

Ann. Nutr. Metab. 30: 227-232 (1986)

© 1986 S. Karger AG, Basel
0250-6807/86/0304-0227\$2.75/0

Effets de l'ingéré en fibres alimentaires sur la digestibilité des lipides chez une population africaine consommatrice de sorgho¹

A. Cornu, F. Delpeuch

Orstom, Centre de Montpellier, France

Effects of Dietary Fiber Intake on the Digestibility of Lipids in an African Sorghum-Consuming Population

Key Words. Sorghum · Crude fiber · Lipids · Nitrogen · Digestibility · Cameroon

Abstract. Digestibility measurements were carried out on 12 men. Their habitual diet, deficient in animal products, is based on sorghum meals which supply between 2.4 and 4.2 g of crude fiber per 100 g of dry matter. Over three 11-day periods, the subjects received 3 successive diets (A, B and C) which supplied respectively 3.3, 4.8 and 5.4 g of crude fiber per 100 g of dry matter. Reduced lipids digestibility was noted, even for diet A which was the poorest in fiber content. No difference was observed between diet A and diet B (92.3 and 91.7% respectively). The apparent digestibility of lipids dropped to 86.1 with diet C. True digestibility of lipids is hidden by poorly digestible dietary lipids. Lipid losses increased more rapidly than nitrogen losses with increasing of fiber content in diets. On these regimens, there were no significant changes in concentrations of fecal fat. Concentration of fecal nitrogen decreases for diets B and C.

Introduction

Les effets de l'augmentation de l'ingéré en fibres alimentaires sur la digestibilité de l'azote et sur la dégradation intestinale de l'insoluble formique ont été mesurés sur un échantillon de population africaine consommatrice habituelle de farine de sorgho imparfaitement blutée [Cornu, 1981]. Les techni-

ques culinaires traditionnelles les plus fines aboutissent à la confection de farines aux teneurs élevées en fibres dont la consommation entraîne des pertes digestives importantes d'azote. Cette fuite de nutriments associée à un régime alimentaire hypoprotidique ne

¹ L'étude a été réalisée au Centre de Nutrition de Yaoundé, Cameroun.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 23048 ex 1 39

Cote B 23048 ex 1 M

31 OCT. 1986

peut que favoriser les états de carence. Les résultats de l'étude de la digestibilité des lipides sont présentés dans ce document.

Méthodes

Sujets

L'étude a été réalisée à Maroua (département du Diamaré), au Nord-Cameroun, à la fin de la saison sèche (mai-juin). Douze volontaires camerounais adultes, âgés entre 19 et 25 ans, y ont collaboré. L'essentiel de leur alimentation est constitué par la «boule» de sorgho (ce terme désigne une préparation culinaire à base de farine, amenée à consistance de pâte par cuisson dans de l'eau) préparée à partir de farines plus ou moins bien raffinées, identiques à celles testées dans les régimes A et B. L'examen clinique initial n'a révélé aucun signe de maladie et un déparasitage intestinal systématique a été réalisé par la distribution de 6 comprimés de Vermox (mebendazole) dosés à 100 mg, prise répartie sur 3 jours consécutifs au début de l'expérimentation. Les valeurs moyennes du poids et de la taille sont égales à $57,7 \pm 4,6$ kg et $171,1 \pm 5,7$ cm (moyenne \pm écart-type). Le déficit du poids en fonction de la taille, exprimé en pourcentage des standards de Harvard [Jelliffe, 1966] est de 14%.

Régimes

Les régimes ont été établis de telle sorte que chaque individu reçoit 45 kcal (0,19 MJ) par kg de poids corporel et par jour, 80% étant apportés par la céréale et les 20% restants par une sauce à la viande dont la composition a été fixée en fonction des habitudes alimentaires locales. L'ingéré protéique est de 1,1 g de protéines – dont l'UPN est proche de 50 [FAO, 1970] par kilogramme de poids corporel et par jour. Le détail des régimes a été exposé antérieurement [Cornu, 1981]. Trois régimes (A,B,C) ne variant que par le degré de blutage de la farine de mil employée pour préparer la boule ont été testés:

– A: Régime à base de farine de sorgho dite blutée obtenue par pilage intensif des graines de mil. Cette farine contient 2,4 g d'insoluble formique pour 100 g de matière sèche, ce qui porte la teneur en insoluble formique du régime à 3,3%. En fait, cette farine préparée manuellement a un taux d'extraction supérieur à 85%.

