène (provitamine A) dans le riz. Ceci en prévision d'une carence en vitamine A provoquant des cécités infantiles (Del Villar, 2005).

III-4 Techniques de l'étuvage

La diffusion d'éléments nutritifs, de minéraux et particulièrement de vitamines à l'intérieur du grain de riz est obtenue par l'opération dite étuvage. Cette dernière consiste à une macération du paddy dans l'eau à 80°C pendant plusieurs heures suivie d'un traitement à la vapeur puis un séchage. On ignore cependant son origine, mais c'est fort probable en Asie du Sud Est ou en Afrique tropicale (Gariboldi, 1974).

La conséquence de cette diffusion est la conservation voire l'augmentation de la teneur initiale du riz en ces différents éléments après blanchiment (usage).

Chapitre 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

I- MATERIEL VEGETAL

I-1-Préparation des échantillons

Les échantillons de riz utilisés sont présentés sous forme de riz blanc obtenu après usinage. La Technologie Post Récolte (TPB) désigne l'ensemble des opérations depuis la récolte jusqu'à l'usinage aboutissant à l'obtention de riz blanchi ou usiné. Ces opérations sont les suivantes :

Opération de récolte

La récolte est nécessaire en ce sens que c'est le seul moyen de transformer la culture en aliment pour l'homme. La récolte peut être soit manuelle soit mécanique. Une récolte à temps permet de maintenir la bonne qualité de grain, de réduire les pertes et de mieux programmer les autres opérations (Sie, 1995).

Le battage

Il consiste en la séparation des grains des panicules. Le battage peut être manuel (par piétinement, par mortier etc.), mécanique (moissonneuses batteuses, batteuses à pédale ou à moteur etc.).

Le vannage

Cette opération consiste à séparer les grains des impuretés après battage en utilisant la force du vent. Les impuretés plus lourdes sont souvent enlevées à la main. On obtient ainsi un paddy la plus propre possible, permettant ainsi un meilleur stockage.

Le séchage

Une teneur élevée en eau entraîne la détérioration du grain lors du stockage. Le séchage consiste à enlever l'eau du grain. Il y a la méthode traditionnelle de séchage au soleil et la méthode moderne utilisant le séchage artificiel.

Le stockage

Le stockage permet de maintenir la qualité et la quantité du riz. Il permet aussi de protéger les grains contre les effets néfastes du climat, des insectes, des rats, des microorganismes et les différents types de contamination. Pour ce qui est de notre étude, les grains de riz sont stockés à l'ITA dans une chambre à température et humidité relative ambiantes et dans des sacs en coton d'une capacité de 5kg.

L'usinage

L'usinage du riz consiste à transformer le paddy en un produit utilisable immédiatement pour l'alimentation. Il se pratique parfois en une seule opération, mais généralement elle est scindée en deux opérations :

- le décorticage qui a pour but d'enlever les enveloppes : glumes et glumelles (balles) du paddy. On obtient le riz décortiqué : riz brun ou riz cargo ;
- le blanchiment qui a pour but d'enlever la pellicule de riz formée des différentes couches du péricarpe. On obtient le riz blanc (Sie, 1995). L'usinage peut être domestique (par le pilon).

I-2 Présentation des échantillons

Les échantillons prélevés dans les sites de l'ADRAO pour conduire cette étude portent sur deux variétés vulgarisées, une variété en voie d'homologation et une variété de riz importée. Il s'agit des variétés suivantes :

- La Sahel 108 (à cycle court), le plus cultivé en ce moment dans la vallée du fleuve) qui est une variété vulgarisée.
- La Sahel 202 (à cycle moyen), variété homologuée.
- La variété ITA 344 qui est une variété en voie d'homologation.
- Une variété de riz importée de Thaïlande et achetée dans une boutique sert de témoin pour nos analyses. Les indications notées sur le sac de 50 kilogrammes de couleur rose sont les suivantes : 100 % brisures de riz parfumé (Thai Hom Mali Broken rice A1 Super) d'origine Thaïlandaise, qualité supérieure.
- Des variétés âgées : Sahel 108, 202, et ITA 344 caractérisées en 2004 seront également utilisées pour mieux apprécier l'effet de l'âge sur certains paramètres biochimiques.

II METHODES GENERALES D'ANALYSE

II-1 Caractérisations chimique et biochimique

Nous avons caractérisé sur le plan biochimique les quatre échantillons proposés à l'étude. Pour ce faire, plusieurs paramètres courants ont été déterminés (protéines, cendres, humidité, matières grasses et minéraux).

II-1-1 Détermination de l'humidité

Principe :

Il s'agit d'une dessiccation à l'étuve (105°C) suivie de pesée différentielle (AOAC, 1995).

Matériel :

- balance analytique d'une erreur de 0,001g ;
- étuve pouvant assurer une température de 105°C;
- capsules en aluminium ;
- dessiccateur muni d'un déshydratant efficace ;
- spatule.

Mode opératoire :

- dans une capsule préalablement séchée et tarée, peser 5g (à 1mg près) d'échantillon homogène (P) ;
- mettre la capsule dans l'étuve (105°C) pendant 4H ;
- retirer et laisser refroidir dans le dessiccateur ;
- peser après refroidissement (P').

Expression des résultats :

Soit P = prise d'essai (g)

P' = perte de poids (g)

$$\text{Taux d'Humidité (\%)} = \frac{P'}{P} \times 100$$

II-1-2- Détermination des cendres

Principe :

Une prise d'essai placée dans un creuset est incinérée à 550-600° dans un four électrique pendant 6H. Après refroidissement au dessiccateur, le résidu de l'incinération est exprimé en pourcentage par rapport à la prise d'essai (AOAC, 1995).

Matériel :

- broyeur ;
- balance analytique d'une erreur de 0,001g ;
- creusets en porcelaine ;
- pince de creuset ;
- four électrique ajusté à 550-600°C;

- dessiccateur.

Mode opératoire :

- placer le creuset de silice ou porcelaine dans le four (30mn) puis refroidir par le dessiccateur et peser le poids vide (M1) ;
- peser 5g de l'échantillon dans le creuset (M2) ;
- placer le creuset contenant l'échantillon dans le four à 600°C pendant 6H ;
- transférer le creuset dans le dessiccateur pour refroidir ;
- peser rapidement (M3).

Expression des résultats :

$$\text{Le taux de cendre (\%)} = \frac{M3 - M1}{M2 - M1} \times 100$$

II-1-3 Détermination des protéines

Principe :

La détermination de la teneur en protéines, par la méthode de Kjeldahl, mesure l'azote protéique. Elle consiste à minéraliser l'azote organique de l'échantillon par digestion à l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur. A la fin de la digestion, on obtient du sulfate d'ammonium qui libère de l'ammoniac par suite d'une distillation en milieu alcalin. L'ammoniac libéré est collecté dans un volume d'acide borique et dosé par titration avec une solution standard d'acide sulfurique diluée (AOAC, 1995).

Réactifs :

- Acide sulfurique concentré ;
- Sulfate de potassium ;
- Acide borique ;
- Vert de bromocrésol ;
- Rouge de méthylène ;
- Hydroxyde de sodium ou soude caustique ;
- Carbonate de sodium ;
- Ethanol absolu ;
- Sélénium.

Matériel :

- appareil pour protéines type Büchi ;
- balance de précision d'une erreur de 0,001g ;

- burette, bloc et tubes de minéralisation.

Mode opératoire :

Phase de digestion

- introduire 0,5g de farine dans une fiole de kjeldahl de 100 ml, ajouter 1g de catalyseur (sulfate de potassium-sélénium) ;
- agiter puis ajouter 5 à 10 ml de H₂ SO₄ concentré et mélanger ;
- poursuivre la digestion environ 60 min ;
- arrêter le chauffage puis refroidir ;
- ajouter 60 ml d'eau distillée et mélanger immédiatement.

Phase de distillation :

- mettre l'appareil sous tension, et régler les vannes de la chambre à vapeur et du réfrigérant ;
- laisser distiller environ 200ml ;
- doser l'excès d'acide par la soude.

Expression des résultats :

$$\text{La teneur en matières protéiques brutes (\%)} = \frac{N \times V \times 14 \times 5,70 \times 100}{PE}$$

où N = normalité de l'acide

V = volume d'acide versé

PE = prise d'essai

5,70 = facteur de conversion de l'azote en protéine pour le riz.

II-1-4 Détermination des matières grasses

Principe :

Il repose sur l'extraction gravimétrique des matières grasses par un solvant (Hexane), puis quantification de la matière après séparation (AOAC, 1995).

Réactif :

- Hexane

Matériel :

- balance analytique d'une erreur de 0,001g ;
- cartouches d'extraction ;
- coton hydrophile ;
- gobelets en aluminium ;

- appareil d'extraction Soxhlet ;
- étuve (105°C) ;
- dessiccateur.

Mode opératoire :

- mettre en marche le système de chauffage préalablement réglé à 120°C ;
- tarer le gobelet d'extraction (P0) ;
- introduire dans la cartouche d'extraction 1g de produit à analyser préalablement pesé dans du papier Joseph puis boucher avec du coton hydrophile (P1),
- mettre à l'aide d'une éprouvette 70 ml d'Hexane dans le gobelet ;
- ouvrir le réfrigérant du Soxhlet ;
- adapter la cartouche sur l'appareil et insérer le gobelet ;
- lorsque l'hexane commence à s'évaporer, plonger la cartouche dans le gobelet et laisser dérouler l'extraction pendant 40 min ;
- mettre la cartouche en position haute pendant 15 min pour permettre le lavage de la paroi de la cartouche ;
- arrêter l'extraction et envoyer de l'air chaud (5min) ;
- porter le gobelet dans l'étuve à 105°C ;
- refroidir à l'aide du dessiccateur et peser (P2).

Expression des résultats :

$$\text{Le taux de lipides (\%)} = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100$$

II-1-5 Détermination de l'acidité des grains

Principe

L'acidité de l'eau extraite des grains de riz est conventionnellement utilisée comme indicateur de fraîcheur du riz. Pendant le stockage, l'acidité des grains de riz augmente graduellement. Ceci peut être attribuable à la libération des amino-acides, des acides phytiques et des acides gras libres des grains (Yasumatsu & Moritaka, 1964 ; Dhalival et al, 1991). Cette acidité peut être visualisée grâce à la procédure développée par kumagai et al (1978). On peut alors déterminer grâce à un ph-mètre le pH de la solution finale.

Matériel et Réactifs :

- Balance d'une erreur de 0,001g ;
- ph-mètre

- Rouge de Méthyle
- Bleu de Bromothymol
- Ethanol 95 % (dont 5% eau distillée)

Mode opératoire

1 g de grain de riz est mis dans un tube à essai et 5 ml de la solution coloré est ajouté dans le tube. Après incubation pendant 10 minutes on observe un changement de la solution coloré. La valeur de pH de la solution finale est déterminée directement à l'aide d'un pH-mètre.

- Préparation de la solution colorée

Le stock de solution d'indicateur de couleur a été préparé selon la méthode officielle décrite par l'agence japonaise d'alimentation (Japan Food Agency, 1988).

10 mg du rouge de méthyle et 30 mg du bleu du Bromothymol sont dissoutes dans 15 ml d'éthanol 95 % et complétés à un volume final de 20 ml par ajout de 5 ml d'eau distillé.

Expression des résultats

L'acidité des grains de riz peut être visualisée grâce à la coloration finale de la solution après incubation. Cette acidité peut également être déterminée par un ph-mètre. Ainsi les résultats des différentes solutions colorées seront exprimés comme valeurs de pH.

II-1-6 Détermination de la teneur en amidon

Principe :

C'est la méthode de Luff Schoorl qui repose sur le dosage de l'amidon par le Thiosulfate en présence d'empois d'amidon (AOAC, 1995).

Réactifs :

- Réactif de Luff Schoorl (Annexe I) ;
- Thiosulfate (0,1N) ;
- KI (30%) ;
- H₂SO₄ (6N) ;
- HCL amidon (213ml HCl concentré à 2L d'eau distillée) et HCl 1/4 ;
- Phénophtaléine ;
- Empois d'amidon.

