

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET INDEX
GLYCEMIQUE DE TROIS VARIETES DE RIZ (*Oryza*
sativa) CONSOMMEES AU SENEGAL

AVANT PROPOS

Ce travail a été réalisé au sein de l'Equipe de Nutrition et Alimentation Humaines du Laboratoire de Physiologie Animale (Département de Biologie Animale) de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et à l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) de Dakar sous la direction de Monsieur Amadou Tidiane GUIRO, Maître de conférences (FST-UCAD) et sous la co-direction de Madame Salimata WADE, Maître de conférences (FST-UCAD). Ce travail a bénéficié de l'appui financier et matériel de la coopération belge (Projet PIP) et du projet FNRAA riz (010/AP03M010202) en cours d'exécution (2003-2006).

Sincères remerciements au professeur Amadou Tidiane GUIRO de nous avoir toujours accueilli dans une atmosphère très conviviale, vos qualités pédagogiques et humaines forcent notre admiration et au professeur Salimata WADE d'avoir accepté notre thème de recherche et de nous avoir inculqué votre rigueur scientifique qui a été un privilège pour notre formation.

Profondes reconnaissances M. Daniel LEMONNIER, Directeur de recherche à l'INSERM qui n'a ménagé aucun effort pour soutenir cette formation et à M. Said Nourou Diop, Professeur de médecine interne, Directeur du centre antidiabétique de Dakar d'avoir accepté spontanément de juger ce travail.

Remerciements à tout le personnel de l'ITA, particulièrement à Mme Rokhaya Daba NGING coordonnatrice du projet FNRAA riz. Nous remercions également Dr Nicole DOSSOU, Dr Aita Sarr CISSE, Dr Ndeye Fatou NDIAYE, Dr Issakha DIOP, Amadou Lamine GUEYE, Adama DIOUF.

Profondes gratitudes à ma mère et à tous les membres de ma famille qui m'ont permis d'affronter d'aussi longues années d'études (Doctorat d'Etat en Pharmacie et DEA Nutrition).

Remerciement à l'amicale des étudiants de la faculté de médecine de votre sincère collaboration.

Profondes gratitudes au Professeur Ahmadou Moustapha SOW pour votre combat sans trêve contre le diabète et pour les innombrables prières que vous formulez en notre intention.

Remerciements à tous mes camarades de la 3^{ème} promotion : Dr Amina BANGANA Nafissatou BA LO, Khaly M'BODJ, Chistian TENDENG, Rose Ndiaye Ndour SENE, Marieme Diaw SOW.

PLAN

	Pages
I. Introduction	1
II. Sujets et méthode	4
1-Sujets	4
2. Méthodes	4
2.1 Détermination de l'index glycémique	4
2.1.1 Protocole expérimental	4
2.1.2 Mesure de la glycémie	5
2.1.3 Calcul de l'index glycémique	5
2.2 Aliments à tester	5
2.2.1 Composition chimique des aliments à tester	6
2.2.1.1Détermination de l'humidité	6
2.2.1.2 Dosage des protéines	6
2.2.1.3 Dosage des lipides totaux	7
2.2.1.4 Détermination de la teneur en cendres	8
2.2.1.5Détermination de la teneur en cellulose	9
2.2.1.6 Détermination des sucres totaux	10
2.2.2 Caractérisation physico-chimique des riz	10
2.2.2.1 Dosage de l'amidon	10
2.2.2.2 Dosage de l'amylose	11
2.2.2.3 Test à l'alcali	12
3 3 Analyse statistique des données	13
III- Résultats	14
1- Caractérisation chimique et physico-chimique des riz	14
1-1 Composition chimique des riz	14
1-2 Caractéristiques physico-chimiques des riz	15
2- Caractéristiques cliniques des sujets	15
3- Réponses physiologiques induites par les aliments étudiés	16
3-1 Réponses glycémiques et index glycémique des trois riz	16
3-2 Réponses glycémiques des trois riz comparées au glucose	17
IV- Discussion	18
V- Conclusion et perspectives	21
VI Bibliographie	22

I. INTRODUCTION

L'Index glycémique (IG) traduit la réponse physiologique post prandiale des aliments glucidiques. Il a été défini par Jenkins et al. (1981) qui ont mesuré chez des volontaires sains, non diabétiques et à jeun, la glycémie induite par un aliment à tester comparée à celle du glucose pur pris comme aliment de référence. Cette méthodologie complète la classification des aliments basée sur l'analyse chimique (Jenkins et al., 1981). Ainsi, lorsque l'IG est inférieur à 55 les aliments sont dits à IG faible, si l'IG est compris entre 55 et 70, les aliments sont dits à IG intermédiaire et enfin lorsque l'IG est supérieur à 70, les aliments sont dits à IG élevé. Cette dernière approche a trouvé un intérêt certain en clinique. En effet, les aliments à IG faible ont comme propriétés de diminuer plusieurs paramètres de contrôle du diabète que sont : la glycémie, l'hémoglobine glycosylée, la fructosamine sérique, le rapport peptide C urinaire / créatinine (Jenkins et al., 1981, 1987, 1988 ; Crapo et al., 1981 ; Brand Miller et al., 2003 ; Gilbertson et al., 2001, 2003). Par ailleurs, il a été démontré que l'IG d'un repas complexe est généralement faible (Bornet et al., 1987) et peut être prédit, à partir des aliments glucidiques qui le composent (Chew et al., 1988), conformément à l'équation de Wolever et Jenkins (1986).

Dans les bases scientifiques du régime pour diabétique, la restriction glucidique était de rigueur avec une préférence pour les sucres complexes dits sucres lents comparativement aux sucres simples appelés sucres rapides (Diop, 1984). Aujourd'hui, de nouvelles recommandations établissent que l'alimentation du diabétique doit être pauvre en lipides mais riche en glucides et en fibres (American Diabetes Association, 2003) dans les proportions suivantes : l'énergie apportée par les glucides doit correspondre à 55 % de l'énergie totale ; l'énergie apportée par les lipides doit être inférieure à 30 % de l'énergie totale et l'apport en fibres doit être supérieur à 3g/j avec une prédominance préférentielle des fibres solubles et des aliments amyliques à faible IG (Vessby, 1994). Par ailleurs, la commission mixte FAO/OMS (1998) reconnaît que l'IG est un indicateur utile de l'effet métabolique des glucides et, en conséquence, recommande son utilisation dans le choix des aliments notamment dans la prise en charge nutritionnelle du diabète ou de l'intolérance au glucose. De même, les associations Américaine (American Diabetes Association, 2003) et Européenne (European Association for the study of Diabetes, 1999) recommandent les aliments glucidiques riches en fibres ou ayant

un IG faible. Cependant, le choix des aliments pour ces types de régime ne repose pas uniquement sur des considérations nutritionnelles et sanitaires mais aussi sur d'autres facteurs comme la disponibilité de l'aliment et les habitudes alimentaires des patients (FAO, 1998). L'analyse chimique combinée avec la détermination de l'index glycémique (IG) des aliments demeurent une méthode de choix pour les conseils de régime aux diabétiques. Ainsi, les menus diététiques pour diabétiques doivent être adaptés à chaque population. Dans le cas du Sénégal, on note plusieurs particularités : le riz constitue la base de l'alimentation (Pouye et al., 1992). La consommation apparente moyenne, qui est la plus élevée d'Afrique, est de 62 kg par habitant et par an (Benz, 1996). Il existe une production nationale de riz dans deux zones principales : au nord, dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal (SAED, 1999) et au sud dans la région naturelle de Casamance (bassin de l'Anambé à Kolda et Ziguinchor) (SODAGRI, 1994). La riziculture qui se pratique principalement dans la partie occidentale de la Casamance est ancestrale, de type pluvial, destinée à l'autosuffisance alimentaire (Benz, 1996). La riziculture dans le nord du pays qui est plus dynamique, est de type irrigué et bénéficie de cadres institutionnels comme l'organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS), la société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED), l'institut Sénégalais de recherches agricoles (ISRA), l'association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'ouest (ADRAO) et de deux ouvrages hydrauliques (barrages de Diama et Manantali) qui prédisposent plus de 240000 ha irrigables (Enda/UICN, 1996). Malgré ces dispositions, la production nationale qui est de quelques milliers de tonnes (Dia, 2002) est très insuffisante. La couverture des besoins est assurée par une forte importation annuelle qui s'estime à 600000 tonnes (Observatoire du marché riz, 2000) et par l'aide alimentaire (CSA, 2000). C'est pourquoi, le projet FNRAA qui a pour titre « amélioration de la qualité du riz de la vallée » exécutée par l'Institut de technologie alimentaire en collaboration avec l'ISRA l'ADRAO et la SAED, vient appuyer la politique d'autosuffisance en cette céréale. L'autre particularité du Sénégal est que sa population enregistre chaque année plus de 2000 nouveaux cas de diabète à partir de l'an 2000 (Statistiques annuels du centre antidiabétique de Dakar, np). Parmi ces malades qui représentent 0,5 à 1,5% de la population, on compte 10-12% d'enfants diabétiques type 1 et des adultes diabétiques type 2 dont 60% sont obèses (Sow, 1989). On ne peut pas exclure le riz de l'alimentation des diabétiques sénégalais. C'est pourquoi, des agents commerciaux spécialisés proposent aux malades une variété de riz Basmati à laquelle ils prêtent des vertus diététiques adaptées à leur régime. Dans le cadre de ses conseils de régimes, le centre antidiabétique de Dakar (Centre Marc Sankalé sis à l'hôpital

