

BURKINA FASO
~~~~~  
**UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU**  
~~~~~  
FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE
(F.S.S.)
~~~~~  
**SECTION PHARMACIE**

Année universitaire 1998 - 1999

Thèse n° 57

**INTERET DU FONIO DANS L'ALIMENTATION  
DES DIABETIQUES**

**THESE**

présentée et soutenue publiquement le 1<sup>er</sup> Février 1999  
pour l'obtention du Doctorat en Pharmacie  
(diplôme d'Etat)

par

**BAMA Jean**  
né le 11 Septembre 1969 à Aboisso (Côte d'Ivoire)

**Directeur de thèse**

Pr. Ag. Y. Joseph DRABO

**Jury**

**Président** : Pr. I. Pierre GUISSOU  
**Membres** : Pr. Ag. Y. Joseph DRABO  
Pr. Ag. P. Daniel ILBOUDO  
Dr. Gérard PARENT

**UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU**

\*\*\*\*\*

**Faculté des Sciences de la Santé  
(F.S.S.)**

\*\*\*\*\*

**LISTE DU PERSONNEL ADMINISTRATIF**

|                                                                                         |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Doyen                                                                                   | Pr Robert B. SOUDRE    |
| Vice-Doyen Chargé des Affaires<br>Académiques et Chef du Département<br>Pharmacie (VDA) | Pr I. Pierre GUISSOU   |
| Vice-Doyen à la Recherche et<br>à la Vulgarisation (VDR)                                | Pr Ag. Jean KABORE     |
| Directeur des Stages du Département<br>Médecine                                         | Pr Ag. Y. Joseph DRABO |
| Directeur des Stages du Département<br>Pharmacie                                        | Dr Rasmata OUEDRAOGO   |
| Coordonnateur C.E.S. de Chirurgie                                                       | Pr Amadou SANOU        |
| Sécretaire Principal                                                                    | Mr Gérard ILBOUDO      |
| Chef de Service Administratif<br>et Financier (CSAF)                                    | Mr M. Ousmane ZONGO    |
| Conservateur de la Bibliothèque                                                         | Mr Salif YADA          |
| Chef de la Scolarité                                                                    | Mme Kadi ZERBO         |
| Secrétaire du Doyen                                                                     | Mme Mariam DICKO       |
| Secrétaire du VDA                                                                       | Mme Hakiéta KABRE      |
| Secrétaire du VDR                                                                       | Mme Edwige BONKIAN     |
| Audiovisuel                                                                             | Mr A. Pascal PITROIPA  |
| Reprographie                                                                            | Mr Philippe BOUDA      |
| Service Courrier                                                                        | Mr Ousmane SAWADOGO    |

## **LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA F.S.S.**

### **ENSEIGNANTS PERMANENTS**

#### **Professeurs titulaires**

|                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Rambré Moumouni OUIHINGA | Anatomie, Organogénèse, Chirurgie   |
| Hilaire TIENDREBEOGO     | Sémiologie et Pathologies Médicales |
| Tinga Robert GUIGUEMDE   | Parasitologie                       |
| Bobilwindé Robert SOUDRE | Anatomie Pathologique               |
| Amadou SANOU             | Chirurgie Générale et Digestive     |
| Innocent Pierre GUISSOU  | Pharmacologie et Toxicologie        |
| Bibiane KONE             | Gynécologie - Obstétrique           |
| Alphonse SAWADOGO        | Pédiatrie                           |

#### **Professeurs associés**

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Ahmed BOU-SALAH | Neuro-chirurgie |
| Blaise KOUDOGBO | Toxicologie     |

#### **Maîtres de Conférences**

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Julien YILBOUDO           | Orthopédie - Traumatologie      |
| Kongoré Raphaël OUEDRAOGO | Chirurgie - Traumatologie       |
| François René TALL        | Pédiatrie                       |
| Jean KABORE               | Neurologie                      |
| Yssouf Joseph DRABO       | Médecine Interne/Endocrinologie |
| Blaise SONDO              | Santé Publique                  |
| Jean LANKOANDE            | Gynécologie - Obstétrique       |
| Issa SANOU                | Pédiatrie                       |
| Ludovic KAM               | Pédiatrie                       |

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Adama LENGANI       | Néphrologie            |
| Omar TRAORE N°1     | Chirurgie              |
| Kampadilemba OUOBA  | Oto-Rhino-Laryngologie |
| Piga Daniel ILBOUDO | Gastro-Entérologie     |
| Albert WANDAOGO     | Chirurgie Générale     |

**Maîtres-Assistants**

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Lady Kadidiatou TRAORE | Parasitologie             |
| Mamadou SAWADOGO       | Biochimie                 |
| Si Simon TRAORE        | Chirurgie                 |
| Adama TRAORE           | Dermatologie, Vénérologie |
| Abdoulaye TRAORE       | Santé Publique            |
| Daman SANO             | Chirurgie Générale        |
| Arouna OUEDRAOGO       | Psychiatrie               |
| Joachim SANOU          | Anesthésie - Réanimation  |
| Patrice ZABSONRE       | Cardiologie               |
| Jean Gabriel OUANGO    | Psychiatrie               |
| Georges KI-ZERBO       | Maladies Infectieuses     |
| Théophile TAPSOBA      | Biophysique               |
| Rabiou CISSE           | Radiologie                |
| Blami DAO              | Gynécologie - Obstétrique |
| Alain BOUGOUMA         | Gastro-Entérologie        |
| Boubacar TOURE         | Gynécologie - Obstétrique |
| Michel AKOTIONGA       | Gynécologie - Obstétrique |

|                                             |                                     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| Rasmata OUEDRAOGO / TRAORE                  | Bactério-Virologie                  |
| <b>Maître-Assistant associé</b>             |                                     |
| Rachid BOUAKAZ                              | Maladies Infectieuses               |
| <b><u>Assistants Chefs de Cliniques</u></b> |                                     |
| Tanguet OUATTARA                            | Chirurgie                           |
| Sophar HLEN                                 | Chirurgie - Urologie                |
| Timothée KAMBOU                             | Chirurgie                           |
| Philippe ZOURE                              | Gynécologie, Obstétrique            |
| T. Christian SANOU (in memoriam)            | Oto-Rhino-Laryngologie              |
| Madi KABRE                                  | Oto-Rhino-Laryngologie              |
| Doro SERME (in memoriam)                    | Cardiologie                         |
| Hamadé OUEDRAOGO                            | Anesthésie-Réanimation, Physiologie |
| Alexis ROUAMBA                              | Anesthésie-Réanimation, Physiologie |
| M. Théophile COMPAORE                       | Chirurgie                           |
| Y. Abel BAMOUNI                             | Radiologie                          |
| Maïmouna DAO / OUATTARA                     | Oto-Rhino-Laryngologie              |
| Alain ZOUBGA                                | Pneumologie                         |
| André K. SAMADOULOUGOU                      | Cardiologie                         |
| Nicole Marie KYELEM / ZABRE                 | Maladies Infectieuses               |
| Rigobert THIOMBIANO                         | Maladies Infectieuses               |
| Raphael DAKOURE                             | Anatomie - Chirurgie                |
| <b><u>Assistants</u></b>                    |                                     |
| Robert O. ZOUNGRANA                         | Physiologie                         |
| Seydou KONE                                 | Neurologie                          |

|                                                   |                          |
|---------------------------------------------------|--------------------------|
| Bobliwendé SAKANDE                                | Anatomie Pathologique    |
| Raphael SANOU (in memoriam)                       | Pneumo-Phtisiologie      |
| Omar TRAORE N°2 (in memoriam)                     | Radiologie               |
| Pingwendé BONKOUNGOU                              | Pédiatrie                |
| Arsène M. D. DABOUE                               | Ophtalmologie            |
| Nonfounikoun Dieudonné MEDA                       | Ophtalmologie            |
| Athanase MILLOGO                                  | Neurologie               |
| Boubacar NACRO                                    | Pédiatrie                |
| Vincent OUEDRAOGO                                 | Médecine du Travail      |
| Antoinette TRAORE / BELEM                         | Pédiatrie                |
| Christophe S. DA                                  | Chirurgie                |
| Kapouné KARFO                                     | Psychiatrie              |
| Ali NIANKARA                                      | Cardiologie              |
| Nazinigouba OUEDRAOGO                             | Réanimation              |
| Aurélien Jean SANOU                               | Chirurgie                |
| Claudine SORGHO / LOUGUE                          | Radiologie               |
| Diarra YE / OUATTARA                              | Pédiatrie                |
| Bernabé ZANGO                                     | Chirurgie                |
| <b><u>Assistants biologistes des Hôpitaux</u></b> |                          |
| Lassina SANGARE                                   | Bactério-Virologie       |
| Idrissa SANOU                                     | Bactério-Virologie       |
| Harouna SANON                                     | Hématologie, Immunologie |

**Assistants Associés**

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Dr Aimé OUEDRAOGO              | Ophthalmologie             |
| Dr R. Joseph KABORE            | Gynécologie - Obstétrique  |
| Dr Saïdou Bernard OUEDRAOGO    | Radiologie                 |
| Dr Bruno ELOLA                 | Anesthésie-Réanimation     |
| Dr Michel SOMBIE               | Planification              |
| Dr Nicole PARQUET              | Dermatologie               |
| Mr M. GUILLRET                 | Hydrologie                 |
| Mr M. DAHOU (in memoriam)      | Hydrologie                 |
| Dr Bréhima DIAWARA             | Bromatologie               |
| Dr Annette OUEDRAOGO           | Stomatologie               |
| Dr Adama THIOMBIANO            | Législation Pharmaceutique |
| Dr Sidiki TRAORE               | Galénique                  |
| Mr Mamadou DIALLO              | Anglais                    |
| Mr KPODA                       | Anglais                    |
| Dr Badioré OUATTARA            | Galénique                  |
| Dr Tométo KALOULE              | Médecine du Travail        |
| Dr Alassane SICKO              | T.P. Anatomie              |
| Dr Aline TIENDREBEOGO          | Chimie Analytique          |
| Dr Séni KOUANDA                | Santé Publique             |
| Dr Noël ZAGRE                  | Nutrition                  |
| Dr Maminata TRAORE / COULIBALY | Biochimie                  |

**ENSEIGNANTS MISSIONNAIRES**  
**A.U.P.E.L.F.**

|                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| Pr Lamine DIAKHATE | Hématologie (Dakar) |
|--------------------|---------------------|

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Pr Abibou SAMB              | Bactério-Virologie (Dakar)        |
| Pr José Marie AFOUTOU       | Histologie, Embryologie (Dakar)   |
| Pr Makhtar WADE             | Bibliographie (Dakar)             |
| Pr M. K. A. EDEE            | Biophysique (Lomé)                |
| Pr Agr Mbayang NDIAYE-NIANG | Physiologie (Dakar)               |
| Pr Agr R. DARBOUX           | Histologie, Embryologie (Cotonou) |
| Pr Agr E. BASSENE           | Pharmacognosie (Dakar)            |

**O.M.S.**

|                        |                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| Dr Jean Jacques BERJON | Histologie - Embryologie (Créteil)                 |
| Dr Frédéric GALLEY     | Anatomie Pathologique (Lille)                      |
| Dr Moussa TRAORE       | Neurologie (Bamako)                                |
| Pr Auguste KADIO       | Pathologies Infectieuses et Parasitaires (Abidjan) |
| Pr Jean Marie KANGA    | Dermatologie (Abidjan)                             |
| Pr Arthur N'GOLET      | Anatomie Pathologique (Brazzaville)                |

**Mission Française de Coopération**

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| Pr Etienne FROGE       | Médecine Légale                |
| Pr AYRAUD              | Histologie - Embryologie       |
| Pr Henri MOURAY        | Biochimie (Tours)              |
| Pr Denis WOUESSI DJEWE | Pharmacie Galénique (Paris XI) |
| Pr M. BOIRON           | Physiologie                    |

**Mission de l'Université Libre de Bruxelles (ULB)**

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Pr Marc VAN DAMME | Chimie Analytique, Biophysique |
| Pr Viviane MOES   | Galénique                      |

|                  |                                                |
|------------------|------------------------------------------------|
| Caroline BRIQUET | Chimie Analytique, Phamacologie et toxicologie |
| Valérie MURAILLE | Galénique, Chimie Analytique                   |

**ENSEIGNANTS NON PERMANENTS**

**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES (FAST)**

**Professeurs Titulaires**

|                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Alfred S. TRAORE               | Immunologie                       |
| Akry COULIBALY                 | Mathématiques                     |
| Sita GUINKO                    | Botanique - Biologie Végétale     |
| Guy V. OUEDRAOGO               | Chimie Minérale                   |
| Laya SAWADOGO                  | Physiologie - Biologie Cellulaire |
| Laou Bernard KAM (in memoriam) | Chimie                            |

**Maîtres de Conférences**

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| Boukary LEGMA           | Chimie, Physique générale |
| François ZOUGMORE       | Physique                  |
| Patoin Albert OUEDRAOGO | Zoologie                  |
| Adama SABA              | Chimie Organique          |
| Philippe SANKARA        | Cryptogamie               |

**Maîtres Assistants**

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| W. GUENDA         | Zoologie                    |
| Léonide TRAORE    | Biologie Cellulaire         |
| Marcel BONKIAN    | Mathématiques, Statistiques |
| Longin SOME       | Mathématiques, Statistiques |
| Aboubakary SEYNOU | Statistiques                |

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| Makido B. OUEDRAOGO | Génétique |
|---------------------|-----------|

|                 |          |
|-----------------|----------|
| Jean KOULIDIATY | Physique |
|-----------------|----------|

**Assistants**

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Apolinaire BAYALA (in memoriam) | Physiologie |
|---------------------------------|-------------|

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Jeanne MILLOGO | T.P. Biologie Cellulaire |
|----------------|--------------------------|

|                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| Raymond BELEMTUGOURI | T.P. Biologie Cellulaire |
|----------------------|--------------------------|

|               |          |
|---------------|----------|
| Gustave KABRE | Biologie |
|---------------|----------|

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Drissa SANOU | Biologie Cellulaire |
|--------------|---------------------|

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)**

**Maîtres de Conférences**

|              |           |
|--------------|-----------|
| Didier ZONGO | Génétique |
|--------------|-----------|

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Georges Annicet OUEDRAOGO | Biochimie |
|---------------------------|-----------|

**FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION (FASEG)**

**Maître Assistant**

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| Tibo Hervé KABORE | Economie - Gestion |
|-------------------|--------------------|

**Assistant**

|              |         |
|--------------|---------|
| Mamadou BOLY | Gestion |
|--------------|---------|

**FACULTE DE DROIT ET SCIENCES POLITIQUES (FDSP)**

**Assistant**

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Jean Claude TAITA | Droit |
|-------------------|-------|

**ENSEIGNANTS VACATAIRES**

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Mme Henriette BARY | Psychologie |
|--------------------|-------------|

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| Dr Boukary Joseph OUANDAOGO | Cardiologie |
|-----------------------------|-------------|

# **DEDICACES**

## **DEDICACES**

### **Au seigneur JESUS-CHRIST**

« A celui qui nous aime, qui nous a délivrés de nos péchés par son sang,  
et qui a fait de nous un royaume, des sacrificateurs pour Dieu son Père, à lui soient la  
gloire et la puissance, aux siècles des siècles !

Amen! » Apocalypse 1: 5 - 6

### **A ma mère et mon père**

Vous avez toujours répondu présents chaque fois que j'ai eu besoin de vous. Ce travail  
est le fruit de vos sacrifices.

Que Dieu vous garde longtemps auprès de moi. Soyez rassurés de mon intarissable  
amour filial.

### **A mes frères et sœurs**

Ce travail est aussi le vôtre. Soyons toujours unis.

### **A mes amis**

Modeste, Abdoulaye, Claude, Rema, Benjamin, Marguerite.

En témoignage de notre amitié, ce travail vous est dédié.

### **A tous les diabétiques**

Mon vœu de santé et de longévité.

Cet ouvrage est le résultat des tentatives de la science et de l'expression de la  
compassion humaine pour vous. Je crois à une issue meilleure pour vous .

Aussi sincèrement, je vous dédie cet ouvrage.

**A NOS MAITRES ET JUGES**

## **A NOS MAITRES ET JUGES**

### **A notre maître et Président du Jury**

Le Professeur Innocent Pierre GUISSOU  
Professeur de Pharmacologie - Toxicologie  
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques  
Directeur de la Section Pharmacie

En plus du maître, vous êtes un second père pour nous.  
Vous nous avez appris à tirer des leçons des faits, à être rigoureux dans l'observation et précis dans l'expression.  
Nous sommes heureux de l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider le jury de notre thèse malgré vos multiples sollicitations.

### **A notre maître et Directeur de thèse**

Le Professeur Agrégé Joseph Y. DRABO  
Professeur d'Endocrinologie  
Directeur des Stages du Département de Médecine  
Chef de Service de Médecine Interne ( CHN - YO )

Votre modestie, votre discrétion et l'amour que vous témoignez à l'égard des malades pour lesquels vous luttez quotidiennement nous touchent profondément.  
Vous avez initié et dirigé ce travail, malgré vos multiples occupations.  
Votre présence à nos côtés, vos conseils nous ont permis d'aboutir à cette oeuvre.  
Puisse ce travail être à la hauteur de vos attentes. Trouvez ici l'expression de notre très profonde reconnaissance.

### **A notre maître et juge**

Le Professeur Agrégé Daniel P. ILBOUDO  
Professeur de Gastro-Entérologie

Votre présence dans ce jury nous confère la plus grande joie.  
Puissiez-vous trouver en ce travail l'expression de notre haute considération  
"sincères remerciements"

**A notre maître et juge**

Le Docteur Gérard PARENT  
Nutritionniste à l'I.R.D.

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de siéger dans ce jury, malgré vos multiples occupations

"Veuillez recevoir nos sincères remerciements"

# **REMERCIEMENTS**

## **REMERCIEMENTS**

### **Au personnel du département de technologie alimentaire (DAT)**

Merci pour vos conseils et votre participation à la réalisation de ce travail.

"Profonde gratitude"

### **Au personnel du Service de Biochimie (CHN-YO)**

Nous avons été adopté au sein de cette sympathique famille que vous formez. Avec vous nous avons connu l'enthousiasme au travail et nous gardons de vous la chaleur des relations humaines.

"Profonde gratitude"

### **Au Docteur Sansan DA**

Vous nous avez fourni des documents et le fonio nécessaire à la réalisation de ce travail.

Veuillez trouver ici le témoignage de nos sincères remerciements.

### **A monsieur BASSOLET Modeste**

Les mots me manquent pour traduire combien votre concours a été indispensable à la réalisation de ce travail.

Trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

### **Aux Docteurs Ismaël GUIGMA et Rèma RAMDE, Monsieur YAGO Jacques, BAMA Claude**

Pour vos soutiens à la réalisation de ce travail.

### **A mes promotionnaires et amis de la faculté**

Votre soutien constant me reste nécessaire.

