



## Index et charge glycémiques du blé, du maïs, du sorgho, du mil et du fonio consommés en Côte d'Ivoire

\*Robet E. J., Koffi Kouamé P., KONAN Béhiblo N. B., Amoikon K. E.

Laboratoire de Biologie et Santé, UFR, Université Felix HOUPHOUËT-BOIGNY, BP 582 Abidjan 22 (Côte d'Ivoire)

\*Auteur correspondant : Cell : (225) 57 91 60 28 ; E-mail : [millierobet@gmail.com](mailto:millierobet@gmail.com)

Date of Submission 7/9/2021; Date of Acceptance 30/10/2021; Date of Publication 30/11/2021 online at [www.m.elewa.org/journals/](http://www.m.elewa.org/journals/) <https://doi.org/10.35759/JABs.167.5>

### RESUME

*Objectif* : Cette étude a consisté à déterminer l'index et la charge glycémiques de cinq céréales couramment consommées en Côte d'Ivoire, chez le rat.

*Méthodologie et Résultats* : Ce sont cinq aliments tests préparés avec de la farine de céréales. L'index glycémique a été réalisé en prenant le glucose comme aliment de référence. L'index glycémique des aliments tests varie entre  $35,26 \pm 6,69$  et  $54,29 \pm 24,55$  et la charge glycémique entre  $24,50 \pm 4,65$  et  $39,91 \pm 18,04$ . Tous ces aliments testés sont classés dans la catégorie des aliments à index glycémique faible et à charge glycémique élevée.

*Conclusions et application des résultats* : L'étude des paramètres glycémiques montrent que, les farines de blé, de maïs, de sorgho, de mil et de fonio sont classées parmi les aliments à index glycémique faible et à charge glycémique élevée. La nature de l'amidon et le traitement thermique de ces céréales influencent considérablement les valeurs de ces paramètres glycémiques. Ainsi, le sorgho présente l'index glycémique et la charge glycémique les plus élevés en raison de sa plus faible température de début de gélatinisation. Le blé et le maïs, par contre, ont des index glycémiques et des charges glycémiques plus faibles que ceux des autres céréales. La consommation de ces céréales pourrait être bénéfique et n'entraîner aucun trouble sur le métabolisme glucidique normal d'un individu à conditions qu'elles soient consommées de façon modérée en raison de leur charge glycémique élevée.

**Mots clés** : Céréales, index glycémique, charge glycémique, métabolisme glucidique, Côte d'Ivoire.

### Glycemic index and load of wheat, maize, sorghum, milk and fonio consumed in Côte d'Ivoire

#### ABSTRACT

*Objective*: This study consisted of determining the index and glycemic load of five cereals commonly consumed in Côte d'Ivoire, in rats.

*Methodology and Results* : These are five test foods prepared with cereal flour. The glycemic index was performed by taking glucose as the reference food. The glycemic index of the test foods varies between  $35.26 \pm 6.69$  and  $54.29 \pm 24.55$  and the glycemic load between  $24.50 \pm 4.65$  and  $39.91 \pm$

18.04. All of these tested foods are categorized as low glycemic index and high glycemic load foods.

*Conclusions and application of the results:* The study of glycemic parameters shows that, flours of wheat, corn, sorghum, millet and fonio are classified as foods with a low glycemic index and a high glycemic load. The nature of the starch and the heat treatment of these cereals considerably influence the values of these glycemic parameters. Thus, sorghum has the highest glycemic index and glycemic load due to its lower gelatinization onset temperature. Wheat and corn, on the other hand, have lower glycemic indexes and glycemic loads than other grains. Consumption of these grains may be beneficial and not interfere with an individual's normal carbohydrate metabolism as long as they are consumed in moderation due to their high glycemic load.

**Keywords :** Cereals, glycemic index, glycemic load, carbohydrate metabolism, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

L'index glycémique est une mesure apportant des précisions sur la réponse biologique consécutive à l'ingestion de glucides (Wolever, 2013). Il a été défini par Jenkins en 1981. Dérivée du concept de l'index glycémique, la notion de charge glycémique a été introduite en 1997 par des chercheurs de l'Université de Harvard, aux États-Unis, pour mesurer l'effet glycémique global d'une portion d'aliment donnée (Salmerón *et al.*, 1997a, b). L'index glycémique et la charge glycémique permettent de fonder des recommandations alimentaires destinées aux patients en surpoids avec ou sans diabète et aux patients avec ou sans dyslipidémie (Amouyal & Andreelli, 2010). La substitution d'un régime basé sur des glucides à index glycémique élevé par un régime comportant des glucides à faible index glycémique s'accompagne d'une amélioration de l'équilibre glycémique (Wang *et al.*, 2015 ; Sukar *et al.*, 2020). Les régimes alimentaires à base de céréales se sont avérés efficaces dans

le contrôle de l'hyperglycémie (Sukar *et al.*, 2020). En Côte d'Ivoire, ces céréales représentent 30 % de la consommation alimentaire des populations (MINADER, 2017). Elles sont donc l'une des principales sources d'énergie et de nutriments de ces populations. Le blé, le sorgho, le mil et le fonio sont souvent moulus sous forme de farine raffinée plus ou moins complète, mais aussi en grains entiers. Elles permettent la préparation de nombreux aliments tels que la bouillie, les boissons, le couscous et sont accompagnées, pour la plupart, de sauces contenant des protéines (Defan *et al.*, 2015 ; Ducroquet *et al.*, 2017). Ces céréales contiennent essentiellement des glucides sous forme d'amidon, mais aussi une quantité suffisante de substances bioactives et pourraient être efficaces dans le contrôle de l'hyperglycémie (Boudries-Kaci, 2017 ; Robet *et al.*, 2020). Cette étude a pour but de déterminer les paramètres glycémiques du blé, du maïs, du sorgho, du mil et du fonio.