Matériel :

- balance analytique d'une erreur de 0,001 g ;
- étuve (105°C) ;
- dessiccateur ;
- erlenmeyers, ballons, réfrigérant, burette, papier filtre, fioles.

Mode opératoire :

- peser 1 g d'échantillon dans un erlenmeyer, ajouter 50 ml d'eau distillée et mettre au frigo pendant 20 min, puis au bain-marie pendant 20 min ;
- récupérer le résidu dans un ballon avec de l'acide chlorhydrique (HCl amidon) et compléter jusqu'à 200 ml ;
- faire une hydrolyse au réfrigérant pendant 2H, refroidir et mettre quelques gouttes de phénophtaléine et neutraliser avec la lessive de soude puis décolorer avec de HCl (1/4) ;
- faire une dilution et puis prélever 5ml du filtrat, ajouter 5ml du réactif de Luff Schoorl, adapter au réfrigérant pendant 5min ;
- ajouter 3ml de KI (30%) et 3ml de H₂ SO₄ (6 N);
- titrer avec du Thiosulfate (0,1N) en présence d'empois d'amidon et noter le volume de la solution (Vs) ;
- faire un blanc dans les mêmes conditions et noter le volume du blanc (Vb).

Expression des résultats :

Etablir à l'aide de la table (Annexe II) la quantité de saccharose (Y en mg) correspondant à la différence entre les volumes des deux titrations (Vb-Vs); exprimés en ml de thiosulfate de sodium 0,1N.

$$\text{Le taux d'amidon (\%)} = \frac{Y \times 250 \times 100 \times 0,95 \times K}{PE \times 5 \times 1000}$$

où est le K = facteur de dilution

II-1-7 Dosage de l'amylose (ISO, 1987)

Principe

Le principe consiste au broyage du riz en particules fines en vue de détruire la cristallinité de l'amidon de façon à permettre une complète dispersion et une gélatinisation ; ensuite il y a la délipidation. La prise d'essai est mise en suspension dans une solution de soude. A une partie aliquote, on ajoute de la solution d'iode et on mesure l'absorbance du complexe coloré formé au spectromètre à 620 nm.

Grâce à une courbe d'étalonnage préparée avec des mélanges d'amylose et d'amylopectine tenant compte de l'effet de l'amylopectine sur la couleur du complexe amylose-iode de la solution d'essai, la teneur en amylose est déterminée.

Matériel et réactifs

Matériel :

- Broyeur
- Micro broyeur
- Tamis ($\varnothing = 450\mu\text{m}$)
- Spectrophotomètre UV- visible
- Appareil d'extraction
- Fioles jaugées

Réactifs :

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique et l'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de pureté au moins équivalente.

- Méthanol, à 85 % (v/v)
- Ethanol, à 95 % (v/v)
- hydroxyde de sodium, solution à 1 M ; 0,09 M
- Acide acétique, solution à 1 M
- Iode, solution
- Amylose de pomme de terre exempt d'amylopectine, suspension étalon à 1 g/l
- Amylopectine, suspension étalon à 1 g/l

Mode opératoire :

Préparation de l'échantillon pour essai

- Broyer dans le micro broyeur au moins 20 grains de riz usiné de manière à obtenir une farine passant à travers le tamis.

- Délipider la farine avec du méthanol à 85 % sous reflux pendant 16 heures dans un appareil de type soxhlet ou pendant 4 heures dans un appareil de type Goldfisch à raison de 5 à 6 gouttes par seconde.
- Etaler la farine en une couche mince sur une capsule ou un verre de montre et on laisse reposer pendant 2 jours pour permettre l'évaporation du méthanol résiduel et l'équilibre de la teneur en eau.

Préparation de la solution d'essai

- Peser environ $100 \pm 0,5$ mg d'échantillon pour essai dans un fiole jaugée de 100 ml. Ajouter soigneusement à la prise d'essai, à l'aide d'une pipette, 1 ml d'éthanol en rinçant les particules de la prise d'essai adhérant à la paroi de la fiole.
- Ajouter à l'aide d'une pipette 9 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et on laisse reposer à température ambiante pendant 15 à 24 heures sans agiter pour disperser l'amidon. On peut également chauffer la solution d'essai dans un bain d'eau porté à ébullition pendant 10 minutes, puis on refroidit à température ambiante.
- Compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau et homogénéiser vigoureusement.
- Effectuer un essai à blanc parallèlement à la détermination suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de tous les réactifs que pour la détermination. Cependant en utilisant 5 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium à 0,09 mol/l à la place de la solution d'essai.

Préparation de la courbe d'étalonnage

- Mélanger des volumes de suspension étalons d'amylose et d'amylopectine et de solution d'hydroxyde de sodium à 0,09 mol/l conformément aux indications (annexe III).

NB : pour des analyses de routine, des farines de riz usiné délipidées, de teneur en amylose prédéterminée peuvent être utilisées pour l'étalonnage à la place des suspensions d'amylose et d'amylopectine. On prélève à la pipette un aliquote de 5 ml de chaque solution d'étalonnage dans une série de cinq fioles jaugées de 100 ml contenant environ 50 ml d'eau. Puis on ajoute 1 ml d'acide acétique, on mélange et on ajoute 2 ml de la solution d'iode. On complète enfin jusqu'au trait de jauge avec de l'eau on homogénéise et on laisse reposer 20 minutes.

- Mesurer l'absorbance à 620 nm par rapport à l'essai blanc, à l'aide du spectromètre afin de tracer une courbe d'étalonnage en portant l'absorbance en fonction de la teneur en amylose exprimée en pourcentage en masse de la matière sèche du riz usiné.

On prélève à la pipette un aliquote de 5 ml de la solution d'essai dans une fiole jaugée de 100 ml contenant environ 50 ml d'eau et on procède comme précédemment en commençant par l'addition d'acide acétique.

NB : *Effectuer deux déterminations sur des prises d'essai provenant du même échantillon pour essai.*

Expression des résultats

La teneur en amylose, exprimée en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche, est donnée directement par la courbe d'étalonnage, à partir de l'absorbance trouvée. On prend comme résultats, la moyenne arithmétique des deux déterminations.

II-1-8 Détermination des minéraux

Principe :

Il repose sur une absorption atomique par un spectrophotomètre qui utilise une source de lumière primaire constituée d'une lampe à cathode creuse spécifique pour chaque élément à étudier. Les éléments recherchés sont : Calcium, Fer et Potassium (AOAC, 1995).

Réactifs :

- Acide nitrique ½ ;
- Acide chlorhydrique ½ ;

Matériel :

- balance analytique d'une erreur de 0,001g ;
- creusets ;
- four pouvant assurer 600°C;
- plaque chauffante ;
- hotte ;
- fioles de 50 ml ;
- spectrophotomètre d'absorption atomique.

Mode opératoire :

- peser 1g d'échantillon dans un creuset et calciner 2 H à 600°C, puis laisser refroidir ;
- se mettre sous la hotte et mouiller les cendres avec 10 gouttes d'eau distillée ;
- ajouter 3 ml d'acide nitrique ½ ;
- évaporer à sec l'excès d'acide sur plaque chauffante à 100°C, calciner de nouveau pendant 1 H à 600°C et laisser refroidir ;

- dissoudre les cendres dans 10 ml d'acide chlorhydrique ½ ;
- filtrer dans une fiole de 50 ml ;
- laver le papier filtre avec de l'eau distillée et compléter au volume ;
- faire la lecture de la concentration (C) sur le spectrophotomètre avec la longueur du minéral correspondant.

Expression des résultats :

$$\text{Elément (en ppm)} = \frac{CxKx50}{PE}$$

où PE = prise d'essai

C = concentration

K = Facteur de dilution

II-2 Suivi de l'évolution de certains paramètres déterminants au cours du temps

D'après Chen & Chen (2003), certains paramètres du riz tels que l'acidité, la fraîcheur, l'activité des peroxydases et la nature gluante sont susceptibles de connaître une variation avec l'âge. De ce fait, nous avons entrepris de suivre notamment l'évolution des taux d'acidité et d'amylose tous les 45 jours, ce sur 6 mois. Quant à l'amidon, seules deux caractérisations ont été effectuées, au début et à la fin d l'expérimentation.

II-3 Etude de la variation des taux de protéines et de matières grasses sur des échantillons âgés

Afin de mieux comprendre l'évolution des protéines et des matières grasses au cours du temps, nous avons caractérisé à nouveau quelques échantillons déjà étudiés en 2004 dans le cadre du projet FNRAA susmentionné. Une détermination de leur taux de protéines et de matières grasses effectuée en 2006 est comparée aux valeurs déjà obtenues en 2004 par une étude antérieure portant sur les mêmes variétés. Nous disposons ainsi d'une échelle de comparaison sur deux ans.

III ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues sont traitées avec les logiciels XLSTAT 7.5.3 et SPSS 10.0. Une analyse de la variance (ANOVA) permet à chaque fois de faire des comparaisons de moyennes 2 à 2 (annexe IV) ; et le test de TuKey (dans le cas de XLSTAT) ou celui de Student Newmann keuls (dans le cas de SPSS) ressort les différences statistiques entre groupes à $p < 0,05$. Alors que la moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée pour l'étude des échantillons âgés car le nombre de répétition diffère ici par sites étudiés.

Chapitre 3 :

RESULTATS ET

DISCUSSION

I. ANALYSE DES RESULTATS

Pour les analyses de caractérisation, nous avons effectué trois (3) répétitions. Pour ce qui est du suivi de l'évolution de certains paramètres dans le temps, le nombre de répétitions est de cinq (5). Les valeurs exprimées dans les tableaux sont les moyennes des différentes répétitions.

I-1. Caractérisation des variétés de riz

I-1-1. Détermination du taux de protéines

L'analyse de variance effectuée sur les taux de protéines des différentes variétés permet de ressortir 4 groupes statistiquement distincts ($Pr < 0,05$) (tableau : VI). Chacune des variétés présente une teneur en protéines différente de l'autre. C'est la Sahel 108 qui présente le taux le plus élevé. Elle est suivie respectivement de la variété Témoin, de ITA 344 et enfin de la variété Sahel 202 qui présente un taux de protéines bien plus faible (figure 1).

Tableau VI : Comparaison des moyennes des taux de protéines des variétés étudiées

Variétés	Moyenne	Regroupements
Sahel 108	8,863	A
Témoin	7,117	B
ITA 344	6,840	C
Sahel 202	6,090	D

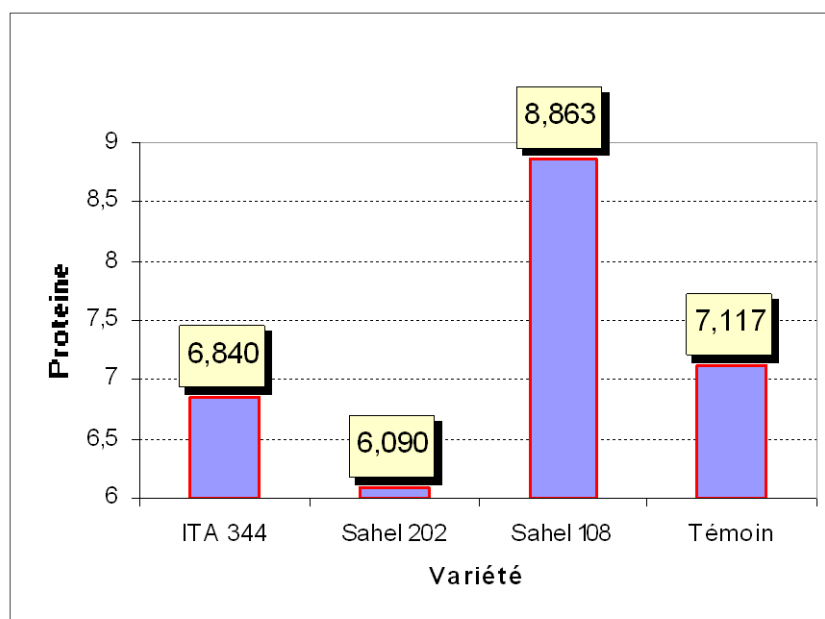


Figure 1 : Teneur en protéines des variétés étudiées

I-1-2. Détermination des cendres

L'examen de la teneur en cendres des 4 variétés étudiées fait ressortir 3 groupes statistiquement distincts ($Pr < 0,05$) (tableau VII). A l'inverse des protéines, c'est dans la variété Sahel 202 que la teneur en cendres est la plus élevée. Les variétés ITA 344 et Témoin présentent des teneurs intermédiaires, tandis que la variété Sahel 108 qui renferme plus de protéines contient la plus faible quantité de cendres (figure 2).