Par délibération, la Faculté des Sciences de la Santé a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

# SOMMAIRE

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I - INTRODUCTION - ENONCE DU PROBLEME</b>                                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>II - GENERALITES</b>                                                                                                                | <b>3</b>  |
| 1- LE DIABETE SUCRE                                                                                                                    | 3         |
| 2 - LA DIETETIQUE DU DIABETE SUCRE                                                                                                     | 4         |
| 2- 1 L'historique de la diététique                                                                                                     | 4         |
| 2- 2 Les nouvelles tendances dans l'alimentation du diabétique                                                                         | 6         |
| 2 -3 - Index glycémique des aliments                                                                                                   | 7         |
| 2 -3- 1 Définition de l'index glycémique                                                                                               | 7         |
| 2 -3 - 2. Estimation de l'aire sous la courbe glycémique                                                                               | 8         |
| 2 -3- 3 Conditions d'étude et d'applicabilité des index glycémiques                                                                    | 11        |
| 2 -3- 4 Facteurs influençant l'index glycémique des aliments                                                                           | 11        |
| 2 -3- 5 Intérêt de l'index glycémique des aliments                                                                                     | 12        |
| 2- 4 Mise en pratique du régime alimentaire                                                                                            | 16        |
| 2- 5 Problèmes diététiques du diabète sucré                                                                                            | 17        |
| 3- LE FONIO                                                                                                                            | 17        |
| 3- 1 Etude botanique de <i>Digitaria exilis</i> stapf.                                                                                 | 20        |
| 3- 1- 1 Dénomination du fonio blanc                                                                                                    | 20        |
| 3- 1- 2 Description botanique                                                                                                          | 20        |
| 3- 1- 3 Classification de <i>Digitaria exilis</i> stapf selon le cycle végétatif                                                       | 21        |
| 3- 1- 4 Ecologie et répartition géographique                                                                                           | 21        |
| 3- 2 Valeur alimentaire du grain de fonio                                                                                              | 24        |
| 3-2- 1 La composition du grain de fonio                                                                                                | 24        |
| 3- 2- 2 La composition de la farine de fonio                                                                                           | 26        |
| 3- 3 Utilisations du fonio                                                                                                             | 29        |
| <b>III-NOTRE ETUDE</b>                                                                                                                 | <b>30</b> |
| 1- OBJECTIFS                                                                                                                           | 30        |
| 1- 1 Objectif général :                                                                                                                | 30        |
| 1- 2 Objectifs spécifiques :                                                                                                           | 30        |
| 1- 2- 1 Déterminer la composition chimique du grain de fonio.                                                                          | 30        |
| 1- 2- 2 Evaluer l'index glycémique du fonio.                                                                                           | 30        |
| 1- 2- 3 Déterminer la cinétique de la glycémie post-prandiale chez des diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio. | 30        |
| 2- METHODOLOGIE                                                                                                                        | 31        |
| 2- 1 Cadre de l'étude                                                                                                                  | 31        |
| 2- 1- 1 Département de technologie alimentaire                                                                                         | 31        |
| 2- 1- 2 Laboratoire de biochimie .                                                                                                     | 31        |

|                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2- 2 Echantillons                                                                                                                | 32        |
| 2- 2- 1 En vue de l'étude de l'index glycémique du fonio                                                                         | 32        |
| 2- 2- 2 En vue de l'étude des variations de la glycémie post-prandiale après la prise d'un repas standard à base de fonio.       | 32        |
| 2- 3 Matériel                                                                                                                    | 33        |
| 2- 3- 1. Matériel végétal                                                                                                        | 33        |
| 2- 3- 2. Aliment de référence pour la détermination de l'index glycémique                                                        | 33        |
| 2- 3- 3. Matériel de prélèvement et de recueil des prélèvements.                                                                 | 33        |
| 2- 3- 4 Matériel d'analyse et réactifs:                                                                                          | 33        |
| 2- 4 Méthodes d'étude                                                                                                            | 36        |
| 2- 4- 1 Détermination de la composition du grain de fonio                                                                        | 36        |
| 2- 4- 2 Détermination de la teneur en eau et en sucres totaux du pain de mie                                                     | 40        |
| 2- 4- 3 Etude de l'index glycémique du fonio                                                                                     | 41        |
| 2- 4- 4 Etude des variations de la glycémie post-prandiale chez des diabétiques après la prise d'un repas à base de fonio        | 42        |
| <b>3- RESULTATS</b>                                                                                                              | <b>46</b> |
| 3- 1- Composition chimique du grain de fonio                                                                                     | 46        |
| 3- 2- Teneur en eau et sucres totaux du pain de mie                                                                              | 46        |
| 3-3 Index glycémique du fonio (aliment de référence: le pain de mie)                                                             | 47        |
| 3-3- 1 Cas des sujets non diabétiques                                                                                            | 47        |
| 3- 3 - 2 Cas des diabétiques                                                                                                     | 56        |
| 3- 4 Index glycémique du riz (aliment de référence: le pain de mie )                                                             | 63        |
| 3-4- 1 Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après la prise orale de la bouillie de riz renfermant 50 grammes de glucides | 63        |
| 3-4- 2 Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après l'ingestion du pain de mie renfermant 50 grammes de glucides           | 64        |
| 3-5 Cinétique de la glycémie post-prandiale chez les neuf diabétiques après la prise du repas standard à base de fonio           | 65        |
| <b>4 – COMMENTAIRES ET DISCUSSION</b>                                                                                            | <b>68</b> |
| <b>4-1- Limites de notre étude</b>                                                                                               | <b>68</b> |
| <b>4-2- Composition du grain de fonio</b>                                                                                        | <b>68</b> |
| 4-2 -1 Les glucides                                                                                                              | 68        |
| 4-2- 2 Les protéines                                                                                                             | 69        |
| 4-2- 3 Les matières grasses                                                                                                      | 69        |
| 4-2- 3 Valeur nutritionnelle du fonio                                                                                            | 70        |
| <b>4-3- Teneur en glucides du pain de mie</b>                                                                                    | <b>71</b> |
| <b>4-4- Index glycémique du fonio (aliment de référence = le pain de mie IG = 100 )</b>                                          | <b>71</b> |
| 4-4- 1 Cas des sujets non diabétiques                                                                                            | 71        |
| 4-4- 2 Cas des diabétique                                                                                                        | 72        |
| <b>4-5- La cinétique de la glycémie post-prandiale après la prise d'un repas standard à base de fonio.</b>                       | <b>73</b> |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>IV- CONCLUSION</b>    | <b>75</b> |
| <b>V- SUGGESTIONS</b>    | <b>76</b> |
| <b>VI- BIBLIOGRAPHIE</b> | <b>77</b> |
| <b>VII- ANNEXES</b>      | <b>83</b> |

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

|                    |                                                                                       |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ASC :</b>       | Aire Sous la Courbe                                                                   |
| <b>ASCi :</b>      | Aire Sous la Courbe incrémentale                                                      |
| <b>ASCp :</b>      | Aire Sous la Courbe positive                                                          |
| <b>ASCt :</b>      | Aire Sous la Courbe totale                                                            |
| <b>Cal :</b>       | Calorie                                                                               |
| <b>CHN-YO :</b>    | Centre Hospitalier National - Yalgado Ouédraogo                                       |
| <b>Cm :</b>        | Centimètre                                                                            |
| <b>CNRST :</b>     | Centre National de Recherches Scientifique et Technologique                           |
| <b>D.I.D. :</b>    | Diabète Insulino-Dépendant                                                            |
| <b>D.N.I.D. :</b>  | Diabète Non Insulino-Dépendant                                                        |
| <b>F.A.O. :</b>    | Food and Agriculture Organisation (Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture) |
| <b>g :</b>         | gramme                                                                                |
| <b>g/l :</b>       | gramme par litre                                                                      |
| <b>HPO :</b>       | Hyperglycémie Provoquée par voie Orale                                                |
| <b>IG :</b>        | Index Glycémique                                                                      |
| <b>INERA :</b>     | Institut National d'Etude et de Recherche Agricole                                    |
| <b>Kcal :</b>      | Kilocalorie                                                                           |
| <b>Kg :</b>        | Kilogramme                                                                            |
| <b>ml :</b>        | millilitre                                                                            |
| <b>mm :</b>        | millimètre                                                                            |
| <b>mmol/l :</b>    | millimole par litre                                                                   |
| <b>mn :</b>        | minute                                                                                |
| <b>nm :</b>        | Nanomètre                                                                             |
| <b>O.M.S. :</b>    | Organisation Mondiale de la Santé                                                     |
| <b>p/p :</b>       | poids par poids                                                                       |
| <b>SY.F.I.A. :</b> | Système Francophone d'Information Agricole                                            |
| <b>T :</b>         | Temps                                                                                 |
| <b>UI :</b>        | Unité Internationale                                                                  |
| <b>UV :</b>        | Ultra - Violet                                                                        |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                                                                                           | <u>Pages</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Figure 1:</b> - Calcul de l'index glycémique des aliments                                                                                                                                              | 10           |
| <b>Figure 2:</b> - Aire sous la courbe incrémentale positive                                                                                                                                              | 10           |
| <b>Figure 3:</b> culture de fonio blanc à l'INERA ( photo SANOU, 1994 )                                                                                                                                   | 19           |
| <b>Figure 4:</b> distribution géographique du fonio en Afrique de l'ouest                                                                                                                                 | 23           |
| <b>Figure 5:</b> Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ au cours du temps avec le fonio et le pain de mie chez les six sujets non diabétiques. | 49           |
| <b>Figure 6:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 1 avec la bouillie de fonio                                                                                                                            | 50           |
| <b>Figure 7:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 1 avec le pain de mie                                                                                                                                  | 50           |
| <b>Figure 8:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 2 avec la bouillie de fonio                                                                                                                            | 51           |
| <b>Figure 9:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 2 avec le pain de mie                                                                                                                                  | 51           |
| <b>Figure 10:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 3 avec la bouillie de fonio                                                                                                                           | 52           |
| <b>Figure 11:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 3 avec le pain de mie                                                                                                                                 | 52           |
| <b>Figure 12:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 4 avec la bouillie de fonio                                                                                                                           | 53           |
| <b>Figure 13:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 4 avec le pain de mie                                                                                                                                 | 53           |
| <b>Figure 14:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 5 avec la bouillie de fonio                                                                                                                           | 54           |
| <b>Figure 15:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 5 avec le pain de mie                                                                                                                                 | 54           |
| <b>Figure 16:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 6 avec la bouillie de fonio                                                                                                                           | 55           |
| <b>Figure 17:</b> Aire sous la courbe chez le sujet 6 avec le pain de mie                                                                                                                                 | 55           |
| <b>Figure 18:</b> Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ au cours du temps avec le fonio et le pain de mie chez les quatre diabétiques.        | 58           |
| <b>Figure 19:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 1 avec la bouillie de fonio                                                                                                                      | 59           |
| <b>Figure 20:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 1 avec le pain de mie                                                                                                                            | 59           |

## **LISTE DES FIGURES ( SUITE )**

|                                                                                                                                                                                                    | <b><u>Pages</u></b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Figure 21:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec la bouillie de fonio                                                                                                               | 60                  |
| <b>Figure 22:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec le pain de mie                                                                                                                     | 60                  |
| <b>Figure 23:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 3 avec la bouillie de fonio                                                                                                               | 61                  |
| <b>Figure 24:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 3 avec le pain de mie                                                                                                                     | 61                  |
| <b>Figure 25:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 4 avec la bouillie de fonio                                                                                                               | 62                  |
| <b>Figure 26:</b> Aire sous la courbe chez le diabétique 4 avec le pain de mie                                                                                                                     | 62                  |
| <b>Figure 27:</b> Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie post-prandiale par rapport à la glycémie à jeun chez les neuf diabétiques après la prise standard à base de fonio. | 67                  |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                                                 | <u>Pages</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tableau I: Classification des glucides selon leur index glycémique                                                                                              | 14           |
| Tableau II: Moyenne en index glycémique (IG) de quelques aliments avec le pain de mie comme aliment de référence ( IG = 100 )                                   | 15           |
| Tableau III : Composition moyenne du grain entier puis décortiqué de <i>Digitaria exilis</i> à partir de huit échantillons.                                     | 24           |
| Tableau IV : Composition minérale et vitaminique du grain de fonio                                                                                              | 25           |
| Tableau V: tableau comparatif de certaines teneurs du grain de fonio aux autres céréales cultivées au Burkina Faso.                                             | 25           |
| Tableau VI: Composition du mélange de la farine première et deuxième d'après JAVILLIER et CREMIEUX                                                              | 27           |
| Tableau VII : Composition en acides aminés du fonio                                                                                                             | 28           |
| Tableau VIII: Composition chimique du grain de fonio                                                                                                            | 46           |
| Tableau IX: Teneur en eau et en sucres totaux du pain de mie                                                                                                    | 46           |
| Tableau X: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les sujets non diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio.         | 47           |
| Tableau XI: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les sujets non diabétiques à jeun et après l'ingestion du pain de mie.                    | 48           |
| Tableau XII: Récapitulatif des index glycémiques du fonio chez les six volontaires non diabétiques                                                              | 56           |
| Tableau XIII: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio.                 | 56           |
| Tableau XIV: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les diabétiques à jeun et après l'ingestion du pain de mie.                              | 57           |
| Tableau XV: Récapitulatif des index glycémiques du fonio chez les quatre diabétiques                                                                            |              |
| Tableau XVI: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez 4 sujets non diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de riz.           | 63           |
| Tableau XVII: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps et après l'ingestion du pain de mie.                                                         | 64           |
| Tableau XVIII: Récapitulatif des index glycémiques du riz chez 4 sujets non diabétiques.                                                                        | 64           |
| Tableau VII: liste des neuf diabétiques pour l'étude des variations de la glycémie post-prandiale en fonction du type de diabète et du traitement médicamenteux | 65           |
| Tableau XIX: Evolution de la glycémie post-prandiale en mmol/l chez les neuf diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio.                    | 66           |

# **I- INTRODUCTION - ENONCE DU** **PROBLEME**

## **I - INTRODUCTION - ENONCE DU PROBLEME**

Le diabète sucré est bien une maladie universelle qui n'épargne aucun continent, même si d'une contrée à l'autre, les taux de prévalence sont extrêmement variables (10, 14, 32, 37).

En Afrique noire selon SANKALE et COLL. au Sénégal, le fait saillant est surtout sa progression. En effet dans leur service, la proportion est passée de 1 à 4 diabétiques pour 100 hospitalisés en 1974, alors qu'elle était seulement d'une vingtaine de diabétiques de 1960 à 1970. (43)

Le taux de prévalence au Burkina Faso avoisine les 2% de la population générale (27,28).

Les indications et la conduite du traitement médicamenteux n'ont aucune originalité mais le besoin d'adapter celui-ci aux faibles ressources des individus comme de la collectivité représente le problème majeur que soulève le diabète en Afrique noire (10, 48). La double indication d'un traitement ininterrompu à la fois sur le plan médicamenteux et sur le plan diététique constitue une lourde charge financière à tous les niveaux.

Le régime alimentaire s'avère donc capital pour le maintien de la glyco-régulation. Pour ce faire, plusieurs études ont été menées en vue de la réalisation des régimes alimentaires pour diabétiques (7, 20, 48, 53). Certaines d'entre elles réalisées en Afrique de l'ouest portent sur le fonio (27, 53). Cette céréale n'existe qu'en Afrique de l'ouest avec une production supérieure à 200000 tonnes dans les neuf pays sahéliens . C'est en effet un aliment très apprécié dont la consommation est en plein essor, en particulier dans les villes (4, 9, 52). De même TRAORE au Mali écrit que: « bien que les recherches sur cette céréale n'aient fait que commencer, tous les spécialistes s'accordent à lui reconnaître des qualités diététiques exceptionnelles. Le grain de fonio décortiqué ne contient pratiquement aucun lipide contrairement aux autres céréales dont le germe riche en corps gras, ne disparaît jamais totalement au décortilage. Cette particularité du fonio en fait un aliment recommandé pour les personnes atteintes d'obésité ou de diabète » (52).

L'opinion publique et les diabétiques au Burkina Faso en particulier sont convaincus de l'indication du fonio chez le malade diabétique de sorte que, certains patients ont un régime exclusivement constitué de fonio aux trois repas de la journée; cela pendant des années voire des dizaines d'années.

Le fonio est-il réellement pauvre en glucides?

Quel est son pouvoir hyperglycémiant?

Son indication chez les diabétiques est - elle justifiée?

Voilà autant de questions qui ont amené à initier cette étude dont les objectifs sont de:

~ déterminer la composition chimique du grain de fonio.

~ évaluer l'index glycémique du fonio

~ déterminer la cinétique de la glycémie post - prandiale chez des diabétiques

après la prise d'un repas standard à base de fonio.

## **II - GENERALITES**

## **II - GENERALITES**

### **1- LE DIABETE SUCRE**

Selon le rapport N° 844 de l'OMS, le diabète sucré est caractérisé par une hyperglycémie permanente et des troubles du métabolisme des glucides, des lipides et des protéines associés à des déficits absolus ou relatifs de l'action ou de la sécrétion d'insuline (35).

Le diabète sucré est donc une maladie endocrinienne mais aussi métabolique de par ses principales manifestations (5, 35, 37, 38). On distingue :

- le diabète insulino-dépendant ( type I ) caractérisé par une carence absolue en insuline, l'apparition brutale de symptômes sévères, une prédisposition à la cétose et la dépendance à l'égard de l'insuline exogène pour assurer la survie.

- le diabète non insulino-dépendant ( type II ) dans lequel on note une altération de la sécrétion de l'insuline et de la réponse insulinique.

Le dépistage de cette maladie nécessite des examens biochimiques notamment la glycémie à jeun, la recherche d'une glucosurie ou l'épreuve d'hyperglycémie provoquée par voie orale. Cependant, d'autres examens tels que l'uricémie, la protidémie, la cétonurie, le dosage de l'hémoglobine glycosylée et celui des lipides, précisément le cholestérol et les triglycérides, entrent dans la surveillance de la maladie(11, 45, 47).

Généralement, est considéré comme diabétique, tout sujet dont la glycémie à jeun à deux reprises est supérieure ou égale à 7,8 mmol/l ( 1,4g/l ) sur du plasma veineux et/ou si la glycémie 2 heures après la charge glucosée ( HPO ) est supérieure ou égale à 11,1 mmol/l ( 2g/l ) sur du plasma veineux.

Affection chronique, le diabète sucré a comme moyens thérapeutiques(27, 28):

une alimentation adaptée, une activité physique appropriée, l'emploi d'hypoglycémifiants oraux et si nécessaire l'administration d'insuline. Pour que ces mesures soient efficaces, l'éducation et la motivation des malades sont indispensables.

## **2 - LA DIETETIQUE DU DIABETE SUCRE**

### **2- 1 L'historique de la diététique (27, 55)**

De tout temps, la diététique a été considérée comme une arme essentielle dans le traitement du diabète sucré. Il fut une époque où cela n'était guère surprenant: toute maladie se traitait par le régime (49).

Jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, les connaissances médicales étaient très limitées, les armes thérapeutiques de même. Les traitements relevaient plus de croyances magiques ou philosophiques que de connaissances scientifiques. La diététique ne pouvait être qu'irrationnelle.

A l'orée du XIX<sup>e</sup> siècle, on s'en tenait à un raisonnement d'une logique confondante: le diabétique est un patient qui perd du sucre, il faut donc compenser cette perte! On prescrivait donc un accroissement des apports glucidiques, notamment sous la forme de sucre de canne.

En 1839, survint la 1<sup>ère</sup> grande révolution diabétique: à l'Hôtel - Dieu, BOUCHARDAT eut l'intuition qu'il fallait tenir le raisonnement exactement inverse, c'est à dire réduire la glycosurie et non la compenser, donc au contraire limiter les apports glucidiques. Cette révolution entraîna la première classification des aliments selon leur teneur en sucres, et l'apparition des premiers aliments « diététiques » (55).

L'apparition de cétose observée avec de tels régimes chez les diabétiques de type I, a engendré la mise au point de régimes consciemment contradictoires essayant de concilier les avantages d'une alimentation hypoglucidique et ceux d'un régime normal. On alternait les périodes « sans sucre » avec des cures de jeûne ou de demi-jeûne à base de légumes verts, voire avec des périodes hyperglucidiques à base de farines et de céréales (55).

L'autre problème était le contrôle de la polydipsie et de la polyurie.

Chez le diabétique non insulino-dépendant BOUCHARDAT disait déjà « mangez moins ».

A partir du XIX<sup>e</sup> siècle jusque vers 1920, les efforts ont tendu vers l'allongement de l'espérance de vie des diabétiques insulino-dépendants par des régimes de restriction glucidique draconiens avec un maigre succès.

Le XX<sup>e</sup> siècle a vu deux bouleversements:

- la mise au point du dosage de la glycémie sur de petites quantités de sang a profondément bouleversé les conceptions de la maladie, des thérapeutiques et donc celles de la diététique.

- la découverte de l'insuline en 1921 a permis, outre la survie des diabétiques insulino-dépendants entre autres, de passer des régimes de famine aux régimes « normaux » actuels. Cependant, ce ne fut pas immédiat; les premiers patients traités à l'insuline continuèrent à suivre les régimes « classiques » hypoglucidiques et même les cures de jeûne (55), l'insuline était encore sensée « guérir » le malade et le régime apparaissait comme un indispensable complément à son action curative.

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, la modification de la conception de l'emploi de l'insuline a permis d'imaginer une alimentation moins contraignante. Les perfectionnements des procédés d'analyse ont entraîné un changement radical de perspective: il ne s'agit plus d'adapter le régime à l'insulinothérapie, mais de modifier celle-ci en fonction du mode de vie et des comportements alimentaires du patient.

D'après YOMBI (55), des auteurs préconisèrent la liberté alimentaire, en admettant même la consommation de sucreries étant entendu que le patient devait se surveiller rigoureusement .

En résumé, à partir de 1921, trois périodes sont à distinguer, qui se sont reflétées dans les conceptions diététiques:

- la période 1921 à 1960, où la seule préoccupation était le contrôle de l'hyperglycémie.

- les années 1970, année de prise de conscience que la lutte contre les facteurs de l'athérome devait s'ajouter au contrôle strict de la glycémie.

- les années actuelles qui, sans renoncer au contraire aux objectifs ci-dessus énoncés et peut être pour mieux les faire accepter des patients, tendent donc vers un libéralisme dans la rigueur dans le régime des diabétiques.

## **2- 2 Les nouvelles tendances dans l'alimentation du diabétique**

Pendant longtemps, la base du conseil diététique a reposé sur:

- la suppression des sucres simples, supposés être très hyperglycémiant
- la limitation des sucres complexes. Ceci a conduit à prescrire des régimes hyperlipidiques et donc athérogènes (23).

Aujourd'hui, on sait que l'effet hyperglycémiant d'un aliment dépend du contexte dans lequel cet aliment est consommé. Ainsi la vitesse d'absorption varie en fonction des conditions d'ingestion et de la mixité alimentaire freinant l'effet hyperglycémique des différents glucides:

- en effet, l'ingestion d'une boisson sucrée à jeun entraînera une hyperglycémie semblable à celle observée lors d'une épreuve d'hyperglycémie provoquée par voie orale. En revanche si ce sucre est inclus dans un dessert venant à la fin du repas, on observera une hyperglycémie moindre. C'est ainsi qu'on voit réhabiliter mais à quantité réduite les pâtisseries en dessert.

- de même il est aujourd'hui acquis que de nombreux glucides dits insolubles (amidon) donc supposés sucres lents subissent dans l'estomac un délitement partiel en maltose et glucose, ce qui consiste en une conversion partielle en glucides solubles. On sait également que les amidons projetés dans l'éjaculat pylorique sur la surface absorbante du duodéno-jéjunum sont attaqués avec une extrême rapidité par les amylases et disaccharidases.

- la qualité des glucides a autant d'importance que la quantité qui en est consommée. La même quantité de glucides provenant de sources différentes n'a pas la même influence métabolique. En effet, les glucides provenant des légumineuses provoquent une élévation moindre de la glycémie et de l'insulinémie que ceux de la pomme de terre, parce qu'ils sont digérés et donc résorbés plus lentement que ceux de la pomme de terre. Ces derniers ont une action moindre que le glucose qui est directement absorbé.

Ces considérations ont amené JENKINS à établir un index glycémique pour les différents aliments contenant des glucides (25).

## **2 -3 - Index glycémique des aliments (31)**

L'index glycémique des aliments est un marqueur de leur pouvoir hyperglycémiant (et non plus du contenu glucidique) qui permet une approche pratique (et non plus théorique) des régimes diabétiques. Son intérêt majeur concerne la régulation fine des variations glycémiques postprandiales, autorisant la consommation de certains sucres à pouvoir sucrant élevé mais peu hyperglycémiant. Cette approche permet une amélioration sensible de la vie quotidienne des diabétiques.

### **2 -3- 1 Définition de l'index glycémique**

L'index glycémique d'un aliment a été défini par JENKINS et COLL (26) comme le rapport de l'aire sous la courbe ( ASC ) glycémique en réponse à l'ingestion d'une quantité donnée de glucides de l'aliment, à l'aire glycémique sous la courbe d'une quantité de glucides égale d'un aliment de référence.

La quantité de glucides ( et non de l'aliment ) utilisée pour le calcul des index glycémiques ( IG ) a été standardisée arbitrairement à 50 grammes (25).

$$\text{IG} = ( \text{ASC glycémique de l'aliment testé} / \text{ASC glycémique de l'aliment de référence} ) \times 100$$

La réponse glycémique est caractérisée par l'aire sous la courbe glycémique, intégration des glycémies sur un temps donné et non pas par un pic glycémique.

La réponse glycémique individuelle est rapportée à la réponse individuelle à un aliment de référence étudié dans les mêmes conditions, permettant ainsi de prendre en compte la variabilité individuelle des réponses glycémiques. Initialement, JENKINS et COLL. proposèrent le glucose: sa structure simple, connue, et toute la méthodologie dérivée de longues années de pratiques de l'hyperglycémie provoquée l'imposaient tout naturellement. Cependant, il fut abandonné par cette équipe au profit du pain de mie blanc, du fait de la grande variabilité de la réponse glycémique semblant en rapport avec l'hypertonie des solutions glucosées.

## 2 -3 - 2. Estimation de l'aire sous la courbe glycémique

La réponse glycémique est appréciée sur 3 heures et la méthode des trapèzes est celle employée pour le calcul de surface.

Les glycémies sont prélevées avant l'ingestion de l'aliment puis 30, 60, 90, 120, 150 et 180 minutes après. A partir de la courbe obtenue des glycémies en mmol/l en fonction du temps en minutes, l'aire sous la courbe ( ASC ) se calcule selon la méthode des trapèzes.

- La méthode des trapèzes (figure 1 ):

deux points expérimentaux consécutifs sont reliés par un segment de droite. De chaque point est abaissée une perpendiculaire à l'axe des temps. Le trapèze ainsi construit a une surface égale à la moyenne des 2 glycémies que multiplie l'intervalle de temps.

L'aire totale ( ASCt ) est la somme des trapèzes élémentaires. Initialement, c'est l'aire totale ( ASCt ) qui était utilisée, c'est à dire la totalité de la surface comprise entre la courbe et l'axe des temps pour une glycémie nulle.

Rapidement, on s'est rendu compte que cette surface n'était pas pertinente, du fait de la variabilité des glycémies basales, en particulier chez le diabétique.