## MATERIEL ET METHODES

**Matériel végétal :** Le matériel végétal utilisé est composé de grains entiers et secs de maïs blanc (*Zea mays*), de sorgho blanc (*Sorghum bicolor*), de mil gris (*Pennisetum glaucum*), de fonio blanc (*Digitaria exilis*) et de blé tendre (*Triticum aestivum*). Ces grains ont été achetés au grand marché de Korhogo. Cette localité, située au nord de la Côte d'Ivoire, est reconnue

pour être un grand centre de production et d'approvisionnement de céréales en Côte d'Ivoire. Les grains entiers de blé ont été, quant à eux, gracieusement donnés par les "Grands Moulins d'Abidjan" (GMA), une structure privée de distribution de céréales située à Abidjan dans le sud de la Côte d'Ivoire.

**Matériel animal :** Les animaux utilisés pour l'expérimentation animale sont des rats mâles de souche Wistar. Ce sont 25 rats adultes de poids compris entre 145 et 155 g, âgés de 12 à 13 semaines. Ces animaux sont issus du laboratoire du Nutrition et Pharmacologie de Biosciences, URF Biosciences de l'Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire).

**Matériel technique :** Le matériel technique se compose de cages métaboliques et des accessoires pour servir les aliments. Un glucomètre (ACCU-CHEK Active) et des bandelettes réactives ont été utilisés. Un broyeur mécanique de type Rutsch GM 300 (Allemagne) avec un tamis de maille 500 µm a permis de broyer les céréales.

#### Méthodes

#### Détermination de l'index et de la charge glycémique du blé, du maïs, du sorgho, du mil et du fonio chez le rat *Wistar*

**Conditions expérimentales :** Les rats ont été répartis en cinq groupes de cinq animaux, logés individuellement dans des cages métaboliques, dans un environnement à température contrôlée (25° C à 27° C) avec un accès libre à la nourriture et à l'eau. Après trois jours de période d'adaptation, les animaux ont été pesés à nouveau, après un jeûne de 12 h.

**Composition et préparation des aliments :** Ce sont cinq (5) aliments tests préparés uniquement avec la farine de céréales obtenues à partir de grains entiers et secs de céréales.

Après un broyage et une cuisson au laboratoire, des pâtes alimentaires compactes sont obtenues. Ce sont BL (aliment à base de blé), MA (aliment à base de maïs), SO (aliment à base de sorgho), MI (aliment à base de mil) et FO (aliment à base de fonio).

**Calcul de l'index glycémique et de la charge glycémique :** L'index glycémique a été réalisé selon le protocole d'Ijarotimi *et al.* (2015). L'aliment de référence (glucose) a été utilisé pour chacun des 25 rats, ayant été mis à jeun pendant 12 heures. Le taux de glucose sanguin a été déterminé avant et après ingestion de 2 g de l'aliment de référence pendant une durée de deux heures. Des échantillons sanguins ont été prélevés 15, 30, 60, 90 et 120 minutes après gavage de l'aliment de référence et après administration de 2 g des aliments expérimentaux. L'index glycémique (IG) a été calculé en divisant l'aire incrémentale sous la courbe de l'aliment testé par l'aire incrémentale sous la courbe de l'aliment de référence (Gibaldi & Perrier, 1982) et en multipliant le résultat obtenu par 100. L'IG individuel pour chaque rat a ainsi été calculé à partir de sa réponse à l'aliment testé et sa réponse à l'aliment de référence. L'IG de l'aliment est obtenu en faisant la moyenne des valeurs obtenues pour chaque rat (Jenkins *et al.*, 1981 ; Wolever *et al.*, 1991 et FAO / OMS, 1997). La charge glycémique (CG) pour chaque échantillon d'aliment sera déterminée par la méthode de Salmeron *et al.* (1997).

$$IG = \frac{\text{Surface sous la courbe de la glycémie après 2 heures pour l'aliment}}{\text{Surface sous la courbe de la glycémie après 2 heures pour le glucose}} \times 100$$

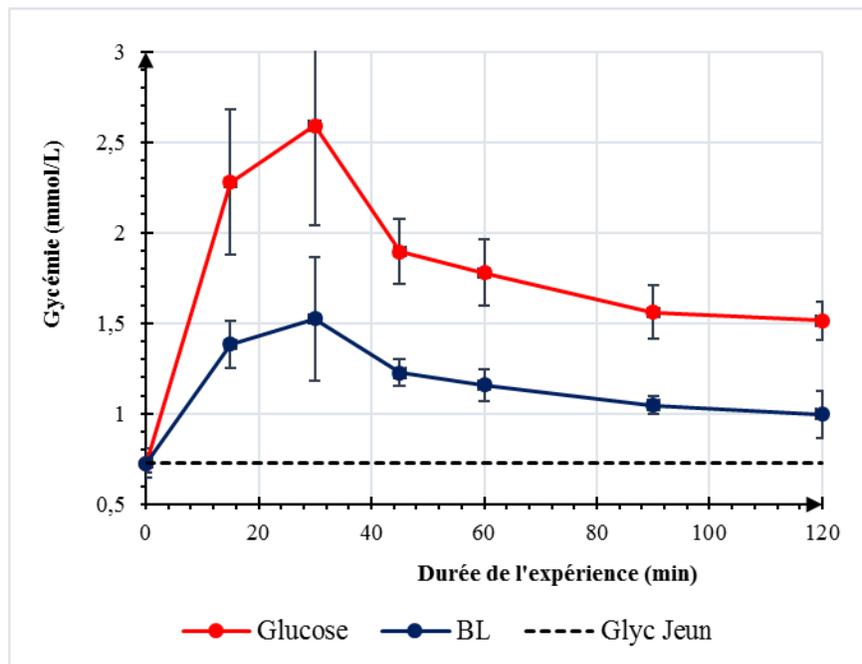
$$CG = IG \times (\text{Masse de glucide de la portion} / \text{masse de la portion})$$