Tableau VII : Comparaison des moyennes des taux de cendres des variétés étudiées

Modalités	Moyenne	Regroupements
Sahel 202	0,497	A
ITA 344	0,412	B
Témoin	0,410	B
Sahel 108	0,308	C

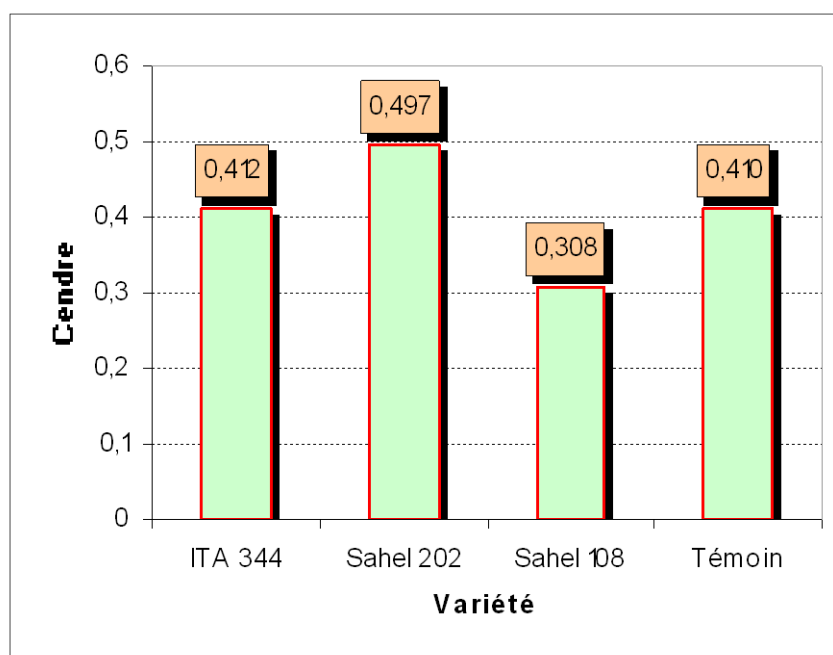


Figure 2 : Teneur en cendres des variétés étudiées

I-1-3. Détermination du taux d'humidité

L'analyse statistique de la teneur en eau des grains fait apparaître seulement deux groupes bien distincts ($Pr < 0,05$) (tableau VIII). On a d'une part les variétés ITA 344 et Sahel 108 et d'autre part les variétés Témoin et Sahel 202. Les deux dernières citées contiennent la plus faible quantité d'eau (figure 3).

Tableau VIII : Comparaison des moyennes des taux d'humidité des variétés étudiées

Variétés	Moyenne	Regroupements
ITA 344	10,617	A
Sahel 108	10,517	A
Témoin	10,067	B
Sahel 202	9,950	B

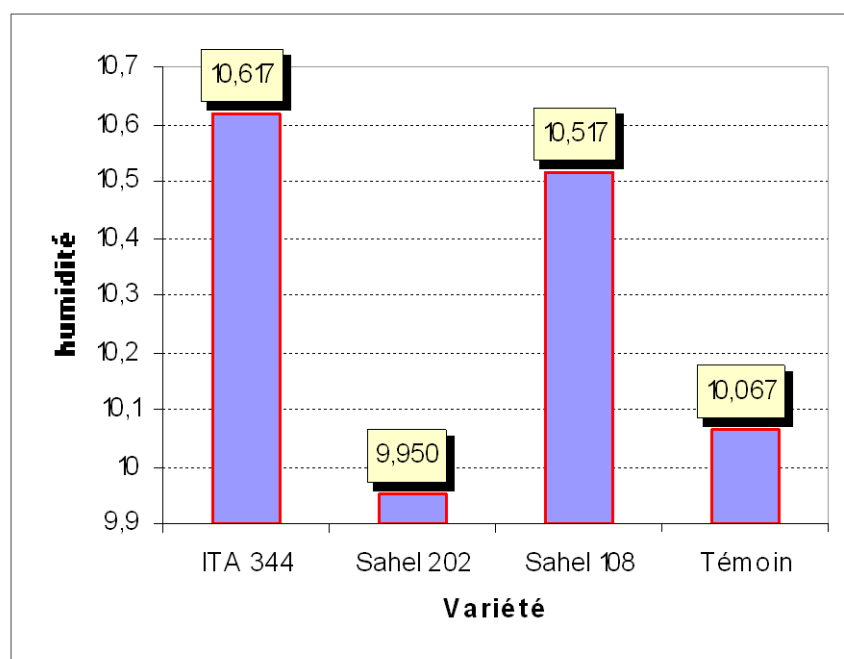


Figure 3 : Taux d'humidité des variétés étudiées

I-1-4. Détermination des matières grasses

L'analyse statistique effectuée sur les matières grasses révèle que le témoin présente une teneur en matières grasses trois fois plus importante que celle de la variété Sahel 108 dont il se distingue significativement (Tableau IX). D'autre part, les variétés ITA 344 et Sahel 202 présentent des teneurs intermédiaires par rapport aux deux variétés susmentionnées dont elles ont mêmes groupes statistiques (figure 4).

Tableau IX : Comparaison des moyennes des taux de matières grasses des variétés étudiées

Variétés	Moyenne	Regroupements	
Témoin	0,537	A	
Sahel 202	0,383	A	B
ITA 344	0,310	A	B
Sahel 108	0,177	B	

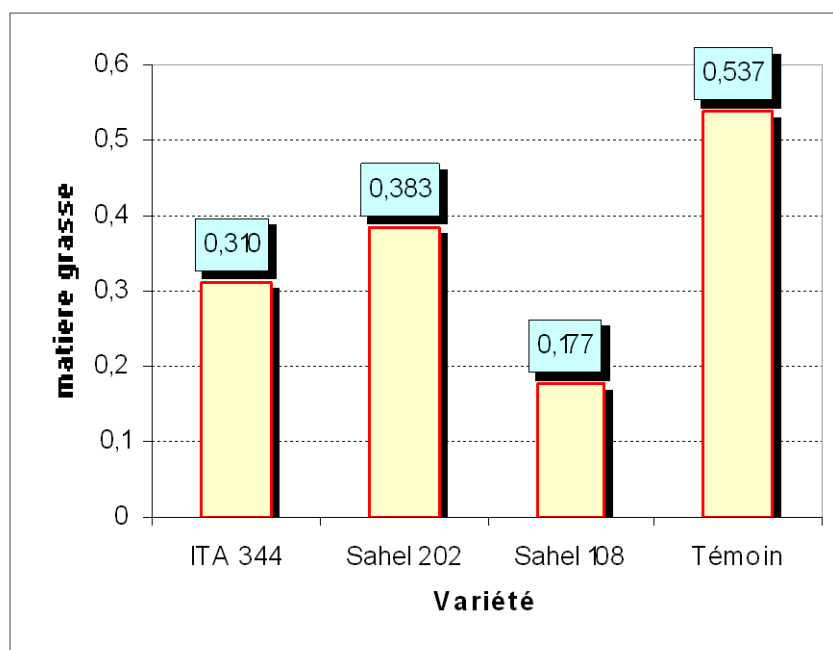


Figure 4 : Teneur en matières grasses des variétés étudiées

I-1-5. Détermination des minéraux

Teneur en calcium

28.

L'analyse statistique effectuée sur la teneur en calcium des différentes variétés permet de ressortir deux groupes différents (tableau X). Les variétés Sahel 202, Sahel 108 et ITA 344 se présentent comme ayant le taux de calcium le plus élevé. Le plus faible taux est observé chez le Témoin qui a un taux deux fois moins important (figure 5).

Tableau X : Comparaison des moyennes des taux de calcium des variétés étudiées

Modalités	Moyenne	Regroupements
Sahel 202	65,000	A
Sahel 108	51,667	A
ITA 344	50,000	A
Témoin	23,333	B

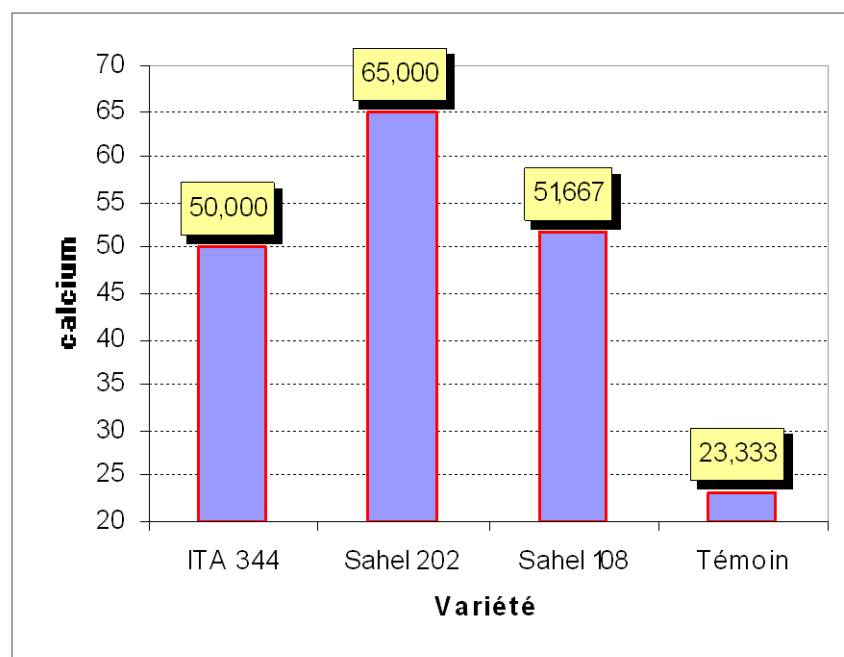


Figure 5 : Teneur en calcium des variétés

B) Teneur en potassium

De la même manière que le calcium, l'étude du taux de potassium des différentes variétés révèle deux groupes statistiquement différents (tableau XI). Les variétés Sahel 202, Témoin et ITA 344 se présentent comme ayant les taux les plus élevés en potassium. Seule la variété Sahel 108 présente un taux de potassium significativement faible (figure 6).