On a pu montrer que l'ASC était très liée à la glycémie du départ (13, 30, 34). On considéra alors l'aire incrémentale ( ASCi ) (13), c'est à dire la surface comprise entre la courbe glycémique et une horizontale passant par la glycémie de départ (figure1). Cette aire peut être calculée par la différence entre l'aire totale et le rectangle correspondant à la glycémie basale (figure1).

$$ASCi = ASCt - ( \text{glycémie}_{t=0} \times \text{durée de l'épreuve} ) .$$

Cependant, il est possible d'observer une portion négative à l'ASCi (figure2). Le traitement de cette surface restait à préciser. Comment alors interpréter une surface où l'aire négative serait au moins égale à la surface positive: une ASCi négative était elle possible? On proposa finalement de considérer une aire positive ( ASCp ) définie comme étant la surface comprise entre la courbe glycémique et la ligne de base au dessus de cette dernière ( figure 2 ). Il est clair que l'ASCp est toujours supérieure ou égale à l'ASCi. Son estimation est cependant plus complexe, nécessitant dans un premier temps d'extrapoler les points de croisement entre la courbe et la ligne basale

avant d'estimer l'aire négative dont la valeur absolue sera ajoutée à l'ASCi:

$$ASC_p = ASC_i + \parallel \text{aire négative} \parallel$$

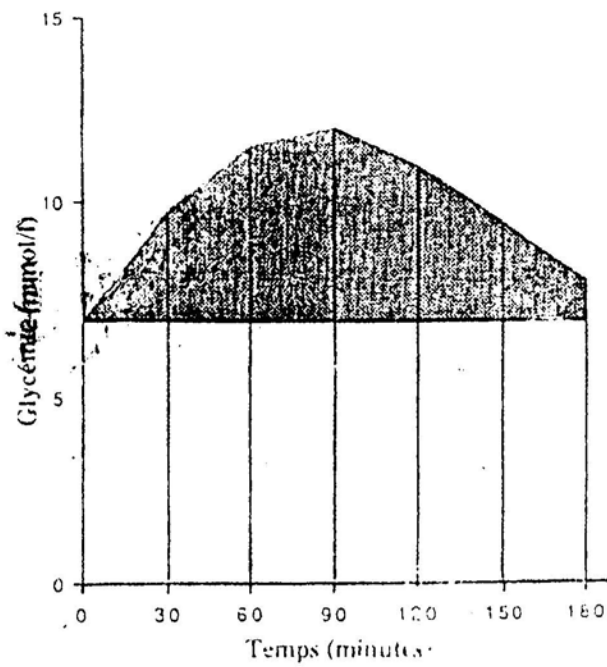


Figure 1: - Calcul de l'index glycémique des aliments

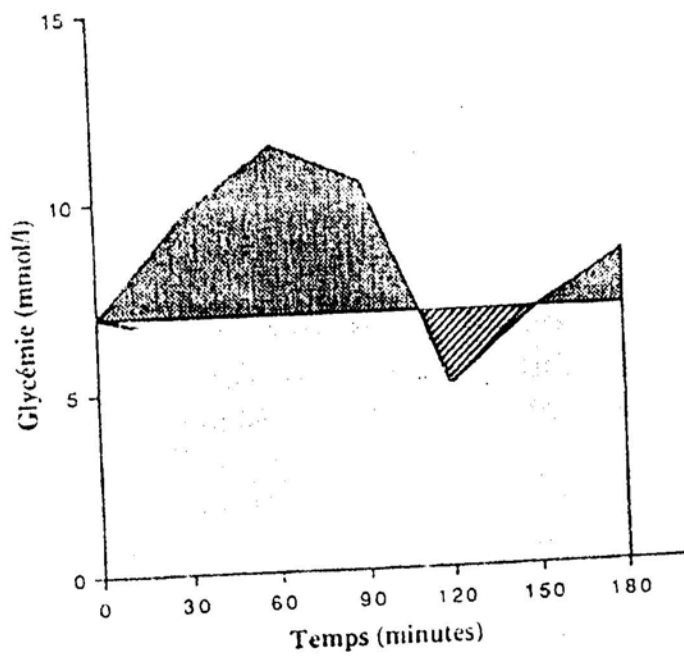


Figure 2: - Aire sous la courbe incrémentale positive

### **2 -3- 3 Conditions d'étude et d'applicabilité des index glycémiques**

Selon FLOCH et PERLEMUTER (31), les conditions d'étude sont assez proches de celles de l'hyperglycémie provoquée par voie orale. La réponse glycémique est cependant obtenue après ingestion d'une quantité d'aliment correspondant à 50 grammes de glucides. Par analogie avec l'hyperglycémie orale provoquée, on serait tenté de dire que l'alimentation doit être « normale » dans les 3 jours précédents et apporter au moins 150 grammes de glucides. Cependant cette notion ne peut être appliquée chez les diabétiques sous régime hypocalorique.

Selon SHAHEEN et FLEMING (46), il est clair qu'un effet « repas précédent » existe et qu'il influence de façon nette la réponse glycémique: la glycémie résiduelle, l'insulinémie, les sécrétions hormonales post-prandiales, les résidus alimentaires non encore digérés et métabolisés peuvent contribuer à modifier la réponse glycémique à un aliment donné.

FLOCH et PERLEMUTER.(31) ajoutent que certains médicaments pouvant modifier l'absorption des glucides ( biguanides, inhibiteurs de l'alpha glucosidase intestinale ) doivent être pris en compte. Cet effet doit être distingué de l'insulinosécrétion induite par un sulfamide et de l'injection d'insuline qui réduisent la réponse glycémique, mais peuvent s'avérer indispensables chez certains diabétiques. La standardisation des conditions d'étude est alors impossible, si ce n'est en étudiant le sujet par rapport à lui-même à traitement constant.

### **2 -3- 4 Facteurs influençant l'index glycémique des aliments (23)**

La réponse glycémique et insulémique à une charge orale en hydrates de carbone dépend:

- de la qualité de l'évacuation gastrique. Toute gastroparésie témoin d'une neuropathie végétative, même infraclinique, ralentit l'absorption des glucides. L'évacuation gastrique est aussi contrôlée par le niveau calorique du repas, et on peut parler de sucres à distribution rapide et de sucres à distribution lente par l'estomac.

- de la valeur de la glycémie avant l'épreuve. En effet chez le diabétique insulino-dépendant déséquilibré, la réponse glycémique postprandiale semble plus influencée par la valeur de la glycémie à jeun que par la quantité et la qualité des

glucides absorbés.

- de la nature du glucide: sucres simples ( glucose, fructose, galactose ) ou sucres complexes ( amidons ).
- de la forme de préparation de l'aliment: liquide, semi liquide ou solide, cru ou cuit, en purée ou en morceaux;
- de la quantité de glucides ingérés car il existe une corrélation non linéaire entre le contenu en hydrates de carbone d'un repas et la réponse glycémique postprandiale.
- de l'ingestion concomitante de protéines, lipides, autres glucides et fibres.

### **2 -3- 5 Intérêt de l'index glycémique des aliments**

De nombreuses études conduites durant plusieurs années pour déterminer l'index glycémique des aliments isolés ont permis à JENKINS et COLL. de publier des tables d'index glycémique d'aliments et de proposer leur utilisation en diététique courante (24, 25, 26). C'est ainsi qu'ils ont publié les tables ci-dessous de la classification des glucides selon leur index glycémique.

En effet l'index glycémique est destiné à prévenir les excursions glycémiques importantes après les repas ou collations, indépendamment des multiples facteurs qui influencent l'équilibre glycémique moyen. Ainsi, il trouve sa place préférentielle lors des collations ( éviter les aliments isolés à haut IG ) ou incite lors des repas à remplacer un aliment à IG élevé par un autre à IG bas du même groupe. Par exemple à pouvoir sucrant égal, on préfère le fructose au glucose. Cependant tous les aliments à IG haut ne doivent pas être bannis, mais ils doivent être utilisés lors des repas mixtes qui atténuent les variations.

Selon FLOCH et PERLEMUTER l'aspect individuel de l'IG est important, et largement souligné par la littérature (17). On pourra donc obtenir des résultats beaucoup plus significatifs chez certains sujets particulièrement sensibles aux différences de réponses glycémiques. Ces sujets, si on les dépiste, seront d'excellents candidats à une diététique individualisée sur le concept d'IG adapté à leur propre réponse glycémique.

L'étude individuelle de l'IG pourrait alors constituer une réponse de choix à

certain diabète « instables » ou pour lesquels des glycémies postprandiales importantes ou des hypoglycémies répétées sont observées malgré un régime traditionnel bien conduit. Cette individualisation pourrait être plus simple qu'il n'y paraît grâce à l'auto-contrôle glycémique post-prandial.

**Tableau I: Classification des glucides selon leur index glycémique**  
( dérivé de JENKINS et COLL. [25] )

| Groupe d'aliments          | Index glycémique ( référence = pain de mie blanc = 100 ) |                                                     |                                   |                                    |                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|                            | Très faible<br>( 50 )                                    | Bas<br>( 50 - 75 )                                  | Intermédiaire<br>( 75 - 90 )      | Elevé<br>( 90 - 120 )              | Très élevé<br>( ≥ 120 )    |
| Pains                      | -                                                        | -                                                   | Pains riches en fibres            | Pain blanc                         | -                          |
| Biscuits                   | -                                                        | Riches en fibres                                    | Riches en céréales                | Sucres                             | -                          |
| Céréales du petit déjeuner | -                                                        | -                                                   | Riches en fibres                  | Traditionnels mélanges avec fruits | -                          |
| Céréales et dérivés        | -                                                        | Spaghettis                                          | Avoine, maïs, riz blanc, sarrasin | Millet, riz brun                   | -                          |
| Pommes de terre tubercules | -                                                        | -                                                   | Nouvelle patate, igname           | Classique                          | -                          |
| Légumes secs               | Lentilles<br>graines de soja                             | Haricots blancs, haricots, petits pois, pois chiche | -                                 | -                                  | -                          |
| Produits laitiers          | -                                                        | Glace<br>lait<br>yaourt                             | -                                 | -                                  | -                          |
| Fruits                     | Cerise<br>pamplemousse<br>pêche, poire, prune            | Pomme<br>raisin<br>orange                           | Banane                            | Raisin sec                         | -                          |
| Sucres                     | Fructose                                                 | -                                                   | Sucrose                           | -                                  | Glucose<br>maltose<br>miel |

**Tableau II:** Moyenne en index glycémique (IG) de quelques aliments avec le pain de mie comme aliment de référence ( IG = 100 )

| aliments                          | sujets * | Moyenne en IG<br>± SEM† | aliments                   | sujets * | Moyenne en IG<br>± SEM† |
|-----------------------------------|----------|-------------------------|----------------------------|----------|-------------------------|
| Pain blanc                        | A, E     | 100                     | <b><u>Fruits</u></b>       |          |                         |
| <b><u>Produits céréaliers</u></b> |          |                         | Pomme                      | A, C     | 53 (48-57)              |
| Sarrasin                          | A        | 74                      | Banane                     | A, C     | 79±7 (66-90)            |
| Millet                            | A        | 103                     | Cerise                     | C        | 32                      |
| Riz brun                          | A        | 96                      | Pamplemousse               | C        | 36                      |
| Riz blanc                         | A, E     | 83±9 (58-104)           | Orange                     | A, C     | 66 (58-73)              |
| Maïs                              | A, D, E  | 87±1 (86-90)            | Poire                      | C        | 47                      |
| <b><u>Produits laitiers</u></b>   |          |                         | Prune                      | C        | 34                      |
| Crème glacé                       | A        | 52                      | Raisin sec                 | A        | 93                      |
| Lait écrémé                       | A        | 46                      | <b><u>Légumes secs</u></b> |          |                         |
| Lait entier                       | A        | 49                      | Lentilles rouges           | A, B     | 43 (42-44)              |
| Yaourt                            | A        | 52                      | Petits pois secs           | A, C     | 56 (44-68)              |
| <b><u>Sucres</u></b>              |          |                         | Haricot blanc              | A, B     | 54 (42-65)              |
| Fructose                          | A, C     | 30 (29-30)              | <b><u>Tubercules</u></b>   |          |                         |
| Glucose                           | A, C, E  | 138±3 (132-145)         | Patates fraîches           | A, C     | 81±10 (67-101)          |
| Miel                              | A        | 126                     | Igname                     | A        | 74                      |
| Maltose                           | A        | 152                     |                            |          |                         |
| Sucrose                           | A, C     | 86 (85-86)              |                            |          |                         |

\* A, D et E sont des volontaires normaux  
B et C sont des diabétiques volontaires

† SEM est donné quand il y a au moins 3 chiffres disponibles

**NB:** Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs extrêmes.

## **2- 4 Mise en pratique du régime alimentaire (20, 23, 49, 50)**

L'alimentation du patient traité ou non par insuline doit être:

- équilibrée en ration calorique
- adaptée aux besoins quotidiens
- limitée en produits sucrés et en graisse
- fractionnée en trois repas, plus collations
- régulière dans les horaires choisis
- personnalisée aux traditions et aux coutumes ethniques

Les principes de base reposent sur les besoins caloriques quelque soit l'âge, le sexe et le mode de vie. La ration alimentaire quotidienne doit être suffisante pour permettre de sortir de table sans avoir faim ( et éviter par voie de conséquence les écarts de régime ).

Chez l'adulte de poids normal, les besoins énergétiques sont de l'ordre de 2000 à 2400 Kcal/Jour dont:

- 50 à 55% de glucides
- 30 à 35% de lipides
- 15% de protides

L'expression des besoins peut être fait en fonction du poids théorique calculé selon la formule de LORENTZ:

$$P ( \text{ kg } ) = T ( \text{ cm } ) - 100 - \frac{T ( \text{ cm } ) - 150}{n} \text{ avec}$$

P = poids de l'individu

T = taille de l'individu

n = 4 chez l'homme et 2 chez la femme.

• Glucides = 3 à 6 g/kg de poids théorique, en fonction des besoins personnels et de l'activité;

- Lipides = 1 à 1,2g/kg de poids théorique
- Protides = 1g/kg de poids théorique chez l'adulte.

Ces mêmes principes exigent une surveillance quotidienne et si possible

personnelle:

- se peser régulièrement
- ne jamais sauter un repas.

## **2- 5 Problèmes diététiques du diabète sucré**

Le rôle important du régime dans le traitement du diabète ne fait aucun doute. Cependant les prescriptions diététiques ont des aspects particuliers en Afrique(42). outre qu'elles doivent, comme partout, être suivies toute la vie:

- elles font appel à des aliments coûteux pour remplacer en partie le plat de base traditionnel riche en glucides.
- elles nécessitent un changement des habitudes alimentaires dont on ne peut ignorer les implications socio-économiques et culturelles.
- leur formulation actuelle est trop vague dans certains cas, trop rigide dans d'autres et exige un niveau d'instruction pas toujours atteint par les malades.

D'autres problèmes (3) sont rencontrés chez certains diabétiques notamment:

- les horaires de travail anormaux qui influencent le bon suivi du régime alimentaire.
- les déplacements qui amènent les diabétiques à prendre des repas au restaurant. Cela pose des problèmes à ceux qui ne connaissent pas bien leur maladie et n'ayant pas eu une bonne éducation diététique.

## **3- LE FONIO**

Le fonio est l'une des plus vieilles céréales indigènes en Afrique de l'ouest.

Pendant des milliers d'années, les populations ouest africaines l'ont cultivé à travers la savane sèche. Certainement, il était leur nourriture majeure. Bien que des personnes n'aient jamais entendu parler de cette céréale, elle reste encore importante dans l'aire dispersée depuis le Cap Vert au Lac Tchad (41).

Dans certaines régions du Mali, du Burkina Faso, de la Guinée et du Nigeria, il est l'un des produits de base ou une majeure partie de l'alimentation.

La céréale fonio comprend deux espèces (40):

- La première espèce appelée *Digitaria exilis* Stapf. ou fonio blanc (figure 3) est la plus largement répandue dans la sous région. Ce type de fonio pousse particulièrement sur le plateau du centre Nigeria aussi bien que dans les régions avoisinantes. C'est l'espèce qui a été l'objet de notre étude.

- La seconde espèce appelée *Digitaria iburua* Stapf. ou fonio noir est limitée au Jos Bauchi plateau du Nigeria aussi bien que les régions nordiques du Togo et du Bénin.

*Digitaria exilis* stapf appartient à la famille des graminées, à la série des panicoïdées, à la tribu des panicées et au genre *Digitaria* (6, 15, 16, 19, 21).



Figure 3: culture de fonio blanc à l'INERA ( photo SANOU, 1994 )

### 3- 1 Etude botanique de *Digitaria exilis* stapf.

#### 3- 1- 1 Dénomination du fonio blanc

Nom botanique: *Digitaria exilis* stapf.

Synonymes: *Paspalum exile* kippist

*Panicum exile* ( kippist ) A. Chv.

*Syntherisma exilis* ( kippist ) Newbold

Noms communs:

- Anglais: hungry rice, hungry millet, hungry koos, fonio, fundi millet.
- Français: fonio, petit mil (un nom aussi utilisé pour d'autres cultures)
- Fulani: seremé, foinye, fonyo, fundenyo.
- Bambara: fini
- Nigeria: acha (en Haousa)
- Sénégal: eboiaye, efoleb, findi, fundi.
- Gambie: findo (Mandinka)
- Togo: afio warum ( lamba )  
upoga ( somba, sompk arba )  
ova ( Akposso )
- Mali: fani, feni, foundé
- Burkina Faso: foni ( Dioula ) kiou ( Mooré )
- Guinée: pendé, kpendo, founié, pounié.
- Bénin: Podgi
- Côte d'Ivoire: pom, pohin.

#### 3- 1- 2 Description botanique (40, 41)

- C'est une plante annuelle, glabre de 30 à 80 cm de hauteur.
- La tige est un chaume creux avec 2 à 8 talles portant 2 à 9 noeuds.
- La feuille comporte une gaine enserrant fortement le chaume. La ligule de la

feuille est membraneuse et hyaline; Le limbe (5 à 15 cm de long sur 3 à 8 cm de large) est linéaire, progressivement atténué pour se terminer en pointe effilée.

- L'inflorescence comporte 2 à 5 racèmes digitées de 3 à 15 cm de long. La hampe est fine et le rachis aplati de 5 à 10 mm de large. L'épillet comprend deux fleurs. La fleur inférieure est stérile. La fleur supérieure fertile comprend 3 étamines et 2 lodicules.

Les anthères sont jaunes ou jaunes pigmentées de pourpre.

Les stigmates sont blancs à roses ou pourpres foncés.

- Le grain est un épillet important de deux glumes et deux glumelles recouvrant presque entièrement le caryopse. Les glumelles sont étroitement serties par les marges et enveloppent le grain.

- Le fruit est un caryopse ovoïde à péricarpe brillant, de couleur blanche à jaune ou rose, à pourpre lie - de - vin.

### **3- 1- 3 Classification de *Digitaria exilis* stapf selon le cycle végétatif (44)**

En se basant sur les caractères utilisés par les paysans notamment le cycle végétatif, les variétés de fonio ont été classées en quatre groupes:

- Le premier groupe, celui des variétés hâtives, concerne les variétés à cycle compris entre 90 et 110 jours.

- Ensuite vient le groupe des variétés mi - hâtives à cycle d'environ 120 jours.

- Les variétés mi - tardives qui ont un cycle autour de 135 jours, forment le troisième groupe.

- Le dernier groupe est constitué par les variétés tardives dont le cycle est d'environ 150 jours.

### **3- 1- 4 Ecologie et répartition géographique (41, 44)**

#### ***a - Le climat***

Le fonio se développe en zone tropicale sèche et humide avec une expansion en zone subéquatoriale. C'est une plante qui craint les fortes pluies. Seules les variétés tardives en Guinée reçoivent jusqu'à 3 000 mm durant leur cycle. La culture du fonio

s'arrête jusqu'à 500 mm de pluie par an en zone sèche.

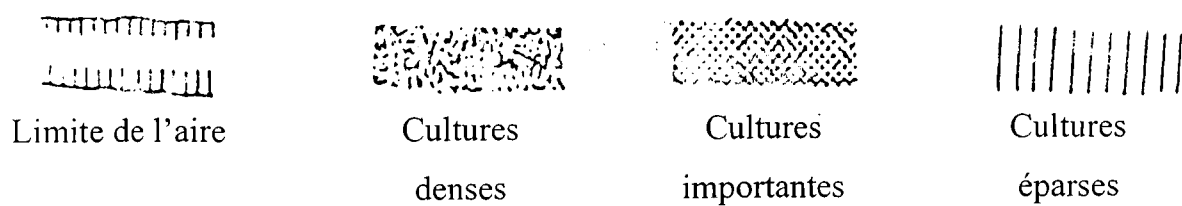
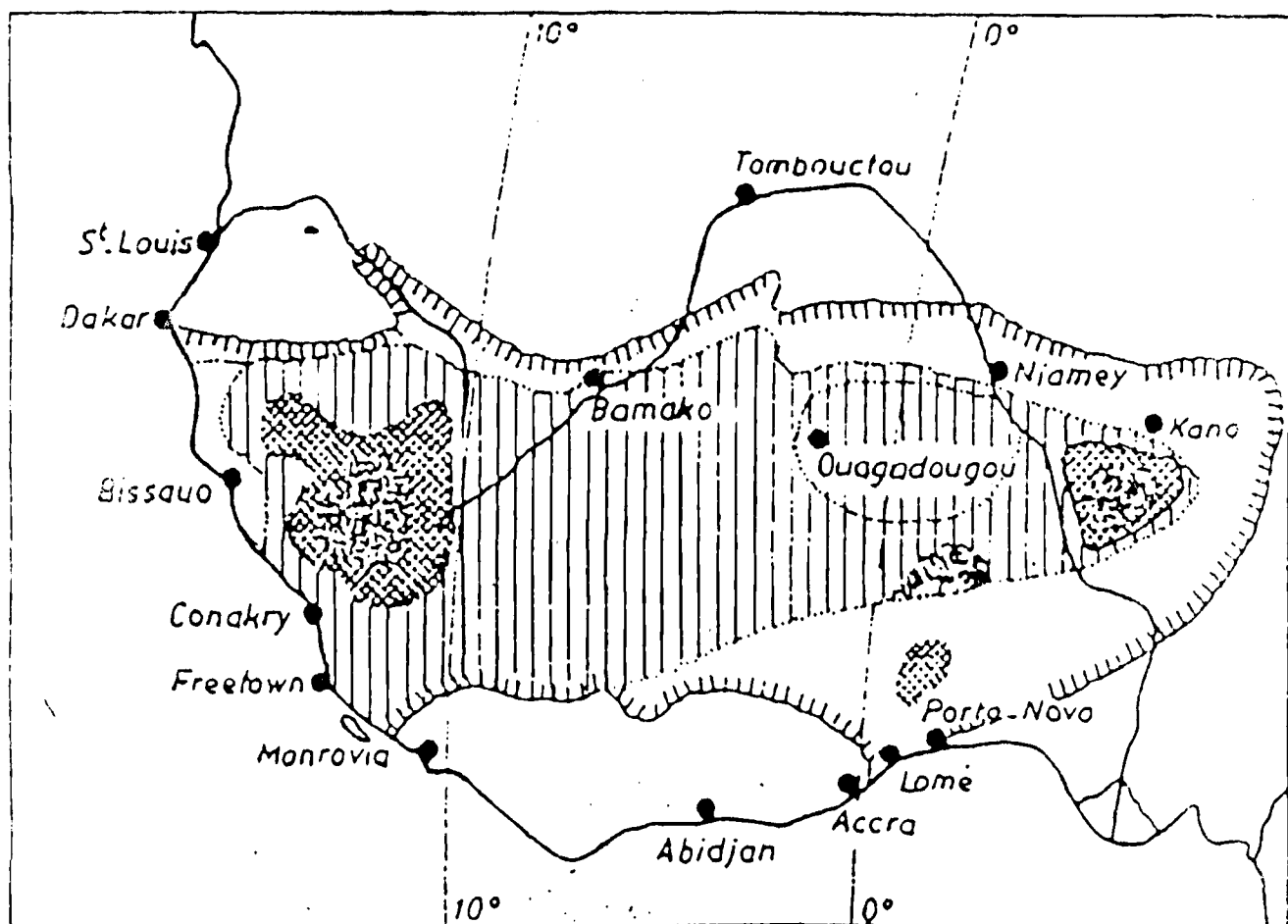
#### ***b- Le sol***

Le fonio se développe bien sur les sols légers (sableux, limoneux et caillouteux). Les sols lourds ne conviennent pas à sa culture. Les variétés tardives lorsqu'elles sont utilisées en sols riches donnent un rapport grain / paille trop faible. Les bons sols sont généralement occupés par les variétés hâtives tandis que les variétés tardives sont affectées aux sols moins fertiles.