## RESULTATS

### Évolution des réponses glycémiques chez les rats consommant les farines de céréales

**Glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de blé (BL) :** La figure 1 montre trois courbes illustrant la réponse post-prandiale des rats après gavage avec 1,53 g de l'aliment de référence (le glucose), 2 g de farine de blé et la réponse glycémique des rats mis à jeun. La courbe des rats mis à jeun montre que la réponse glycémique des rats est une droite parallèle à l'axe des abscisses avec comme valeurs, 0 min (abscisse) et 0,72 mmol / L (ordonnée). Les deux autres courbes illustrent la réponse post-prandiale des rats recevant 1,53

g de glucose et 2 g d'aliment à base de farine de blé. Ces deux courbes sont au-dessus de celle des animaux à jeun. De plus, la courbe illustrant l'évolution de la glycémie des rats recevant la portion d'aliment à base de farine de blé est en dessous de celle des rats recevant le glucose, de 0 min à 120 min (fin de l'expérience). La première courbe (farine de blé) atteint son pic après 30 min à 1,52 mmol / L de glycémie, et se termine à 0,99 mmol / L à 120 min. La deuxième courbe (glucose) atteint son pic après 30 min à 2,59 mmol / L et se termine au bout de 120 min à 1,51 mmol / L de glucose.



**Figure 1 :** Évolution de la glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de blé. Les valeurs moyennes des glycémies  $\pm$  ESM ; n = 5 rats. BL : aliment à base de farine de blé ; Glyc Jeun : Glycémie à jeun.

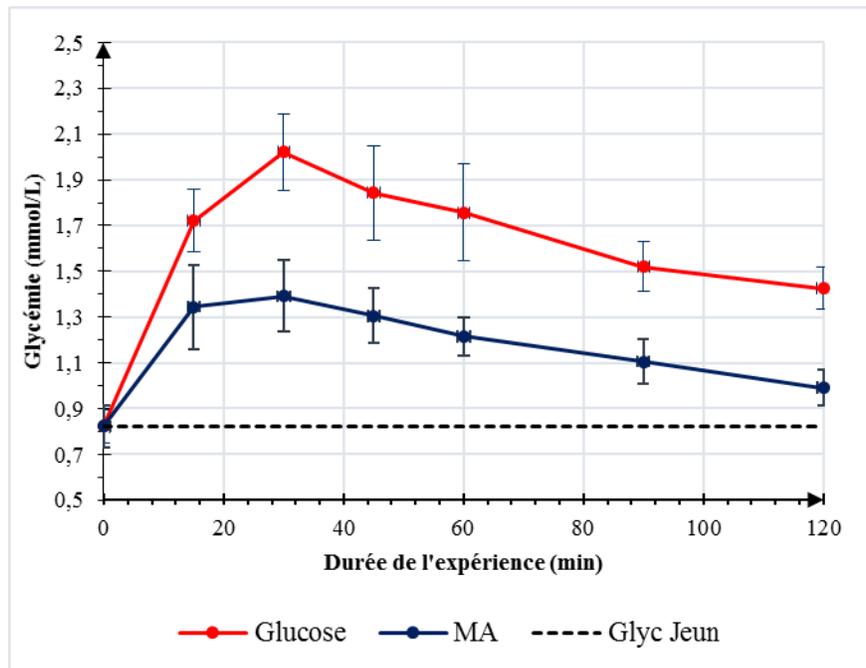
### Glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de maïs (MA) :

La figure 2 montre trois courbes illustrant la réponse post-prandiale des rats après gavage avec 1,49 g de l'aliment de référence (le glucose), 2 g de farine de maïs et la réponse glycémique des rats mis à jeun. La courbe des rats mis à jeun montre que la

réponse glycémique des rats est aussi une droite parallèle à l'axe des abscisses mais avec comme valeurs, 0 min (abscisse) et 0,82 mmol / L (ordonnée). Les deux autres courbes illustrent la réponse post-prandiale des rats recevant 1,49 g de glucose et 2 g d'aliment à base de farine de maïs. Ces deux courbes sont au-dessus de celle des animaux à jeun. De plus,

la courbe illustrant l'évolution de la glycémie des rats recevant la portion d'aliment à base de farine de maïs est en dessous de celle des rats recevant une dose de glucose, de 0 min à 120 min (fin de l'expérience). La première courbe (farine de maïs) atteint sa valeur maximale

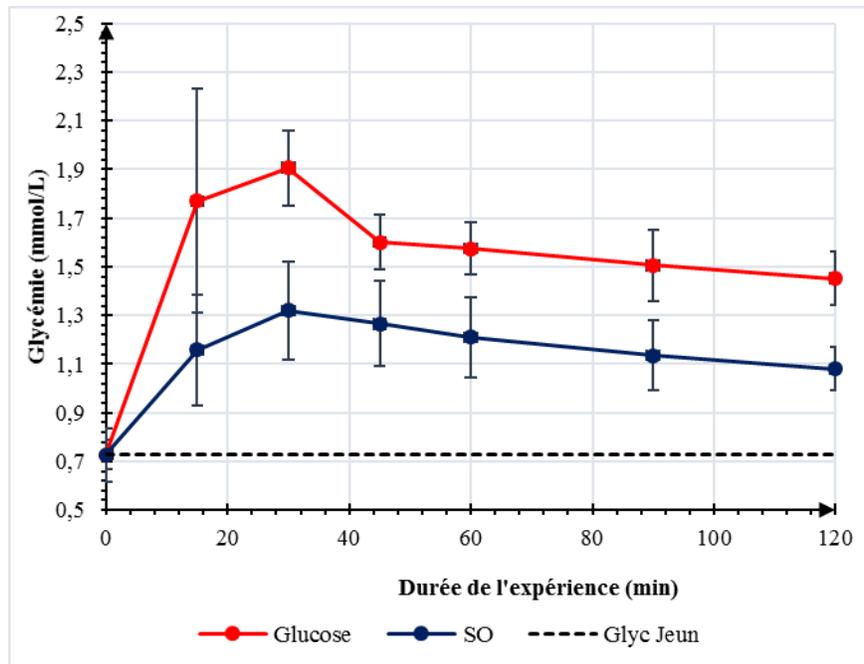
après 30 min à 1,39 mmol / L de glycémie, et se termine à 0,99 mmol / L à 120 min. La deuxième courbe (glucose) atteint sa valeur maximale après 30 min à 2,02 mmol / L et se termine au bout de 120 min à 1,42 mmol / L de glucose.