Abbas NDAO) leur a donné une recommandation de 150 g de glucides par jour correspondant à 5 ou 7 cuillères de riz qui ne constituent qu'un repère et n'est pas applicable à tous les malades. En outre, ce repère est basé sur la composition chimique qui ne témoigne pas de l'effet métabolique. Or, les céréales et le riz en particulier ont des valeurs d'IG très variables (Foster-Powell et al., 1995 ; 2002) liées aux méthodes de cuisson et de transformation (Brand et al., 1985 ; Brand-Miller et al., 1992 ; Englyst et al., 2003 ; Sugiyama et al., 2003), aux propriétés physico-chimiques de l'amidon (Larsen et al., 1996), à la composition chimique et à la digestibilité de l'amidon (Englyst et al., 1999, Araya et al., 2002) enfin, à l'origine et la nature de l'amidon (Jenkins et al., 1984 ; Bornet et al., 1989).

Notre approche du problème consiste, dans le cadre de cette étude, partie intégrante du projet FNRAA riz, à déterminer l'index glycémique de deux variétés de riz locales qui sont le Pusa Basmati et la TCS 10 comparativement au riz Basmati commercial proposé aux diabétiques Sénégalais.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif principal de l'étude est de comparer l'IG du Pusa Basmati et de la TCS 10 qui sont des variétés de riz cultivées localement avec le riz Basmati commercial proposé aux diabétiques Sénégalais.

Nos objectifs spécifiques sont :

- Faire la caractérisation chimique et physico-chimique des deux variétés de riz locales et du riz Basmati commercial ;
- Déterminer l'IG des trois variétés de riz.

II. SUJETS ET METHODES

1. Sujets

L'étude s'est déroulée au laboratoire de Nutrition du département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD). Vingt et un sujets sains, non diabétiques, sont choisis parmi les étudiants de la Faculté de Médecine. Tous les sujets ont subi un examen clinique effectué par un médecin de la dite Faculté ; à la même occasion, ils sont pesés et leur taille est mesurée afin de calculer l'Indice de Masse Corporelle (IMC). Les critères de choix sont basés sur la glycémie à jeun (65-95 mg/dl soit 3,5-5,3 mmol/l). Les volontaires qui ont une glycémie à jeun anormale (> 95 mg/dl), qui souffrent d'une infection ou d'une hypertension artérielle, qui prennent un médicament susceptible d'interférer avec le métabolisme du glucose ne participent pas à l'étude (Behall et Hallfrisch, 2002). Le protocole et l'objectif de l'étude ont été exposés oralement aux volontaires qui en retour ont apposé leur consentement par signature à la fin du questionnaire qui leur était remis. Le protocole d'étude a été approuvé par le comité d'éthique de l'UCAD.

2. Méthodes

2.1. Détermination de l'index glycémique

2.1.1. Protocole expérimental

Les 21 sujets sont répartis, suivant un ordre randomisé, en 3 groupes de 7. Chacun des groupes a reçu une variété de riz. Une solution contenant 50g de glucose pur qui est l'aliment de référence est donnée en premier à chaque sujet pendant trois jours successifs (Wolever et al., 1991). Des portions de riz correspondant à 50g de glucides sont servies à chacun des sujets, le quatrième jour. Deux cent cinquante millilitres d'eau sont donnés comme boisson au besoin (Larsen et al., 1996). Les portions d'aliment sont consommées dans un délai de 15 mn. Les sujets ont été convoqués à 9 h après 12 heures de jeun environ. La glycémie capillaire est ensuite mesurée à deux reprises à jeun puis à 15, 30, 45, 60, 90 et 120 minutes après ingestion des aliments tests (Wolever et al., 1991). La glycémie ainsi mesurée permettra de tracer les courbes des réponses glycémiques induites par le glucose et les trois riz. L'aire sous la courbe sera ensuite calculée pour chaque sujet.

2.1.2. Mesure de la glycémie

La glycémie est mesurée avec un glucomètre électronique, le Glucometer 4 Bayer^R (Bayer Corporation, Mishawaka, USA). L'appareil est doté de bandelettes munies de cupules réactives où sera logée la goutte de sang. La bandelette est ensuite placée dans l'analyseur. La valeur de la glycémie donnée en mg/dl ou en mmol/l. s'affiche instantanément.

2.1.3. Calcul de l'index glycémique

L'aire sous la courbe (ASC) des réponses glycémiques est calculée géométriquement d'après la formule de Wolever et Jenkins (1986). Les valeurs en dessous de la valeur basale ne sont pas prises en compte. La valeur basale est la moyenne des glycémies à 15 mn et à 0 mn avant l'ingestion des aliments à tester (Larsen et al., 1996). L'IG est donné par la formule suivante :

Aire sous la courbe réponses glycémiques aliment

Index glycémique = ----- x 100

Aire sous la courbe des réponses glycémiques glucose

2.2 Aliments

Deux variétés de riz locales (Pusa Basmati et TCS 10) et le Basmati commercial ont été testés en plus du glucose pur qui est l'aliment de référence. Le glucose utilisé est du D(+)-Glucose, fabriqué par Panreac^R (Panreac quimica SA, Barcelone, Espagne). Lors d'une étude antérieure (Dia, 2002) nous avons déterminé les caractéristiques physico-chimiques du Pusa Basmati, les résultats avaient montré qu'il a une teneur en amylose intermédiaire. La TCS 10 a été choisi pour son caractère glutineux (très pauvre en amylose probablement). Le Pusa Basmati a été fourni par l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (A.D.R.A.O), la TCS 10 qui est une variété introduite dans la Vallée par la mission Taiwanaise est largement distribuée dans le marché urbain en sachet pré-emballé de 5 kg. Le Basmati commercial, emballé sous différents poids, est acheté auprès des distributeurs agréés (Green Valley, Bd de l'est x canal IV Dakar). Les trois variétés de riz ont été cuites dans leur temps minimum de cuisson afin d'obtenir le même degré de gélatinisation de l'amidon (Larsen et al., 1996) et une pincée de sel a été ajoutée. Les portions de riz ainsi cuites contenant 50 g de glucides sont données successivement aux volontaires aussitôt après cuisson.

2.2.1 Composition chimique des aliments

Toutes les analyses chimiques ont été effectuées à l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA). Les déterminations sont faites en triple. L'humidité est déterminée par dessiccation à l'étuve (Gautier et al., 1961), les protéines par la méthode de Kjeldhal (AOAC vol II, 1995), les lipides par la méthode Soxtec (Gautier et al., 1961), les cendres (Gautier et al., 1961), la cellulose par la méthode AOAC (AOAC vol I, 1995) et les sucres totaux sont déterminés par différence.