#### ***c- La répartition géographique de la culture du fonio***

La figure 3 montre l'aire de répartition géographique du fonio en Afrique de l'ouest (41).

Au Burkina Faso, la culture du fonio se localise essentiellement dans sept provinces ( Comoé, Houet, Kénédougou, Kossi, Mouhoun, Sourou et Yatenga ).



**Figure 4:** distribution géographique du fonio en Afrique de l'ouest (Cissé, 1975)

### 3- 2 Valeur alimentaire du grain de fonio

#### 3-2- 1 La composition du grain de fonio

Selon PORTERES(39), les grains vêtus ( épillets ) sont constitués en moyenne de 64,55% d'amidon et de sucres, 11,99% d'eau, 7,59% de protéines brutes, 7,51% de cellulose, 3,33% de cendres (matières minérales) et 3,07% de matières grasses.

Lorsque les grains sont débarrassés de leurs glumes et glumelles, la composition devient 74,73% d'amidon et de sucres, 12,28% d'eau, 7,25% de protéines brutes et 1,83% de matières grasses.

HULSE, LAING, et PEARSON à partir de plusieurs sources nous donnent une synthèse sur la composition chimique du grain de fonio selon le tableau III.

PORTERES nous donne aussi la composition minérale et la valeur vitaminique selon le tableau IV. Selon lui la valeur calorique du caryopse nu est de 332 cal.

Tableau III : **Composition moyenne du grain entier puis décortiqué de *Digitaria exilis* à partir de huit échantillons.(18)**

| Matières         | g pour 100g de matières sèches |                         |
|------------------|--------------------------------|-------------------------|
|                  | Grain entier                   | Grain décortiqué        |
| Protéines brutes | 8,7<br>( 5,1 - 10,4 )          | 8,3<br>( 7,3 - 9,6 )    |
| Lipides          | 3,5<br>( 2,1 - 5,2 )           | 2,0<br>( 0,6 - 3,8 )    |
| Carbohydrates    | 73,6<br>( 62,7 - 80,0 )        | 85,1<br>( 82,2 - 87,3 ) |
| Fibres           | 8,5<br>( 4,6 - 11,3 )          | 1,8<br>( 0,4 - 2,9 )    |
| Cendres          | 3,8<br>( 1,8 - 6,0 )           | 1,8<br>( 0,5 - 4,4 )    |

**N.B:** les valeurs extrêmes sont entre parenthèses

Tableau IV : **Composition minérale et vitaminique du grain de fonio**

|                 | <b>Cendres</b> | <b>P</b>    | <b>Ca</b>   | <b>Fe</b>   | <b>Ca / P</b> | <b>Valeur B1</b> |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------------|
|                 | <b>( g )</b>   | <b>(mg)</b> | <b>(mg)</b> | <b>(mg)</b> |               | <b>(µg)</b>      |
| <b>Epillet</b>  | 4,1            | 180         | 40          | 45          | 0,28          | 200              |
| <b>Caryopse</b> | 1,2            | 63          | 20          | 10          | 0,31          | 70               |

Des études menées sur les céréales cultivées au Burkina Faso ont permis à SANOU (44) de faire une comparaison de ses analyses sur le fonio avec les autres céréales selon le tableau V.

Tableau V: **tableau comparatif de certaines teneurs du grain de fonio aux autres céréales cultivées au Burkina Faso.**

| <b>Teneur en % de</b> | <b>Fonio</b> | <b>Sorgho</b> | <b>Mil</b>  | <b>Maïs</b> | <b>Riz</b> |
|-----------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|------------|
| <b>matière sèche</b>  | <b>(1)</b>   |               |             |             |            |
| <b>Matières</b>       |              |               |             |             |            |
| <b>grasses</b>        | 2,83         | 2,5-5,1       | 3,00-4,60   | 4,71        | 2-2,45     |
| <b>Protéines</b>      | 10,90        | 8,9-16,6      | 11,61-19,62 | 10          | 8,67-9,54  |
| <b>Cellulose</b>      | 0,67         | 1,3-3,5       | 1,27-2,96   | 2,53        | 0,6-1,0    |
| <b>Cendres</b>        | 1,31         | 1,1-2,7       | 1,55-2,65   | 1,49        | 1,19-1,9   |

(1) moyennes des analyses du grain de fonio ( 1994 )

### **3- 2- 2 La composition de la farine de fonio (41, 44)**

L'analyse d'une farine première ( farine passant au tamis 110 ) et deuxième (farine passant au tamis 50 soit 60,5% du grain ) par JAVILLIER et CREMIEUX montre que plus des 3/4 de la farine sont formés d'amidon. On note aussi la présence de cellulose, de sucres réducteurs, de matières grasses, de matières azotées, de sels minéraux dont les proportions figurent au tableau VI.

La matière grasse est une huile jaune verdâtre qui possède une activité élevée (34% exprimée en acide oléique ).

Cette huile a un indice d'iode ( méthode HUBL ) de 102, un indice acétyle (méthode LEYS ) de 85.

Dans la farine 7% de l'azote sont solubles dans l'eau, 93% insolubles.

La teneur en lysine, élément le plus limitant dans les céréales, est de 163 mg/g d'azote total. Cette valeur représente 48% du taux de lysine requis par la FAO et l'OMS ( 340 mg/g d'azote total ) pour la nutrition humaine.

Ce taux de lysine dans les grains de fonio est plus élevé que chez le sorgho où 40% en moyenne des exigences de la FAO et l'OMS sont couvertes ( HULSE, LAING, and PEARSON, 1980 ). Les différentes teneurs des autres acides aminés sont fournies dans le tableau VII.

Le grain de fonio est particulièrement pauvre en tryptophane mais il est plus riche en méthionine que le sorgho et le millet.

Outre cela, sa balance en acides aminés est comparable à celle de ces deux céréales. Son excellent contenu en acides aminés soufrés ( Méthionine + Cystéine ) ferait du fonio un excellent complément de légumes et leur combinaison serait nutritionnellement remarquable.

Tableau VI: Composition du mélange de la farine première et deuxième d’après JAVILLIER et CREMIEUX (22)

| Matières         | g pour 100g de farine |       |
|------------------|-----------------------|-------|
|                  | Fraîche               | Sèche |
| Amidon           | 75,03                 | 84,75 |
| Cellulose        | 1,25                  | 1,41  |
| Sucre réducteur  | 0,94                  | 1,06  |
| Matières grasses | 2,78                  | 3,15  |
| Matières azotées | 7,21                  | 8,15  |
| Cendres          | 1,28                  | 1,45  |
| Eau              | 11,47                 | 0,00  |

Tableau VII : Composition \* en acides aminés du fonio

| Acides animés | mg/g de l'azote<br>total | mg/100g du grain<br>total | Rapport<br>leu / Ile |
|---------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| Ile           | 250                      | 315                       | 2,4                  |
| Leu           | 613                      | 772                       |                      |
| Lys           | 163                      | 205                       |                      |
| Met           | 350                      | 441                       |                      |
| Cys           | 175                      | 221                       |                      |
| Phe           | 319                      | 402                       |                      |
| Tyr           | 225                      | 284                       |                      |
| Thr           | 250                      | 315                       |                      |
| Trp           | 88                       | 111                       |                      |
| Val           | 363                      | 457                       |                      |
| Arg           | 238                      | 300                       |                      |
| His           | 131                      | 165                       |                      |
| Ala           | 563                      | 709                       |                      |
| Asp           | 406                      | 512                       |                      |
| Glu           | 1263                     | 1591                      |                      |
| Gly           | 200                      | 252                       |                      |
| Pro           | 444                      | 559                       |                      |
| Ser           | 319                      | 402                       |                      |

\* FAO ( 1970 )

### 3- 3 Utilisations du fonio

Le grain de fonio est utilisé de diverses manières (9, 12, 36, 40, 41). Il est utilisé dans les porridges et le couscous. Il est aussi utilisé pour faire de la tartine et préparer de la boisson alcoolisée. Il a été décrit comme un substitut semoule. Il peut être utilisé pour faire du spaghetti et autres pâtes.

Au Burkina Faso, on l'utilise pour préparer de la bouillie, du couscous, du tô mélangé avec les autres farines ( petit mil, sorgho, maïs ).

Au nord du Togo, les Lambas préparent une fameuse bière « chapalo » avec du fonio blanc.

Au sud Togo, les Akpasso, et Akebou préparent le fonio avec le haricot dans une assiette qui est réservée pour les occasions spéciales.

Le grain de fonio est digéré efficacement par le bétail, le mouton, la chèvre, l'âne et autres ruminants.

Il est une nourriture précieuse pour les animaux monogastriques notamment le porc, la volaille à cause de son haut contenu en méthionine.

La paille est aussi une nourriture pour les animaux; elle est un excellent fourrage et est souvent vendue dans le marché pour ces raisons.

La culture est quelque fois faite uniquement pour du foin. La paille coupée est mélangée à l'argile pour les constructions des maisons ou murs. Elle est aussi brûlée pour fournir du feu de préparation ou de la cendre de potasse.

Selon NACOULMA O. G. (33), le fonio possède des propriétés thérapeutiques d'où son utilisation en médecine traditionnelle au Burkina Faso. Les pratiques sont surtout avec les tiges, les feuilles et les graines. En effet, l'infusion des tiges feuillées s'utilise dans le météorisme intestinal avec constipation, contre les parasites intestinaux (ascaris), dans les dystocies et comme purgatif, carminatif, spasmolytique.

En usage externe, la cendre des tiges est utilisée comme cicatrisant et anti-inflammatoire dans les brûlures. La cendre des graines est utilisée comme anti-inflammatoire et antiseptique et celui des feuilles comme stimulant de la pousse des cheveux ( dans l'alopecie ) et des poils du pubis et enfin comme cicatrisant.

### **III- NOTRE ETUDE**

### **III-NOTRE ETUDE**

#### **1- OBJECTIFS**

##### **1- 1 Objectif général :**

- Déterminer l'intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques.**

##### **1- 2 Objectifs spécifiques :**

**1- 2- 1 Déterminer la composition chimique du grain de fonio.**

**1- 2- 2 Evaluer l'index glycémique du fonio.**

**1- 2- 3 Déterminer la cinétique de la glycémie post-prandiale chez des diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio.**

## **2- METHODOLOGIE**

### **2- 1 Cadre de l'étude**

Notre étude s'est déroulée dans:

- le département de technologie alimentaire du CNRST ( ex laboratoire de biochimie et de technologie alimentaire )
- le laboratoire de biochimie du CHN-YO
- les différents domiciles des diabétiques pour l'étude des variations de la glycémie post-prandiale.

#### **2- 1- 1 Département de technologie alimentaire ( DTA )**

Le département de technologie alimentaire est une structure d'exécution de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et de Technologie du CNRST.

Ce département s'occupe de la recherche en technologie alimentaire et du contrôle de la qualité des produits alimentaires.

Il comporte 3 sections:

- microbiologie
- biochimie
- physico-chimie

Les sections biochimique et physico-chimique ont abrité notre analyse biochimique du grain de fonio et la détermination du taux d'humidité et des sucres totaux dans le pain de mie (aliment de référence pour la détermination de l'index glycémique).

#### **2- 1- 2 Laboratoire de biochimie ( CHN-YO ).**

Il fait partie des laboratoires d'analyses biomédicales CHN-YO.

habilité dans le dosage et/ou la caractérisation des différents paramètres biochimiques dans les produits biologiques et/ou pathologiques (plasma, sérum, urines, liquide d'ascite, liquide pleural, liquide articulaire..) en appui au diagnostic clinique et suivi des traitements

Il a abrité le dosage de nos échantillons pour la détermination de la glycémie.

## **2- 2 Echantillons**

### **2- 2- 1 En vue de l'étude de l'index glycémique du fonio**

Pour étudier l'index glycémique du fonio, 10 volontaires ont pris part. Il s'agissait de:

\* 4 diabétiques non insulino-dépendants venant en consultation en médecine interne (CHN-YO):

. diabétique 1 soumis à un traitement de Glucophage Retard<sup>R</sup> ( un comprimé matin et soir ) et du Diamicron<sup>R</sup> ( un comprimé matin et soir ), âgé de 61 ans; diabète découvert depuis huit ans.

. diabétique 2 âgé de 31 ans; diabète découvert depuis un an, absence de traitement.

. diabétique 3 âgé de 44 ans; diabète découvert depuis neuf ans, absence de traitement médicamenteux.

. diabétique 4 soumis à un traitement de Glucophage Retard<sup>R</sup> ( un comprimé chaque soir ), âgé de 58 ans; diabète découvert depuis quatre ans.

\* 6 sujets non diabétiques d'âge compris entre 24 et 48 ans en bonne santé apparente après un contrôle préalable de la glycémie à jeun qui variait entre 4 et 5 mmol/l sur du plasma veineux par la méthode à la glucose oxydase (valeurs normales de la glycémie:3,85 à 5,85mmol/l ).

### **2- 2- 2 En vue de l'étude des variations de la glycémie post-**

#### **prandiale après la prise d'un repas standard à base de fonio.**

Pour l'appréciation de la glycémie post-prandiale, neuf diabétiques volontaires venant en consultation en médecine interne (CHN-YO) ont pris part à cette étude.

## **2- 3 Matériel**

### **2- 3- 1. Matériel végétal**

Le matériel végétal a été constitué par des grains de fonio (*Digitaria exilis* stapf) .

Les grains de fonio ont été sélectionnés à l'INERA ( Bobo Dioulasso ).

### **2- 3- 2. Aliment de référence pour la détermination de l'index glycémique**

L'aliment de référence utilisé a été du pain de mie fabriqué à la pâtisserie de Koulouba ( Ouagadougou ). Ce pain renferme de la farine de blé, du sucre pur de canne, de la levure, du sel, du beurre, un améliorant de panification et de l'eau.

### **2- 3- 3. Matériel de prélèvement et de recueil des prélèvements.**

Il se compose de:

- Seringues de 5 ml
- Coton cardé
- Garrot
- Tubes à hémolyse dans lesquels est introduite une pointe de spatule de fluorure de sodium comme anticoagulant.
- Vaccinostyles pour les prélèvements capillaires

### **2- 3- 4 Matériel d'analyse et réactifs:**

#### ***a- Matériel d'analyse.***

Il se compose de:

- Ballons
- Verrerie ( fiole, tubes à essai, bêcher, erlenmeyer...)
- Pipettes de 2, 5, 10 ml

- Burettes
- Creusets
- Nacelles
- Spectrophotomètres UV - visible PRIMC (  $350\text{nm} < \lambda < 900\text{nm}$  ).
- Bloc de minéralisation ( Kjeldatherm ) + Distillateur ( Vapodest )
- Balance analytique Methier AE 200
- Bain - Marie
- Centrifugeuse ( vitesse maximale 6000 t/mn )
- Dessiccateur
- Four
- Agitateur magnétique chauffant
- Etuve Memmert 230°C.
- Montage d'extraction au soxhlet.
- Lecteur GLUCOMETER
- Autopiqueur GLUCOLET: appareil avec embases et lancettes stériles
- Tissu absorbant ( type kleenex )

### ***b- Réactifs***

#### ***b1- Réactif pour le dosage de la glycémie plasmatique***

On distingue :

- le réactif de travail R1 constitué par un flacon d'enzymes à dissoudre dans 250ml d'eau distillée. Ce flacon d'enzymes renferme :
  - Tampon phosphate
  - Acide P-Hydroxybenzoïque
  - 4 amino-antipyrine
  - Glucose oxydase
  - Peroxydase
  - Stabilisants

- Le réactif R2 qui est de l'étalon glucose à la concentration de 1g/l soit 5,55mmol/l.

***b2- Réactifs pour le dosage des sucres totaux dans le fonio et le pain de mie:***

- Acide sulfurique à 60%
- Acide sulfurique à 30%
- Solution d'orcinol à 1,5% dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30% ( utilisable pendant 2 semaines s'il est maintenu à l'abri de la lumière et à la température du laboratoire ).

- D- glucose à 1 mg/ml
- Eau distillée.

***b3- Réactifs pour le dosage des protéines dans le fonio***

- Acide sulfurique concentré
- Soude en pastilles
- Indicateur Tecator
- Pastilles Kjeltabs
- Acide sulfurique 0,1 N.

***b4- Réactif pour l'extraction des matières grasses***

- Hexane

***b5- Réactif sur la bandelette réactive GLUCOFILM***

- 0,6% P/P glucose oxydase
- 0,4% P/P peroxydase
- 1,7% P/P tétraméthylbenzidine
- 97,3% P/P excipients

## **2- 4 Méthodes d'étude**

L'étude a porté sur la détermination de la composition chimique du grain de

fonio, le dosage des sucres totaux et du taux d'humidité du pain de mie et le dosage du glucose sur du plasma veineux pour l'étude de l'index glycémique du fonio puis les mesures de la glycémie post-prandiale à l'aide d'un glucomètre.

## **2- 4- 1 Détermination de la composition du grain de fonio (1, 8, 29,44)**

Cette étude a consisté en la détermination des teneurs en eau, cendres, protéines, matières grasses et sucres totaux du grain de fonio.

Les grains décortiqués manuellement ont été utilisés comme tels pour la détermination de la teneur en eau et en cendres.

Mais pour la détermination des teneurs en protéines, matières grasses et sucres totaux, les grains de fonio décortiqués ont été moulus au moulin dans l'enceinte du laboratoire.

### ***a - Détermination de la teneur en eau***

Les nacelles vides sont pesées et le poids vide (PV) est noté. Dans chaque nacelle est introduite une prise d'essai (PE) de 5 g de grains de fonio. Les essais effectués sont placés à 104°C à l'étuve pendant 4 heures.

Après l'étuvage, les nacelles sont placées dans un dessiccateur jusqu'à ce qu'elles atteignent la température ambiante. Le poids plein (PP) est ensuite déterminé par pesée.

La teneur en eau (% H<sub>2</sub>O) est calculée par la formule suivante:

$$\% H = \frac{(PV + PE) - PP}{PE} \times 100$$

### ***b- Détermination de la teneur en cendres***

Les creusets lavés et séchés sont pesés et le poids vide (PV) est noté. Dans chaque creuset est introduite une prise d'essai (PE) de 5 g de grains de fonio. Les essais effectués sont mis au four pendant toute une nuit entre 550 - 600°C.

Les creusets sortis du four sont refroidis dans un dessiccateur. Ils sont ensuite pesés et le poids plein (PP.) est noté.

Le calcul des pourcentages de cendres se fait par les formules suivantes:

$$\% \text{ Cendres} = \frac{(PP. - PV)}{PE} \times 100$$

$$\frac{\% \text{ Cendres}}{\text{matières sèches}} = \frac{\% \text{ Cendres}}{100 - \% \text{ H}_2\text{O}} \times 100$$

### ***c- Dosage des protéines dans le fonio***

#### ***c1- Mode opératoire***

##### **- Préparation de l'échantillon:**

Peser exactement 1 g de farine de fonio (PE) dans un tube de minéralisation. Ajouter ensuite 5 ml d'acide sulfurique concentré et une pincée de catalyseur Kjeltabs.

##### **- Minéralisation:**

Elle a lieu sur un bloc de minéralisation à température progressive: 90, 120, 150, ..., 400°C.

La minéralisation est terminée lorsque la solution est décolorée totalement. On continue la minéralisation 30 mn après la décoloration.

##### **- Distillation**

On dilue les minéralisats avec environ 50 ml d'eau distillée. On ajoute ensuite la lessive de soude à 40% jusqu'à ce que la solution devienne brune ( environ 50 ml de lessive de soude ).

On connecte immédiatement avec un bêcher ou un erlenmeyer contenant 5 ml d'indicateur coloré composé de vert de bromocrésol + rouge de méthyle + de l'acide borique. On distille jusqu'à 110 ml dans le bêcher ou dans l'erlenmeyer.

##### **- Titrage**

A l'aide d'une burette contenant une solution 0,1 N d'acide sulfurique ( T ), on titre le distillat jusqu'à virage de l'indicateur du vert au rouge. On note le volume du titrant (V1) nécessaire pour titrer l'échantillon.

#### ***c2- Calcul de la teneur en azote et en protéine***

$$\% \text{ N ( en azote ) } = \frac{14 \times 10^{-3} T \times (V1-V0)}{PE} \times 100$$

14 est le poids moléculaire de l'azote

V0 est le volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nécessaire pour titrer le blanc ( eau distillée)

$$\% \text{ en protéine } = \% \text{ N } \times 5,7$$

5,7 est le coefficient de conversion

$$\frac{\% \text{ en protéine}}{\text{matières sèches}} = \frac{\% \text{ N } \times 5,7}{100 - \% \text{H}_2\text{O}} \times 100$$

## ***d- Dosage des sucres totaux dans le fonio***

### ***d1- Principe***

Les liaisons glycosidiques des glucides ( neutres, libres ou conjugués ) subissent en présence de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré et à chaud une hydrolyse quantitative; les unités osidiques libérées ainsi que les oses libres sont déshydratés en dérivés furfuriques ( furfural et 5 hydroxy-methyl-furfural ) produits qui se condensent avec l'orcinol ( 3-5 dihydroxy-toluène) pour former un complexe brun-orangé d'absorbance au spectrophotomètre à 510 nm.

### ***d2- Mode opératoire***

- 0,2 g de farine de fonio est prélevé dans un bêcher. On ajoute 50 ml d'eau distillée.
- Le mélange est mis sous agitation magnétique pendant 10 mn.
- Le mélange est transvasé dans un fiole de 100 ml et on complète le volume avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, on chauffe au bain-marie bouillant pour obtenir un empois d'amidon.
- Dans un tube à essai, on introduit 1 ml d'homogénéisant et on ajoute 2 ml de réactif à l'orcinol et 7 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 60%.