**Figure 2 :** Évolution de la glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de maïs. Les valeurs moyennes des glycémies  $\pm$  ESM ; n = 5 rats. MA : aliment à base de farine de maïs. Glyc Jeun : Glycémie à jeun.

**Glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de sorgho (SO) :** La figure 3 montre trois courbes illustrant la réponse post-prandiale des rats après gavage avec 1,39 g de l'aliment de référence (le glucose), 2 g de farine de sorgho et la réponse glycémique des rats mis à jeun. La courbe des rats mis à jeun montre que la réponse glycémique des rats est une droite parallèle à l'axe des abscisses avec comme valeurs, 0 min (abscisse) et 0,72 mmol / L (ordonnée). Les deux autres courbes illustrent la réponse post-prandiale des rats recevant 1,39 g de glucose et 2 g d'aliment à base de farine

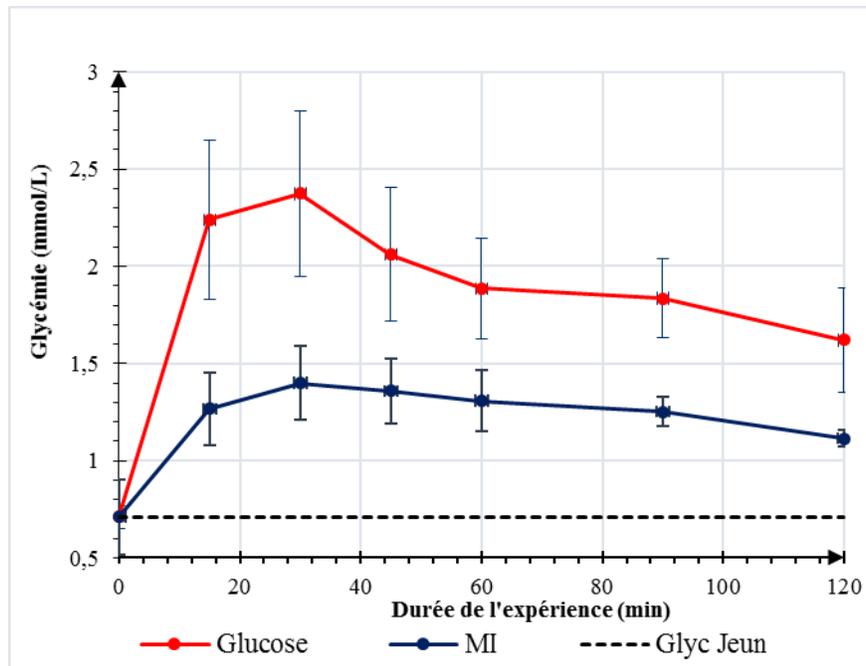
de sorgho. Ces deux courbes sont au-dessus de celle des animaux à jeun. En outre, la courbe illustrant l'évolution de la glycémie des rats recevant la portion d'aliment à base de farine de sorgho est en dessous de celle des rats recevant une dose de glucose, jusqu'à la fin de l'expérience (120 min). La première courbe (farine de sorgho) atteint la valeur maximale de 1,32 mmol / L de glycémie après 30 min, puis chute lentement jusqu'à 1,08 mmol / L à 120 min. La deuxième courbe (glucose) atteint la valeur maximale de 1,90 mmol / L après 30 min et se termine à 1,45 mmol / L de glucose au bout de 120 min.



**Figure 3 :** Évolution de la glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de sorgho chez le rat. Les valeurs moyennes des glycémies  $\pm$  ESM ; n = 5 rats. **SO** : aliment à base de farine de sorgho. Glyc Jeun : Glycémie à jeun.

**Glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de mil (MI) :** La figure 4 montre trois courbes illustrant la réponse post-prandiale des rats après gavage avec 1,47 g de l'aliment de référence (le glucose), 2 g de farine de mil et la réponse glycémique des rats mis à jeun. La courbe des rats mis à jeun montre que la réponse glycémique des rats est une droite parallèle à l'axe des abscisses avec comme valeurs, 0 min (abscisse) et 0,71 mmol / L (ordonnée). Les deux autres courbes illustrent la réponse post-prandiale des rats recevant 1,47 g de glucose et 2 g d'aliment à base de farine

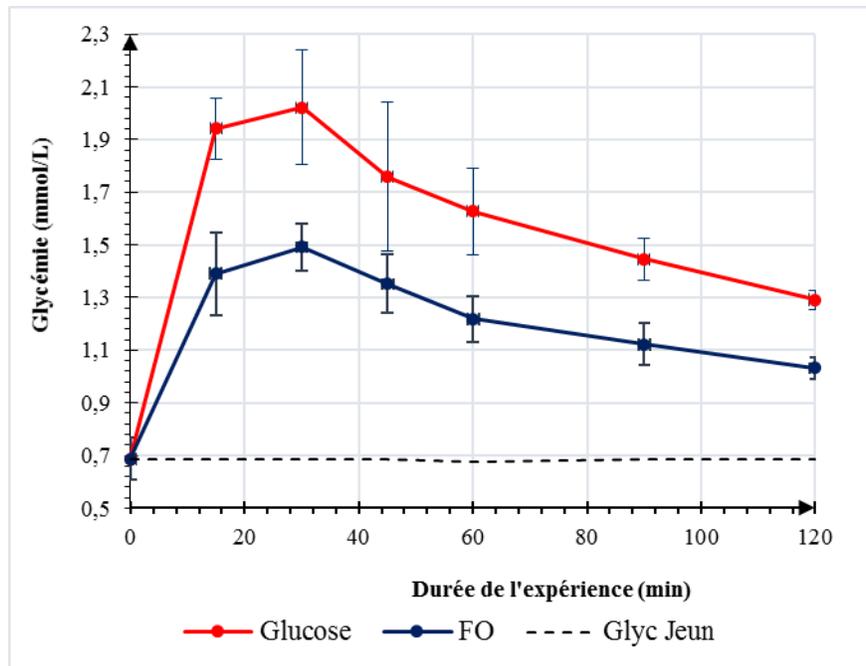
de mil. Ces deux courbes sont au-dessus de celle des animaux à jeun. De plus, la courbe illustrant l'évolution de la glycémie des rats recevant la portion d'aliment à base de farine de mil est en dessous de celle des rats recevant une dose de glucose, jusqu'à la fin de l'expérience (120 min). La première courbe (farine de mil) atteint la valeur maximale à 1,40 mmol / L de glycémie après 30 min, puis se termine 1,11 mmol / L à 120 min. La deuxième courbe (glucose) atteint valeur maximale de 2,37 mmol / L après 30 min à et se termine à 1,62 mmol / L de glucose à 120 min.