2.2.1.1 Détermination de l'humidité

a) Principe

La méthode utilisée est la dessiccation à l'étuve. L'échantillon subit une perte de poids par chauffage à 105° C pendant 4 heures.

b) Mode opératoire

Des capsules en aluminium sont séchées à l'étuve pendant 15 minutes à 105 ° C. Elles sont ensuite refroidies dans un dessiccateur, puis tarées. Une prise d'essai d'environ 2 g est répartie uniformément sur le fond de chaque capsule. Ainsi, les capsules contenant les échantillons sont placées dans une étuve isotherme électrique, réglée à 105 °C pendant 4 h. Après les avoir retirées et refroidies dans un dessiccateur, elles sont de nouveau pesées.

c) Expression des résultats

Soient P le poids de la prise d'essai en grammes et P' le poids de l'échantillon sec. La teneur en eau pour 100 g d'échantillon est :

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

2.2.1.2 Dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl

a) Principe

Le principe consiste à transformer les composés organiques de l'azote en sulfate d'ammonium par l'acide sulfurique concentré et à chaud en présence d'un catalyseur (sulfate de cuivre ou sulfate de potassium). Après cette minéralisation, l'azote est libéré sous forme d'un sel d'ammonium. Le minéralisat est dilué par addition d'eau. On fait barboter de la soude pour alcaliniser et libérer l'ammoniac qui sera piégé par l'acide sulfurique en excès. Enfin, on titre par addition de soude en présence d'un mélange de deux indicateurs colorés (rouge de méthyle et vert de bromocrésol).

b) Matériel et réactifs

Matériel

- Distillateur Buchi model 315 ; Bloc de minéralisation Buchi model 425

Réactifs : acide sulfurique ; lessive de soude pure ; soude ; catalyseur composé : 100 g sulfate de potassium + 10 g sulfate de cuivre + 1g sélénium en poudre.

c) Mode opératoire :

- Minéralisation

On met environ 0,5 à 1g de farine de riz dans le tube à minéraliser. Puis, sous la hotte, on ajoute une pincée de catalyseur composé et 15 ml d'acide sulfurique concentré. Toujours sous la hotte, on laisse la minéralisation se poursuivre pendant 1heure, jusqu'à la disparition totale des vapeurs blanches sulfureuses puis on laisse refroidir.

- Distillation

On met dans un erlenmeyer de 200 ml, de l'acide sulfurique de normalité N/10 et quelques gouttes d'indicateur coloré. Ensuite on met le produit minéralisé dans l'appareil de Kjeldahl buchi model 315, en le diluant avec de l'eau distillée. On ouvre le robinet et on ajoute de la lessive de soude, puis on commence la distillation. On recueille par la suite 200 ml de distillat et on dose l'excès d'acide par la soude N/10 jusqu'à virage du rose au vert clair.

d) Expression des résultats

On exprime en général le résultat en gramme d'azote pour 100 g ou 100 ml de substance organique.

$$\% \text{ protéines} = \frac{(N_1 - N_2) \times 0,0014 \times 100 \times F}{P}$$

Soient, N_1 le nombre de ml de la solution acide titrée utilisée ; N_2 le nombre de ml utilisé pour le dosage du blanc ; P = la prise d'essai en g ou ml

14 = masse molaire de l'azote ; F = facteur multiplicatif suivant l'échantillon dosé

2.2.1.3 Détermination de la teneur en lipides totaux

a) Principe

Les lipides sont extraits par un solvant organique non miscible à l'eau tel que l'hexane. Après extraction, on fait évaporer le solvant puis on pèse l'extrait lipidique après dessiccation.

b) Matériel et Réactifs

Extracteur Rafatec ; Étuve réglée à 105° C ; n-Hexane.

c) Mode opératoire

On tare d'abord les ballons d'extraction puis on introduit dans une cartouche d'extraction 1 g de produit à analyser, préalablement pesé sur du papier Joseph (à 1/10 000 g près). On mesure à l'aide de l'éprouvette, 70 ml d'hexane que l'on verse dans les ballons d'extraction. On fixe les cartouches sur les fils support des réfrigérants et on insère les ballons sous les réfrigérants. On plonge les cartouches dans les ballons d'extraction et on met l'appareil en marche pour ainsi épuiser totalement les lipides pendant une heure en position basse (les cartouches sont plongées dans l'hexane). Ensuite, on met les cartouches en position haute pendant 15 minutes (les cartouches sont retirées de l'hexane, mais restent dans les ballons), puis on retire les ballons des réfrigérants et on laisse évaporer l'hexane à l'atmosphère jusqu'à l'épuisement total. On porte les ballons à l'étuve à 105° C pendant 1 heure au bout de laquelle on les refroidit dans le dessiccateur. On pèse enfin les ballons à nouveau.

d) Expression des résultats

Soient P le poids du produit à analyser et P' le poids en grammes du résidu lipidique obtenu en soustrayant le poids du ballon vide à celui du ballon plus l'extrait lipidique après évaporation. Le pourcentage des lipides totaux par rapport à la matière sèche sera :

$$\% \text{ lipides} = \frac{P' \times 100}{P}$$

2.2.1.4 Détermination de la teneur en cendres

a) Principe

Le principe repose sur l'incinération de la farine de riz dans des conditions déterminées. Le résidu sera ensuite pesé.

b) Mode opératoire

Un creuset (en porcelaine ou silice) est séché au four, réglé à 500-550°C, pendant 1 heure. On le tare ensuite à 0,001 g près après refroidissement dans le dessiccateur. On y met en la répartissant en une couche uniforme, non tassée, 3 à 5 g de farine pesée à un centigramme près. On carbonise ensuite l'échantillon contenu dans le creuset au bec bunsen (ou plaque chauffante), puis on le calcine au four électrique préalablement réglé à 500°C pendant 4 heures jusqu'à obtenir des cendres légèrement grises. On laisse enfin refroidir la capsule dans le dessiccateur et on pèse à poids constant à 0,0001 g près.

c) Expression des résultats

La teneur en cendres en grammes pour cent grammes de farine est :

$$\text{Cendres (g)} = \frac{(M_3 - M_1) \times 100}{M_2 - M_1}$$

M1, la masse du creuset vide ; M2, la masse du creuset plus la prise d'essai avant carbonisation ; M3, la masse du creuset plus la prise d'essai après calcination.

2.2.1.5 Détermination de la teneur en cellulose

a) Principe

La cellulose brute est obtenue par calcination du résidu sec issu de la digestion de l'échantillon par une solution acide et une solution basique dans des conditions spéciales. La méthode est applicable aux graines, farines et autres aliments et des matières riches en fibres auxquelles la matière peut être extraite.

b) Matériel et réactifs

Matériel :

Ballon de 250 ml à col rodé ; Réfrigérant ; Plaque chauffante ou bec bunsen ; Creuset filtrant de porosité 2

Réactifs

Acide sulfurique ; soude ; EDTA (complexon III) ; Acétone ; Alcool éthylique

c) Mode opératoire

On pèse dans le ballon 0,2 à 1 g de l'échantillon préalablement broyé et homogène et on ajoute 50 ml d'acide sulfurique à 0,30 N et une goutte d'antimoussant. On chauffe ensuite à douce ébullition pendant 30 minutes et on agite doucement toutes les 5 minutes en évitant que la matière adhère à la paroi du ballon. On ajoute par le haut du réfrigérant 25 ml de soude à 1,5 N et on chauffe à nouveau pendant 25 minutes. On met ensuite une pincée (environ 0,5g) d'EDTA et on laisse au feu pendant 5 minutes avant de filtrer au creuset filtrant de porosité 2. On lave avec 25ml d'acide sulfurique à 0,30 N, puis avec trois portions de 50 ml d'eau distillée, ensuite avec 25 ml d'éthanol et enfin avec 25 ml d'acétone. Enfin, on sèche à l'étuve à 130°C pendant 2 h, on refroidit au dessiccateur et on incinère à 400°C pendant 2 h.

d) Expression des résultats

La cellulose brute en g pour 100 g de produit sera de :

$$\text{Cellulose (g)} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M}$$

Soient M1 la masse du creuset plus matière après séchage, M2 la masse du creuset plus matière après incinération, M la masse de l'échantillon.