- Après agitation, les tubes sont portés au bain-marie bouillant pendant 20 mn.
- Les tubes, sur un portoir, sont placés à l'obscurité pendant 45 mn puis à la température ambiante pendant 10 mn.
- Après avoir homogénéisé, on mesure l'absorbance à 510 nm au spectrophotomètre avec des cuves à usage unique.

### ***d3- Expression des résultats***

- On établit une courbe d'étalonnage à partir d'une solution mère de D-glucose à 1mg/ml.
- On utilise la courbe Etalon pour déterminer la teneur en sucres totaux ( en équivalent D-glucose % ).

$$\frac{\% \text{ sucres totaux}}{\text{matières sèches}} = \frac{\% \text{ sucres totaux}}{100 - \% \text{H}_2\text{O}} \times 100$$

#### ***e- Détermination de la teneur en matières grasses dans le fonio***

Le dosage des matières grasses a été fait après extraction à l'hexane par la méthode au soxhlet.

A partir d'une prise d'essai ( PE ) de 5g de fonio, on extrait les matières grasses à l'aide du dispositif soxhlet pendant deux heures trente minutes. Le solvant est ensuite évaporé avec un évaporateur rotatif. Le ballon contenant les matières grasses est débarrassé des traces de solvant après incubation à 103 °C à l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids (PP) constant. Le pourcentage en matières grasses est donné par les relations suivantes:

$$\begin{aligned} \text{- \% matières grasses} &= \frac{\text{PP} - \text{PV}}{\text{PE}} \times 100 \\ &= \frac{\% \text{ MG}}{100 - \% \text{H}_2\text{O}} \times 100 \end{aligned}$$

### **2- 4- 2 Détermination de la teneur en eau et en sucres totaux du pain de mie**

Le pain de Mie utilisé a été confectionné sur commande à la pâtisserie de Koulouba, et les analyses ont porté sur quatre échantillons de pain de mie.

#### ***a- Eléments constitutifs pour la confection de quatre pains de mie***

- Farine de froment type 45 : 1000 grammes
- Eau : 650 grammes
- Beurre pasteurisé : 50 grammes
- Sel de mer : 20 grammes
- Levure naturelle : 20 grammes
- Sucre pur de canne : 50 grammes
- Améliorant de panification: 5 grammes

### ***b- Préparation du pain de mie***

A partir de ces différents éléments constitutifs un mélange est effectué et la pâte obtenue est pesée proportionnellement à chaque moule. Après cuisson, le pâtissier livre à partir de ces éléments 4 pains de Mie d'un poids moyen de 340 grammes chacun.

### ***c- Détermination de la teneur en eau et en sucres totaux***

A partir de quatre échantillons de pain prélevés au hasard dans le lot, les teneurs en eau et sucres totaux ont été effectuées selon les mêmes méthodes ci-dessus citées, dans le cadre de l'analyse du fonio ( confère 4.1 ). Dans ce cas, on ne fait que remplacer le fonio par le pain de mie.

Le résultat obtenu en pourcentage de matières sèches a été ramené grâce au taux d'humidité en pourcentage de matières fraîches. Ce qui permet d'évaluer la quantité de pain de mie renfermant 50 grammes de glucides.

## **2- 4- 3 Etude de l'index glycémique du fonio (24, 31)**

L'étude a consisté en la détermination du rapport de l'aire sous la courbe (ASC) glycémique en réponse à l'ingestion de 50 g de glucides de fonio à l'aire sous la courbe glycémique avec 50 g de glucides du pain de mie.

La réponse glycémique est caractérisée par l'aire sous la courbe, intégration des glycémies sur 3 heures de temps.

### ***a- Protocole***

Soixante six grammes de grains de fonio décortiqués manuellement, renfermant en moyenne 50g de glucides sont pesés sur une balance analytique. Cette quantité est lavée et préparée sous forme de bouillie liquide.

Le matin, le sujet étant à jeun depuis 10 heures au moins, une glycémie de base est effectuée chez chaque sujet au temps zéro. La bouillie refroidie a été absorbée immédiatement en moins de 5 mn puis des prélèvements de sang ont été effectués toutes les 30 mn pendant 3 heures de temps. Pour ce qui concerne les prélèvements, les veines au niveau du pli du coude ont été le lieu d'élection de nos prélèvements.

➤ Au total sept échantillons de sang ont été prélevés et recueillis dans des tubes à

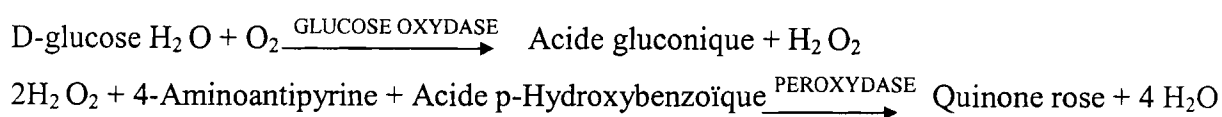
Au total sept échantillons de sang ont été prélevés et recueillis dans des tubes à hémolyse contenant une pointe de spatule de fluorure de sodium.

L'expérience a été conduite chez 4 diabétiques et 6 sujets non diabétiques.

La même expérience a été reconduite chez les mêmes personnes mais dans ce cas avec du pain de mie. A cet effet 110 g de pain de mie renfermant 50 g de glucides en moyenne ont été donnés à ces 4 diabétiques et 6 sujets non diabétiques à la place du fonio.

### ***b- Dosage de la glycémie plasmatique***

La détermination enzymatique du glucose se fait selon les réactions suivantes:



La glycémie est déterminée par spectrophotométrie UV-visible d'absorbance à 525 nm pour la quinone.

### ***c- Calcul de la surface sous la courbe et de l'index glycémique*** (confère II- généralités - index glycémique )

### ***d- Validation de la méthode d'étude de l'index glycémique:***

Dans la littérature, nous n'avons pas pu obtenir une valeur d'index glycémique du fonio. Pour ce faire, une étude d'index glycémique du riz blanc a été effectuée chez 4 des sujets volontaires non diabétiques de bonne santé apparente. Les résultats obtenus, en comparaison avec ceux de la littérature, nous permettaient de valider notre méthode d'étude d'index glycémique ainsi adoptée.

## **2- 4- 4 Etude de la cinétique de la glycémie post-prandiale chez des diabétiques après la prise d'un repas à base de fonio**

L'étude a consisté en la détermination de la glycémie sur du sang capillaire à l'aide d'un glucomètre chez les diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio.

### ***a- Protocole***

Chaque diabétique effectue à domicile la préparation de son repas à base de fonio. Pour l'uniformité de la prise alimentaire en fonction des besoins énergétiques quotidiens, le fonio a été préparé sous forme de couscous. Ce couscous ainsi obtenu a été consommé en le mélangeant avec quelques cuillerées de sauce légumes, claire ou tomate.

Chez chaque diabétique, une première glycémie capillaire à jeun a été effectuée au bout du doigt et ensuite les autres ont été réalisées toutes les trente minutes après le début de la consommation du repas. L'expérience a duré trois heures de temps. Au total sept glycémies capillaires ont été obtenues.

### ***b- Evaluation de la prise alimentaire***

Elle se fait après la détermination des besoins énergétiques de chaque individu de l'échantillon.

En effet, après avoir pris le poids et la taille de ces diabétiques, nous avons procédé à la détermination du poids idéal à partir de la formule de Lorentz qui est:

$$\text{poids théorique (kg)} = \text{taille (cm)} - 100 - \frac{\text{taille (cm)} - 150}{n}$$

n

avec n = 4 chez l'homme et 2 chez la femme

Ensuite, nous avons calculé le métabolisme de base (MB) de chaque individu de l'échantillon à partir des formules proposées par l'OMS (Annexe 1). Après l'obtention du métabolisme de base, le besoin journalier a été estimé en le multipliant par un coefficient qui dépend du sexe et de l'activité physique du sujet (Annexe 2). Les coefficients utilisés dans notre étude ont été de 1,55 pour les hommes et 1,56 pour les femmes car l'ensemble des patients soumis au test ont une activité physique qualifiée de légère(27).

Ainsi, les niveaux d'apport énergétique obtenus ont été de 1800 , 2000 , 2200 , 2600 Kcal chez les neuf diabétiques.

Enfin l'évaluation de la prise alimentaire a été effectuée en tenant compte de la part des glucides dans l'apport journalier estimé à 50% (3, 27) et de leur répartition

chez tous les diabétiques. Ainsi, nous avons obtenu des quantités de glucides égales à 45, 50, 55, 65g respectivement pour les niveaux d'apport énergétique 1800, 2000, 2200, 2600 Kcal.

Grâce à différents régimes antérieurement élaborés, nous avons pu évaluer la prise alimentaire sous forme de nombre de cuillerées à soupe.

### ***c- Détermination de la glycémie capillaire avec le glucomètre (GLUCOMETER)***

Le GLUCOMETER est un lecteur de la glycémie sur du sang total déposé sur une bandelette réactive. Son domaine de mesure est de 20 à 500 mg /dl (1,1 à 27,7 mmol/l).

#### ***c1- Principe chimique de la réaction:***

Le principe de la réaction de la bandelette GLUCOFILM repose sur l'action de deux enzymes: la glucose - oxydase et la peroxydase. La glucose - oxydase catalyse l'oxydation du glucose dans le sang en présence d'oxygène, produisant ainsi de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène. En présence du peroxydase, le peroxyde d'hydrogène oxyde la tétra-méthylbenzidine (forme réduite) produisant une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration du glucose.

#### ***c2- Recueil de l'échantillon de sang et préparation***

Le bout du doigt désinfecté avec de l'alcool est piqué à l'aide d'un glucolet. On fait affluer une grosse goutte de sang qui est déposée sur la totalité de la zone réactive. Après 40 secondes et au bip sonore de l'appareil, le sang est éliminé de la bandelette à l'aide du tissu absorbant. La zone réactive de celle-ci, colorée en bleue, est insérée immédiatement dans le guide-bandelettes et l'on referme immédiatement la chambre de lecture.

#### ***c3- Résultat:***

Le résultat du test s'affiche sur l'écran.

### 3- RESULTATS

#### 3- 1- Composition chimique du grain de fonio

Les analyses réalisées sur le grain de fonio au DTA à partir d'un échantillon de la collection Burkinabé de fonio a donné en moyenne les résultats qui sont consignés dans le tableau VIII.

Tableau VIII: **Composition chimique du grain de fonio**

| Matières         | g pour 100g du grain |       |
|------------------|----------------------|-------|
|                  | Frais                | Sec   |
| Sucres totaux    | 76,30                | 86,60 |
| protéines        | 7,40                 | 8,40  |
| Matières grasses | 2,75                 | 3,12  |
| Cendres          | 1,30                 | 1,47  |
| Eau              | 11,90                | 00    |

L'analyse montre que le grain de fonio est composé essentiellement de sucres totaux.

#### 3- 2- Teneur en eau et sucres totaux du pain de mie

Le dosage des sucres totaux et l'évaluation de la teneur en eau à partir de quatre échantillons du pain de mie ont donné les résultats qui sont consignés dans le tableau IX.

Tableau IX: **Teneur en eau et en sucres totaux du pain de mie**

| Pains | g pour 100g de pain de mie |               | Moyenne en<br>sucres totaux (%) | Ecart-type |
|-------|----------------------------|---------------|---------------------------------|------------|
|       | Eau                        | Sucres totaux |                                 |            |
| N°1   | 30,17                      | 47,21         | 45,44                           | 2,10       |
| N°2   | 34,20                      | 42,93         |                                 |            |
| N°3   | 38,40                      | 43,83         |                                 |            |
| N°4   | 32,80                      | 47,80         |                                 |            |

A partir de cette moyenne de 45,44 gramme pour 100 grammes de pain de

mie, la quantité de pain de mie ( M ) renfermant 50 grammes de glucides est:

$$M = \frac{50g \times 100g}{45,44g}$$

M est égale à 110,04 grammes de pain de mie.

**3-3 Index glycémique du fonio (aliment de référence: le pain de mie)**

**3-3- 1 Cas des sujets non diabétiques**

***a- Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio renfermant 50 grammes de glucides***

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez les six sujets non diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau X.

**Tableau X: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les sujets non diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio.**

| Temps<br>( mn ) | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sujet 1         | 4,48 | 7,40 | 5,41 | 4,48 | 4,87 | 4,91 | 4,22 |
| Sujet 2         | 4,42 | 5,39 | 5,03 | 5,22 | 5,35 | 5,07 | 4,66 |
| Sujet 3         | 4,18 | 6,25 | 5,48 | 5,52 | 4,22 | 3,90 | 3,70 |
| Sujet 4         | 4,16 | 5,32 | 5,55 | 4,10 | 5,12 | 4,80 | 3,91 |
| Sujet 5         | 4,35 | 5,84 | 5,24 | 5,11 | 5,36 | 5,61 | 4,25 |
| Sujet 6         | 4,13 | 7,14 | 6,93 | 5,78 | 4,18 | 3,60 | 3,44 |

L'étude montre que la prise orale de la bouillie de fonio entraîne une élévation de la glycémie avec un retour aux valeurs normales au bout d'une heure.

***b- Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après l'ingestion du pain de mie renfermant 50 grammes de glucides***

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez les six sujets non diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau XI.

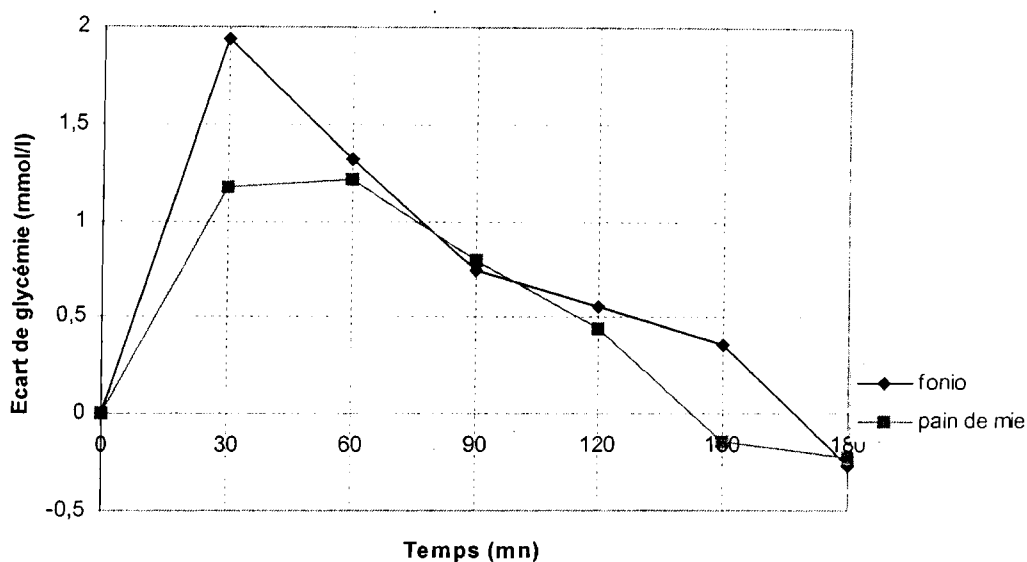
**Tableau XI: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les sujets non diabétiques à jeun et après l'ingestion du pain de mie.**

| Temps<br>( mn ) | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sujet 1         | 4,51 | 5,93 | 5,78 | 5,69 | 5,36 | 4,48 | 4,14 |
| Sujet 2         | 3,96 | 5,05 | 4,60 | 4,82 | 4,52 | 4,50 | 4,61 |
| Sujet 3         | 4,85 | 6,47 | 6,32 | 5,65 | 5,31 | 4,82 | 4,99 |
| Sujet 4         | 5,46 | 6,58 | 6,55 | 5,18 | 5,24 | 4,89 | 4,71 |
| Sujet 5         | 5,64 | 6,83 | 6,99 | 5,73 | 5,13 | 4,37 | 4,72 |
| Sujet 6         | 4,20 | 4,76 | 5,68 | 6,32 | 5,33 | 4,75 | 4,09 |

L'étude révèle que l'élévation de la glycémie se fait dans le même sens que précédemment avec un retour aux valeurs normales qui semble plus retardé (90°mn)

***c- Evolution au cours du temps des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ ( t = 0 )***

Le calcul des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ ( t = 0 ) avec le fonio et le pain de mie chez les six sujets non diabétiques nous a permis d'obtenir à la figure 5 la cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie.



**Figure 5:** Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ au cours du temps avec le fonio et le pain de mie chez les six sujets non diabétiques

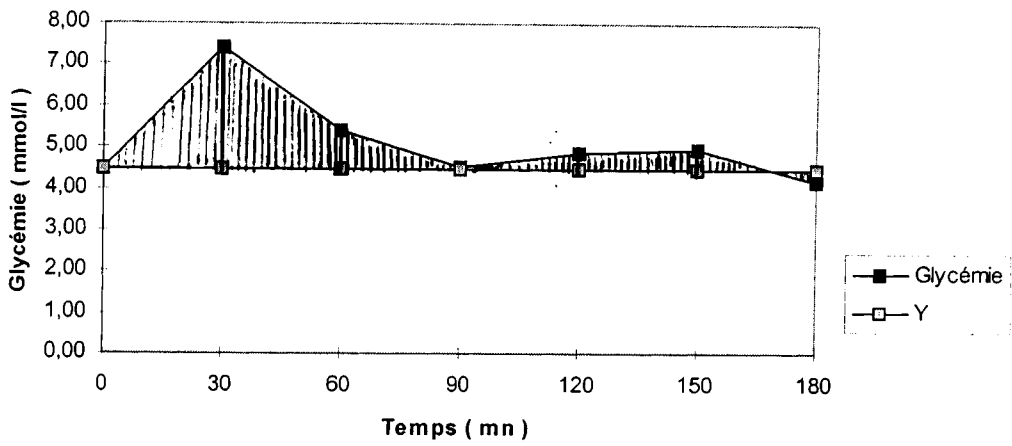
Ces résultats montrent que la cinétique du pain de mie est plus ralentie que celle de la bouillie du fonio.

***d- Estimation de l'aire sous la courbe et calcul de l'index glycémique chez les six sujets non diabétiques.***

L'estimation des aires sous la courbe chez les six sujets non diabétiques nous est donnée par les figures 6 à 17.

La partie hachurée représente l'aire sous la courbe incrémentale ou positive pour le calcul de l'index glycémique du fonio.