**Figure 4 :** Évolution de la glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de mil chez le rat. Les valeurs moyennes des glycémies  $\pm$  ESM ; n = 5 rats. **MI :** aliment à base de farine de sorgho. Glyc Jeun : Glycémie à jeun.

**Glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de fonio (FO) :** La figure 5 montre trois courbes illustrant la réponse post-prandiale des rats après gavage avec l'aliment de référence (le glucose), la farine de fonio et la réponse glycémique des rats mis à jeun. La courbe des rats mis à jeun montre que la réponse glycémique des rats est une droite parallèle à l'axe des abscisses avec comme valeurs, 0 min (abscisse) et 0,68 mmol / L (ordonnée). Les deux autres courbes illustrent la réponse post-prandiale des rats recevant 1,46 g de glucose et 2 g d'aliment à base de farine de fonio. Ces

deux courbes sont au-dessus de celle des animaux à jeun. De plus, la courbe illustrant l'évolution de la glycémie des rats recevant la portion d'aliment à base de farine de fonio est en dessous de celle des rats recevant une dose de glucose, jusqu'à la 120<sup>ème</sup> minutes (fin de l'expérience). La courbe de farine de fonio atteint la valeur maximale de 1,49 mmol / L de glycémie après 30 min, puis se termine à 1,03 mmol / L à 120 min. La courbe de glucose atteint une valeur maximale de 2,02 mmol / L après 30 min à et se termine à 1,29 mmol / L de glucose à 120 min.



**Figure 5 :** Évolution de la glycémie postprandiale après la consommation de l'aliment à base de farine de fonio chez le rat. Les valeurs moyennes des glycémies  $\pm$  ESM ; n = 5 rats. FO : aliment à base de farine de fonio. Glyc Jeun : Glycémie à jeun.

#### Aires sous les courbes des aliments (ASC) :

Les ASC pour l'aliment de référence, présentés dans le tableau I, sont de  $129,08 \pm 9,55$  mmol  $\times$  min/L pour le blé ;  $115,67 \pm 11,77$  mmol  $\times$  min/L pour le maïs ;  $99,69 \pm 6,26$  mmol  $\times$  min/L pour le sorgho et de  $145,68 \pm 10,53$  mmol  $\times$  min/L pour le mil et  $131,75 \pm 11,01$  mmol  $\times$  min/L pour le fonio. Les ASC pour les aliments tests à base de farines de céréales sont de  $44,34 \pm 4,11$  mmol  $\times$  min/L pour le blé ;  $41,78 \pm 4,57$  mmol  $\times$  min/L pour le maïs ;  $52,52 \pm 2,91$  mmol  $\times$  min/L pour le sorgho et de  $60,89 \pm 5,18$  mmol  $\times$  min/L pour le mil et  $65,43 \pm 16,38$  mmol  $\times$  min/L pour le fonio. Dans les cinq cas, il y a une différence significative entre l'aire sous la courbe de l'aliment test et l'aire sous la courbe du glucose, choisi comme référence pour chaque aliment. Toutes les ASC des aliments testés

sont inférieures à celles des aliments de référence (glucose).

#### Index glycémiques des aliments (IG) et charges glycémiques des aliments (CG)

L'IG (Index Glycémique) des aliments tests, présentés dans le tableau II, sont de  $35,26 \pm 6,69$  pour le blé ;  $35,56 \pm 5,90$  pour le maïs ;  $54,29 \pm 24,55$  pour le sorgho et de  $41,58 \pm 14,46$  pour le mil et  $50,26 \pm 16,23$  pour le fonio. Tous ces aliments testés sont classés dans la catégorie des aliments à IG faibles.

Les valeurs des charges glycémiques (CG) tests sont présentées dans le tableau II. Elles sont de  $24,50 \pm 4,65$  pour le blé ;  $26,49 \pm 4,40$  pour le maïs ;  $39,91 \pm 18,04$  pour le sorgho ;  $31,81 \pm 11,06$  pour le mil et  $34,33 \pm 11,28$  pour le fonio. Tous les aliments testés ont des charges glycémiques classées dans la catégorie élevée.