2.2.1.6 Détermination des sucres totaux

Les glucides totaux s'obtiennent en soustrayant du total, la somme protéines, matières grasses, cendres et cellulose.

$$\text{Glucides totaux} = 100 - (\text{protéines} + \text{lipides} + \text{cellulose} + \text{cendres})$$

2.2.2 Caractéristiques physico-chimiques des échantillons de riz :

Les propriétés physico-chimiques ont été également déterminées à l'ITA. Les paramètres sont exprimés par rapport à la matière sèche. L'amidon est dosé par la méthode de Luff-Schoorl (Lecoq, 1965), l'amylose par la méthode ISO 6647 (Norme internationale, 1987), le test à l'alcali selon la méthode de Juliano et al. (1982). Le test à l'alcali est un indicateur de la température de gélatinisation avec qui, il est inversement corrélé. Le temps minimum de cuisson est estimé lorsque plus de 90% des grains sont complètement cuits (Larsen et al., 1996).

2.2.2.1 Dosage de l'amidon par la méthode de Luff-Schoorl

a) Principe

Après élimination des sucres directs facilement solubles, l'amidon est extrait par hydrolyse acide et à chaud. Sur l'hydrolysate filtré, on ajoute un excès d'iode qui sera dosé en retour par le thiosulfate. La quantité d'amidon est donnée par le tableau de correspondance entre millilitres de thiosulfate et milligrammes de glucose multiplié par le facteur de conversion.

b) Mode opératoire

Extraction de l'amidon

On pèse 1 g de riz que l'on met dans une fiole jaugée de 100 ml, on ajoute de l'eau jusqu'à la jauge et on remue pour bien mélanger. On transvase ensuite le contenu de la fiole dans un erlenmeyer que l'on refroidit dans un bain froid pendant 20 minutes et ensuite on le trempe dans un bain mari bouillant pendant 20 minutes également. On filtre avec un papier filtre en lavant avec de l'eau chaude. On récupère le résidu solide en perçant le papier filtre et en l'entraînant avec de l'acide chlorhydrique (213 ml HCl concentré dans 2 l d'eau distillée ou 21,3 ml dans 200 ml d'eau) jusqu'à 200 ml de volume. Puis on chauffe à reflux pendant 2 heures en utilisant des billes de verre afin de régulariser l'ébullition et on laisse refroidir avant de neutraliser avec de la lessive de soude jusqu'à obtenir un pH neutre. Enfin, on complète à 250 ml avec de l'eau puis on filtre et on dose selon Luff-Schoorl .

Dosage de l'amidon

On met dans un erlenmeyer : 5ml du filtrat et 5 ml luff-schoorl. On chauffe à reflux pendant 5 minutes puis on refroidit sous le robinet. La liqueur surnageante est marron. Puis on ajoute 3ml d'iodure de potassium à 30 %, 3 ml d'acide sulfurique 6N et quelques gouttes d'empois d'amidon. On titre enfin avec du thiosulfate de sodium à 0,1 N jusqu'à décoloration ou blanc pâle. Parallèlement, on dose le blanc dans les mêmes conditions opératoires dont, en lieu et place du filtrat, on met 5 ml d'eau distillée.

c) Expression des résultats

Sur la table de correspondance, la différence entre millilitres de thiosulfate lors des dosages du blanc et de la solution d'essai correspond à une quantité en milligrammes de glucose qui sera converti en amidon. Le résultat final est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$\text{Amidon (g)} = \frac{Y \times 250 \times 0,95}{PE \times 5 \times 1000}$$

Y = volume blanc - volume essai ; 250 = volume total du filtrat final ; 0,95 = facteur de conversion ; PE = prise d'essai.

2.2.2.2 Dosage de l'amylose

a) 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, suivies d'une 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. La teneur en amylose est déterminée 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.

b) Matériel et réactifs

Matériel : Broyeur ; Spectrophotomètre UV- Visible ; Appareil d'extraction

Réactifs : Méthanol ; Ethanol ; Hydroxyde de sodium ; - Acide acétique ; Iode ; Amylose de pomme de terre ; Amylopectine

c) Mode opératoire

Préparation de l'échantillon pour essai

On broie dans le micro-broyeur au moins 20 grains de riz usiné de manière à obtenir une farine passant à travers le tamis. On délipide 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. Après délipidation, on étale 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

On pèse environ 100 +/- 0,5 mg d'échantillon pour essai dans une fiole jaugée de 100 ml. Puis, on ajoute 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. Ensuite, avec la pipette, on ajoute 9 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et on laisse reposer à température ambiante pendant 15 à 24 h 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. Enfin, on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau et on homogénéise vigoureusement.

Préparation de la courbe d'étalonnage

On mélange des volumes de suspensions étalons d'amylose et d'amylopectine et de solution d'hydroxyde de sodium à 0,09 mol/l de manière à obtenir une gamme d'étalonnage de 20 ml de mélange. On mesure, avec le spectrophotomètre, l'absorbance à 620 nm par rapport à l'essai blanc et on trace une courbe d'étalonnage en portant l'absorbance en fonction de la teneur en amylose exprimée en pourcentage de la matière sèche du riz usiné. On prélève, à la pipette, une 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.

d) Expression des résultats

La teneur en amylose, exprimée en pourcentage 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.

2.2.2.3 Test à l'alcali

a) Principe

Ce test donne une idée de la température de gélatinisation ou température de disparition de la biréfringence de l'amidon (TDBA) des variétés de riz. Il consiste à apprécier la résistance du grain de riz placé dans une solution de potasse diluée. En effet, les riz avec une faible TDBA sont complètement dispersés, ceux avec une TDBA intermédiaire sont peu désintégrés et enfin, ceux avec une forte TDBA sont seulement gonflés.

b) Mode opératoire

Six grains de riz usinés, entiers, exempts de toute tâche crayeuse et, dispersés dans une boîte de pétri transparente, sont trempés avec 10 ml de potasse à 1,7%. On recouvre ensuite la boîte et on la porte à l'étuve à $30^{\circ}\text{C} \pm 1$ pendant 23 heures. On effectue 2 essais sur chaque échantillon à analyser. On utilise 3 échantillons « étalons » en même temps (température de gélatinisation haute, intermédiaire et basse). L'étalement de chaque grain est noté suivant une échelle de 1 à 7.

c) Expression des résultats

Selon l'état dans lequel se présente la graine de riz à la sortie de l'étuve, une note est donnée suivant une échelle de 1 à 7 conformément à une fiche technique qui montre l'image de graines correspondant à chaque note.

NOTE	DESCRIPTION
1	Grain intact
2	Grain gonflé
3	Grain gonflé + début d'auréole
4	Grain gonflé + auréole bien formée
5	Grain fendu ou brisé + auréole large
6	Grain dispersé sans transition avec l'auréole
7	Grain totalement dispersé et mélangé

La température de gélatinisation est classée en fonction des notes attribuées au comportement de la graine à la sortie de l'étuve.

NOTE	Température de gélatinisation
1-2	Haute
3	Haute-Intermédiaire
4-5	Intermédiaire.
6	Basse

2-3 Analyse statistique des données:

Les résultats sont donnés sous forme de moyenne $\pm$ Ecart type. Les données sont traitées sous Excel puis SYSTAT 8.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). La comparaison globale des moyennes est faite avec le test ANOVA, et le test de Bonferroni montre le degré de signification entre les différents groupes. Le seuil de signification minimale est fixé à $p < 0,05$.

III. RESULTATS

Les vingt et un sujets ont effectué la totalité des tests et tous les aliments ont été consommés dans les délais.

1- Caractérisation chimique et physico-chimique des riz

La composition chimique et les caractéristiques physico-chimiques des trois variétés de riz sont données dans les tableaux 1 et 2 respectivement.