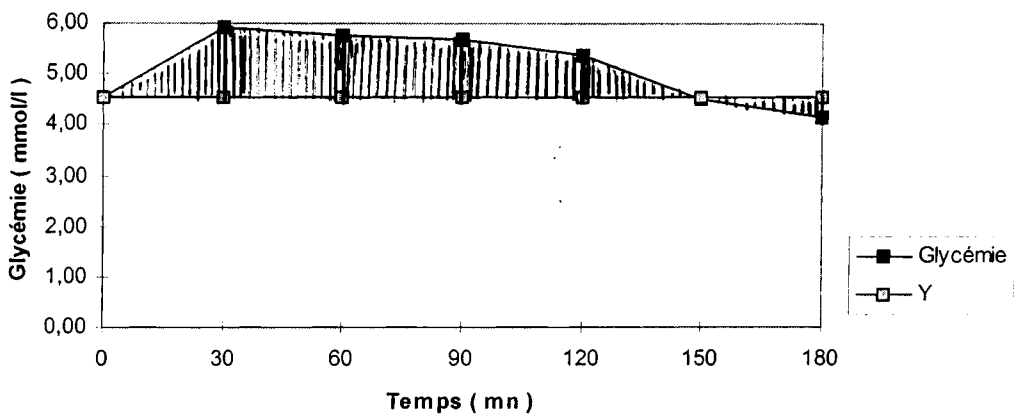
**- Sujet 1 non diabétique**



**Figure 6:** Aire sous la courbe chez le sujet 1 avec la bouillie de fonio

$$S1 = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S1 = 4,717 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 7:** Aire sous la courbe chez le sujet 1 avec le pain de mie

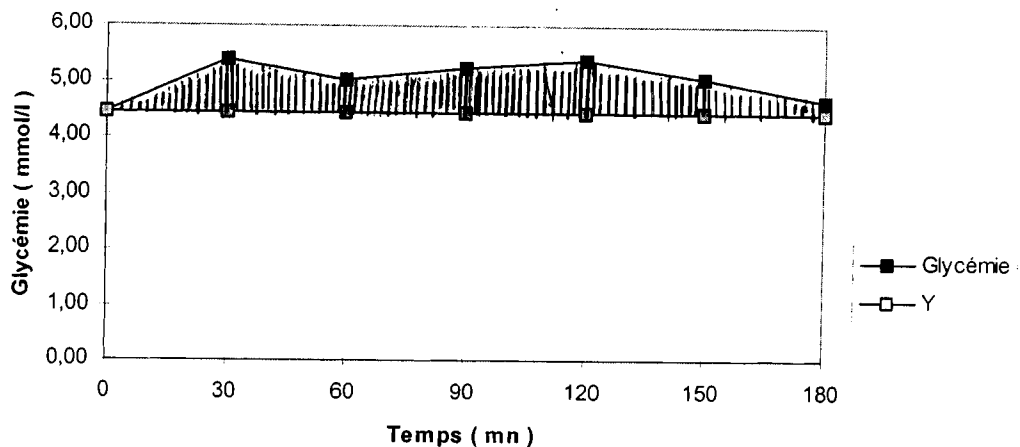
$$S1' = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S1' = 4,905 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique (IG)} = S1/S1' \times 100$$

$$\text{IG} = 96$$

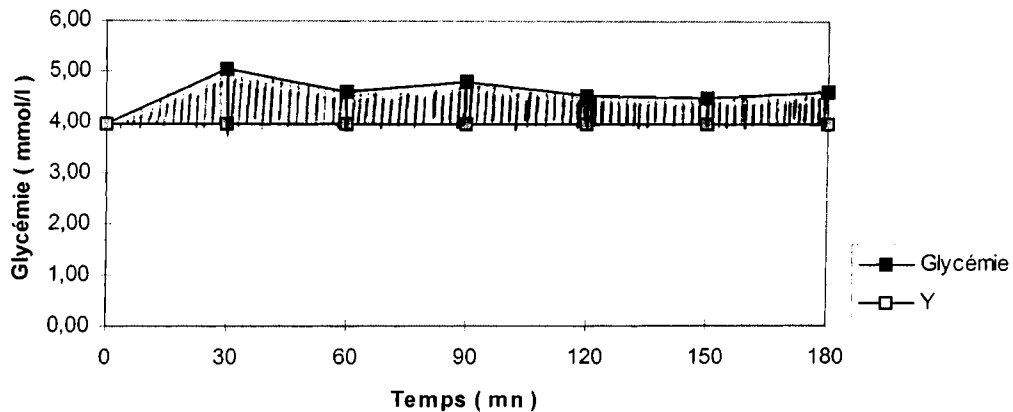
**- Sujet 2 non diabétique**



**Figure 8:** Aire sous la courbe chez le sujet 2 avec la bouillie de fonio

$$S2 = \text{ASCI}$$

$$S2 = 4,1 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 9:** Aire sous la courbe chez le sujet 2 avec le pain de mie

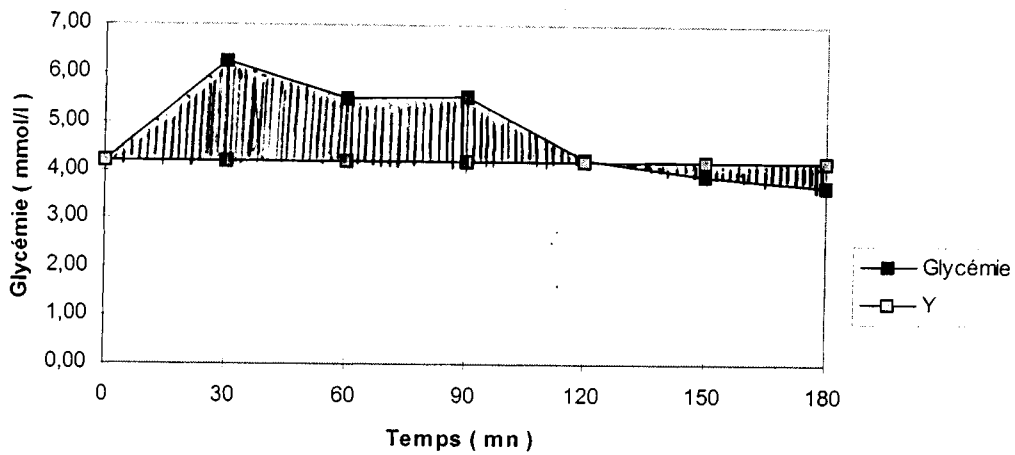
$$S2' = \text{ASCI}$$

$$S2' = 4,015 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique (IG)} = S2/S2' \times 100$$

$$\boxed{\text{IG} = 102}$$

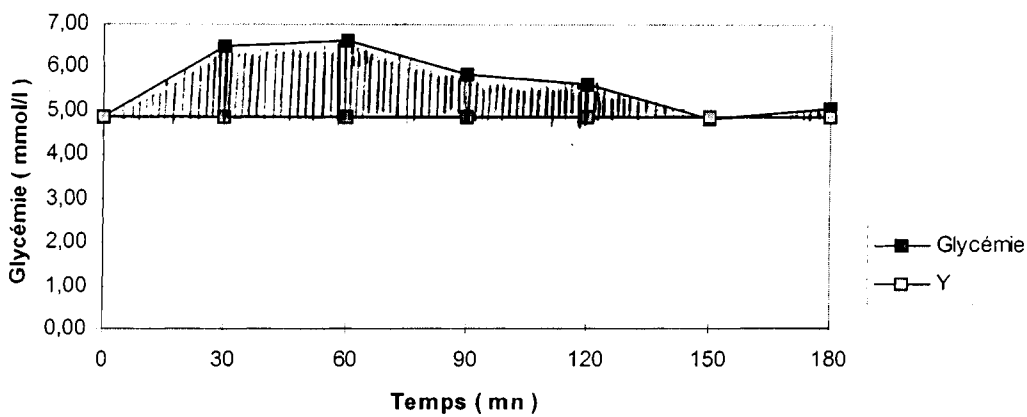
**- Sujet 3 non diabétique**



**Figure 10:** Aire sous la courbe chez le sujet 3 avec la bouillie de fonio

$$S3 = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S3 = 5,23 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 11:** Aire sous la courbe chez le sujet 3 avec le pain de mie

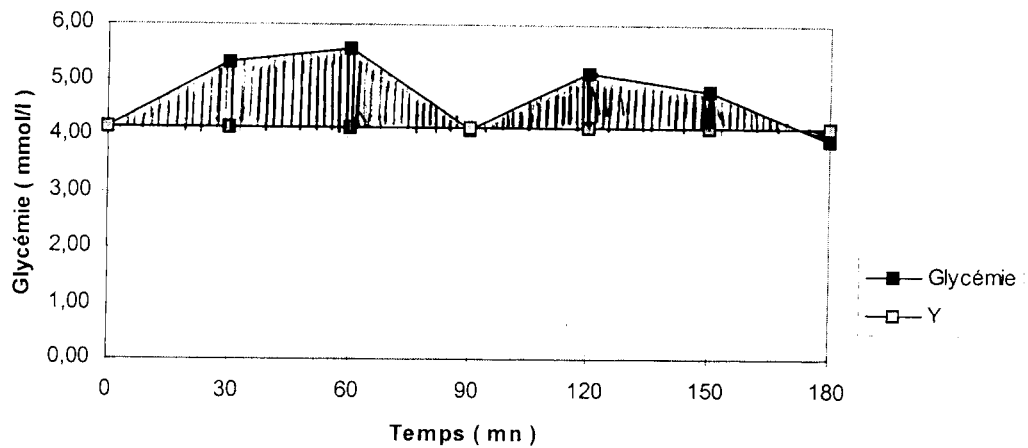
$$S3' = ASCi$$

$$S3' = 5,185 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique} = S3/S3' \times 100$$

$$\boxed{IG = 101}$$

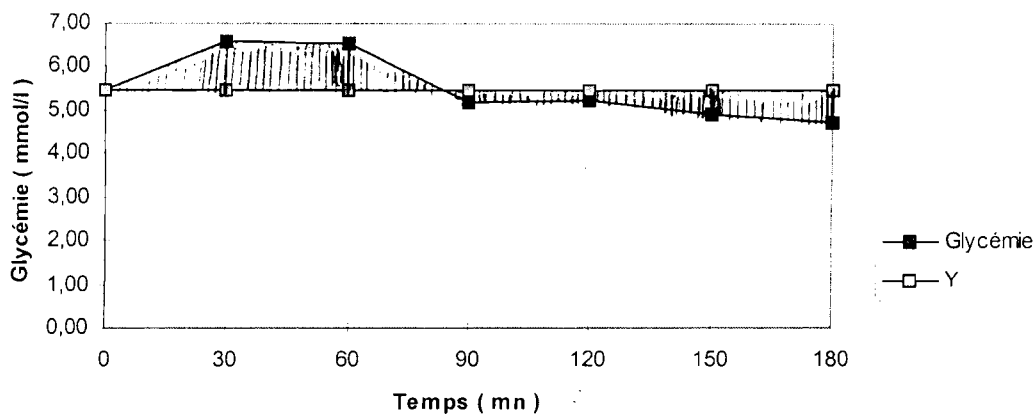
**- Sujet 4 non diabétique**



**Figure 12:** Aire sous la courbe chez le sujet 4 avec la bouillie de fonio

$$S4 = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S4 = 3,965 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 13:** Aire sous la courbe chez le sujet 4 avec le pain de mie

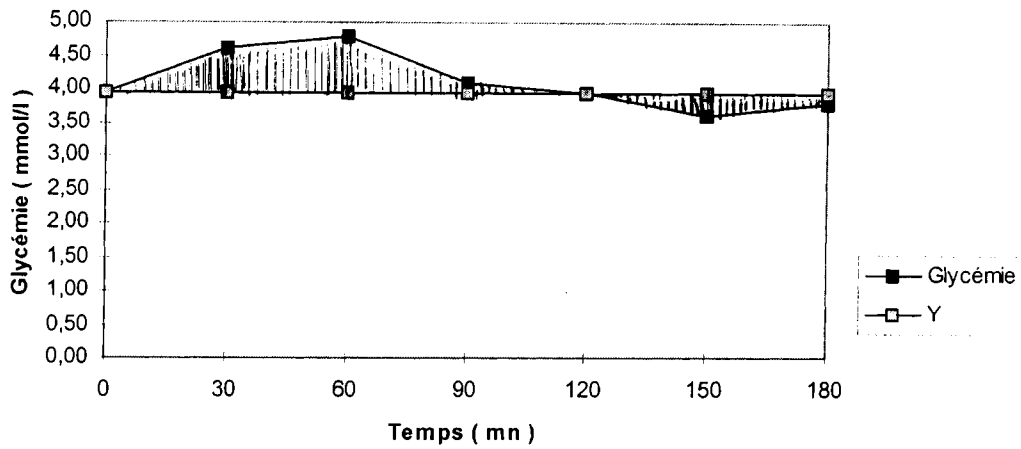
$$S4' = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S4' = 3,375 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique} = S4/S4' \times 100$$

$$\boxed{IG = 117}$$

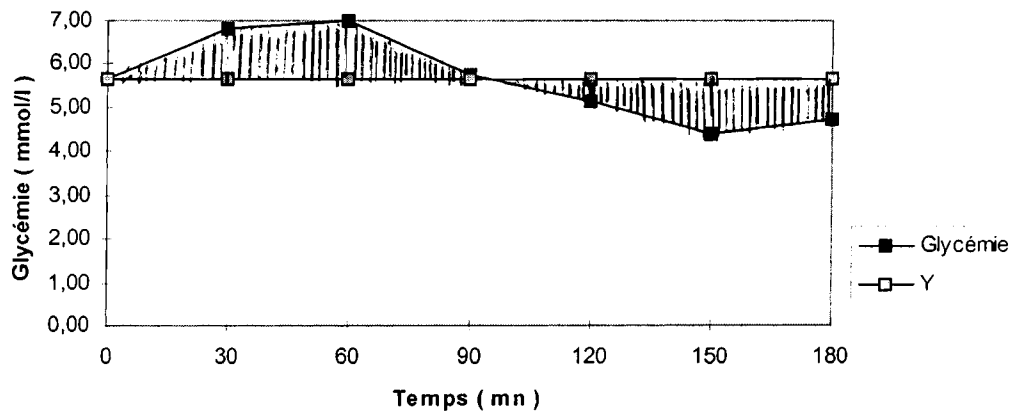
**- Sujet 5 non diabétique**



**Figure 14:** Aire sous la courbe chez le sujet 5 avec la bouillie de fonio

$$S5 = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S5 = 5,36 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 15:** Aire sous la courbe chez le sujet 5 avec le pain de mie

$$S5' = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S5' = 4,78 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique ( IG )} = S5/S5' \times 100$$

$$\boxed{IG = 112}$$

- Sujet 6 non diabétique

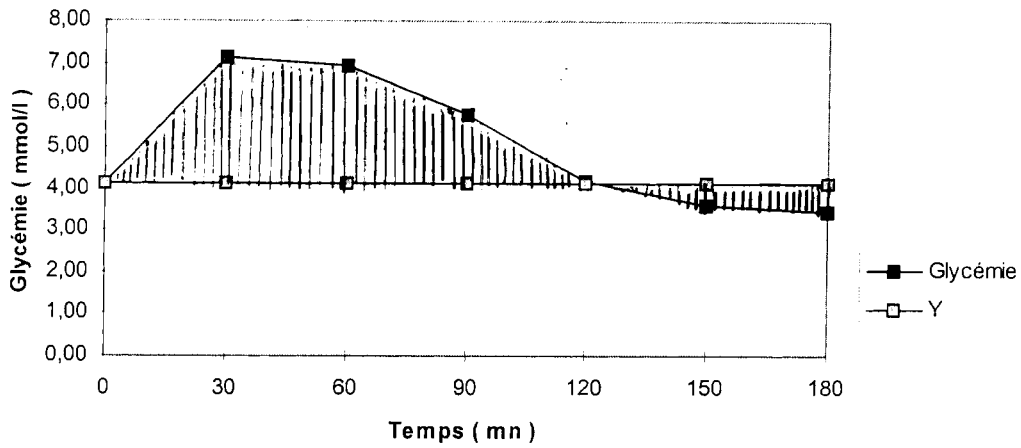


Figure 16: Aire sous la courbe chez le sujet 6 avec la bouillie de fonio

$$S6 = ASCi + \parallel \text{Aire négative} \parallel$$

$$S6 = 8,36 \times 3 \text{ mmol.mn/l}$$

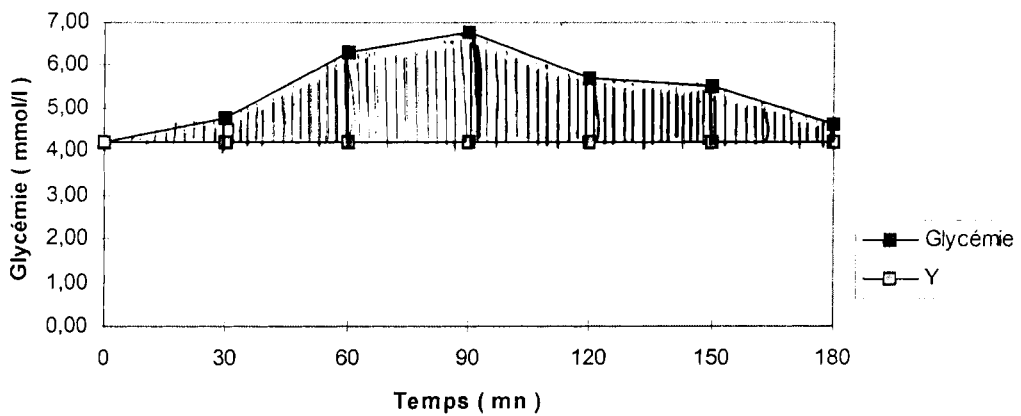


Figure 17: Aire sous la courbe chez le sujet 6 avec le pain de mie

$$S6' = ASCi$$

$$S6' = 8,25 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique ( IG )} = S6/S6' \times 100$$

$$\boxed{IG = 101}$$

Le récapitulatif des index glycémiques du fonio chez les six sujets nondiabétiques nous est donné par le tableau XII.

Tableau XII: **Récapitulatif des index glycémiques du fonio chez les six volontaires non diabétiques**

| Sujet                          | N°1 | N°2 | N°3 | N°4 | N°5 | N°6 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Index glycémique ( IG )</b> | 96  | 102 | 101 | 117 | 112 | 101 |

La moyenne des IG est de 105 et l'écart type est égal à 8.

### 3- 3 - 2 Cas des diabétiques

*a- Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio renfermant 50 grammes de glucides*

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez les quatre diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau XIII.

Tableau XIII: **Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de fonio.**

| Temps<br>( mn ) | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diabétique 1    | 5,73  | 9,58  | 11,57 | 10,89 | 9,43  | 8,15  | 6,92  |
| Diabétique 2    | 10,22 | 13,99 | 15,52 | 16,21 | 15,31 | 13,95 | 11,42 |
| Diabétique 3    | 14,4  | 16,86 | 17,72 | 17,96 | 16,24 | 16,50 | 14,80 |
| Diabétique 4    | 6,02  | 8,88  | 9,45  | 9,30  | 8,17  | 6,64  | 5,83  |

De ces résultats, il ressort que les diabétiques 2 et 3 étaient déséquilibrés au cours de l'étude.

***b- Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après l'ingestion du pain de mie renfermant 50 grammes de glucides***

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez les quatre diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau XIV.

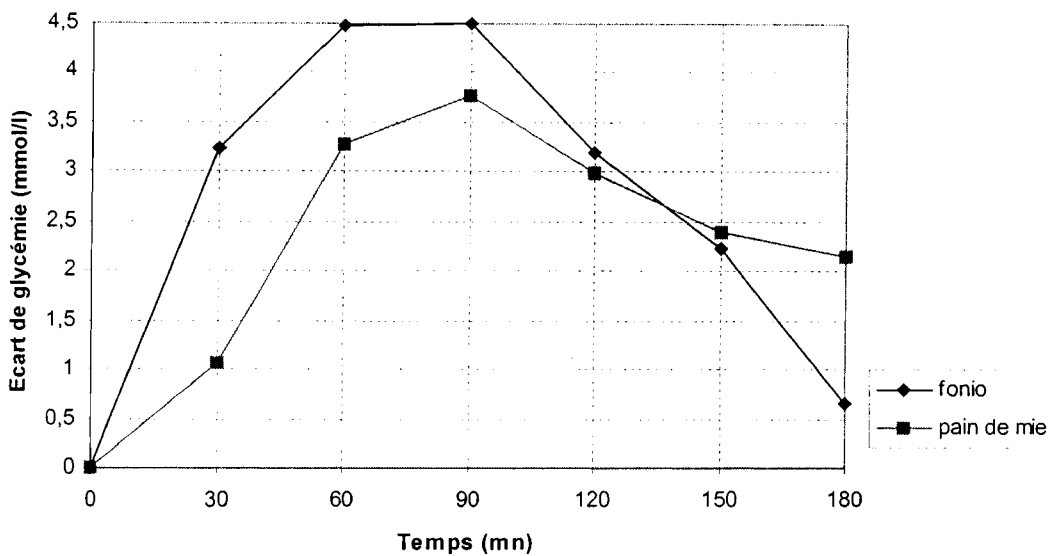
**Tableau XIV: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez les diabétiques à jeun et après l'ingestion du pain de mie.**

| Temps<br>( mn ) | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diabétique 1    | 11,11 | 12,35 | 15,72 | 16,53 | 15,44 | 16,15 | 15,14 |
| Diabétique 2    | 8,90  | 11,69 | 14,03 | 12,92 | 12,42 | 10,38 | 10,06 |
| Diabétique 3    | 14,36 | 14,52 | 16,78 | 17,19 | 16,66 | 15,32 | 15,94 |
| Diabétique 4    | 8,46  | 8,51  | 9,39  | 11,23 | 10,23 | 10,58 | 10,28 |

De ces résultats, il ressort que tous les diabétiques étaient déséquilibrés au cours de l'étude.

***c- Evolution au cours du temps des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ ( t = 0 )***

Le calcul des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ ( t = 0 ) avec le fonio et le pain de mie chez les quatre diabétiques nous a permis d'obtenir à la figure 18 la cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie.



**Figure 18:** Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ au cours du temps avec le fonio et le pain de mie chez les quatre diabétiques

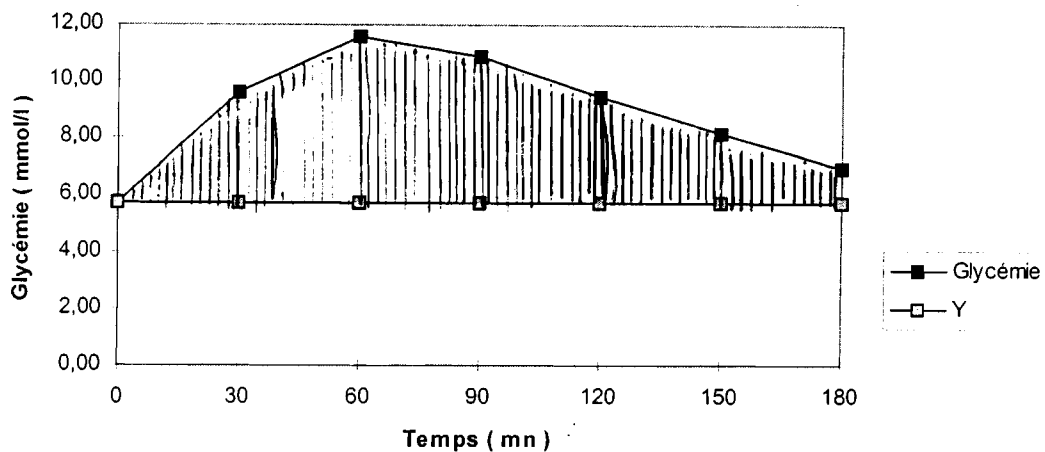
Cette cinétique nous révèle que la prise orale de la bouillie du fonio entraîne une élévation plus importante de la glycémie chez ces quatre diabétiques que l'ingestion du pain de mie.

***d- Estimation de l'aire sous la courbe et calcul de l'index glycémique chez les quatre diabétiques.***

L'estimation des aires sous la courbe chez les quatre diabétiques nous est donnée par les figures 19 à 26.

La partie hachurée représente l'aire sous la courbe incrémentale ou positive pour le calcul de l'index glycémique du fonio.