– B: Régime à base de farine de sorgho entière. Un pilage succinct permet de séparer glumes et glumelles, les couches périphériques demeurent fixées au grain. Cette farine contient 4,2 g d'insoluble formique pour 100 g de matière sèche, ce qui porte la teneur en insoluble formique du régime à 4,8%.

– C: Régime surchargé en issues de meunerie dont la teneur en insoluble formique est égale à 7,9%. Les débris d'enveloppe recueillis au moment de la préparation de la farine de sorgho blutée sont ajoutés à une farine entière dans la proportion de 15 g d'issues pour 100 g de farine entière. La teneur en insoluble formique du mélange ainsi obtenu est de 5,0%, celle du régime étant de 5,4% de la matière sèche.

Les trois types de farine ont été préparés avec le même moulin; la farine a (pour les 9/10 e de son poids) une mouture inférieure à 0,630 mm (28 mesh), et les plus grosses particules sont comprises entre 0,630 et 1,000 mm (28 et 16 mesh). Les trois régimes ont été testés successivement chez les douze volontaires. Une période d'adaptation de 5 jours précède la période expérimentale de 6 jours.

Recueil d'échantillons

Les volontaires ont été hébergés pendant la totalité de la durée des mesures dans des locaux d'habitation. Leur activité physique a été réduite, avec possibilité de déplacement dans un vaste jardin. Les fèces ont été récoltés deux fois par jour, aspergés d'éthanol et conservés au froid. Les échantillons correspondant à chaque régime ont été rassemblés, homogénéisés avant d'être séchés sous vide puis broyés. Un gramme de carmin a été utilisé comme marqueur au début et à la fin de chaque période expérimentale.

Méthodes analytiques

– Teneur en eau: dessiccation à l'étuve à 105 °C jusqu'à masse constante.

– Teneur en azote total: selon la méthode de Kjeldahl après minéralisation sulfurique en présence de catalyseur au sélénium (coefficient de conversion de l'azote en protides = 6,25).

– Teneur en lipides totaux: extraction par l'éther de pétrole au Soxhlet pendant 10 h sans hydrolyse préalable.

– Teneur en insoluble formique: technique de Guillemet et Jacquot [1943].

Cette technique permet de déterminer approximativement la somme: cellulose + lignine + quelques génerateurs de furfural, et donne des résultats compara-

Tableau I. Consommation journalière moyenne de matière sèche, azote et lipides (moyenne \pm écart-type)

Ingesta, g/24 h	Régime A (n = 12)	Régime B (n = 12)	Régime C (n = 12)
Matière sèche	622,9 \pm 64,6 ^a	620,2 \pm 57,6 ^a	601,5 \pm 87,5 ^a
Azote	11,5 \pm 1,1 ^a	10,4 \pm 0,8 ^b	10,8 \pm 1,5 ^{a,b}
Lipides totaux	48,5 \pm 4,6 ^a	55,4 \pm 5,4 ^a	53,1 \pm 5,4 ^a
Insoluble formique	20,9 \pm 2,3 ^a	29,6 \pm 2,9 ^b	32,6 \pm 4,3 ^c

Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes qui ne présentent pas de lettre commune diffèrent significativement (seuil 0,05). n = Effectif.

bles avec les quantités déterminées selon les méthodes de l'AOAC sous le nom de «crude fiber» [AOAC, 1955].

Analyse statistique

Les comparaisons de moyennes ont été calculées par le test de Student et par le test U de Mann-Whitney. Le calcul des corrélations a été réalisé selon Snedecor [1957]. Le seuil de signification a été fixé à 5%.