**Tableau 1 :** Aire sous la courbe de variation de la glycémie des rats consommant les cinq aliments tests à base de farines de céréales

Aliments testés	Portions ingérées (g)	ASC-Glucose (mmol × min/L)	ASC-aliments simple (mmol × min/L)
<b>BL</b>	2	129,08 ± 9,55 <sup>c</sup>	44,34 ± 4,11 <sup>b</sup>
<b>MA</b>	2	115,67 ± 11,77 <sup>b</sup>	41,78 ± 4,57 <sup>a</sup>
<b>SO</b>	2	99,69 ± 6,26 <sup>a</sup>	52,52 ± 2,91 <sup>c</sup>
<b>MI</b>	2	145,68 ± 10,53 <sup>e</sup>	60,89 ± 5,18 <sup>d</sup>
<b>FO</b>	2	131,75 ± 11,01 <sup>d</sup>	65,43 ± 16,38 <sup>e</sup>

n = 5. Les valeurs moyennes à l'intérieur d'une colonne avec des lettres a, b, c, d, e, en exposant différentes sont significativement différentes ( $p \leq 0,05$ ) selon le test de Newman Keuls. Les valeurs sont la moyenne ± l'erreur standard à la moyenne (ESM). ASC : aire sous la courbe de glycémie en fonction du temps. **BL** : aliment formulé à base de farine de blé. **MA** : aliment formulé à base de farine de maïs. **SO** : aliment formulé à base de farine de sorgho. **MI** : aliment formulé à base de farine de mil. **FO** : aliment formulé à base de farine de fonio.

**Tableau 2 :** Index et charge glycémiques des rats consommant les cinq aliments tests à base de farines de céréales

Aliments testés	IG <sup>1</sup> (Glucose = 100) <sup>3</sup>		CG <sup>2</sup> (par portion ingérée)	
	Moyenne ± ESM	Classification	Moyenne ± ESM	Classification
<b>BL</b>	35,26 ± 6,69 <sup>a</sup>	Faible	24,50 ± 4,65 <sup>a</sup>	Élevée
<b>MA</b>	35,56 ± 5,90 <sup>a</sup>	Faible	26,49 ± 4,40 <sup>a</sup>	Élevée
<b>SO</b>	54,29 ± 24,55 <sup>d</sup>	Faible	39,91 ± 18,04 <sup>d</sup>	Élevée
<b>MI</b>	41,58 ± 14,46 <sup>b</sup>	Faible	31,81 ± 11,06 <sup>b</sup>	Élevée
<b>FO</b>	50,26 ± 16,23 <sup>c</sup>	Faible	34,33 ± 11,28 <sup>c</sup>	Élevée

n = 5. Les valeurs moyennes à l'intérieur d'une colonne avec des lettres a, b, c, d, en exposant différentes sont significativement différentes ( $p \leq 0,05$ ) selon le test de Newman Keuls. Les valeurs sont la moyenne ± l'erreur standard à la moyenne (ESM). IG : index glycémique ; CG : charge glycémique ; <sup>1</sup> Niveau des index glycémiques (IG) classés selon qu'ils sont élevés (> 69), moyen (56-69 inclus) et faible (<56) ; <sup>2</sup> Niveau de charges glycémiques (GL) classés selon qu'ils sont élevés ( $\geq 20$ ), moyens (> 10 et <20) et bas ( $\leq 10$ ) ; <sup>3</sup> le glucose a été utilisé comme aliment de référence et a été défini comme IG=100. ASC : aire sous la courbe de glycémie en fonction du temps. **BL** : aliment formulé à base de farine de blé. **MA** : aliment formulé à base de farine de maïs. **SO** : aliment formulé à base de farine de sorgho. **MI** : aliment formulé à base de farine de mil. **FO** : aliment formulé à base de farine de fonio.

## DISCUSSION

Les farines de blé, de maïs, de sorgho, de mil et de fonio sont essentiellement composées de glucides. Ces glucides représentent 70 % à 76 % de la matière sèche (Beninga, 2011 ; FAO, 2012 ; Defan, 2015 ; Fardet, 2015). Ces glucides sont en majeure partie constitués d'amidon et de faibles proportions de sucres. Ils constituent l'essentiel de l'apport énergétique dans la composition de base des repas, et pourraient donc induire des désordres métaboliques chez les consommateurs (Jenkins *et al.*, 1981). Dans cette étude, tous les aliments faits à base de céréales appartiennent à la classe des aliments à index glycémique (IG) faible selon la classification internationale

de l'IG (ISO/FDIS 26642 : 2010). Ces résultats sont corroborés par ceux de Ugare *et al.* (2011) qui rapportent que tous les aliments à base de mil (IG=41,7 à 50,0) sont classés parmi les aliments à faible IG. Ils sont proches des valeurs rapportées par Omoregie (2008) et Flint (2004) concernant la bouillie à base de mil (IG = 44). Cependant, les valeurs des IG de cette étude sont inférieures à celles trouvées par Mahgoub *et al.* (2013) pour les aliments à base de sorgho (IG=85,3 à 92,2 ; IG élevé), de blé (IG = 88,4 à 117,4 ; IG élevé) et de maïs (IG = 91 ; IG élevé) consommés au Botswana. Les valeurs obtenues sont aussi inférieures à celles rapportées par Kouamé *et al.* (2015)

avec la bouillie rigide de maïs (IG = 74, IG élevé) consommée en Côte d'Ivoire. La valeur de l'IG obtenue pour l'aliment à base de farine de fonio est inférieure à celle obtenue pour la bouillie de fonio (IG=105 ; IG élevé) consommée au Burkina-Faso (Bama, 1999). Selon Mahgoub *et al.* (2013), il existe des variations considérables entre les IG des aliments formulés avec une même céréale. Ces différences peuvent, en partie, être attribuées à la méthode de préparation des aliments. Il est établi que la cuisson des aliments par différentes techniques affecte la digestibilité de l'amidon, ce qui a quelques implications sur les valeurs des IG de ces aliments (Chinedum, 2016). Ces techniques peuvent affecter à la fois le processus de gélatinisation, influençant ainsi la résistance de l'amidon à la digestion. Bahado-Singh *et al.* (2011) ont signalé une valeur d'IG inférieure des patates douces lorsqu'elles sont bouillies par rapport à la friture et au rôtissage. Cependant, Ayesha *et al.* (2017) ont eux, rapporté des valeurs d'IG différentes pour la patate douce, allant de faibles (IG= 44 ; faible) à élevées (IG=78 ; élevée) selon la variété, la maturité, le mode d'épluchage, le processus de refroidissement et selon les conditions de stockage. Kaur *et al.* (2016) ont également rapportés des valeurs d'IG différentes pour le riz en raison des facteurs variétaux. Les faibles IG obtenues dans cette étude peuvent être aussi dues à la présence de fibres alimentaires qui influencent la disponibilité des glucides. Il a été prouvé par plusieurs auteurs que tous les aliments glucidiques n'entraînent pas systématiquement un effet hyperglycémiant lorsqu'ils sont consommés (Kim *et al.*, 2011 ; Chinedum, 2016). Ayesha *et al.* (2017) ont rapporté que l'utilisation de la farine de blé entier au lieu de farine de blé raffinée pour la préparation du pain, a entraîné une réduction de la valeur d'IG élevée du pain. La présence de fibres alimentaires dans les aliments retarde la réponse glycémique. Lorsque les fibres alimentaires sont présentes dans l'aliment