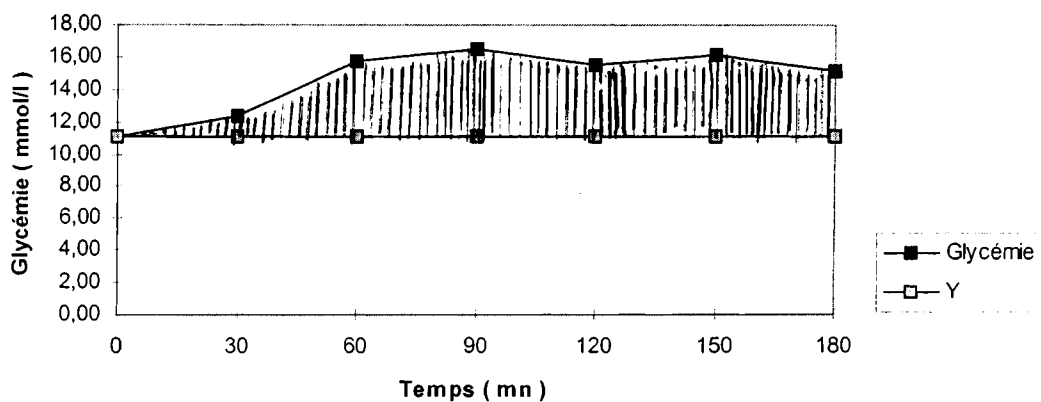
## - Diabétique 1



**Figure 19:** Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec la bouillie de fonio

$$D1 = \text{ASCI}$$

$$D1 = 21,605 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 20:** Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec le pain de mie

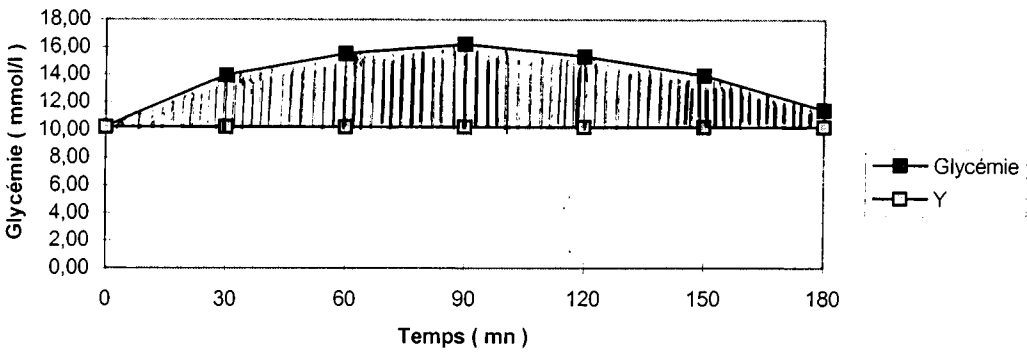
$$D1' = \text{ASCI}$$

$$D1' = 19,615 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique (IG)} = D1/D1' \times 100$$

$$\text{IG} = 110$$

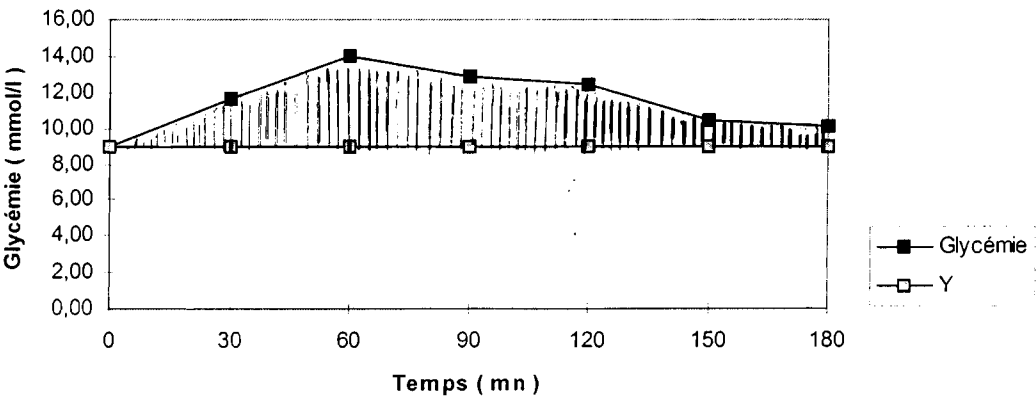
- Diabétique 2



**Figure 21:** Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec la bouillie de fonio

$D2 = \text{ASCI}$

$D2 = 24,48 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$



**Figure 22:** Aire sous la courbe chez le diabétique 2 avec le pain de mie

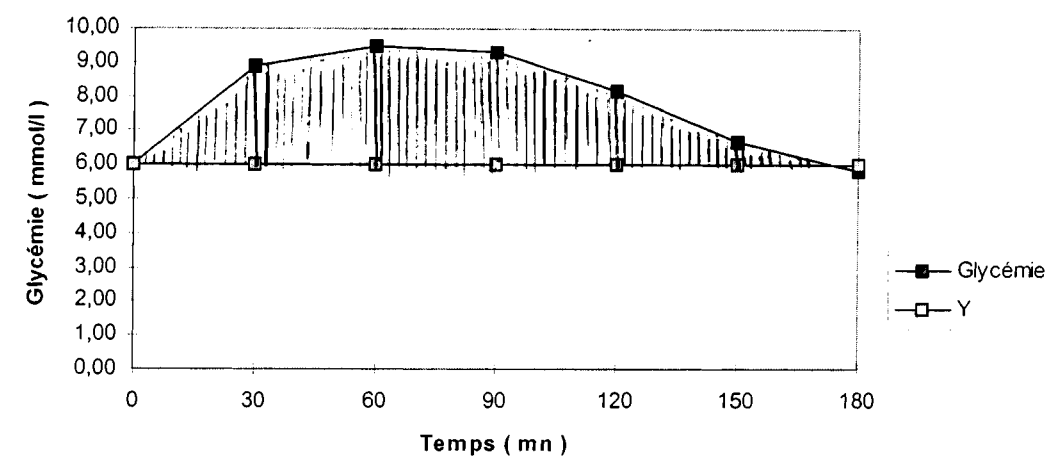
$D2' = \text{ASCI}$

$D2' = 17,52 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$

$\text{Index glycémique (IG)} = D2/D2' \times 100$

$\text{IG} = 140$

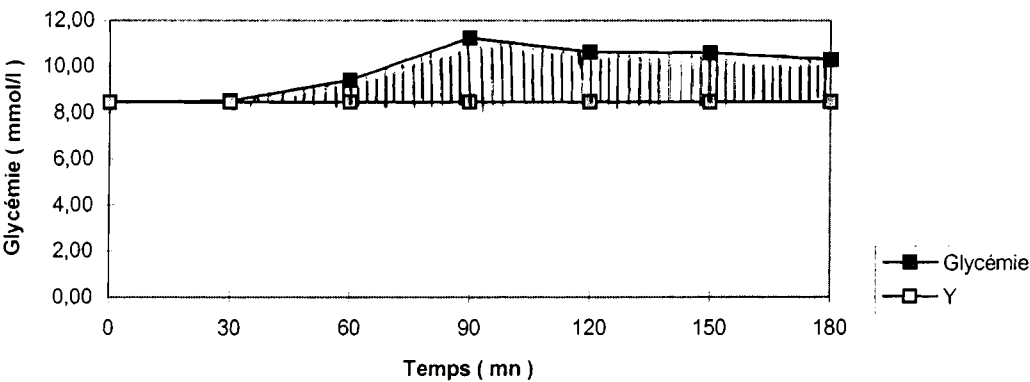
**- Diabétique 3**



**Figure 23:** Aire sous la courbe chez le diabétique 3 avec la bouillie de fonio

D3 = ASCi

D3 = 12,245 x 30 mmol.mn/l



**Figure 24:** Aire sous la courbe chez le diabétique 3 avec le pain de mie

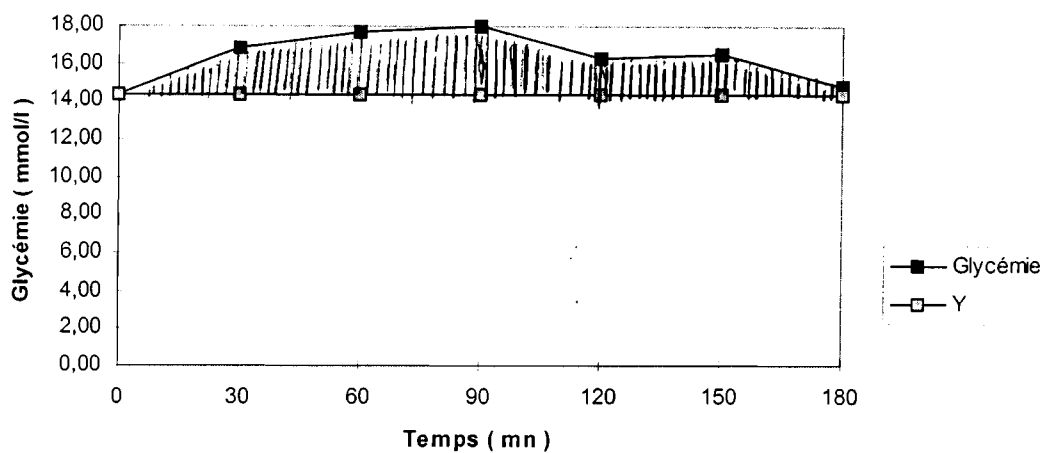
D3' = ASCi

D3' = 8,55 x 30 mmol.mn/l

Index glycémique ( IG ) = D3/D3' x 100

IG = 143

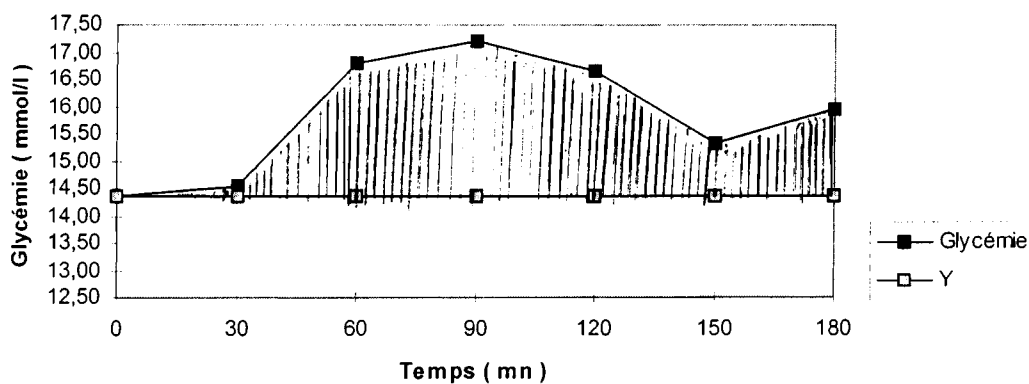
## - Diabétique 4



**Figure 25:** Aire sous la courbe chez le diabétique 4 avec la bouillie de fonio

$$D4 = \text{ASCI}$$

$$D4 = 13,48 \times 30 \text{ mmol.mn/l}$$



**Figure 26:** Aire sous la courbe chez le diabétique 4 avec le pain de mie

$$D4' = \text{ASCI}$$

$$D4' = 9,46 \times 3 \text{ mmol.mn/l}$$

$$\text{Index glycémique ( IG )} = D4/D4' \times 100$$

$$\boxed{\text{IG} = 142}$$

Le récapitulatif des index glycémiques du fonio nous est donné par le tableau XV.

Tableau XV: Récapitulatif des index glycémiques du fonio chez les quatre diabétiques

| Diabétique              | N°1 | N°2 | N°3 | N°4 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Index glycémique ( IG ) | 110 | 140 | 142 | 143 |

La moyenne des IG est de 134 et l'écart type est de 16.

3- 4 Index glycémique du riz (aliment de référence: le pain de mie )

3-4- 1 Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après la prise  
orale de la bouillie de riz renfermant 50 grammes de glucides

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez 4 sujets non diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau XVI.

Tableau XVI: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps chez 4 sujets non diabétiques à jeun et après la prise orale de la bouillie de riz.

| Temps<br>( mn ) | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sujet 1         | 4,59 | 5,76 | 4,00 | 4,69 | 5,31 | 4,69 | 4,74 |
| Sujet 2         | 5,73 | 6,95 | 6,13 | 4,72 | 5,58 | 5,31 | 4,76 |
| Sujet 3         | 4,32 | 5,40 | 5,52 | 5,12 | 4,83 | 4,98 | 4,62 |
| Sujet 4         | 4,73 | 6,12 | 7,32 | 6,20 | 5,66 | 5,82 | 4,79 |

### 3-4- 2 Résultats du dosage de la glycémie à jeun et après l'ingestion du pain de mie renfermant 50 grammes de glucides

Le dosage de la glycémie réalisé à partir des échantillons de sang veineux chez 4 sujets non diabétiques selon la méthode à la glucose oxydase a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau XVII.

Tableau XVII: Evolution de la glycémie en mmol/l au cours du temps et après l'ingestion du pain de mie.

| Temps<br>( mn ) | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sujet 1         | 3,96 | 5,05 | 4,60 | 4,82 | 4,52 | 4,50 | 4,61 |
| Sujet 2         | 4,85 | 6,47 | 6,32 | 5,65 | 5,31 | 4,82 | 4,99 |
| Sujet 3         | 5,64 | 6,83 | 6,99 | 5,73 | 5,13 | 4,37 | 4,72 |
| Sujet 4         | 4,20 | 4,76 | 5,68 | 6,32 | 5,33 | 4,75 | 4,09 |

Le récapitulatif des index glycémiques du riz chez les quatre sujets non diabétiques nous est donné par le tableau XVIII.

Tableau XVIII: Récapitulatif des index glycémiques du riz chez 4 sujets non diabétiques.

| Sujet                   | N°1 | N°2 | N°3 | N°4 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Index glycémique ( IG ) | 53  | 66  | 92  | 90  |

La moyenne des IG est de 75 et l'écart type est égale à 19.

### 3-5 Cinétique de la glycémie post-prandiale chez les neuf diabétiques après la prise du repas standard à base de fonio

La détermination de la glycémie capillaire à l'aide du glucomètre avec des bandelettes réactives GLUCOFILM chez les neuf diabétiques a donné les résultats consignés dans le tableau XIX et la figure 27.

Tableau XIX: liste des neuf diabétiques pour l'étude des variations de la glycémie post-prandiale en fonction du type de diabète et du traitement médicamenteux.

| Diabétique | Age(ans) | Type de diabète | Traitement médicamenteux                                                        |
|------------|----------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| N°1        | 31       | D.N.I.D         | Glucophage Retard <sup>R</sup> comprimé ( un comprimé 2 fois /jour)             |
| N°2        | 63       | D.N.I.D         | Glucophage Retard <sup>R</sup> comprimé ( un comprimé 2 fois /jour)             |
| N°3        | 64       | D.N.I.D         | Glucophage Retard <sup>R</sup> comprimé ( un comprimé 2 fois /jour)             |
| N°4        | 58       | D.N.I.D         | Glucophage Retard <sup>R</sup> comprimé (un comprimé chaque soir)               |
| N°5        | 42       | D.N.I.D         | Daonil <sup>R</sup> 5 mg comprimé ( ½ comprimé 3 fois par jour )                |
| N°6        | 36       | D.I.D           | insuline retard ( Insulatard <sup>R</sup> ) ( 17 UI le matin et 15 UI le soir ) |
| N°7        | 72       | D.I.D           | insuline retard ( Insulatard <sup>R</sup> ) ( 25 UI / jour chaque matin )       |
| N°8        | 48       | D.I.D           | insuline rapide ( Actrapid <sup>R</sup> ) ( 25 UI matin et soir )               |
| N°9        | 43       | D.N.I.D         | pas de traitement                                                               |

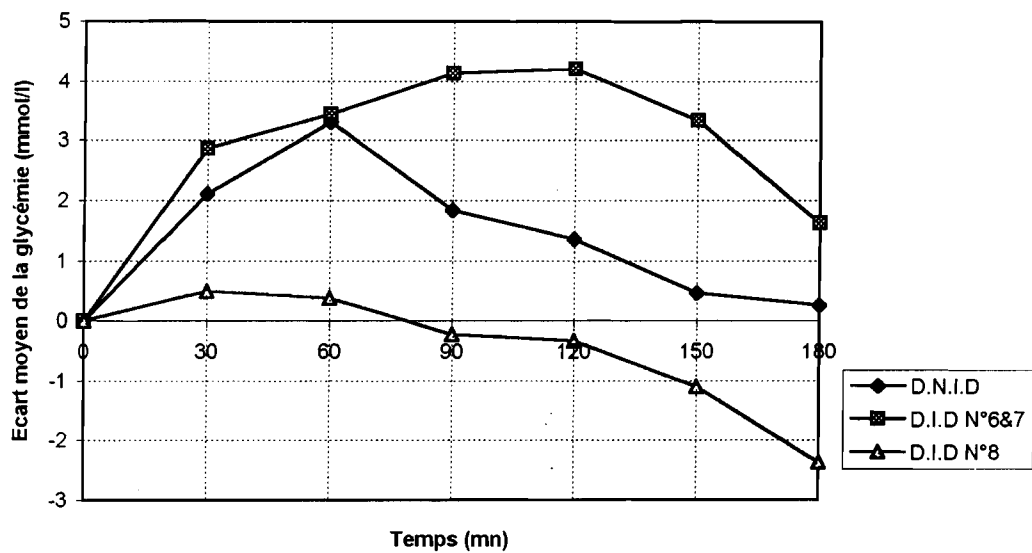
**Tableau XIX: Evolution de la glycémie post-prandiale en mmol/l chez les neuf diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio.**

| Temps ( mn ) | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 1            | 11,33 | 12,21 | 14,96 | 14,03 | 14,74 | 11,77 | 11    |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 2            | 9,35  | 11,28 | 11,77 | 10,16 | 9,35  | 8,25  | 7,10  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 3            | 7,76  | 10,84 | 10,51 | 10,67 | 10,12 | 9,19  | 9,85  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 4            | 8,58  | 10,12 | 10,12 | 9,57  | 8,25  | 9,46  | 9,19  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 5            | 4,88  | 8,49  | 12,43 | 7,78  | 8,82  | 9,49  | 8,77  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 6            | 5,78  | 9,24  | 8,75  | 9,79  | 9,90  | 7,48  | 4,90  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 7            | 11,11 | 13,37 | 15,08 | 15,36 | 15,40 | 16,06 | 15,24 |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 8            | 10,07 | 10,56 | 10,45 | 9,85  | 9,74  | 8,97  | 7,70  |
| Diabétique   |       |       |       |       |       |       |       |
| 9            | 9,35  | 11    | 11,33 | 10,01 | 8,14  | 5,89  | 6,93  |

Ces résultats montrent que :

- il existe des variations individuelles
- il y a toujours une augmentation de la glycémie avec le fonio
- le traitement médicamenteux influence l'évolution de la glycémie.

Le calcul des écarts de glycémie par rapport à la glycémie du départ (  $t = 0$  ) chez les neuf diabétiques après la prise orale du repas standard à base de fonio nous a donné à la figure 25 la cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de glycémie.



**Figure 26:** Cinétique de l'évolution de la moyenne des écarts de la glycémie post-prandiale par rapport à la glycémie à jeun chez les neuf diabétiques après la prise d'un repas standard à base de fonio.

- D.N.I.D: diabétiques non insulino-dépendants
- D.I.D N°6 et 7: diabétiques 6 et 7 insulino-dépendants traités par l'insuline retard
- D.I.D N°8: diabétique 8 insulino-dépendant traité par l'insuline rapide.

## **4- COMMENTAIRES ET DISCUSSION**

### **4- 1- Limites de notre étude.**

- Nous n'avons utilisé qu'un seul type culinaire en vue de la détermination de la glycémie post - prandiale après la prise du repas standard à base du fonio.

Il aurait été intéressant d'étudier les variations de la glycémie post - prandiale en fonction des différents types culinaires qui sont:

- la bouillie de fonio
- le fonio au gras
- le couscous de fonio
- le toh de fonio

Cette comparaison aurait permis d'avoir une idée plus précise sur l'impact de l'absorption du fonio sur la glycémie en fonction du type culinaire.

- Une autre limite a été représentée par l'insuffisance des travaux antérieurs sur l'index glycémique du fonio et sur l'intérêt du fonio chez le diabétique. En effet, malgré les certitudes ancrées dans la population, il ne nous a pas été possible d'obtenir des références de travaux véritablement consacrés à ce sujet limitant aussi notre discussion et comparaison avec d'autres résultats.

### **4- 2- Composition du grain de fonio.**

#### **4- 2 -1 Les glucides**

Notre étude sur la détermination de la composition du grain de fonio a donné une valeur en sucres totaux de 76,30% de la matière fraîche et 86,60% de la matière sèche. Cette valeur en matière sèche obtenue se situe dans la fourchette que nous donnent HULSE, LAING et PEARSON (18). Selon eux, le grain décortiqué renferme 82,20 à 87,30% de glucides si l'on considère la matière sèche soit une moyenne de 85,1%.

PORTERES (39) rapporte une proportion d'amidon et de sucres de 74,73% de

la matière fraîche.

En plus de cela, l'analyse d'une farine de fonio par JAVILLIER et CREMIEUX (22) a révélé la présence de sucres réducteurs et de cellulose aux proportions respectives de 0,94% et 1,25% de la matière fraîche.

Quant à SANOU (44), le grain décortiqué de fonio renfermerait pour la matière sèche 0,67% de cellulose avec pour extrêmes 0,48 et 0,87%.

Ces différentes études viennent réfuter la thèse de l'homme de la rue qui dit que le fonio ne renferme pas de sucres et par conséquent constituerait un aliment de choix pour l'alimentation des diabétiques.

Vu la proportion importante en amidons ( 75,03% de la matière fraîche ) que nous donnent JAVILLIER et CREMIEUX (22), nous sommes amenés à dire que l'effet hyperglycémiant du fonio dépend de la digestion de l'amidon, de l'absorption et du métabolisme de ses sucres simples obtenus dans l'organisme.

#### **4- 2- 2 Les protéines**

Il ressort de notre étude une proportion en protéines brutes égale à 8,40% de la matière sèche.

Cette valeur est inférieure à celle obtenue par SANOU qui est de 10,90% (44). Cependant, elle se situe dans la fourchette que nous donnent HULSE, LAING et PEARSON (18) qui est de 7,3 à 9,6%.

#### **4- 2- 3 Les matières grasses**

Notre analyse du grain de fonio a révélé une valeur en matières grasses de 3,12% de la matière sèche.

HULSE ,LAING et PEARSON (18) ont donné une fourchette de 2,75 à 3,13%.

SANOU (44) a obtenu à partir de ses analyses une moyenne de 2,83%.

Comparativement aux autres céréales, le pourcentage de matières grasses du grain de fonio décortiqué est plus élevé que celui du riz ( 2-2,45% ) mais il est inférieur à celui du maïs et se situe dans les fourchettes qui nous sont données pour le

mil et le sorgho par SANOU (44).

Ces différentes valeurs sur le pourcentage en matières grasses du grain de fonio décortiqué viennent contredire l'écrit de TRAORE dans SYFIA (52) qui dit que: « ..... le grain de fonio décortiqué ne contient pratiquement aucun lipide contrairement aux autres céréales dont le germe riche en corps gras ne disparaît jamais totalement au décorticage. Cette particularité fait du fonio un aliment recommandé pour les personnes atteintes d'obésité ou de diabète ».

#### **4- 2- 3 Valeur nutritionnelle du fonio**

Eu égard la composition sus mentionnée, on constate que le fonio est comparable aux autres céréales. Cependant on note quelques petites différences. C'est ainsi qu'en nous référant à la composition des autres céréales que nous ont donnée SANKALE et COLL. (43), nous remarquons que la proportion du grain de fonio en:

- glucides (76,3%) n'est pas trop différente de celles du riz paddy (76,4%), du maïs (75,6%), du sorgho (75,8%) exceptée celle du blé (71,8%).
- matières grasses (2,78%) est uniquement supérieure à celles du blé (1,8%) et du riz paddy (2%).
- protéines (7,21%) est supérieure seulement à celle du riz paddy (6,2%).

Pour ce qui concerne la composition en acides aminés, nous ne l'avons pas déterminée mais HULSE, LAING et PEARSON nous l'ont donnée au tableau VI. Selon MBAYE et NWASIKE à partir de leur écrit dans *Advances in small millets* (41), le grain de fonio est particulièrement pauvre en tryptophane même s'il est plus riche que le millet et le sorgho en méthionine. A part cela, sa balance en acides aminés est comparable à celles de ces deux céréales.

Pour d'autres le fonio est un aliment nourrissant à cause de sa teneur élevée de la graine en méthionine et cystéine, acides aminés vitaux pour la santé humaine et déficients dans les céréales majeures (blé, riz, maïs, sorgho, seigle). Cet excellent contenu en acides aminés soufrés ferait du fonio un excellent complément de légumes et leur combinaison serait nutritionnellement remarquable.

Cependant, selon la littérature, le fonio est aussi pauvre comme les autres

céréales en vitamines A et C qui doivent être apportées par des aliments de supplémentation tels que les fruits (goyaves, oranges, pamplemousses, bananes, pommes) et légumes (patates douces, carottes fraîches, persil, choux fleur, tomates, pommes de terre, petits pois).

**4- 3- Teneur en glucides du pain de mie**

La teneur en glucides était de 45,44% de la matière fraîche du pain de mie. Ce qui nous donne une portion de 110g de pain de mie pour 50g de glucides.

Dans la littérature nous n'avons pas trouvé la composition exacte du pain de mie utilisé comme référence par les différents auteurs pour la détermination des index glycémiques. Néanmoins JEAMBRUN (23) a donné dans le journal "Concours médical" des portions de certains aliments apportant 50g de glucides. C'est ainsi qu'il a donné pour le pain blanc ou complet une portion de 100g apportant 50g de glucides. Il ajoute cependant que ces portions mentionnées ne sont pas à prendre comme des équivalences en hydrates de carbone des aliments mais sont là pour permettre de quantifier la ration glucidique. L'idéal serait de disposer des tables d'équivalences physiologiques, c'est à dire des tables permettant de connaître les quantités d'aliments à ingérer pour obtenir un effet hyperglycémiant donné. Aussi le patient doit-il apprendre à choisir ses aliments et à planifier son alimentation de manière équilibrée et agréable pour lui, en pratiquant une autosurveillance de la glycémie.

**4- 4- Index glycémique du fonio (aliment de référence = le pain de mie**

IG = 100 )

**4- 4- 1 Cas des sujets non diabétiques**

L'étude effectuée chez les six (6) sujets volontaires non diabétiques nous a permis d'obtenir une moyenne en index glycémique de 105 avec des valeurs individuelles variant de 96 à 117.