Tableau XI : Comparaison des moyennes des taux de potassium des variétés étudiées

Variétés	Moyenne	Regroupements
Sahel 202	96,667	A
Témoin	86,667	A
ITA 344	86,667	A
Sahel 108	58,333	B

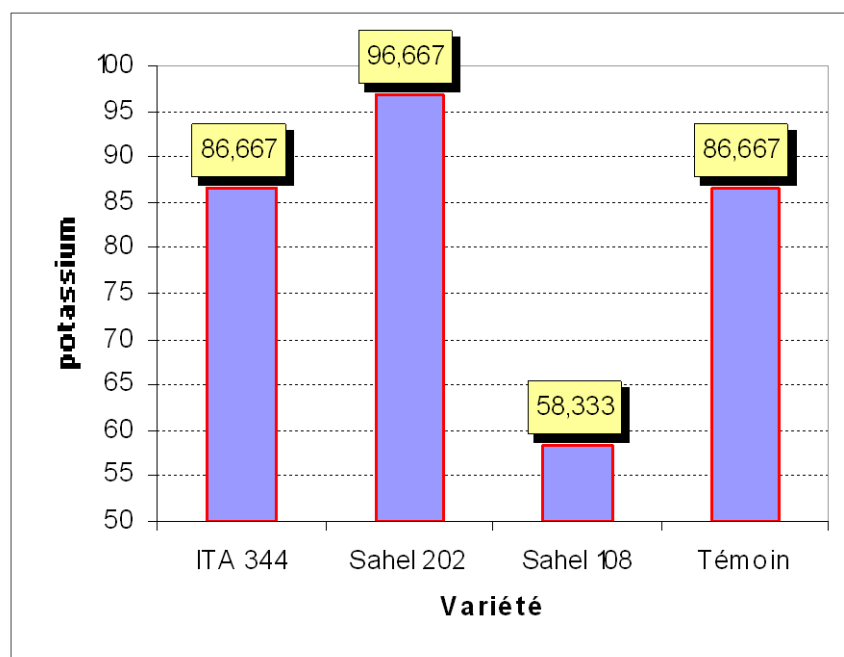


Figure 6 : Teneur en potassium des variétés

C) Teneur en fer

Deux groupes bien distincts ont également été révélés par les analyses statistiques en ce qui concerne la comparaison de la teneur en fer (tableau XII). Un groupe à teneur élevée en fer est représenté par les variétés Sahel 108, ITA 344 et Sahel 202. Dans le deuxième groupe on retrouve le Sahel 202 avec une teneur en fer bien plus faible (figure 7).

Tableau XII : Comparaison des moyennes des taux de fer des variétés étudiées

Variétés	Moyenne	Regroupements
Sahel 108	7,817	A
Témoin	6,940	A
ITA 344	6,667	A
Sahel 202	4,783	B

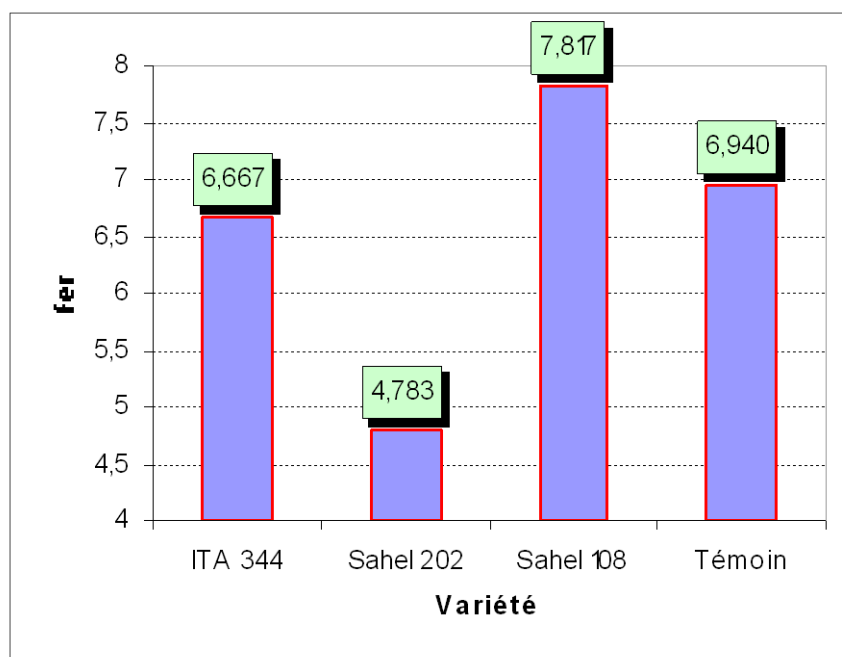


Figure 7 : Teneur en fer des variétés.

Conclusion sur les minéraux: Les analyses statistiques effectuées sur les minéraux montrent dans l'ensemble deux groupes bien distincts. Seule la variété ITA 344 présente une teneur constante élevée en fer, calcium et potassium. La variété Sahel 202 a la teneur la plus élevée en calcium et potassium, cependant sa teneur en fer est la plus faible.

I-2. Evolution de certains paramètres déterminants au cours du temps

I-2-1. Evolution de l'acidité au cours du temps

L'analyse des différences entre variétés fait apparaître trois groupes distincts statistiquement dans leur comportement durant le stockage. La variété Sahel 202 est la variété qui a le taux d'acidité le plus faible pendant le stockage. Les variétés ITA 344 et Témoin ont des taux intermédiaires, le taux d'acidité moyen le plus élevé pendant le stockage (pH plus faible) est observé chez la Sahel 108 (tableau XIII).

Tableau XIII: Taux moyen d'acidité des différentes variétés au bout de six mois

Variétés	Moyenne	Regroupements
Sahel 202	4,363	A
ITA 344	4,342	B
Témoin	4,338	B
Sahel 108	4,324	C

La diminution du pH est observée sur toutes les variétés durant les 6 mois de stockage. C'est avec la variété Sahel 108 qu'on obtient la plus forte pente (figure 8).

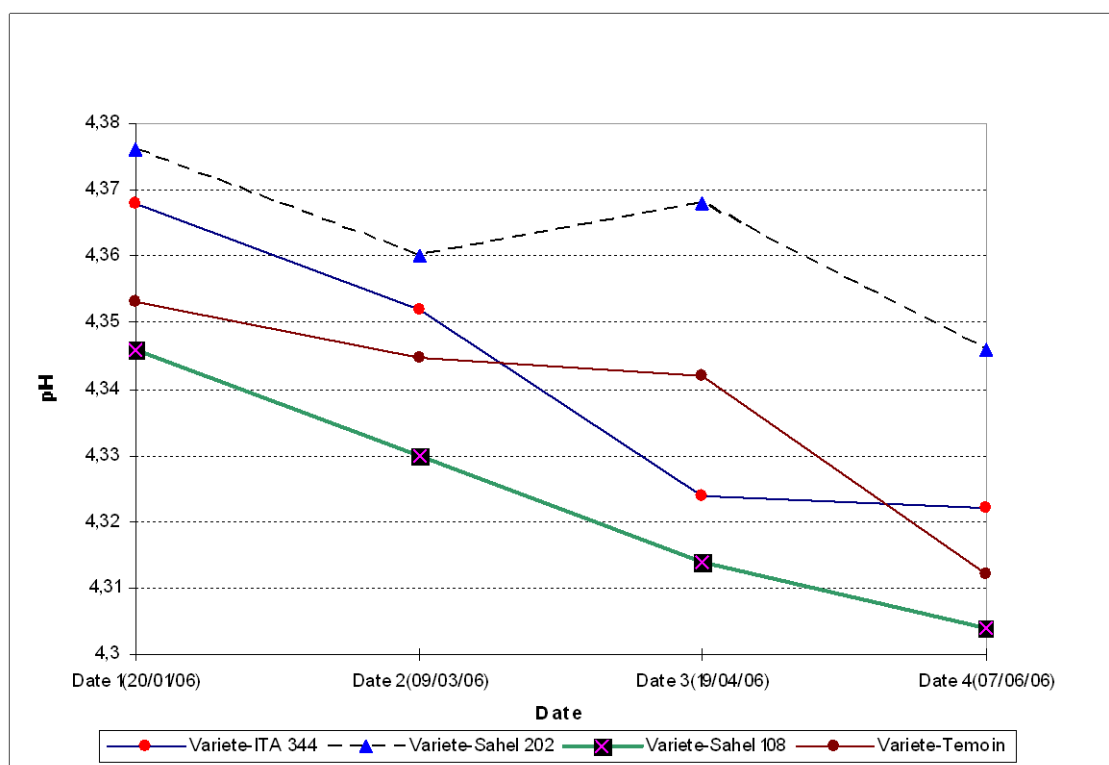


Figure 8 : Evolution du taux d'acidité au cours du temps

I-2-2. Evolution de l'amylose au cours du temps

L'analyse de la variance effectuée permet de ressortir trois groupes distincts dans leur comportement durant les 6 mois de stockage. Ainsi la variété Sahel 108 et ITA 344 se présentent comme celles qui ont les plus fortes teneurs en amylose. La Sahel 202 est

intermédiaire, et la variété témoin se révèle comme celle qui présente la teneur la plus faible en amylose. D'ailleurs elle contient une teneur en amylose égale à la moitié de celle que l'on rencontre dans les variétés ITA 344 et Sahel 108 (tableau XIV).

Tableau XIV: Taux moyen d'amylose des différentes variétés au bout de six mois

Variétés	Moyenne	Regroupements
Sahel 108	16,460	A
ITA 344	16,154	A
Sahel 202	14,923	B
Témoin	8,730	C

La diminution du taux d'amylose est observée chez toutes les variétés en 6 mois de stockage seulement. Seule la variété Témoin présente une faible diminution (figure 9).

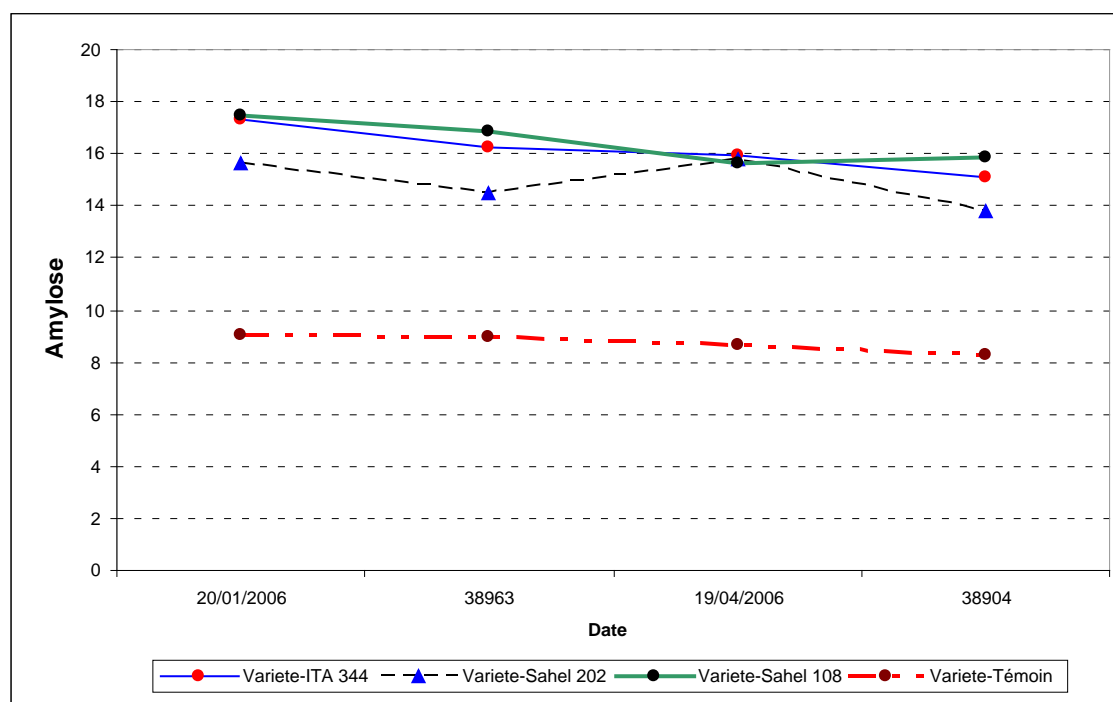


Figure 9: Evolution du taux d'amylose au cours du temps

I-2-3. Evolution de l'amidon au cours du temps

L'analyse statistique de la différence des variétés en amidon montre dans l'ensemble deux grands groupes distincts. Des différences nettes apparaissent entre la variété Témoin ayant la

plus forte teneur en amidon et ITA 344, qui en est plus dépourvue. Les deux variétés Sahel 108 et 202 contiennent des teneurs intermédiaires comparativement aux deux variétés Témoin et ITA 344 (tableau XV).

Tableau XV : Taux d'amidon moyen des différentes variétés au bout de six mois

Variétés	Moyenne	Regroupements	
Témoin	54,145	A	
Sahel 108	51,984	A	B
Sahel 202	48,735	A	B
ITA 344	45,486		B

Les variétés Sahel 108, Sahel 202 et ITA 344 connaissent une baisse de leur teneur en amidon durant le stockage. Cependant, la variété témoin ne présente aucune variation et conserve sa teneur initiale en amidon (figure10).