Tableau 1 : Composition chimique des trois variétés de riz

	Basmati commercial	Pusa Basmati	TCS 10
Protéines (%)	7,66 ± 0,02	6,44 ± 0,02	6,67 ± 0,03
Lipides (%)	0,35 ± 0,03	0,27 ± 0,02	0,53 ± 0,01
Glucides (%)	91,38 ± 0,11	92,6 ± 0,15	91,86 ± 0,12
Energie (Kcal)	399,31	398,59	398,89
Cendres (%)	0,25 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,39 ± 0,01
Cellulose (%)	0,36 ± 0,02	0,41 ± 0,02	0,55 ± 0,05

Moyenne ± Ecart type

La teneur en protéines est égale à 7,66%, 6,44% et 6,67% pour le Basmati commercial, le Pusa Basmati et pour la TCS 10 respectivement. La teneur en lipides totaux est égale à 0,35% pour le Basmati commercial, 0,27% pour le Pusa Basmati et 0,53% pour la TCS 10. Les trois variétés de riz ont une teneur en glucides totaux similaires (entre 91 et 92 %). Une portion de riz cru correspondant à 50g de glucides doit être comparée à 50g de glucose pur. Ainsi, la connaissance de la composition en glucides totaux a permis de calculer la quantité de riz cru à préparer pour chaque sujet d'un groupe donné. Cette portion correspond à 54,71g de Basmati commercial, 54g de Pusa Basmati et 54,43g de TCS 10 respectivement. La valeur énergétique des trois variétés de riz est comprise entre 398 et 399 Kcal.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des variétés de riz

	Basmati commercial	Pusa Basmati	TCS 10
Humidité (%)	11 ± 0,01	9,4 ± 0,06	9,7 ± 0,04
Amidon (% MS)	60,7 ± 0,2	59,60 ± 0,63	70,9 ± 0,35
Amylose (% MS)	17 ± 0,06	24,7 ± 0,04	0,45 ± 0,01
Test à l'alcali	6	5	7
TDBA	basse	intermédiaire	basse
V.E.A (ml)	260	425	230
T.M.C (mn)	16	20	14

Moyenne ± Ecart type ; MS = Matière Sèche ; TDBA = Température de Disparition de la Biréfringence de l'Amidon ; VEA = Volume d'eau absorbé ; TMC = Temps minimum de cuisson.

L'humidité des riz étudiés est comprise entre 9% et 11%. La teneur en amidon du Basmati commercial est de 60,70%, le Pusa Basmati à une teneur de 59,60% et celle de la TCS est de 70,89%. Le Basmati commercial a une teneur en amylose de 17,15%, le Pusa Basmati a une teneur de 24,76% et celle de la TCS 10 est de 0,45%. Le Pusa Basmati qui a la plus forte teneur en amylose (24,76%) a absorbé le plus grand volume d'eau et a mis plus de temps pour cuire contrairement à la TCS 10. Le test à l'alcali est corrélé à la TDBA ainsi, les note 6 et 7 du Basmati commercial et de la TCS 10 respectivement correspondent à une TDBA basse et la note 5 du Pusa Basmati correspond à une TDBA intermédiaire.

2- Caractéristiques cliniques des sujets

Le profil clinique des sujets est montré par le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques cliniques des sujets (n = 21)

Paramètres	Valeurs	Minimum-Maximum
Age (an)	24 ± 1,71	21-26
Poids (kg)	71 ± 9,44	52,4-86,8
Taille (m)	1,83 ± 0,06	1,70-1,94
IMC (kg/m ²)	21 ± 2,13	16,4-24,8
TAS (cm Hg)	11 ± 0,83	10-13
TAD (cm Hg)	7 ± 0,80	6-9
Glycémie à jeun (mg/dl)	84 ± 5,76	72-93

Moyenne ± écart type ; IMC = Indice de Masse Corporelle ; TAS = Tension Artérielle Systolique ; TAD = Tension Artérielle Diastolique.

Les 21 sujets ont une moyenne d'âge de 24 ans, ne présentent pas de surpoids ($IMC < 25 \text{ kg/m}^2$), sont normotendus ($TAD < 9 \text{ cmHg}$) et ont une glycémie à jeun normale ($< 95 \text{ mg/dl}$).

3-Réponses physiologiques induites par les aliments étudiés

Les réponses physiologiques postprandiales sont représentées dans le tableau 4 et la figure 1.

Tableau 4 : Réponses glycémiques et index glycémique des trois riz

	ASC Glucose (mmol/l*120mn)	ASC Aliment (mmol/l*120mn)	IG Aliment	Pic glycémique (mmol/l)
BC	212,05 ± 73,04	152,03 ± 65,43	72 ± 17,05	6,7 ± 0,57
P B	170,11 ± 70,74	106,26 ± 37,15	68 ± 26,86	6,7 ± 0,99
TC	208,36 ± 73,26**	214,86 ± 69,29**	107 ± 26,96*	8,7 ± 1,32**

Moyenne ± Ecart Type ; ASC = Aire sous la courbe des réponses glycémiques ; IG = Index glycémique. BC = Basmati commercial ; PB = Pusa Basmati ; TC = TCS 10 ; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

L'IG du Basmati commercial est égale à 72, celui du Pusa Basmati est égale à 68 et celui de la TCS 10 est égale 107. Il y'a une différence significative globale entre l'IG des trois variétés de riz ($p = 0,01$). L'IG du Basmati commercial et du Pusa Basmati sont comparables. L'IG de la TCS 10 est significativement plus grande que celui du Basmati commercial ($p = 0,04$) et du Pusa Basmati ($p = 0,02$).

Le pic glycémique du Basmati commercial est égale à 6,7 mmol/l, celui du Pusa Basmati est aussi égale à 6,7 mmol/l et celui de la TCS 10 est de 8,7 mmol/l. Il existe une différence significative globale entre le pic glycémique induit par les trois variétés de riz ($p = 0,003$). Le Basmati commercial et le Pusa Basmati ont des pics glycémiques identiques. Le pic glycémique de la TCS 10 est significativement plus grand que celui du Basmati commercial ($p = 0,007$) et du Pusa Basmati ($p = 0,006$).

La figure 1 représente la courbe d'évolution des réponses glycémiques en fonction du temps du glucose pur, du basmati commercial, du Pusa Basmati et de la TCS 10. La glycémie obtenue à chacun des temps définis, est comparée entre les quatre groupes. La glycémie mesurée au temps T_0 est la glycémie à jeun.

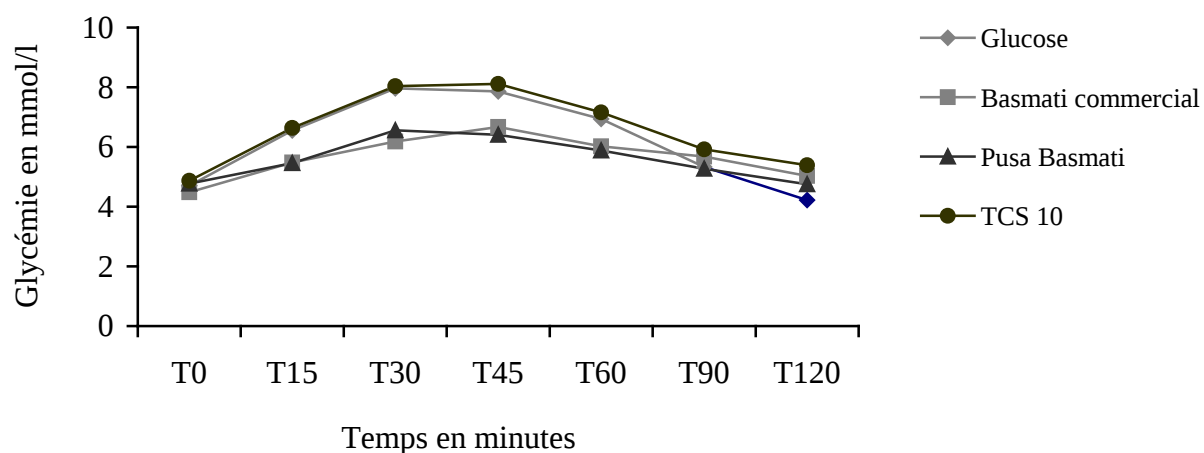


Figure 1 : Réponses glycémiques induites par les trois variétés de riz comparées à celles induites par le glucose aux différents temps

A T_0 il n'y a pas de différence significative entre les 4 groupes. A T_{15} , la glycémie induite par le glucose et la TCS 10 est plus grande que celle induite par le Basmati commercial et le Pusa Basmati ($p = 0,008$). La même situation est notée à T_{30} ($p = 0,00$). A T_{45} il n'y a pas de différence significative entre les 4 groupes. A T_{60} , la réponse glycémique induite par la TCS 10 tend à être plus grande que celle du Pusa Basmati ($p = 0,057$). A T_{90} , il n'y a pas de différence significative entre les 4 groupes. A T_{120} , la réponse glycémique induite par chacune des trois variétés de riz est plus grande que celle induite par le glucose ($p \leq 0,01$) ; la valeur donnée par la TCS 10 est plus grande que celle du Pusa basmati ($p = 0,009$). Une faible glycémie initiale est donc produite avec les deux Basmati. Cette glycémie initiale augmente ensuite progressivement pour devenir plus grande que celle induite par le glucose à T_{120} .