En nous référant à la classification des aliments selon leur index glycémique avec le pain de mie comme aliment de référence établie par JENKINS et COLL.(26),

nous pourrions dire que le fonio fait partie du groupe d'aliments à index glycémique élevé (90-120 ) dans lequel on retrouve les céréales telles que le millet et le riz brun. Ainsi le fonio serait plus hyperglycémiant que le riz blanc, l'avoine, le maïs qui font partie du groupe d'aliments à index glycémique intermédiaire ( 70-90 ).

Par contre, il serait moins hyperglycémiant que les sucres tels que le maltose , le glucose et le miel qui font partie du groupe d'aliments à index glycémique très élevé (  $\geq 120$  )

Comme nous n'avons pas trouvé dans la littérature des données sur l'index glycémique du fonio, nous avons été obligés de déterminer celui du riz avec le même aliment de référence afin de pouvoir valider nos résultats. Ainsi, nous avons obtenu un index glycémique de 75 en moyenne avec des valeurs individuelles variant de 53 à 92. Cet index glycémique se situe bien dans la fourchette que nous donnent JENKINS et COLL. qui est de  $83 \pm 9$  avec des valeurs individuelles variant de 58 à 104 chez des volontaires normaux ( confert Annexe 5 ).

#### **4- 4- 2 Cas des diabétiques**

De l'étude de l'index glycémique du fonio chez les quatre diabétiques non insulino-dépendants, nous avons obtenu une moyenne de 134 avec des valeurs individuelles variant de 110 à 143.

Ces valeurs sont proches de certains sucres tels que le glucose ( 132-145 ) chez des volontaires normaux et diabétiques, le maltose ( 152 ) et le miel ( 126 ) chez des volontaires normaux, valeurs obtenues par JENKINS et COLL. (26).

Elles sont cependant supérieures à celles obtenues chez les volontaires non diabétiques de notre étude.

Cette différence pourrait s'expliquer par un certain nombre de facteurs pouvant influencer l'index glycémique. Parmi eux, nous pouvons noter:

- Le traitement médicamenteux qui était mis en place chez certains diabétiques.
- La glycémie de base qui était le plus souvent élevée au moment de l'étude chez ces diabétiques. En effet FLOCH et COLL. (31) ont montré que l'ASCi et l'ASCp ne sont liées de façon importante à la glycémie de base que si celle-ci reste proche des

valeurs normales. Mais elle ne l'est plus dès qu'elle s'approche du seuil rénal du sujet car la fuite urinaire du glucose perturbe considérablement les résultats. Il paraît donc indispensable d'étudier les index glycémiques à partir des glycémies de base proches de la normale ou au moins inférieures à 10 mmol/l (1,80g/l).

- les troubles de la sécrétion d'insuline
- les troubles de la sécrétion intestinale dus aux complications neurologiques à type de neuropathie végétative.

#### **4- 5- La cinétique de la glycémie post-prandiale après la prise d'un repas standard à base de fonio.**

La prise du repas à base de fonio entraîne toujours une élévation de la glycémie mais avec des variations individuelles. Ceci confirme de nouveau l'effet hyperglycémiant du fonio malgré un repas standardisé réputé apporter 20% des glucides de la ration calorique journalière. La consommation de fonio ne dispense donc pas d'un traitement médicamenteux et ne saurait suffir pour équilibrer un diabétique.

Nous avons aussi constaté que le traitement a une grande influence sur l'évolution de la glycémie.

Cette élévation de la glycémie est plus importante chez les diabétiques insulino-dépendants traités par l'insuline retard ( Insulatard ) que chez les diabétiques non insulino-dépendants. Cependant elle s'élève très peu chez le diabétique insulino-dépendant traité par l'insuline rapide ( Actrapid ). Ces résultats s'expliquent bien par l'action des différents médicaments utilisés. En effet, le début d'action est de quinze minutes pour l'Actrapid avec un maximum d'action deux heures après l'injection et d'une heure trente minutes pour l'Insulatard avec une efficacité maximale d'action comprise entre quatre et douze heures après l'injection. Pour ce qui concerne le Glucophage Retard, l'action hypoglycémiante apparaît deux à trois heures après la prise et persiste pendant huit à dix heures. (51)

Ces cinétiques révèlent chez le diabétique insulino-dépendant qu'il convient de rechercher une adéquation entre les prises alimentaires à base de fonio et l'action de

l'insuline. Pour ce faire, le patient doit prendre l'habitude de pratiquer des glycémies après ses repas pour adapter ses doses d'insuline.

Cela permettrait certainement à ces diabétiques de satisfaire les critères de JOSLIN et COLL. (50) qui disent que : "Le diabète est très bien contrôlé lorsque la glycosurie ne dépasse pas 5% de l'apport glucidique quotidien soit autour de 10g par 24 heures, lorsque les glycémies à jeun ou 3 à 4 heures après le repas précédent sont inférieures à 1,30g/l, lorsque le poids est stable ou lorsque la croissance se fait correctement, lorsque le diabétique se sent bien, qu'il n'a pas d'hypoglycémie ou rarement qu'il n'a pas de cétose et qu'il mène sa vie professionnelle normalement."

## **IV- CONCLUSION**

## **IV- CONCLUSION**

Cette étude a permis d'avoir une idée plus précise sur le fonio. Cette céréale qui, pendant longtemps dans notre pays, s'est fait passer pour un aliment mieux indiqué pour l'alimentation du diabétique se révèle être sur le même pied d'égalité que bien d'autres céréales.

C'est ainsi que cette approche sur l'intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques nous a permis de faire les constats suivants:

- le fonio renferme des sucres totaux aux 3/4 de matière fraîche.
- il a un effet hyperglycémiant faisant de lui un aliment à index glycémique élevé ( 90 à 120 )
- la prise d'un repas à base de fonio entraîne toujours une élévation de la glycémie; cette élévation étant corrigée par le traitement institué chez le diabétique.

Ces résultats contribuent à la valorisation de la diétothérapie en ce qui concerne le fonio. Ils constituent également des pré-réquis pouvant, grâce à des études comparatives avec les autres céréales, permettre d'élaborer des régimes alimentaires mieux adaptés aux diabétiques.

## **V- SUGGESTIONS**

## **V- SUGGESTIONS**

Au terme de notre étude, nous suggérons:

### **AUX AUTORITES POLITIQUES ET SANITAIRES**

La formation de diététiciens en vue d'assurer l'éducation diététique et l'établissement des régimes alimentaires adaptés aux diabétiques.

### **AUX ENSEIGNANTS ET CHERCHEURS**

- L'élaboration des régimes et des tables diététiques à base d'aliments locaux à mettre à la disposition des diabétiques.
- L'orientation de la recherche vers l'étude de la composition et de l'intérêt des aliments courants chez le diabétique.
- La formation des enseignants de nutrition

### **AU PERSONNEL MEDICAL**

L'éducation du diabétique pour une prise de conscience et l'adhésion aux différents régimes scientifiquement établis qui leur seront proposés et non aux régimes conseillés de bouche à oreille.

## **VI- BIBLIOGRAPHIE**

1. **AFNOR**  
Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Produits dérivés des fruits et légumes  
*3<sup>ème</sup> Ed., Edition La Défense, Paris, 1990, 360p.*
2. **AGBESSI D. S. H., DAMON M.**  
Manuel de nutrition africaine  
*ACCT / Edition Karthala, Paris, 1987, 311p.*
3. **APFELBAUM M., FORRAT C., NILLUS P.**  
Diététique et nutrition  
*2<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris, 1989, 473p.*
4. **ARROUSS B. M.**  
Un décortiqueur pour fonio  
*Système Francophone d'Information Agricole (SYFIA), 1994, 60, 23p.*
5. **BOULANGER P., POLINVSKI J., BISERTE G.**  
Biochimie médicale : métabolismes et régulation  
*Paris, 1981, 344p.*
6. **CRETE P.**  
Systématique des angiospermes  
*Précis de Botanique, Tome 3, 2<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris, 1965, 429p.*
7. **CUISINIER R. J. C., ETTÉ H., DUCORPS M.**  
Diabète sucré de l'adulte en zone tropicale : facteurs alimentaires et insulino  
sécrétion  
*Méd. et Nut. 1989, 1, 31-36*
8. **DENIE B., MUTTON J. L., SIMON D.**  
Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro- alimentaires :  
analyse de constituants alimentaires.  
*Paris, technique et documentation, 1981, vol.4, 432p.*
9. **DIALLO D. A.**  
Fonio : Une petite machine qui évite un gros travail  
*Système Francophone d'Information Agricole (SYFIA), 1997, 107, 33-34*
10. **DJOURNO M.**  
Diabète - actualité  
*Le Pharmacien de France, 1996, 16, 31-52*

11. **DURAND H., BICLET P.**  
Dictionnaires des examens biologiques et investigations paracliniques  
*3<sup>ème</sup> Ed., Edition Doin, Paris, 1991, 468p.*
12. **F.A.O.**  
Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine  
*F.A.O., Rome, 1995, 198p.*
13. **GANON M. C., NUTTALL, F. Q.**  
Factors affecting interprétation of post prandial glucose and insulin areas  
*Diabetes care, 1989, 10, 759-763*
14. **GAULTIER Y., CARITE R., RIO A.**  
Le diabète du sénégalais en milieu hospitalier. Etude de 178 cas.  
*Médecine d'Afrique Noire, 1979, 26 (12), 941- 948*
15. **GUIGNARD J. N.**  
Biochimie végétale  
*Edition Masson, Paris, 1996, 225p.*
16. **GUIGNARD J. L.**  
Botanique  
*7<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris, 1986, 259p.*
17. **HOLLENBECK C. B., COULSTON A. M., REAVEN G. M.**  
Glycemic effets of carbohydrates : a different perspective  
*Diabetes care, 1986, 9, 641-647*
18. **HULSE J. H., LANG E. M., PEARSON O. E.**  
Sorghum and millets; their composition and nutritive value  
*Academic Press, New York, 1980.- 997p.*
19. **JACQUES FELIX H.**  
Les graminées d'Afrique tropicale; Tome 1 : Généralités, classification, description des genres  
*IRAT, Paris, 1962, 345p.*
20. **J.A.M.A.**  
Le régime «idéal» du diabète insulino-dépendant  
*Journal of American Medical Association (J.A.M.A.), 1994, 19 (292), 11-16*
21. **JANNOT M. M.**  
Pharmacognosie spéciale; Tome 2 : Angiospermes monocotylédones, dicotylédones, apétales et dialypétales  
*Edition Masson, Paris, 1967, 511p.*

22. **JAVILLIER M et CREMIEUX**  
Etude biochimique sur les graines de fonio.  
*Bull. Accad. Agric., France*, n°31  
in **PORTERES R.**  
Les céréales mineures du genre *Digitaria* en Afrique et en Europe  
*Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, 1955, 2, 620-675
23. **JEAMBRUN P.**  
Nutrition: Régime du diabète sucré  
*Le concours médical*, 1996, 118 (31), 209-2099
24. **JENKINS D. J. A., WOLEVER T. M. S., JENKINS A. L. et coll.**  
The glycemic index of foods tested in diabetic patients : a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes  
*Diabetologia*, 1983, 23, 257-264
25. **JENKINS D. J. A., WOLEVER T. M. S., JENKINS A. L. et coll.**  
The glycemic response to carbohydrate foods  
*Lancet*, 1984, 388-391
26. **JENKINS D. J. A., WOLEVER T. M. S., TAYLOR R. H. et coll.**  
Glycemic index of food : A physiological basis for carbohydrate exchange  
*American Journal of Clinical Nutrition*, 1981, 34, 362-366
27. **KAMBOU J. L.**  
Contribution à l'étude de l'alimentation du diabétique dans le service de médecine interne du Centre Hospitalier National Yalgado Ouédraogo  
*Thèse de Médecine, Université de Ouagadougou*, 1997, n°14, 92p.
28. **KANKOUAN J.**  
Aspect épidémiologique, clinique et évolutif du diabète sucré dans le service de médecine interne du Centre Hospitalier National Yalgado Ouédraogo  
*Thèse de Médecine, Université de Ouagadougou*, 1996, n°3, 96p.
29. **LECOQ R.**  
Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles  
*2<sup>ème</sup> Ed., Edition Doin, Paris*, 1965, 2185p.
30. **LE FLOCH J. P., ESCUYER P., BAUDIN E. et coll.**  
Blood glucose area under the curve : methodological aspects  
*Diabetes care*, 1990, 13, 172-175
31. **LE FLOCH J. P., PERLEMUTER L.**  
Index glycémique des aliments  
*Presse médicale*, 1992, 21 (43), 2097-2103

32. **MONTEIRO B., GNINAFON M., AMOUSSOU K. J.**  
Contribution à l'étude épidémiologique du diabète sucré de l'adulte au centre hospitalier universitaire de Cotonou  
*Médecine d'Afrique Noire*, 1991, 38 (4), 263-269
33. **NACOULDMA / OUEDRAOGO O. G.**  
Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso : Cas du plateau central  
*Thèse FAST, Université de Ouagadougou*, 1996, 605p
34. **NIELSEN P. H., NIELSEN G. L.**  
Preprandial blood glucose values : Influence on glycemic response studies  
*American Journal of Clinical Nutrition*, 1989, 49, 1243-1246
35. **O.M.S.**  
La prévention du diabète sucré  
*O.M.S., Rapport d'un groupe d'étude*, 1994, n° 844, 133p
36. **OUATTARA S.**  
Le fonio, céréale en mutation  
*Système Francophone d'Information Agricole (SYFIA)*, 1994, 62, 13-14
37. **PAPOZ L., WILLIAMS R., FULLER J.**  
Le diabète en Europe  
*Inserm, Paris*, 1994, 334p.
38. **PERLEMUTER L., OBRASKA P., QUEVAUVILLIERS J.**  
Dictionnaire pratique de thérapeutique médicale  
*6<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris*, 1990, 1795p.
39. **PORTERES R.**  
Les céréales mineures du genre Digitaria en Afrique et en Europe  
*Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, 1955, 2, 620-675
40. **PURSEGLOVE J. W.**  
Tropical crops : Monocotyledons  
*Longman Group limited, London*, 1972, vol.1, 334p.
41. **RILEY K. W., GUPTA S. C., SEETHARAM A., MUSHONGA J. N.**  
Advances in small millets s.l.  
*Oxford & IBH Publishing CO*, 1993, 557p.
42. **SANKALE M., PERRIER - SCHEERM M., LAUTRE DE H.**  
Problèmes diététiques du diabète sucré à Dakar  
*Médecine d'Afrique Noire*, 1979, 26 (11), 839-852

43. **SANKALE M., SATGE P., TOURY J., VUYLSTEKE J.**  
Alimentation et pathologie nutritionnelle en Afrique noire  
*Edition Maloine, Paris, 1974, 289p.*
44. **SANOU J.**  
Evaluation de la variabilité au sein d'une collection de fonio (*Digitaria exilis* stapf.)  
*Mémoire d'Agronomie, IDR, Université de Ouagadougou, 1993, 78p.*
45. **SERGE B.**  
Biochimie clinique : Instruments et techniques de laboratoires. Diagnostics médico-chirurgicaux  
*2<sup>ème</sup> Ed., Edition Maloine, Paris, 1989, 383p.*
46. **SHAHEEN S. M., FLEMING S. E.**  
High fiber foods at breakfast : Influence on plasma glucose and insulin response to lunch  
*American Journal of Clinical Nutrition, 1987, 46, 804 - 811*
47. **SIEST G., HENNY J., SCHIELE F.**  
Interprétation des examens de laboratoire. Valeurs de référence et variations biologiques  
*Edition Karger, Paris, 1981, 18p.*
48. **SIKO A.**  
Prise en charge thérapeutique du diabète sucré de l'adulte à l'Hôpital Yalgado Ouédraogo : à propos de 65 cas  
*Thèse de Médecine Université de Ouagadougou, 1989, n°1, 88p.*
49. **SLAMA G.**  
L'alimentation du diabétique  
*Traité de diabetologie, Edition Pradel, Paris, 1990, 657-677*
50. **TCHOBROUTSKY G., GUY-GRAMP B.**  
Pathologie; Tome 1 : nutrition, métabolismes et diététique  
*2<sup>ème</sup> Ed., Edition Flammarion, Paris, 1979, 397p.*
51. **TOUITOU Y.**  
Pharmacologie  
*8<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris, 1997, 388p.*
52. **TRAORE, M.**  
Fonio, la petite céréale qui monte  
*SYFIA, 1994, 67, 27p.*

53. **VEI B.**  
Contribution à l'élaboration des régimes diététiques pour diabétiques.  
Identification et dosage de sucres simples dans les principaux aliments  
consommés en Côte d'Ivoire  
*Thèse de Pharmacie, Abidjan, 1988, n°38, 106p.*
54. **WEIL J. H.**  
Biochimie générale  
*7<sup>ème</sup> Ed., Edition Masson, Paris, 566p.*
55. **YOUMBI D. D.**  
Contribution à l'étude de l'alimentation du diabétique au Benin  
*Thèse de Médecine, Cotonou, 1995, n°653, 65p.*

## **VII-ANNEXES**

## VII- ANNEXES

### ANNEXE 1

**Tableau XXI:** Equations utilisées pour prévoir le métabolisme de base à partir du poids corporel (P)<sup>1</sup>

| Tranche d'âge (ans) | kcal <sub>th</sub> /jour | Coefficient de corrélation | s <sup>a</sup> | MJ / jour       | Coefficient de corrélation | s <sup>a</sup> |
|---------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|-----------------|----------------------------|----------------|
| <b>Hommes</b>       |                          |                            |                |                 |                            |                |
| 0 - 3               | 60,9 P - 54              | 0,97                       | 53             | 0,255 P - 0,226 | 0,97                       | 0,222          |
| 3 - 10              | 22,7 P + 495             | 0,86                       | 62             | 0,0949 P + 2,07 | 0,86                       | 0,259          |
| 10 - 18             | 17,5 P + 651             | 0,90                       | 100            | 0,0732 P + 2,72 | 0,90                       | 0,418          |
| 18 - 30             | 15,3 P + 679             | 0,65                       | 151            | 0,0640 P + 2,84 | 0,65                       | 0,632          |
| 30 - 60             | 11,6 P + 879             | 0,60                       | 164            | 0,0485 P + 2,67 | 0,60                       | 0,686          |
| > - 60              | 13,5 P + 487             | 0,79                       | 148            | 0,0565 P + 2,04 | 0,79                       | 0,619          |
| <b>Femmes</b>       |                          |                            |                |                 |                            |                |
| 0 - 3               | 61,0 P - 51              | 0,97                       | 61             | 0,255 P - 0,214 | 0,97                       | 0,255          |
| 3 - 10              | 22,5 P + 499             | 0,85                       | 63             | 0,0941 P + 2,09 | 0,85                       | 0,264          |
| 10 - 18             | 12,2 P + 746             | 0,75                       | 117            | 0,0510 P + 3,12 | 0,75                       | 0,489          |
| 18 - 30             | 14,7 P + 496             | 0,72                       | 121            | 0,0615 P + 2,08 | 0,72                       | 0,506          |
| 30 - 60             | 8,7 P + 829              | 0,70                       | 108            | 0,0364 P + 3,47 | 0,70                       | 0,452          |
| > - 60              | 10,5 P + 596             | 0,74                       | 108            | 0,0439 P + 2,49 | 0,74                       | 0,452          |

<sup>a</sup> Ecart-type de la différence entre MB effectif et MB estimatif prévu.

<sup>1</sup>  $P = \frac{T(\text{cm}) - 100 - \frac{T(\text{cm}) - 150}{n}}{n}$  ( Formule de lorentz)

**ANNEXE 2**

**Tableau XXII:** Besoins énergétiques quotidiens moyens ( exprimés sous forme d'un multiple du MB) pour des adultes exerçant une profession qui nécessite une activité légère, modérée ou intense.

| Sexe   | Légère | Modérée | Intense |
|--------|--------|---------|---------|
| Hommes | 1,55   | 1,78    | 2,10    |
| Femmes | 1,56   | 1,64    | 1,82    |

**ANNEXE 3**

**Tableau XXIII:** Répartition des glucides dans le nycthemère

|                                                                              | Avec collations | Sans collations |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Petit déjeuner                                                               | 20%             | 15%             |
| Collation                                                                    | 10%             |                 |
| Déjeuner                                                                     | 30%             | 55%             |
| Collation                                                                    | 10%             |                 |
| Dîner                                                                        | 30%             | 30%             |
| Collation à 22h en fonction du type d'insuline<br>et des horaires de travail |                 |                 |

#### ANNEXE 4

**Tableau XXIV:** Composition de quelques céréales cultivées en Afrique noire.(43)

|                          | <b>Blé</b> | <b>Riz Paddy</b> | <b>Maïs</b> | <b>Sorgho</b> | <b>Mil</b> |
|--------------------------|------------|------------------|-------------|---------------|------------|
| Eau ( g pour 100g )      | 12,6       | 10,3             | 11,1        | 10,3          | 9,9        |
| Protides                 | 12,7       | 6,2              | 8,5         | 9,4           | 9,4        |
| Lipides                  | 1,8        | 2,0              | 4,8         | 2,8           | 4,1        |
| Glucides                 | 71,8       | 76,4             | 75,6        | 75,8          | 74,9       |
| Calcium ( mg pour 100g ) | 36         | 27               | 14          | 19            | 26         |
| Fer                      | 4          | 7,6              | 3,4         | 4             | 4          |
| Thiamine                 | 0,35       | 0,34             | 0,31        | 0,35          | 0,29       |
| Riboflavine              | 0,12       | 0,05             | 0,11        | 0,11          | 0,13       |
| Niacine                  | 3,6        | 5,8              | 2,7         | 3,4           | 1,7        |
| Calories pour 100g       | 332        | 353              | 359         | 344           | 351        |

Lu et Approuvé

Lu et Approuvé

Le Directeur de Thèse

Le Président du Jury

Le Doyen

# UNIVERSITÉ DE OUAGADOUGOU



## FACULTÉ DES SCIENCES DE LA SANTÉ

### *SERMENT DE GALIEN*

*Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :*

*D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;*

*D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;*

*De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine,*

*En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*

**BAMA Jean: "intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques"**

**Thèse de Pharmacie N°57, FSS/UO, Ouagadougou, 1999; 79 p**

**Adresse: 01 BP 1319 Ouagadougou 01 (Burkina Faso)**

### **RESUME**

Il s'agit d'une étude portant sur l'intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques. L'objectif de notre travail était de déterminer la composition du grain de fonio, d'étudier son index glycémique et les variations de la glycémie post-prandiale après la prise d'un repas à base de fonio.

L'étude sur la détermination de la composition du grain de fonio décortiqué a permis d'obtenir en gramme pour cent grammes de matière fraîche les teneurs suivantes: 76,30 pour les sucres totaux, 7,40 pour les matières azotées, 2,75 pour les matières grasses, 1,30 pour les cendres et 11,90 pour l'eau.

L'étude de l'index glycémique (IG) du fonio avec le pain de mie comme aliment de référence chez six sujets non diabétiques nous a permis d'obtenir une valeur moyenne en IG de 104 avec des valeurs individuelles variant de 96 à 112.

Ce résultat fait du fonio un aliment à index glycémique élevé ( 90 à 120).

De même, l'étude des variations de la glycémie post-prandiale chez neuf diabétiques sous traitement a révélé un effet hyperglycémiant du fonio qui est cependant corrigé par le traitement institué.

**Mots clés: Diabète sucré - régime - fonio - index glycémique.**