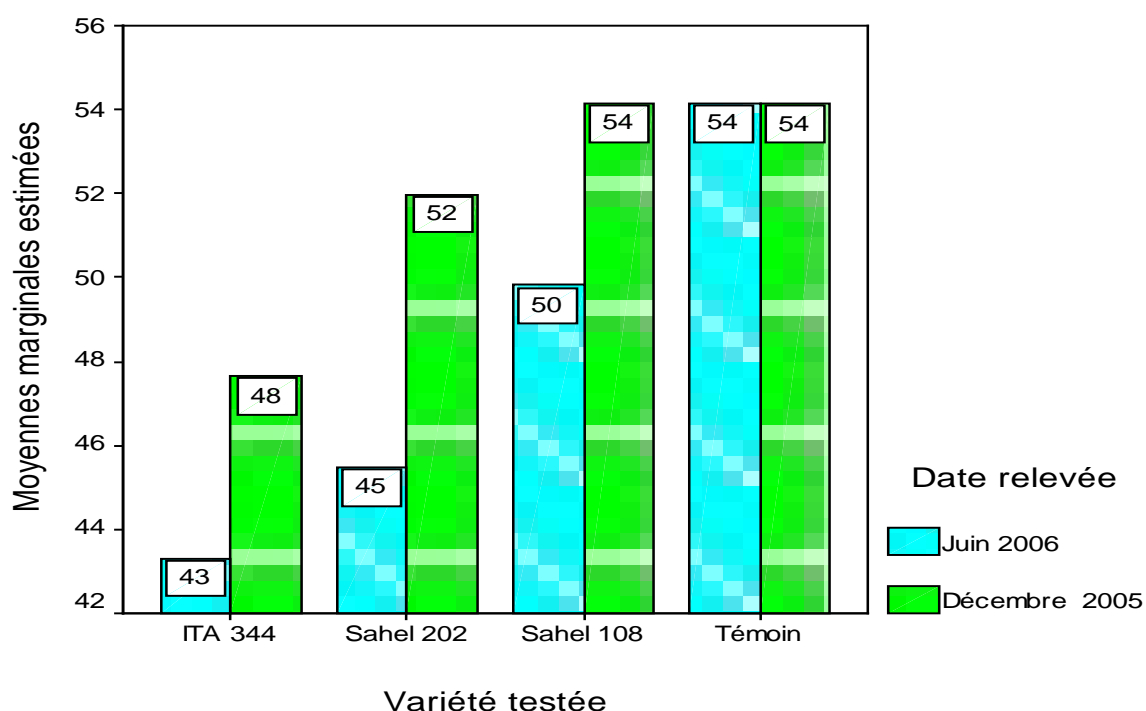


Figure 10 : Evolution du taux d'amidon au cours du temps

I-3. Etude de la variation des taux de protéines et de matières grasses sur des échantillons âgés

Pour ce qui est de cette étude, les résultats des analyses sont donnés sous forme de deux tableaux (annexes V)

I-3-1. Variation des taux de protéines

L'analyse du tableau XVI et du graphique 11 montre une diminution nette des taux de protéines moyens des trois variétés entre 2004 et 2006.

Tableau XVI: ANOVA. Variable dépendante : protéine

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification	Paramètre non centré	Puissance observée
Modèle corrigé	47.494 ^b	5	9.499	12.806	.000	64.028	1.000
Constante	1328.934	1	1328.934	1791.570	.000	1791.570	1.000
Variétés	22.330	2	11.165	15.052	.000	30.104	.999
ANNEE	3.167	1	3.167	4.269	.043	4.269	.528
VARIETES*ANNEE	.824	2	.412	.555	.0577	1.111	.138
Erreur	42.281	57	.742				
Total	4103.556	63					
Total corrigé	89.775	62					

a. Calculé à partir d'alpha = .05

Les facteurs Variétés et Années sont chacun significatifs, mais leur interaction n'est pas significative.

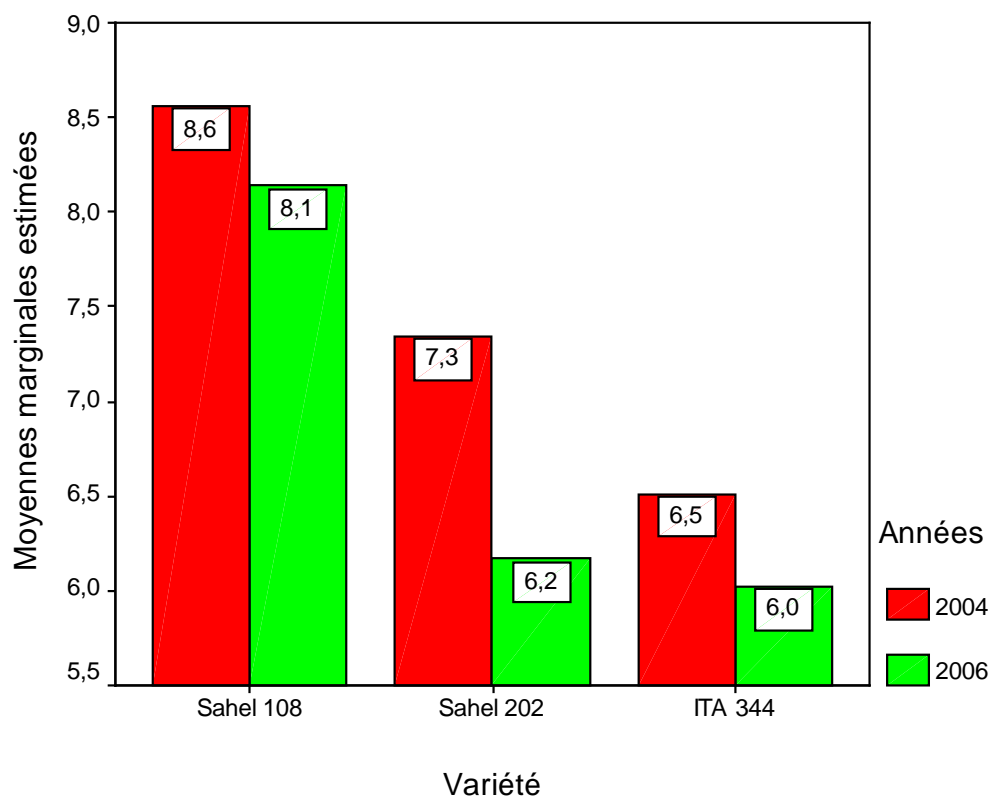


Figure 11 : Comparaison de la teneur en protéines des variétés entre 2004 et 2006

La variété sahel 108 est cultivée dans quatre sites différents. Toutefois, le test de Newman Keuls ne décèle pas de différence perceptible sur les taux de protéines entre les quatre sites où cette variété est cultivée (tableau XVII).

Tableau XVII : Variation de la teneur en protéines de la variété Sahel 108 suivant les sites

SITE	N	Sous-ensemble pour alpha=0,5
<i>Delta</i>	16	8,2688
<i>Podor</i>	12	8,5383
<i>Matam</i>	4	8,8675
<i>Bakel</i>	8	9,0175
<i>Signification</i>		0,288

Les effectifs des groupes ne sont pas égaux, la moyenne harmonique des effectifs des groupes est utilisée

I-3-2. Variation des matières grasses

L'analyse du tableau XX et de la figure 12 indique que seul l'interaction variété * année est significative et qu'il n'y a pas de différences entre les taux de matières grasses entre 2004 et 2006 et ce pour toutes les variétés. Ce résultat est confirmé par le tableau XXII qui ne laisse apparaître aucune différence significative, donc un seul sous ensemble pour $\alpha = 0,5$.

Tableau XVIII : ANOVA. Variable dépendante : matières grasses

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification	Paramètre non centré	Puissance observée
Modèle corrigé	.274 ^b	5	5.480E-02	3.088	.016	15.438	.839
Constante	4.882	1	4.882	275.100	.000	275.100	1.000
Variétés	7.512E-02	2	3.756E-02	2.117	.130	4.233	.417.
ANNEE	5.801E-02	1	5.801E-02	3.269	.076	3.269	.428
VARIETES*ANNEE	.204	2	.102	5.740	.005	11.480	.849
Erreur	1.012	57	1.775E-02				
Total	12.618	63					
Total corrigé	1.286	62					

a. Calculé à partir d' $\alpha = .05$

Seul l'interaction variété * année est significative, les facteurs pris individuellement sont non significatifs.

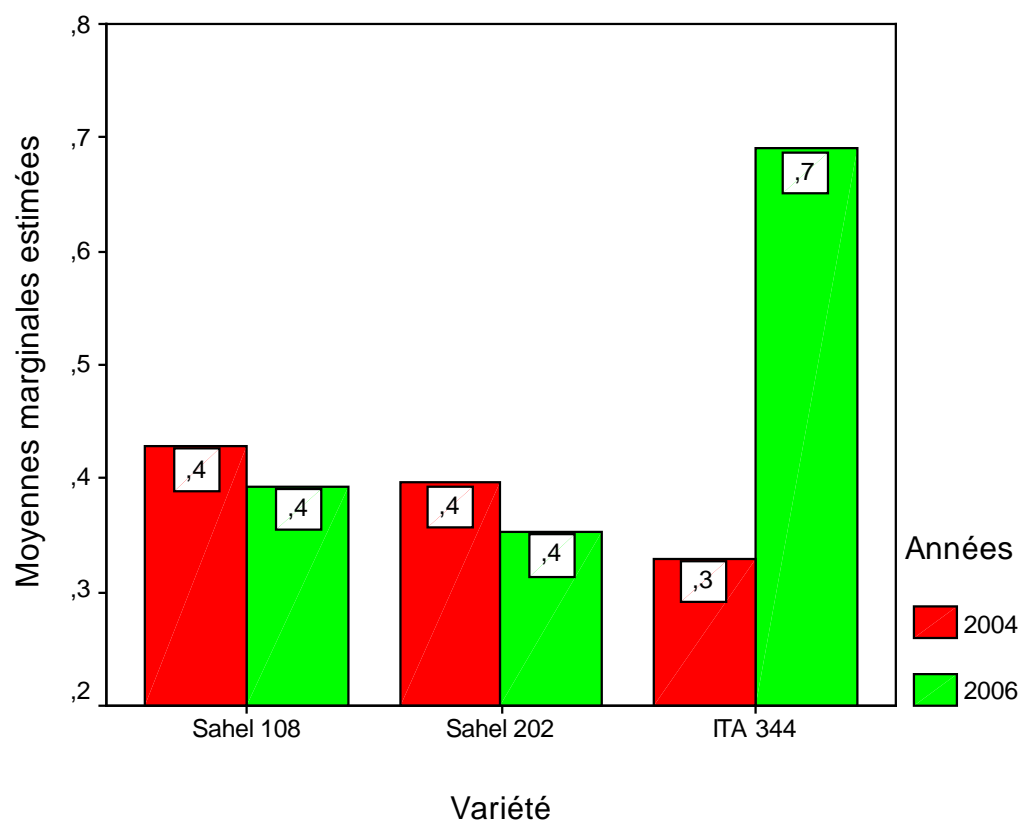


Figure 12 : Comparaison de la teneur en matières grasses des variétés entre 2004 et 2006

Tableau XIX : Classement des groupes significativement différents pour les taux de matières grasses

<u>VARIETE</u>	N	Sous-ensemble pour alpha=0,5
Sahel 202	13	0,3862
<i>Sahel 108</i>	43	0,4258
ITA 344	7	0,4843
Signification		0,169

La moyenne harmonique des tailles des groupes est utilisée, taille des groupes inégale

II. DISCUSSION

Il ressort des caractérisations que les quatre variétés ayant fait l'objet de cette étude ont une composition biochimique significativement différente. En effet, pour ce qui est des protéines, ce sont les variétés Sahel 108 et Témoin qui en sont plus fortement dotées et la variété Sahel 202 en est la plus pauvre. Or, la Sahel 202 présente un taux de cendres bien plus élevé que les autres ; elle est suivie en cela par les variétés ITA et Témoin.