glucidique, elles ralentissent la vidange de l'estomac et freinent les mouvements de la partie initiale de l'intestin, ce qui ralentit l'absorption des glucides assimilables et produit un effet hypoglycémiant comme observé dans la plupart des aliments étudiés (James & Mark, 2010 ; Bahado-Singh *et al.*, 2011 ; Devi *et al.*, 2014). Ce ralentissement de la vidange gastrique se fait également par leur effet inhibiteur sur l' $\alpha$ -glucosidase et l'amylase pancréatique, ralentissant ainsi l'absorption des macronutriments par l'intestin (Saleh, 2013). Selon Lafiandra *et al.* (2014), les fibres agissent aussi en formant des complexes non résorbables avec des glucides disponibles. Les faibles valeurs des IG des aliments obtenues peuvent aussi s'expliquer par la présence des polyphénols, des tanins, des flavonoïdes et des oxalates qui peuvent aussi entraîner une forte inhibition de l' $\alpha$ -glucosidase et de l'amylase pancréatique (Kumari & Sumathi, 2002 ; Shobana *et al.*, 2009 ; Singh *et al.*, 2010 ; Sireesha *et al.*, 2011 ; Kouamé *et al.*, 2015 ; Pal *et al.*, 2016 ; Udeh *et al.*, 2017). Par ailleurs, les résultats des IG et des CG des céréales obtenus montrent que, pour une céréale donnée, il existe des différences significatives entre les valeurs des IG d'une part, et entre les valeurs des CG d'autre part. Des raisons majeures liées aux propriétés des différentes sources botaniques des amidons peuvent expliquer ces différences (Bourdries-Kaci, 2017). Le mode de cuisson par ébullition, avec une température moyenne de 120 °C et une hydratation importante a permis d'atteindre une gélatinisation plus importante, par ordre de croissance, de l'amidon de sorgho, du mil et du fonio comparé, à celle du maïs et du blé. En effet, l'amidon de sorgho est caractérisé par une plus faible température (65 °C) de début de gélatinisation comparé aux maïs (75 °C) et au blé (85 °C) (Bourdries-Kaci, 2017). La température de gélatinisation est influencée par plusieurs facteurs ; en particulier, la structure des chaînes dans la molécule d'amylopectine. Elle augmente avec

la longueur des chaînes (Taylor, 2016). Moorthy (2002) a constaté qu'une température de gélatinisation élevée indique une grande stabilité des réseaux cristallins dans les molécules d'amidon, d'où une gélatinisation et une viscosité plus faible. Plus la viscosité d'un amidon est importante, plus l'amidon est accessible aux enzymes digestives, donc hyperglycémiant (Kouamé *et al.*, 2015 ; Yéboué, 2018). De plus, selon Boudries-Kaci (2017), l'amidon de sorgho et des mils possèdent une plus grande viscosité, comparé à des amidons d'autres origines botaniques. En ce qui concerne le fonio, la valeur de l'IG élevée du fonio comparée à celles du blé, du maïs et du mil semble être liée plutôt à la grande taille des granules d'amidon, après mouture, qui présentent de nombreux pores sur leur surface, ce qui affecte considérablement le comportement thermique, mais aussi l'accessibilité aux enzymes digestifs (Massaux

*et al.*, 2006 ; Boudries-Kaci, 2017). Par ailleurs, les résultats obtenus dans cette étude montrent que toutes les céréales, bien qu'ayant un faible IG pour la plupart, ont toutes des charges glycémiques (CG) élevées. La CG évaluée dans cette étude permet de comparer l'effet glycémique de portions de différents aliments. La charge élevée des aliments test montre qu'il y a une grande quantité de glucides dans la portion d'aliments tests utilisés (Kouamé *et al.*, 2015). Ces résultats sont corroborés par ceux de Mendosa (2008). Selon cet auteur, les aliments qui ont une CG intermédiaire ou élevée peuvent avoir des IG très bas ou des IG très élevés. Par conséquent, les personnes qui sont plus préoccupées par leur réponse glycémique postprandiale doivent être très prudentes quant à la taille de leur portion de nourriture, car les aliments à CG élevée peuvent augmenter la réponse glycémique postprandiale.

## CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

L'étude des paramètres glycémiques montre que, les farines de blé, de maïs, de sorgho, de mil et de fonio sont classées parmi les aliments à index glycémique (IG) faible et à charge

glycémique élevée. La consommation de ces céréales pourrait être bénéfique sur le métabolisme glucidique d'un individu.

## REFERENCES

- Amouyal C. & Andreelli F. 2010. Index glycémique et obésité. *Nutrition et diabétologie*, 13-16.
- Bahado-Singh P. S., Riley C. K. & Wheatley A. O. 2011. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars commonly consumed in Jamaica. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 6: 584-832.
- Bama J. 1999. Intérêt du fonio dans l'alimentation des diabétiques. Thèse de Doctorat des Sciences de la sante, Université Nationale de Burkina-Faso, 120p.
- Boudries-Kaci. 2017. Caractérisation des amidons de sorgho et de mil perlé cultivés dans le Sahara algérien. Thèse de doctorat agroalimentaire-biotechnologie de l'université de Belgique, 228p.
- Chinedum O. E. 2016. The concept of low glycemic index and glycemic load foods as panacea for type 2 diabetes mellitus ; prospects, challenges and solutions. *Africa Health Sciences*, 16 (2) : 468-479.
- Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K. & Gomez Y. P. 2017. L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe : État des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles. Joint research center : Science for policy reporters, 244p.