Résultats

Détermination de l'insoluble formique

La détermination de l'insoluble formique présente l'avantage d'être facilement réalisable et reproductible. La méthode de Southgate [1977] est longue et complexe et n'a pu être utilisée. De même la détermination des différentes fractions fibreuses selon Van Soest [1967, 1973] n'a pu être retenue. En effet cette technique analytique, initialement mise au point pour l'étude des fourrages, demande pour être appliquée à d'autres types de produits, une préparation spécifique des échantillons. Ainsi dans les produits céréaliers l'amidon doit être préalablement hydrolysé car il interfère avec le NDF. La reproductibilité des mesures est fortement affectée par ce type d'intervention. Cette difficulté n'a

pu être levée dans cette étude. Il est intéressant de rappeler en exemple un résultat d'analyse de la farine de blé entier, afin de situer les indications fournies par le dosage de l'insoluble formique par rapport à celles obtenues avec des techniques analytiques plus fines: selon Guillemet [1943] la farine de mouture intégrale de blé recèle entre 3,7 et 5,1% d'insoluble formique – selon Spiller [1977] le NDF y représente 13% de la matière sèche.

Excrétion lipidique fécale

L'augmentation des quantités de fibres alimentaires ingérées (tab. I) se traduit par une excrétion fécale de lipides régulièrement et significativement accrue (tab. II). Les pertes moyennes de lipides fécaux sont toutes supérieures à 3,5 g/24 h [valeur-seuil retenue dans le test d'exploration de l'intestin grêle; Frexinos, 1981]. La corrélation entre les quantités d'insoluble formique ingérées et les quantités excrétées de lipides est fortement positive ($r = 0,63$; $p < 0,001$). La teneur moyenne en lipides des fèces ne varie pas d'un régime à l'autre (tab. III). La corrélation entre les quantités ingérées d'insoluble formique et les quantités d'azote est légèrement moins forte ($r = 0,57$; $p < 0,001$).

Tableau II. Evolution des quantités journalières de matière sèche, azote et lipides émises dans les fèces en relation avec l'augmentation de l'ingéré en insoluble formique (moyenne \pm écart-type)

Constituant fécaux g/24 h	Régime A (n = 12)	Régime B (n = 12)	Régime C (n = 12)
Matière sèche	52,7 \pm 11,5 ^a	69,7 \pm 16,7 ^b	87,1 \pm 20,5 ^c
Azote	4,02 \pm 0,92 ^a	4,13 \pm 0,84 ^{a,b}	4,73 \pm 1,35 ^b
Lipides totaux	3,76 \pm 0,88 ^a	4,61 \pm 0,75 ^b	7,32 \pm 1,47 ^c

Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes qui ne présentent pas de lettre commune diffèrent significativement (seuil 0,05). n = Effectif.

Tableau III. Evolution de la teneur en eau, protides et lipides des fèces émises en relation avec l'augmentation de l'ingéré en insoluble formique (moyenne \pm écart-type)

Composition des fèces, % de matière fraîche	Régime A (n = 12)	Régime B (n = 12)	Régime C (n = 12)
Eau	73,43 \pm 4,67 ^a	75,80 \pm 2,62 ^b	74,89 \pm 2,47 ^{a,b}
Protides	12,62 \pm 2,41 ^a	9,09 \pm 1,47 ^b	8,44 \pm 1,36 ^b
Lipides totaux	1,93 \pm 0,54 ^a	1,66 \pm 0,40 ^a	1,91 \pm 0,31 ^a

Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes qui ne présentent pas de lettre commune diffèrent significativement (seuil 0,05). n = Effectif.