Pour les matières grasses, les variétés Témoin et Sahel 202 ont présenté les plus fortes teneurs, ce qui n'est pas le cas pour les minéraux d'une manière générale. Pour ces derniers, il est noté que la variété Sahel 202 est bien pourvue en calcium et potassium et se présente comme celle qui est la plus pauvre en fer.

La teneur en eau des quatre variétés de riz analysées se situe entre 9,95 % et 10,61 %. Etant donné que la Norme Sénégalaise (1996) en vigueur fixe l'humidité maximale tolérable pour le riz à 14 %, nous pouvons dire que toutes les variétés sont conformes à la réglementation et de ce fait ne constituent pas à priori un terrain favorable au développement des moisissures lors du stockage.

*Le taux d'humidité des grains constitue ainsi un facteur déterminant à contrôler en post-récolte. Broutin et al. (2003) signalent qu'un paddy trop sec (8 à 10%) entraîne un taux de brisures élevé à l'usinage et qu'un taux trop élevé (15%), comme c'est le cas souvent en saison humide, rend le décorticage difficile avec le phénomène de collage dans les machines et les risques d'attaques par les moisissures. Il faut dire aussi que ces fortes humidités constituent hormis les moisissures, un champ favorable quasiment à l'ensemble des nuisibles qui attaquent le riz stocké. C'est notamment les insectes des denrées entreposées tels les *Tribolium sp.*, *Corcyra cephalonica*, etc. qui peuvent entraîner des pertes colossales tant en quantité qu'en qualité.*

Divers travaux ont permis de constater que le riz est l'une des céréales les plus pauvres en protéines. Plusieurs auteurs situent la teneur en protéines du riz blanc ou poli entre 6,3 et 7,6 (Péruchon de Brochard, (1957); Young et Pellett, (1994) In Latham (2001) ; FAO, 2002). Donc, en référence à ces travaux, les variétés présentées dans cette étude à l'exception de la Sahel 202 présentent les taux de protéines requis. Toutefois, une étude incluant notamment la Sahel 108 récemment menée au Sénégal par Diouf (2004) a montré des teneurs en protéines

bien supérieures aux valeurs susmentionnées. On peut penser que certaines variétés seraient génétiquement plus fortement pourvues en protéines que d'autres. Pour Juliano (1994), le degré d'usinage peut aussi favoriser l'augmentation du taux de protéines. Selon cet auteur, plus un riz est usiné, plus sa teneur en protéines augmente. Il serait aussi possible que le sol et les pratiques culturales influencent largement la composition finale des grains, notamment en protéines.

La teneur en cendres du riz est généralement faible comparativement aux autres céréales. Toutefois, les variétés étudiées ne présentent pas de déficience vis-à-vis des minéraux d'après les taux énoncés par Péruchon de Brochard (1957) ; Roubine (1969) et Toory et al.(1963).

Sur mil brut et sur fonio, Guèye (1997) a donné des taux respectivement de 1,61 et 3,43% à la différence de nos échantillons de riz où la teneur maximale observée avec la variété Sahel 202 est de 0,49%. De même, Diatta (2006) révèle, sur sorgho, des teneurs en cendres comprises entre 1,76 et 2,10. Hormis le fait que le riz ne semble pas être intrinsèquement riche en minéraux et donc par conséquent en cendres, les opérations post récolte, notamment l'usinage jouent un rôle majeur dans la composition biochimique finale du grain. Ainsi, le taux de cendres est en corrélation négative avec le degré d'usinage puisque ces derniers sont essentiellement concentrés dans les couches extérieures du riz cargo. La nature du sol pourrait être aussi déterminante sur la composition en cendres. La variété Sahel 108 présente le plus faible taux de cendres, ce qui nous amène à dire que cette variété serait plus usinée. Après la variété Sahel 108, les variétés les plus usinées seraient respectivement la variété Témoin et la variété ITA 344. La variété Sahel 202 serait la moins usinée car ayant une teneur en cendre plus élevée. Il est à remarquer que l'importance de la concentration en minéraux chez les variétés est à l'inverse de celle des protéines.

L'intérêt que revêtent les matières grasses dans les grains de céréales et en particulier ceux du riz est sans doute lié au phénomène de rancissement souvent mentionné dans les problèmes de stockage. En effet, il est connu que les matières grasses déterminent en grande partie la qualité de conservation des denrées entreposées d'une manière générale.

Cruz et al. (1998) relatent que l'activité des lipases est faible au début du stockage, puis augmente après plusieurs mois. Ainsi, au cours du vieillissement des grains, il se produit une libération d'acides gras libres qui en s'oxydant en présence d'oxygène de l'air donne des odeurs nauséabondes caractéristiques du rancissement, facteur de dépréciation des produits.

Les taux de matières grasses des variétés ITA 344, Sahel 202 et Sahel 108 sont plus faibles par rapport aux taux des mêmes variétés analysées en 2004 (Rapport Projet FNRAA/RIZ, 2005). A l'image des cendres, les différences observées sur les taux de matières grasses peuvent être expliquées par le degré d'usinage. En effet l'essentiel des matières grasses se trouvent principalement dans la fraction constituée par le son (FAO, 1994). La variété Sahel 108 qui serait plus usinée présente en effet le taux le plus faible de matières grasses.

La variété témoin avec un taux élevé en matières grasses serait une variété qui en est riche car la teneur en cendres indique qu'après la variété Sahel 108, c'est certainement la plus usinée.

Il est utile de mentionner que le taux d'acidité a augmenté pour toutes les variétés étudiées. Ce taux exprime la moyenne de toutes les valeurs de pH observées au bout de six mois de stockage. Toutefois, cette augmentation de l'acidité des grains ne s'est pas opérée selon la même intensité pour toutes les variétés étudiées. Seule la variété Sahel 202 présente une augmentation de l'acidité moins prononcée en 6 mois.

La dégradation moyenne observée au bout des 6 mois est de $\text{pH} = 0.04$ (annexe VI).

Dans une étude similaire de suivi de l'acidité au cours du temps, Lii et al. (1999) ont obtenu en 6 mois des valeurs de pH du même ordre de grandeur que les nôtres. Ces travaux effectués au Japon sur trois ans au total ont pourtant porté sur d'autres variétés de riz. En effet, ces mêmes auteurs qualifient l'acidité des grains comme le meilleur indice pour mesurer le changement de la qualité des grains de riz pendant le stockage. Plusieurs phénomènes ont été cités par divers auteurs parmi lesquels Yasumatsu & Moritaka (1964), Dhalival *et al.* (1991) pour expliquer l'origine de l'augmentation de l'acidité durant le stockage. Ce sont entre autres la libération d'acides aminés, d'acides phytiques et des acides gras libres à l'intérieur des grains.

Pour Chen & Chen (2003), dans les conditions aérobies, des radicaux libres sont produits à l'intérieur des grains de riz occasionnant une peroxydation des acides gras polyinsaturés avec libération d'acides à courtes chaînes. Cette peroxydation des lipides qui a le potentiel de détruire les membranes enzymatiques, chromatiques et autres composantes cellulaires est vraisemblablement une des raisons de la détérioration des grains de riz durant le stockage.

Selon ces mêmes auteurs, la durée de stockage des grains et la température affectent considérablement l'activité des peroxydases dans les grains. Cependant des systèmes de défense qui peuvent éliminer ces radicaux libres sont présents dans les grains de riz et autres grains de céréales. C'est notamment la peroxydase (EC 1. 11.1.7) qui est l'un des plus importants systèmes de défense des graines contre les attaques des radicaux libres durant le

stockage. La vitesse de détérioration des grains de riz stockés dépend de l'équilibre entre la formation et l'élimination de radicaux libres. D'après Nandi et al. (1997) In (Chen & Chen, 2003), la moindre activité des peroxydases peut aboutir à une détérioration des grains de riz.

En ce qui concerne l'amylose, la plus faible teneur est observée chez la variété Témoin qui contient une teneur égale à la moitié de ce que l'on observe avec la variété Sahel 108. la variété Témoin est sans doute une variété à faible teneur en amylose étant donné son taux élevé en amidon.

Les résultats du Projet FNRAA/RIZ (2005) donnent dans l'ensemble des taux d'amylose supérieurs aux nôtres. Toutefois, il est à constater que c'est la variété Sahel 108 qui présente la plus forte teneur en amylose dans les deux études. Cette différence pourrait être expliquée par les facteurs environnementaux et climatiques. D'après Teslim (1995), la température est le facteur le plus important qui affecte le pourcentage d'amylose. Pour lui, le pourcentage d'amylose est en corrélation négative avec l'augmentation de la température. On peut noter jusqu'à 6% de différence de la teneur en amylose d'une saison à une autre chez la même variété. Dans le même ordre d'idées Juilano & Duff (1989) signalent que dans les pays où la température varie nettement pendant la période de maturation, des différences appréciables de qualité des grains ont été signalées pour une même variété.

La déperdition constatée de manière générale du taux d'amylose est de 1,65 % (annexe VI) au bout de 6 mois de stockage. Par rapport à cette référence, toutes les variétés sauf la variété Témoin sont dégradées. La variété Témoin est très faiblement dégradée. En effet, avec une teneur en amidon constante après 6 mois de stockage, la faible dégradation de l'amylose peut être liée à une faible activité des peroxydases dans cette variété, ce qui nous emmène à conclure que cette dernière serait âgée. En effet Chen & Chen (2003) affirment que l'activité des peroxydases diminue avec le temps. Ainsi un riz âgé se dégrade beaucoup moins vite que s'il était neuf.

Excepté la variété Témoin, toutes les autres variétés connaissent une déperdition du taux d'amidon au bout des 6 mois de stockage. Le pourcentage moyen de déperdition obtenu pour les trois variétés restant en cette période est de 5,05 % (annexe VI).

La déperdition du taux d'amylose observée au bout des 6 mois, de même que celle du taux d'amidon confirme en effet les conclusions de Chen (2004). En effet, ce dernier affirme que les amidons natifs (extraits d'une source botanique) sont susceptibles de rétrograder avec le temps. Les résultats obtenus ont montré que la dégradation de l'amidon se fait corrélativement avec celle de l'amylose qui est une des composantes de l'amidon.

Cette déperdition qualitative est fortement tributaire des conditions climatiques notamment de la température qui joue un rôle de catalyseur. La variation de l'amylose avec le temps a également été évoquée par les auteurs Chen & Chen, (2003) dans leurs travaux. Ces derniers remarquent qu'avec le temps certaines propriétés comme la nature gluante du riz fortement liée au taux d'amylose connaissent une variation.

La diminution de la teneur en amylose influence directement la qualité culinaire du riz. Les travaux effectués par Juliano (1994) ont montré que parmi les variétés non gluantes (riche en amylose), les teneurs élevées en amylose sont largement dominantes du point de vue qualité culinaire. Outre la qualité culinaire, l'amylose joue également un rôle important dans le régime alimentaire des diabétiques. En effet l'amylose parmi d'autres facteurs agit dans le sens de la diminution de l'indice glycémique du riz (DIA, 2004).

L'étude de la variation des taux de protéines et de matières grasses des échantillons âgés révèle des tendances inverses. Pour ce qui est des protéines, on observe des différences entre variétés pour une année donnée. Par ailleurs, les variétés se comportent de la même façon d'une année à l'autre (interaction non significativement différent). Toutefois bien que l'interaction n'est pas significative, il est à noter que la tendance est très forte avec une variance légèrement supérieure à 5%. Autrement dit, une augmentation du temps de stockage pourrait entraîner une perte significative des taux de protéines des différentes variétés d'une année à l'autre. Pour Sam (2003), ce sont les protéines qui comportent un groupement sulfhydryle (SH) qui sont les plus sensibles aux attaques radicalaires des peroxydases. Il se pourrait que ce sont ces types de protéines qui sont responsables de la dégradation notée en deux années de stockage.