- FAO/OMS. 1997. Food and Agriculture Organization. Carbohydrate in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper- 66. Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation, 14-18 April, 1997, Rome, Italy, 66p.
- FAO. 2012. West African Food Composition Table. F. A. O., Rome, 148p.
- Fardet A. 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole grain cereals : what beyond fibers. Nutrition Research Review, 23: 65-134.
- Flint A., Moller B. K. & Raben A. 2004. The use of glycaemic index tables to predict glycaemic index of composite breakfast meals. British Journal of Nutrition, 91: 979-989.
- Gibaldi M., Perrier D. 1982. Pharmacokinetics. 2nd Revue. Marcel Dekker Edition., New York, USA, 75p.
- Ijarotimi O. S., Fagbemi T. N. & Osundahunsi O. F. 2015. Evaluation of nutrient composition, glycaemic index and anti-diabetic potentials of multi-plant based functional foods in rats. Sky Journal of Food Science (SJFS), 4 (6) : 078- 090.
- ISO (International Standards Organization) 26642:2010. 2010. Food products - Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification. 2010. Published 2010-09-23.  
[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=43633](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=43633) (Consulté le 4 Février 2013).
- James M. L. & Mark D. H. (2010). Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. Nutrients, 2 : 1266-1289.
- Jenkins D. J. A., Wolever T. M. S., Taylor R. H., Burkner H. M., Fielden H., Baldwin J. M., Bowling A. C., Newman H. C., Jenkins A. L. & Goff D. V. 1981. Glycemic index of foods : a physiological basis for carbohydrate exchange. American Journal of Clinical Nutrition, 34: 362-366.
- Kim J. S., Hyun T. K. & Kim M. J. 2011. The inhibitory effects of ethanol extracts from sorghum, foxtail millet and proso millet on  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase activities. Food Chemistry, 124: 1647-51.
- Kouamé A. C. 2015. Approche nutritionnelle à l'amélioration de la prise en charge des diabétiques : composition physico-chimique, index glycémique et charge glycémique des principaux mets traditionnels de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua (STA), Abidjan, Côte d'Ivoire, 283p.
- Mahgoub S. O., Sabone M. & Jackson J. 2013. Glycaemic index of selected staple carbohydrate-rich foods commonly consumed in Botswana. South African Journal of Clinical Nutrition, 26: 182-187.
- Massaux C., Bodson B., Lenarts J., Sindic M., Sinaeve G., Dardenne P., Falisse A. & Deroanne C. 2006. Amidon natif du grain de blé : un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés techno-fonctionnelles. Céréales. F.U.S.A. et SAW Glembox, 7p.
- Mendoza D. 2008. Revised International Table of Glycemic Index (GI) and Glycemic Load (GL) Values. Available online : <http://www.mendoza.com/gilists.htm> (accessed on 12 February 2012).
- MINADER 2017. Résultats des bilans alimentaires de la cote d'ivoire. Direction Générale de la Planification, des Statistiques et des Projets, Direction des Statistiques, de la Documentation et de l'Informatique, 66p.
- Moorthy S. N. 2002. Physico-chemical and functional properties of tropical tuber

- starch, A review. *Starch/Stärke*, 54: 559-592.
- Omoregie E. S. & Osagie A. U. 2008. Glycemic indices and Glycemic load of some Nigerian foods. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7 (5) : 710-716.
- Pal R. S., Bhartiya A., ArunKumar R., Kant L., Aditya J. P., & Bisht J. K. 2016. Impact of dehulling and germination on nutrients, antinutrients, and Antioxidant properties in horsegram. *Journal of Food Science and Technology*, 53: 337-347.
- Robet E. J., K. B. et Amoikon K. E. (2020). Comparative study of nutritional value of wheat, maize, sorghum, millet, and fonio : some cereals commonly consumed in Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 21 (16) : 118-131.
- Saleh A. S. M., Zhang Q., Chen J., & Shen Q. 2013. Millet Grains : Nutritional Quality, Processing, and Potential Health Benefits. *Journal of Food Science and Food Safety*, 12: 281-295.
- Salmerón J., Manson J. E., Stampfer M. J., Colditz G. A., Wing A. L. & Willett W. C., (1997b). Dietary fiber, glycemic load, and risk of noninsulin-dependent diabetes mellitus in women. *Journal of American Medical Association (JAMA)*, 277: 472-477.
- Sukar K. A. O., Abdalla R. I., Humeda H. S., Alameen A. O. & Mubarak E. I. 2020. Effect of Pearl Millet on Glycaemic Control and Lipid Profile in Streptozocin Induced Diabetic Wistar Rat Model. *Asian Journal of Medicine and Health*, 18 (3) : 40-51.
- Taylor J. R. N. 2016. Pearl Millet : Overview. *Encyclopedia of Food Grains*, 2<sup>nd</sup> Edition, 1: 190-198.
- Wang Q., Xia W., Zhao Z. & Zhang H. 2015. Effects comparison between low glycemic index diets and high glycemic index diets on HbA1c and fructosamine for patients with diabetes : A systematic review and meta-analysis. *Primary Care Diabetes*, 9: 362-369.
- Wolever T. M. S. (2013). Glycemic index claims on food labels: review of Health Canada's evaluation. *European Journal of Scientific Research*, 67: 1229-1233.
- Wolever T. M., Jenkins D. J. & Jenkins A. L. 1991. The glycemic index : methodology and clinical implications. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54: 846-854.