Tableau IV. Evolution de la digestibilité apparente de la matière sèche, de l'azote et des lipides en relation avec l'augmentation de l'ingéré en insoluble formique (moyenne \pm écart-type)

Digestibilité	Régime A (n = 12)	Régime B (n = 12)	Régime C (n = 12)
Matière sèche	91,64 \pm 1,42 ^a	88,83 \pm 2,25 ^b	85,69 \pm 2,12 ^c
Azote	65,36 \pm 6,38 ^a	60,45 \pm 7,18 ^b	56,86 \pm 8,07 ^b
Lipides totaux	92,39 \pm 1,39 ^a	91,68 \pm 1,08 ^a	86,08 \pm 3,55 ^b

Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes qui ne présentent pas de lettre commune diffèrent significativement (seuil 0,05). n = Effectif.

Utilisation digestive apparente des lipides alimentaires

Les CUDA mesurés avec les régimes A et B sont identiques. Une chute significative est enregistrée lorsqu'on teste le régime C

(tab. IV). Les quantités ingérées d'insoluble formique et les CUDA des lipides sont significativement corrélées ($r = -0,39$; $p < 0,001$). La corrélation avec le CUDA de l'azote est beaucoup plus forte ($r = -0,60$; $p < 0,001$).

Discussion

La digestibilité lipidique du régime à base de farine blutée est assez faible comparée à celles qui ont été observées dans des conditions identiques. Ainsi les travaux anciens de Heupke [1932] sur l'homme et de Takei [1936] sur le rat opérant avec du mil décortiqué (*Panicum*) indiquaient des digestibilités comprises entre 97 et 98%. Plus récemment, Stasse-Wolthuis [1980] relevait chez des étudiants hollandais dont le régime était surchargé en son de blé une stéatorrhée de 2,9 g et un CUDa de 97,3%. Cette faible digestibilité lipidique va de pair avec celle de l'azote, ce qui indique que les capacités digestives des sujets étudiés seraient médiocres. Le phénomène ainsi mis en évidence serait lié à l'état nutritionnel antérieur des individus plutôt qu'à un effet propre des fibres alimentaires du régime.

Le passage du régime bluté au régime de farine entière reste sans effet sur la digestibilité apparente des lipides malgré l'augmentation importante de l'ingéré journalier en insoluble formique. Compte tenu du mode de préparation des farines qui entrent dans la composition de ces deux régimes, on peut prévoir que les fibres sont dans les deux cas de nature chimique voisine. Par contre, le régime C se distingue des régimes A et B non seulement par sa teneur plus élevée en insoluble formique mais aussi par la nature chimique des fibres apportées par les issues de meunerie utilisées pour la surcharge, les parties ligneuses et cellulosiques des glumes y étant plus largement représentées. 4,3 g de lipides constitutifs des issues utilisées pour la surcharge sont ingérés chaque jour avec le régime C. Parallèlement, 2,7 g de lipides fécaux supplémentaires sont émis, par rapport au régime B. Selon certains auteurs, les

lipides constitutifs des fractions fibreuses sont accessibles aux enzymes digestifs [Heupke, 1932], encore faut-il que la mouture soit très poussée [Adrian, 1954], ce qui n'est pas le cas dans la présente étude. L'ingestion de quantités croissantes de fibres se traduit par une augmentation conjointe de la masse fécale et des lipides fécaux, les deux paramètres étant reliés par un rapport constant. Cette observation milite en faveur de l'hypothèse selon laquelle les lipides apportés par la surcharge en issues de meunerie seraient faiblement digestibles, et va dans le sens des résultats obtenus par McCance [1948].

Il n'en est pas de même pour les pertes azotées dont les concentrations fécales vont en diminuant, consécutivement à l'effet de ballast provoqué par les fibres [Farrell, 1978]. La perte azotée fécale est moins rapide que la perte globale en matière sèche. L'effet le plus net des fibres se situe entre le régime A et les régimes B et C. Ceci permet de rejoindre les conclusions de McCance [1948] et Walker [1975] selon lesquelles la digestibilité réelle de l'azote alimentaire est peu affectée par les fibres du régime et que l'azote fécal est d'origine endogène, conséquence de l'action mécanique des fibres sur les cellules de la muqueuse intestinale.