Pour l'étude de la stabilité des matières grasses entre 2004 et 2006, les tests statistiques ne montrent pas de différences entre variétés pour une année donnée contrairement aux protéines. Cependant, les variétés ne se comportent pas de la même façon d'une année à l'autre (interaction significative).

Il faut dire que la diminution des matières grasses est en corrélation avec l'augmentation de l'acidité des grains dont les mécanismes sont décrits ci-dessus. Seule la variété ITA 344 voit sa teneur en matières grasses augmentée. Cette variation positive qui ne concorde point avec la dégradation observée avec les autres variétés ne saurait s'expliquer que soit par des problèmes de conservation de la variété en question, soit par un problème d'appareillage.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La déperdition progressive de la qualité du riz avec le temps est un constat qui suscite une grande inquiétude surtout pour les pays importateurs. En effet, le riz importé leur arrive en générale avec seules indications le pays d'origine et la granulométrie (entier, brisé, mélangé etc.). Il n'y a presque pas d'information sur la date de récolte (sur l'âge du riz), ni sur sa composition chimique et biochimique.

Avec une dégradation observée pour l'acidité de $\text{pH} = 0,04$ en 6 mois, un riz âgé de 10 ans va perdre une très grande partie de sa teneur en lipide.

Ce même constat est également observé avec la dégradation de l'amidon en général et de l'amylose en particulier. Ce dernier étant responsable de la qualité culinaire du riz, sa dégradation entraîne obligatoirement une baisse de cette qualité.

Les protéines vont subir également une dégradation même si les résultats ont montré une très légère baisse en deux ans.

D'une manière générale, on note une déperdition qualitative du riz dans le temps avec comme conséquence une baisse de la qualité alimentaire (chimique et biochimique, culinaire et organoleptique). Ce phénomène est d'une importance capitale. Il se pose dès lors un problème de contrôle de la qualité du riz consommé surtout dans les pays gros consommateurs de manière générale et le Sénégal en particulier.

Au Sénégal des efforts ont été faits par le gouvernement dans ce sens. C'est dans ce cadre que s'inscrit la loi 94 - 81 du 23 décembre 1994 et ses décrets d'applications. Cette loi législative et réglementaire stipule que toute espèce de semences et plants commercialisée au Sénégal, doit au préalable être homologuée et inscrite au catalogue des espèces et variétés (chapitre IV, article 11 de la loi) (Diouf, 2004).

L'effort du gouvernement serait encore plus significatif s'il imposait aux exportateurs de fournir des renseignements aussi bien sur la date de récolte que sur la composition initiale d'après récolte. Cette mesure permettra aux consommateurs de se fixer du point de vue qualité du riz, d'accepter ou de rejeter un riz en fonction du critère âge. Ceci présente un avantage certain dans le sens de promouvoir la consommation du riz locale (riz neuf), de favoriser sa culture en appuyant financièrement et techniquement les cultivateurs. Ce qui entraînerait une réduction des importations.

Ces résultats obtenus sur un suivi de six mois montre de forte tendance quant à la déperdition des substances nutritives essentielles lors du stockage du riz. Il serait donc indispensable de

poursuivre ce travail en menant un suivi régulier sur trois voire quatre ans, afin de dresser un tableau de référence qui permettrait de retrouver l'âge du riz importé après détermination de son pH. Il serait également très intéressant de conforter cette étude biochimique par une étude de suivi de la qualité organoleptique et culinaire du riz sur trois voir quatre ans. Les résultats édifieraient les consommateurs sur la qualité nutritionnelle des riz qu'ils consomment et qui nous viennent de l'extérieur avec une méconnaissance totale de leur état de fraîcheur. Cette fraîcheur devait être un critère fondamental que le gouvernement exigerait à tout exportateur. Ceci pourrait sans doute jouer en faveur du riz local qui n'est jusqu'ici consommé que dans les zones de cultures.

BIBLIOGRAPHIE

1. AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th edition. Vol.1.
2. Angladette A., 1966. *Le riz*. Paris (Ve): G P Maison neuve et Larose, 906 p.
3. Arraudeau M.A., Vergara B.S., 1992. Manuel illustré de riziculture pluviale: IRRI / IRAT 284p.
4. Bassène E.S., 04/ 2005. L'agriculture au Sénégal : élément ENDA-Cyberpop- C_1050. Date d'expiration 04/ 2006. Source : <http://www.Sénégalaisement.com>
5. Broutin C., Totté A., Tine E., François M., Carlier R., Baldini Z., 2003. *Transformer les céréales pour les nouveaux marchés urbains*. Collection le point sur, GRET, 296 p.
6. Chen C., 2004. Les Amidons: Dossier Technique Agro-Jonction n°34. Journal de l'ADRIANOR.
7. Chen T.F. and Chen C. L., 2003. Analysing the freshness of intact rice grains by colour determination of peroxidase activity: Journal of the Science of Food and Agriculture August 2003.
8. Cruz JF., Troude F., criffin D., hébert J.P., 1998. *Conservation des grains en régions chaudes*. 1ère édition « techniques rurales en Afrique », Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement, 545 p.
9. DAPS / MAE, (non daté). In Rapport provisoire ISE, 2003. *Evaluation intégrée des impacts de la libéralisation du commerce sur la filière riz au Sénégal*, 45p.
10. Del Villar P. M., mai 2005. Rapport mensuel du marché mondial du riz. Source : <http://rO.unctad.org/infocomm/français/riz/plan.htm>
11. Del Villar P. M., mars 2006. Rapport mensuel du marché mondial du riz. Source : <http://rO.unctad.org/infocomm/français/riz/plan.htm>

12. Dhaliwal Y. S., K. S. Sekhon, and H.P.S Nagi, 1991. Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. *Cereal Chem.* 68 : 18-21.
13. Dia N. S., 2004. Caractérisation physico-chimique et index glycémique de trois variétés de riz (*Oryza sativa*) consommées au Sénégal. *Mémoire de DEA, UCAD*, 26p.
14. Diatta A., 2006. Caractérisation de trois variétés de sorgho, (*Sorghum bicolor*) : composition et aptitude à la fabrication de produits roulés. *Mémoire de DEA, UCAD*, 62 p.
15. Diouf T, 2004. Evaluation de trois variétés de riz à cycle court en irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal. Rapport ISRA/CRA, 47 p.
16. DPS, 2005. Base de données EUROTRACE de l'Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD). Bureau des échanges extérieurs.
17. EFTA (European Fair Trade Association), 1998. Artisan du monde : Memento pour l'an 2000; le riz par Elisabeth Piras.
18. FAO, 1994. *Le riz dans la nutrition humaine* Rome: IRRI /FAO, 1994. 184 p.
19. FAO, 2002. *Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique*. Division de l'Alimentation et de la Nutrition. FAO Rome, 411 p.
20. Gariboldi F., 1974. *L'Etuvage du riz* : collection FAO Rome, 1974, 93 p.
21. Gaye O., juillet 2003. La riziculture au Sénégal, contraintes et perspectives.
Source : http://forum1.inter-reseaux.net/imprimer.php3?id_article=370
22. Gueye M. T., 1997. Impact de quatre insectes ravageurs du mil stocké (*Pennisetum typhoides* L.), de ses dérivés et du fonio (*Digitaria exilis* Stapf). Contribution à l'inventaire des déprédateurs des stocks de mil au Sénégal. *Mémoire DEA UCAD*, 57 p.

23. HORTON, MORAN, OCHS, RAWN, SCRIMGEOUR., 1994. Principes de Biochimie.
Ed. DeBoeck Universités
24. IRRI et CRDI (International Development Research Centre) 1992. Consumer demand
for rice grain quality. Manille, IRRI (sous presse)
25. ISO (Norme internationale): ISO/TC 34, 1987. Détermination de la teneur en amylose.
Produits agricoles alimentaires. Première édition. ISO 6647: 1987 (F) 04 –15.
26. ISRA / FAO, 1991 projet GCPP/SEN/032/Net.
Transformation et qualité du riz. FAO/ISRA Journée de réflexion sur les
problèmes de qualité du riz au Sénégal. Dakar, le 23 mai 1991. 33p.
27. Japan Food Agency, 1988. Official methods of analysis, Sec. 6.1.2.The Agency, Tokyo
28. Juliano B. O., 1994. *Le riz dans la nutrition humaine* (collection FAO: Alimentation et
Nutrition N°26) 180p.
29. Juliano 1985b. Rice: chemistry and technology, 2^e éd. St Paul, Minnesota, Etats Unis,
Am. Assoc. *Cereal chem.* 774p.
30. Juliano et Duff, 1989. Setting priorities for rice grain quality research. Paper presented
at 12th ASEAN Technical Seminar on grain Postharvest Technology, Surabaya,
Indonésie, 20-31 août
31. Kumagai, C., Y. Hagiwara, T. Yamamoto, and H. Akiyama. 1978. Detecting old rice. J.
Soc. Brew. Jpn. 73: 733- 736.
32. Kumar Khush et Juliano 1987. Genetic analysis of waxy locus in rice (*Oryza sativa* L.).
Theor. Appl. Genet., 73: 481-488
33. Latham M. C., 2001. *La nutrition dans les pays en développement*. Collection FAO :
Alimentation et nutrition, n°29, 515 p.

34. Lii, L. J., Wang C. Y., and Lur H. S. 1999. Crop quality & utilisation in *Crop science* vol. 39:1160-1164 (1999).
35. MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche), 2006..Riziculture intensive. In filière technique agricole. Modification du 08 janvier 2006.
36. Nandi S, Sen-Mandi S and Sinha TP. 1997. Active oxygen and their scavengers in rice seeds (*Oryza sativa* cv IET 4094) aged under tropical environmental conditions. *Seed Sci Res* 7:253-259
37. Norme sénégalaise : NS 03-029, Juin 1996. *Riz usiné*. Descripteurs : Thésaurus international, 8p.
38. Peruchon de Brochard, 1957. In Evaluation de trois variétés de riz à cycle court en irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal. Thiaka Diouf (2004).
39. Rapport Projet FNRAA / RIZ, 2005. Amélioration de la qualité et valorisation du riz produit dans la vallée du fleuve Sénégal. N°010/AP03M010202. Rapport Technique 2, 2004-2005, 77p.
40. RESIMAO (Réseau des Systèmes d'Information des Marchés en Afrique de l'Ouest), 2006. Sénégal Statistiques.
Source : www.resimao.org/html/fr/senegal/stats
41. RISO (Association pour promouvoir la consommation du riz), 2006. Statistique mondiale sur le riz.
Source : www.riso.ch/index.cfm/fuseaction/show/path/1-159.htm
42. Roubine, 1969. In Evaluation de trois variétés de riz à cycle court en irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal. Diouf T. (2004).
43. Sam Dr., 2003. Les lésions de la peroxydation. In Biochimie. Look 4 Medecine
Source: <http://Look4.free.fr/bio/biochimie/index.htm>

44. Sène A., (non daté). filière du riz au sénégal (PDF)
Source : <http://www.unep.ch/etu/etp/events/agriculture/senegal.pdf>
45. SIE M., Mai 1995. La technologie post récolte : doc. ADRAO, 11p.
46. Teslim I., 1995. Qualité du grain de riz : Notations utilisées à l'ADRAO, 10p.
47. Toury J., Giogi R., Favier J.C., Savina J.F., 1963. table de composition des aliments de l'ouest. Dakar : O.R.A.N.A Sd.
48. Vergara B. S. and Chang T. T, (non daté). The flowering response of the rice plant to photoperiod. A review of the literature International Rice Recherche Institute. P.O. Box 933. Manila. Philippines. ISBN : 971-104-151-061p.
49. WIKIPEDIA, 2006. L'encyclopédie libre
Source : <http://fr.wikipedia..org/wiki/riz>
50. Yamdjeu A. W., 2003. La concurrence des importations (Forum sur le commerce des produits agricoles: 16 juillet 2003).
Source : http://forum1.inter-reseaux.net/article.php3?id_article=289
51. Yasumatsu, K., and S. Moritaka., 1964. Fatty acid compositions of rice lipid and their changes during storage. *Agric. Biol. Chem.* 68:18-21.