IV. DISCUSSION

Les variétés de riz sont classées selon leur teneur en amylose qui peut varier entre 0% et 33% (Juliano, 1979 b). Le Basmati commercial qui a une teneur en amylose de 17,15% est une variété à teneur en amylose faible, le Pusa Basmati qui a une teneur de l'ordre de 25 % est intermédiaire et la TCS 10 qui n'a presque pas d'amylose (0,45%) est une variété glutineuse.

La comparaison des réponses glycémiques induites par les trois variétés de riz et le glucose pur a montré que le Basmati commercial et le Pusa Basmati ont une réponse glycémique plus faible à la 15^{ème} et à la 30^{ème} minutes après ingestion et que ces réponses glycémiques augmentent ensuite progressivement pour devenir significativement plus élevées que celle induite par le glucose à la 120^{ème} minute. Ce résultat pourrait être lié à leur richesse en amylose et suggère la présence, dans les deux variétés de riz Basmati, d'un facteur qui ralentit la digestion ou l'absorption des glucides. Ce facteur pourrait être enzymatique, l'hydrolyse de l'amylose étant plus lente que celle de l'amylopectine, il peut s'agir aussi de l'effet possible de la formation de complexes lipide-amylose ou de la richesse en fibres susceptibles de ralentir la digestion ou l'absorption de l'amylose. Goddard et al. (1984) qui ont également étudiés des riz à teneur en amylose faible (14-17%) et intermédiaire (23-25%) comme le cas des deux Basmati ont constaté ce même comportement qui semble être propre aux riz à teneur en amylose faible et intermédiaire.

L'IG de la TCS 10 qui est un riz glutineux est significativement plus élevé que celui du Basmati commercial ($p = 0,04$) qui a une teneur amylose faible et du Pusa Basmati ($p = 0,02$). qui a une teneur en amylose intermédiaire. Cette différence serait liée à leur teneur en amylose, car d'après la classification des aliments selon leur IG (Jenkins et al., 1981), la TCS 10 a un IG élevé tandis que les deux Basmati ont un IG intermédiaire. La teneur en amylose semble inversement corrélée à l'IG. En effet, beaucoup d'auteurs ont établi cette corrélation (Chan et al., 2001 ; Goddard et al., 1984 ; Miller et al., 1992 ; Larsen et al., 1996 ; Kabir et al., 1998 ; Behall et Hallfrisch, 2002). De même, l'amidon étant constitué d'un rapport amylose/amylopectine, les auteurs qui ont étudié ce rapport (Hallfrisch et Behall, 2000 ; Behall et al., 1989, 1988) ont trouvé que les aliments amyloacés riches en amylose (maïs 70% amylose) donnent les plus faibles réponses glycémiques comparés aux aliments riches en amylopectine (maïs 70% amylopectine).

Cependant, la teneur en amylose à elle seule n'est pas toujours suffisante pour prédire la valeur de l'IG. En effet, l'IG du Basmati commercial et du Pusa Basmati sont intermédiaires et comparables alors que ces deux riz ont respectivement une teneur en amylose faible et intermédiaire. Cette similitude pourrait être liée à la variété Basmati car on retrouve, dans la table de classification internationale des aliments selon leur IG (Foster-Powell et al., 2002) un riz Basmati australien, classé parmi les riz à teneur en amylose élevée, qui a un IG également intermédiaire (IG = 58). Les caractéristiques physico-chimiques de l'amidon peuvent aussi expliquer ce résultat. Dans cette étude nous n'avons pas mesuré le gonflement et la consistance des riz après cuisson mais ces paramètres peuvent renseigner sur la présence ou non d'amidon résistant susceptible de les diminuer. C'est ce qui a emmené Panlasigui et al. (1991) qui ont obtenu le même résultat mais avec des riz ayant une teneur en amylose similaire (26% et 27%), à suggérer l'appréciation simultanée de la température de gélatinisation, du temps minimum de cuisson, de la faible consistance de l'amylose et du faible volume d'expansion après cuisson. En effet, lors d'une étude antérieure (Dia, 2002), l'analyse de ces paramètres avaient montré que les riz riches en amylose comme le Sahel 108 (25% amylose) et le Pusa Basmati (23% amylose) ont une TDBA haute et un temps minimum de cuisson allongé et donnent les meilleurs gonflements. Le Pusa basmati étudié ici qui a une teneur en amylose de 25% a par contre une TDBA intermédiaire. La TDBA est la température pour laquelle 90% des grains d'amidon sont gélatinisés (Laignelet, 1997). Selon l'échelle de température, on considère la TDBA comme basse lorsqu'elle se situe entre 55 et 69°C, moyenne entre 70 et 74°C et comme haute entre 75 et 79°C (Juliano, 1967). Elle caractérise physiquement l'amidon. En effet, c'est la fourchette de température dans laquelle les grains d'amidon commencent à se gonfler de façon irréversible dans l'eau chaude tout en perdant leur biréfringence en lumière polarisée (Juliano, 1979 b). Elle est donc un indice de résistance à la cuisson. Cela suggère la présence d'amidon résistant dans le Pusa Basmati étudié ici. La composition chimique et la digestibilité de l'amidon qui traduisent les propriétés culinaires, peuvent également expliquer, pour une large part, ce résultat. Dans cette présente étude, nous n'avons pas recherché la composition chimique de l'amidon des deux Basmati et nous n'avons pas mesuré la digestibilité de leur amidon. Mais Kelly (2003), a montré que les aliments amyloacés riches en amylose sont plus lentement digérés que ceux plus riches en amylopectine et que les aliments riches en amidon résistant (AR) comme les légumes ont des IG faibles. Araya et al. (2002) quant à eux, ont établi que les fractions d'amidon rapidement et lentement digestibles ont une action synergique si bien que seul leur rapport a une corrélation significative avec l'IG. Schenk et al. (2003), à l'aide d'isotopes stables, ont introduit une

nouvelle approche qui consiste à suivre la cinétique du glucose à travers sa fraction stockée (réserve) dans les tissus et sa fraction libre qui est dans la circulation générale. Ainsi, ils ont montré que les aliments à faible IG ont des fractions de réserve plus importantes que ceux à IG élevé.

Les aliments à IG faibles sont recommandés pour la prise en charge nutritionnelle du diabète et de l'intolérance au glucose (FAO, 1998). Aucune des trois variétés de riz étudiées n'a un IG faible. Cependant, il existe des variétés de riz ayant des teneurs élevées en amylose qui se traduisent par des IG faibles (Larsen et al., 1996). C'est ainsi que des variétés de riz du Bangladesh BR16 (27% et 28% amylose) par exemple présentent des IG faibles de l'ordre de 38 qui pourraient mieux convenir à des diabétiques (Foster-Powel 2002). Mais il faut surtout tenir compte du fait que même si des variétés de riz répondent à des critères diététiques pour diabétiques, il leur faudra correspondre aux habitudes culinaires et alimentaires des patients, ce qui n'est toujours pas le cas. En effet, les riz à forte teneur en amylose susceptible d'avoir un IG faible, donnent après cuisson, les meilleurs gonflements des grains, plus grande digestibilité, des grains bien individualisés et qui n'absorbent pas les sauces en conséquence ont une brillance nulle (Juliano, 1982). Certaines de ces caractéristiques culinaires (grains bien individualisés, n'absorbent pas les sauces et brillance nulle) diminuent l'appétence de ces riz aux yeux des consommateurs Sénégalais (Dia, 2002). En effet, la plupart des variétés de riz produites dans la vallée ont ce comportement culinaire lié à leur richesse en amylose, raison pour laquelle, ces riz restent en souffrance dans leur site de production (Dia, 2002). Une piste reste ouverte pour les spécialistes en génie génétique et pour les sélectionneurs de variétés pour aider à concilier ces deux impératifs.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La mesure de l'index glycémique est une alternative pour le choix des aliments lors de la prise en charge nutritionnelle de certaines affections chroniques comme le diabète. Ce choix n'est pas toujours aisé dans les pays en développement où l'IG des aliments locaux n'est pas bien connu. Dans cette étude, nous avons comparé l'IG de deux variétés de riz locales qui sont le Pusa Basmati et la TCS 10 avec le riz Basmati commercial proposé aux diabétiques Sénégalais. Le Basmati commercial et le Pusa Basmati qui ont une teneur en amylose faible et intermédiaire respectivement, ont un IG intermédiaire, tandis que la TCS 10 dont l'amidon est presque exclusivement constitué d'amylopectine (très pauvre en amylose) a un IG élevé. Ainsi, toutes les trois variétés étudiées qui n'ont pas un IG faible, ne sont pas des riz diététiques adaptés au régime pour diabétique.