Résumé

Des bilans digestifs ont été effectués chez 12 hommes adultes dont le régime habituel, pauvre en aliments d'origine animale, repose sur la consommation de farines de sorgho apportant entre 2,4 et 4,2 g d'insoluble formique pour 100 g de matière sèche. Les sujets ont reçu successivement pendant 11 jours, des régimes à 3,3, 4,8, 5,4 g d'insoluble formique pour 100 g de matière sèche. Le CUDa des lipides n'est pas modifié lors de la première surcharge, les valeurs obtenues avec la farine blutée et la farine entière étant situées à un niveau assez bas: respectivement 92,3 et

91,7%. La digestibilité diminue fortement avec la seconde surcharge pour atteindre 86,1%. L'origine des lipides fécaux est discutée. Les pertes fécales lipidiques augmentent plus rapidement que les pertes fécales azotées lorsque la teneur en fibres du régime est augmentée. La teneur en lipides des fèces ne varie pas d'un régime à l'autre. La teneur en azote des fèces diminue pour les régimes B et C.

Bibliographie

- Adrian, J.; Sayerse, C.: Les plantes alimentaires de l'Ouest africain (Orana, Dakar 1954).
- McCance, R.A.; Walsham, C.M.: The digestibility and absorption of the calories, proteins, purines, fat and calcium in wholemeal wheaten bread. *Br. J. Nutr.* 2: 26 (1948).
- Cornu, A.; Delpeuch, F.: Effect of fiber in sorghum on nitrogen digestibility. *Am. J. clin. Nutr.* 34: 2454-2459 (1981).
- FAO: Amino acid content of foods and biological data on proteins (FAO, Rome 1970).
- Farrell, D.J.; Girle, L.; Arthur, J.: Effects of dietary fiber on the apparent digestibility of major components and on blood lipids in men. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.* 56: 469-479 (1978).
- Frexinos, J.: Hépatogastro-entérologie clinique (Si-mep, Villeurbanne 1981).
- Guillemet, R.; Jacquot, R.: Essai de détermination de l'indigestible glucidique. *C.r. hebdomadaire Séances Acad. Sci., Paris* 216: 508-512 (1943).
- Heupke, W.: Digestion of plant foods. *Z. ErnährWiss.* 2: 138 (1932).
- Jelliffe, D.B.: The assesment of the nutritional status of the community, No. 53 (WHO, Geneva 1966).
- Official Methods of Analysis; 8th ed. (Association of Official Analytical Chemists, Washington 1955).
- Snedecor, G.W.; Cochran, W.G.: Méthodes statistiques; 6e ed. (Ames, Iowa State University 1957).
- Southgate, D.A.T.: The definition and analysis of dietary fiber. *Nutr. Rev.* 35: 31-38 (1977).
- Spiller, G.A.; Shipley, E.A.: Perspectives in dietary fiber in human nutrition. *Wld Rev. Nutr. Diet.* 27: 105-131 (1977).
- Stasse-Wolthuis, M.; Hugo, F.F.A.; Vanjeveren, J.G.C.; Dejong, J.; Hautvast, J.G.A.J.; Hermus, R.J.J.; Katian, M.B.; Brydon, W.G.; Eastwood, M.A.: Influence of dietary fiber from vegetables and fruit bran or citrus pectin on serum lipids, fecal lipids and colonic funtion. *Am. J. clin. Nutr.* 33: 1745-1756 (1980).
- Takei, U.J.: *Orient. Med.* 24: 11 (1936).
- Van Soest, P.J.: The chemistry and estimation of fiber. *Proc. Nutr. Soc.* 32: 123-130 (1973).
- Van Soest, P.J.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Ass. off. Analyt. Chem.* 50: 5055 (1967).
- Walker, A.P.R.: Effect of high crude fiber intake on transit time and the absorption of nutrients in South African Negro schoolchildren. *Am. J. clin. Nutr.* 28: 1166-1169 (1975).

Reçu: le 14 mai 1985

Accepté: le 23 janvier 1986

Dr. A. Cornu,
Orstom,
Centre de Montpellier,
1391, route de Mende,
F-34060 Montpellier (France)