ANNEXES

Annexe I : Préparation du réactif de Luff-Schoorl

- Solution de carbonate de sodium : Dissoudre 143,8g de carbonate de sodium anhydride (Na_2CO_3) dans environ 300ml d'eau distillée chaude, laisser refroidir ensuite ;
- Solution d'acide citrique : Dissoudre 50g d'acide citrique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dans 50ml d'eau distillée ;
- Solution de sulfate de cuivre : Dissoudre 25g de sulfate de cuivre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) exempt de fer, dans 100ml d'eau distillée.

Verser tout en agitant prudemment la solution d'acide citrique dans la solution de carbonate de sodium. Ajouter ensuite du sulfate de cuivre et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée. Laisser reposer une nuit et filtrer. Contrôler la normalité du réactif ainsi obtenu (Cuivre 0,1N ; Na_2CO_3 2N). Le pH de la solution doit être environ de 9,4.

Annexe II : Quantité (Y) de sucre en mg correspondant à la différence entre les volumes des deux titrations ($V_s - V_b$)

Volume ($V_b - V_s$) de Thiosulfate 0,1N (ml)	Quantité (Y) de Saccharose (mg)	Volume ($V_b - V_s$) de Thiosulfate 0,1N (ml)	Quantité (Y) de Saccharose (mg)
0,20	0,456	0,36	0,820
0,22	0,502	0,38	0,864
0,24	0,547	0,40	0,912
0,26	0,599	0,42	0,958
0,28	0,638	0,44	1,003
0,30	0,684	0,46	1,034
0,32	0,330	0,48	1,048
0,34	0,775	0,50	1,140

Annexe III : préparation des standards pour le tracé de la courbe d'étalonnage

Amylose correspondant dans le riz usiné % (m/m) sur matière sèche	Composition du mélange (ml)		
	Amylose	Amylopectine	NaOH à 0,09M
0	0	18	2
10	2	16	2
20	4	14	2
25	5	13	2
30	6	12	2

Annexe IV : Comparaison des moyennes deux à deux des différents paramètres étudiés

1. Protéines

Variétés	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Sahel 108 ~ Sahel 202	2,773	62,625	3,202	0,002	Oui
Sahel 108 ~ ITA 344	2,023	45,689	3,202	0,002	Oui
Sahel 108 ~ Témoin	1,747	39,442	3,202	0,002	Oui
Témoin ~ Sahel 202	1,027	23,183	3,202	0,002	Oui
Témoin ~ ITA 344	0,277	6,247	3,202	0,002	Oui
ITA 344 ~ Sahel 202	0,750	16,936	3,202	0,002	Oui

2. Cendres

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
Sahel 202 ~ Sahel 108	0,189	32,986	3,202	0,002		Oui
Sahel 202 ~ Témoin	0,087	15,216	3,202	0,002		Oui
Sahel 202 ~ ITA 344	0,085	14,809	3,202	0,002		Oui
ITA 344 ~ Sahel 108	0,104	18,177	3,202	0,002		Oui
ITA 344 ~ Témoin	0,002	0,407	3,202	0,976		Non
Témoin ~ Sahel 108	0,102	17,771	3,202	0,002		Oui

3. Humidité

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
ITA 344 ~ Sahel 202	0,667	6,103	3,202	0,002		Oui
ITA 344 ~ Témoin	0,550	5,035	3,202	0,004		Oui
ITA 344 ~ Sahel 108	0,100	0,915	3,202	0,798		Non
Sahel 108 ~ Sahel 202	0,567	5,187	3,202	0,004		Oui
Sahel 108 ~ Témoin	0,450	4,119	3,202	0,014		Oui
Témoin ~ Sahel 202	0,117	1,068	3,202	0,717		Non

4. Matières grasses

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
Témoin ~ Sahel 108	0,360	4,382	3,202	0,010		Oui
Témoin ~ ITA 344	0,227	2,759	3,202	0,093		Non
Témoin ~ Sahel 202	0,153	1,866	3,202	0,313		Non
Sahel 202 ~ Sahel 108	0,207	2,515	3,202	0,132		Non
Sahel 202 ~ ITA 344	0,073	0,893	3,202	0,809		Non
ITA 344 ~ Sahel 108	0,133	1,623	3,202	0,419		Non

5. Minéraux

a) Calcium

Variétés	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Sahel 202 ~ Témoin	41,667	7,906	3,202	0,002	Oui
Sahel 202 ~ ITA 344	15,000	2,846	3,202	0,083	Non
Sahel 202 ~ Sahel 108	13,333	2,530	3,202	0,129	Non
Sahel 108 ~ Témoin	28,333	5,376	3,202	0,003	Oui
Sahel 108 ~ ITA 344	1,667	0,316	3,202	0,988	Non
ITA 344 ~ Témoin	26,667	5,060	3,202	0,004	Oui

b) Potassium

Variétés	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Sahel 202 ~ Sahel 108	38,333	10,286	3,202	0,002	Oui
Sahel 202 ~ ITA 344	10,000	2,683	3,202	0,104	Non
Sahel 202 ~ Témoin	10,000	2,683	3,202	0,104	Non
Témoin ~ Sahel 108	28,333	7,603	3,202	0,002	Oui
Témoin ~ ITA 344	0,000	0,000	3,202	1,000	Non
ITA 344 ~ Sahel 108	28,333	7,603	3,202	0,002	Oui

c) Fer

Variétés	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Sahel 108 ~ Sahel 202	3,033	5,768	3,202	0,002	Oui
Sahel 108 ~ ITA 344	1,150	2,187	3,202	0,206	Non
Sahel 108 ~ Témoin	0,877	1,667	3,202	0,398	Non
Témoin ~ Sahel 202	2,157	4,101	3,202	0,015	Oui
Témoin ~ ITA 344	0,273	0,520	3,202	0,952	Non
ITA 344 ~ Sahel 202	1,883	3,581	3,202	0,029	Oui

6. Acidité

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
Sahel 202 ~ Sahel 108	0,039	14,133	2,638	< 0.0001		Oui
Sahel 202 ~ Témoin	0,025	9,060	2,638	< 0.0001		Oui
Sahel 202 ~ ITA 344	0,021	7,610	2,638	< 0.0001		Oui
ITA 344 ~ Sahel 108	0,018	6,523	2,638	< 0.0001		Oui
ITA 344 ~ Témoin	0,004	1,450	2,638	0,474		Non
Témoin ~ Sahel 108	0,014	5,073	2,638	< 0.0001		Oui

7. Amylose

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
Sahel 108 ~ Témoin	7,730	35,380	2,638	< 0.0001		Oui
Sahel 108 ~ Sahel 202	1,537	7,035	2,638	< 0.0001		Oui
Sahel 108 ~ ITA 344	0,306	1,401	2,638	0,504		Non
ITA 344 ~ Témoin	7,424	33,979	2,638	< 0.0001		Oui
ITA 344 ~ Sahel 202	1,231	5,634	2,638	< 0.0001		Oui
Sahel 202 ~ Témoin	6,193	28,345	2,638	< 0.0001		Oui

8. Amidon

Variétés	Différence		Valeur		Pr. > Diff	Significatif
	Différence	réduite	critique			
Témoin ~ ITA 344	8,659	3,578	2,709	0,006		Oui
Témoin ~ Sahel 202	5,410	2,235	2,709	0,135		Non
Témoin ~ Sahel 108	2,161	0,893	2,709	0,809		Non
Sahel 108 ~ ITA 344	6,498	2,685	2,709	0,053		Non
Sahel 108 ~ Sahel 202	3,249	1,342	2,709	0,544		Non
Sahel 202 ~ ITA 344	3,249	1,342	2,709	0,544		Non

Annexe V : Données brutes sur les teneurs en protéines et matières grasses des variétés âgées

1. Données brutes sur les teneurs en protéines des variétés âgées

Variétés	ITA 344	Sahel 202	Sahel 108 (S1)	Sahel 108 (S2)	Sahel 108 (S3)	Sahel 108 (S4)
Moyennes (2004)	6.512 ± 0,289	7,345 ± 1,21	8,538 ± 0,623	9,017 ± 1,045	8,867 ± 0,988	8,268 ± 0,631
Moyennes (2006)	6.023 ± 0,205	6,166 ± 0,005	8,14 ± 0,052	8,14 ± 0,052	8,14 ± 0,052	8,14 ± 0,052

S1 = Site Podor

S2 = Site Bakel

S3 = Site Matam

S4 = Site Delta

2 . Données brutes sur les teneurs en matières grasses des variétés âgées

Variétés	ITA 344	Sahel 202	Sahel 108 (S1)	Sahel 108 (S2)	Sahel 108 (S3)	Sahel 108 (S4)
Moyennes (2004)	0,33 ± 0,101	0,396 ± 0,127	0,412 ± 0,136	0,432 ± 0,114	0,407 ± 0,119	0,443 ± 0,153
Moyennes (2006)	0,69 ± 0,01	0,353 ± 0,050	0,393 ± 0,115	0,393 ± 0,115	0,393 ± 0,115	0,393 ± 0,115

Annexe VI: Taux de dégradation des différentes variétés au cours du stockage

Dégradation de la teneur moyenne en acidité des différentes variétés

Echantillons	ITA 344	SAHEL 202	SAHEL108	TEMOIN
20/01/2006	4,368	4,376	4,346	4,354
07/06/2006	4,322	4,346	4,304	4,312
Différence	0,046	0,03	0,042	0,042

Moyenne des différences de la dégradation = 0,04

Dégradation de la teneur moyenne en amylose des différentes variétés

Echantillons	ITA 344	SAHEL 202	SAHEL108	TEMOIN
20/01/2006	17,352	15,67	17,504	9,054
07/06/2006	15,092	13,788	15,854	8,248
Différence	2,26	1,882	1,65	0,806

Moyenne des différences de la dégradation = 1,649

Dégradation de la teneur moyenne en amidon des différentes variétés

échantillons	ITA 344	SAHEL 202	SAHEL108	TEMOIN
20/01/2006	47,652	51,984	54,15	54,14
07/06/2006	43,32	45,486	49,818	54,15
Différence	4,332	6,498	4,332	0,01

Moyenne des différences de la dégradation = 5,054

RESUME :

Le riz est la culture céréalière la plus consommée dans le monde en développement. Le Sénégal à l'image de la plupart des pays africains importe plus de 50 % de son riz consommé. Cependant ce dernier nous arrive en général sans indications ni sur la composition chimique et biochimique ni sur la date de récolte. Il se pose dès lors un problème de la qualité du riz importé.

Le présent travail a pour motivation de suivre la stabilité de la qualité chimique et biochimique du riz usiné durant le stockage.

Après une caractérisation des variétés étudiées (Sahel 108, ITA 344, Sahel 202 et une variété Témoin achetée au hasard dans le marché), des analyses de suivi ont été effectuées tous les 45 jours, et enfin une étude comparative a été faite entre des variétés âgées de Sahel 108, ITA 344 et Sahel 202 caractérisées en 2004 et les mêmes variétés caractérisées deux ans après.

Il ressort des caractérisations que les quatre variétés ayant fait l'objet de cette étude ont une composition biochimique significativement différente.

Les analyses de suivi ont révélé d'une manière générale une augmentation de l'acidité des grains de riz de $\text{pH} = 0,04$ dans les six premiers mois de stockage. La dégradation de l'amylose en cette période est de 1,65 %. Enfin une diminution du taux d'amidon de 5,05 % a été constatée durant ces mois de stockage.

L'étude de la comparaison des teneurs en protéines et matières grasses entre 2004 et 2006 révèle une nette diminution des protéines contrairement aux matières grasses qui n'ont pas variées statistiquement.

D'une manière générale, on note une déperdition qualitative du riz dans le temps avec comme conséquence une baisse de la qualité alimentaire (chimique et biochimique, culinaire et organoleptique). Il se pose dès lors un problème de contrôle de la qualité du riz consommé surtout dans les pays gros consommateurs de manière générale et le Sénégal en particulier.