Le riz étant à la base de l'alimentation au Sénégal, il devient important de rechercher l'IG de toutes les variétés de riz disponibles au Sénégal afin de voir s'il existe des riz à haute teneur en amylose (27-33%) avec un IG faible. Néanmoins, ces riz ne seront pas consommés seuls, d'où la nécessité d'étudier les repas locaux à base de riz. Mais les riz à teneur en amylose intermédiaire ou élevée absorbent les plus grands volumes d'eau de cuisson et en conséquence, donnent les meilleurs gonflements et sont plus rapidement digérés. Cette caractéristique culinaire doit être prise en compte pour réactualiser le repère actuellement utilisé, c'est à dire les 5 à 7 cuillères de riz proposé jusqu'ici par les diabétologues au Sénégal en attendant d'identifier les variétés locales à IG faibles. Par ailleurs, notre étude pourra être complétée à l'avenir par la mesure de l'index insulinémique à déterminer en même temps que l'IG et sur des sujets diabétiques, afin de mieux optimiser le choix des aliments locaux adaptés au régime pour diabétique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- American Diabetes Association.** Evidence-Based Nutrition Principles and Recommendations for the Treatment and Prevention of Diabetes and Related Complications. *Diabetes Care*. 2003;26 (suppl. 1):S 51-53.
- Araya H, Contreras P, Alvina M, Vera G, Pak N.** A Comparison between an in vitro Method to Determine Carbohydrate Digestion Rate and the Glucose Response in young Men. *Eur J Clin Nutr* 2002;56:735-9.
- Association of official analytical chemists.** Protein (total) in flour. *Official Methods of Analysis of A.O.A.C International*. Seizième édition, Volume II. Virginie: A.O.A.C, 1995. 32. 1. 22.
- Association of official analytical chemists.** Fiber (crude) in animal feed. *Official Methods of analysis of A.O.A.C International*. 16th édition, Volume I. Virginie: A.O.A.C, 1995. 4.6.01.
- Behall KM and Hallfrisch.** Plasma glucose and insulin reduction after consumption of breads varying in amylose content. *Eur J Clin Nutr* 2002;56:913-20.
- Behall KM, Scholfield DJ, Canary J.** Effect of Starch Structure on Glucose and Insulin Responses in Adults. *Am J Clin Nutr* 1988;47:428-32.
- Behall KM, Scholfield DJ, Yuhaniak I, Canary J.** Diets containing High Amylose vs Amylopectin Starch : Effects on Metabolic Variables in Human Subjects. *Am J Clin Nutr* 1989;49:337-44.
- Benz H.** Riz local et riz importé en Afrique : les déterminants de la compétitivité. Les filières riz du Sénégal et de la Guinée face aux importations de la Thaïlande et des Etats-Unis. Thèse Socioéconomique du développement, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales. Paris, 1996.
- Bornet FRJ, Castagliola D, Rizkalla SW, et al.** Insulinemic and glycemic indexes of six starch-rich foods taken alone and in a mixed meal by type 2 diabetics. *Am J Clin Nutr* 1987; 45:588-95.
- Bornet FRJ, Fontvieille AM, Rizkalla S, Colonna P, Blayo A, Mercier C, Slama G.** Insulin and Glycemic Responses in Healthy Humans to Native Starches Processed in Different Ways : Correlation with in vitro α amylase Hydrolysis. *Am J Clin Nutr* 1989;50: 315-23.
- Brand JC, Nicholson PL, Thorburn AW, Truswell AS.** Food processing and the Glycemic Index. *Am J Clin Nutr* 1985;42:1192-6.

Brand-Miller J, Hayne S, Petocz P, Colagiuri S. Low-Glycemic Index Diets in the Management of Diabetes. *Diabetes Care* 2003;26:2261-7.

Brand-Miller J, Pang E, Bramall L. Rice: a high or low glycemic index food? *Am J Clin Nutr* 1992;56:1034-6.

Chan H M S, Brand-Miller JC, Holt SHA, Wilson D, Rozman M, Petocz P. The Glycaemic Index Values of Vietnamese Foods. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:1076-83.

Chew J, Brand JC, Thorburn AW, Truswell AS. Application of Glycemic Index to Mixed meals. *Am J Clin Nutr* 1988;47:53-6.

Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA) / Cellule étude et information. Observatoire sur la Sécurité Alimentaire (OB.SE.A.). Bulletins mensuels N°1(janvier) au N°12(décembre) 2000.

Crapo PA, Insel J, Sperling M, Kolterman OG. Comparison of Serum Glucose, Insulin and Glucagon Responses to Different types of Complex Carbohydrate in Non Insulin-Dependant Diabetic Patients. *Am J Clin Nutr* 1981;34:184-90.

Dia Nd. S. Valeur Nutritionnelle du Riz Brisé Local Produit dans la Vallée du Fleuve Sénégal. Thèse, Ph. UCAD, N°20, 2002.

Diop SN. Diététique et Education des Diabétiques en Pays sous-développés (A propos d'une Evaluation d'une Action Populaire d'Education des Diabétiques au Sénégal). Thèse, Med. UCAD, N°8, 1984.

Enda Tiers Monde (SYSPRO) / U.I.C.N. *Le Programme OMVS et les enjeux Socioéconomiques et Ecologiques de la Gestion du Bassin du Fleuve Sénégal.* Dakar : Enda, 1996.

Englyst KN, Englyst HN, Hudson GJ, Cole TJ, Cummings JH. Rapidely Available Glucose in Foods : an in Vitro Measurement that Reflects the Glycemic Response. *Am J Clin Nutr* 1999;69:448-54.

European Association for the Study of Diabetes,1999. Recommandations for the nutritional Management of Patients with Diabetes Mellitus. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:353-5.

F.A.O. Carbohydrates in Human Nutrition. *FAO Food and Nutrition*. 1998;66.

Foster-Powell K and Miller J B. International Table of Glycemic Index .*Am J Clin Nutr* 1995;62:871 S – 93 S.

Foster-Powell K, Holt S. HA, Brand-Miller JC. International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values. *Am J Clin Nutr* 2002;76:5-56.

Gautier JA, Renault J, Pellerin F. *Fiches techniques d'analyse bromatologique.* S.E.D.E.S 1961.

Gilbertson HR, Brand-Miller JC, Thorburn AW, Evans S, Chondros P, Werther GA. The Effect of Flexible Low Glycemic Index Dietary Advice Versus Measured Carbohydrate Exchange Diets on Glycemic Control in Children with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* 2001;24:1137-43.

Gilbertson HR, Thorburn AW, Brad-Miller JC, Chondros P, Werther GA. Effect of low-glycemic-index dietary advice on dietary quality and food choice in children with type 1 Diabetes. *Am J Clin Nutr* 2003;77:83-90.

Goddard MS, Young G, Marcus R. The effect of amylose content on insulin and glucose responses to ingested rice. *Am J Clin Nutr* 1984;39:388-92.

Hallfrisch J and Behall KM. Mechanism of the effects of grains on insulin and glucose responses. *J Am Coll Nutr* 2000;19:320 S-5 S.

Jenkins DJA, Wolever TMS, Buckley G, et al. Low-glycemic-index starchy foods in the diabetic diets. *Am J Clin Nutr* 1988;48:248-54.

Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, et al. Glycemic Index of Foods : A Physiological Basis for Carbohydrate Exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34:362-6.

Jenkins DJA, Wolever TMS, Collier G.R, et al. Metabolic Effects of a Low-Glycemic-Index Diet. *Am J Clin Nutr* 1987;46:968-75.

Jenkins DJA, Wolever TMS, Thorne MJ, Jenkins AL, Wong GS, Josse RG and Csima A. The Relationship between Glycemic Response, Digestibility and Factors Influencing the Dietary Habits of Diabetics. *Am J Clin Nutr*. 1984;40:1175-91.

Juliano BO, Blakeney AB, Butta I, et al. *International cooperative testing on the alkali digestibility values for milled rice.* *Stärke* 34:21-26. 1982.

Juliano BO. The chemical basis of rice grain quality. In: *International Rice Research Institute. Chemical aspects of rice grain quality.* Los Banos, Laguna, Philippines. 1979b. 90p.

Juliano BO. Physico-chemical studies of rice starch and protein. *Intern. Rice comm.. Newslett. (Spec. Issue):* 93-105. 1967.

Juliano BO. An international survey of methods used for evaluation of the cooking and eating quality of milled rice. *IRRI Research Paper Series* 1982, N°77: 1-27.

Kabir M, Rizkalla SW, Champ M, Luo J, Boillot J, Bruzzo F, Slama G. Dietary Amylose-Amylopectin Starch Content Affect Glucose and Lipid Metabolism in Adipocytes of Normal and Diabetic Rats. *J Nutr* 1998;128 (1):35-43.

Kelly DE. Sugars and Starch in the Nutritional Management of Diabetes Mellitus. *Am j Clin Nutr* 2003;78:858 S – 64 S.

Laignelet B. Appréciation de la qualité technologique du riz. In : B. Godon and W. Loisel. *Guide pratique d'analyse dans les industries des cereals.* 2^{ème} édition. Paris : Lavoisier TEC-DOC. 1997. Pp 727-38.

Larsen HN, Christensen C, Raasmussen OW, et al. Influence of Parboiling and Physico-Chemical Characteristics Rice on the Glycaemic Index in Non-Insulin-Dependent Diabetic Subjects. *Eur J Clin Nutr* 1996;50 (1):22-7.

Lecoq R. *Manuel d'expertise alimentaire et d'expertises usuelles.*
Tome I. Paris (Viè): DOIN, 1965, pp 422-3. 938 p.

Miller JB, Pang E and Bramall L. Rice: a High or Low Glycemic Index Food ? *Am J Clin Nutr* 1992;56:1034-36.

Ministère du commerce/ Observatoire du marché riz. Bulletins hebdomadaires Simriz, . 2000. Dakar-Sénégal

Norme Internationale : I.S.O / TC 34. *Détermination de la teneur en amylose.* Produits agricoles alimentaires. Première édition. ISO 6647:1987(F)-04-15.

Panlasigui LN, Thompson LU, Juliano BO, Perez MC, Yiu SH, Greenberg GR. Rice Varieties with Similar Amylose Content Differ in Starch Digestibility and Glycemic Response in Humans. *Am J Clin Nutr* 1991;54:871-7.

Pouye A (I.T.A), Souané M. (I.T.A), Diankha A. (I.S.N). Les problèmes liés à la qualité du riz commercial au Sénégal. Forum National sur le Riz. Saint Louis (Sénégal), les 19, 20 et 21 février, 1992.

S.A.E.D. Recueil des statistiques de la vallée du fleuve Sénégal. Annuaire 1995 / 96, Version résumée. Août 1999.

S.O.D.A.G.R.I Aménagement du Bassin de l'Anambé, Phase II : Etudes Complémentaires et Plan Directeur du bassin de l'Anambé. Marche M. 93-05. EE. ILA, 1994.103p.

Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y and Koyama W. Glycemic Index of Single and Mixed Meal Foods Among Common Japanese foods with White Rice as a reference Food. *Eur J Clin Nutr* 2003;57:743-52.

Schenk S, Davidson CJ, Zderic TW, Byerley LO, Coyle EF.
Different glycemic indexes of breakfast cereals are not Due to glucose entry into blood but to glucose removal by tissue. *Am J Clin Nutr* 2003;78:742-8.

Sow AM. Le diabète sucré au Sénégal. Dix huitième Réunion des endocrinologues de langue française. Dakar, 5 et 6 avril 1989.

Vessby B. Dietary Carbohydrates in Diabetes. *Am J Clin Nutr* 1994;59:742 S-6 S.

Wolever TMS and Jenkins DJA. The use of the Glycemic Index in Predicting the Blood Glucose Response to Mixed Meals. *Am J Clin Nutr* 1986;43:167 – 72.

Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG. The Glycemic Index: Methodology and Clinical Implication. *Am J Clin Nutr* 1991;54:846-54.

TITRE : Caractérisation physico-chimique et index glycémique de trois variétés de riz (*Oryza sativa*) consommées au Sénégal.

Nom de la candidate : Ndèye Suzanne DIA

Jury d'examen	Présidente : Mme Salimata	Wade
	Membres : M. Amadou Tidiane	Guiron
	M. Daniel	Lemonnier
	M. Saïd Nourou	Diop

Soutenu le 29 novembre 2004

RESUME : Les aliments à index glycémique faible sont recommandés pour la prise en charge nutritionnelle du diabète et de l'intolérance au glucose. Néanmoins, les conseils de régime diététique doivent tenir compte de la disponibilité de l'aliment et des habitudes alimentaires des patients. Ainsi, les menus diététiques doivent être adaptés à chaque population. Dans le cas du Sénégal, un certain nombre de particularités est défini : le riz est à la base de l'alimentation et il existe une production nationale de riz essentiellement dans la vallée du fleuve Sénégal mais cette production encore très insuffisante, est appuyée par une forte importation afin de satisfaire la demande en cette céréale. L'autre particularité du Sénégal est que sa population enregistre chaque année plus de 2000 nouveaux cas de diabète parmi lesquels on compte des enfants, des adultes et des obèses. Le riz étant très prisé des sénégalais, des agents commerciaux spécialisés proposent aux malades une variété de riz Basmati à laquelle ils prêtent des vertus diététiques adaptées à leur régime. Dans le cadre de ses conseils de régime, le centre antidiabétique de Dakar, leur recommande de manger 5 à 7 cuillères de riz par jour qui correspondent à 150 g de glucides. Ceci ne constitue qu'un repère et n'est pas applicable à tous les malades. Par ailleurs, cette recommandation est basée uniquement sur la composition chimique qui ne témoigne pas de l'effet métabolique. Or, les céréales et le riz en particulier ont des valeurs d'IG très variables, liées aux propriétés physico-chimiques de l'amidon, aux méthodes de cuisson et de transformation, à la composition chimique et à la digestibilité de l'amidon. Ainsi, notre approche du problème a consisté dans le cadre de ce travail, à comparer l'IG de deux variétés de riz locales qui sont le Pusa Basmati et la TCS 10 et le riz Basmati commercial proposé aux diabétiques Sénégalais.

Nous avons réparti au hasard, 21 sujets sains, non diabétiques en trois groupes de 7. Chacun des sujets d'un groupe donné a reçu, à jeun, une solution contenant 50g de glucose qui est l'aliment de référence durant trois jours successifs et une portion de riz correspondant à 50g de glucides. La glycémie capillaire est mesurée à jeun et en post prandiale à différents temps durant 120mn. L'IG est calculé à partir de la courbe d'évolution des réponses glycémiques en fonction du temps. Ainsi, le Basmati commercial qui a une teneur en amylose de 17,15% a un IG égale à 72, le Pusa Basmati qui a une teneur en amylose de 24,76% a un IG égale à 68, la TCS 10 qui n'a presque pas d'amylose (0,45%) a un IG égale à 107. Le Basmati commercial et le Pusa Basmati ont des IG intermédiaires ($55 < IG < 70$) et comparables ; la TCS 10 a un IG très élevé (> 70).

En conclusion, toutes les trois variétés de riz étudiées n'ont pas une vertu diététique adaptée au régime pour diabétique.

MOTS-CLEFS : Index glycémique, riz, amylose, diabète, régime, vallée du fleuve Sénégal.