

Valeur nutritionnelle (macro et micro-nutriments) de farines et pains français.

Jean-Marie BOURRE*, Alexandre BÉGAT**, Marie-Cécile LEROUX**,
Valérie MOUSQUES-CAMI***, Nicolas PÉRARDEL****, Flavie SOUPLY****

* INSERM, U705, CNRS, UMR 7157, Universités Paris 7 et 5, Hôpital Fernand Widal,
200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75745 Paris cedex 10. Mail : jmbourre@free.fr
Correspondance : J.-M. Bourre.

** Laboratoire ENSMIC, 16, rue Nicolas-Fortin, 75013 Paris, France.

*** Observatoire du pain (Cifap), 66, rue de la Boétie, 75008 Paris, France.

**** ANMF, 66, rue de la Boétie, 75008 Paris, France.

- **RÉSUMÉ :** *Cette analyse des pains consommés en France répond à la nécessité d'améliorer la connaissance de leur composition en macro et micronutriments, et donc de disposer d'éléments de référence. C'est ainsi qu'ont été analysés 6 farines de blé (T55, T65, T80, T110, T150, ainsi que la farine de seigle T130) et 11 pains : courants farine T55, T65, de tradition française, farine T80, complet, au levain, de campagne, au son, de seigle, bio et le pain aux céréales et graines. La connaissance de la composition de farines utilisées permet, de plus, de suivre le devenir des nutriments lors de la panification.*

Les pains sont riches en glucides complexes (amidon) (pour la plupart des pains, ils représentent plus de 90 % de leurs glucides assimilables ; entre 85 % et 95 % pour les farines) et particulièrement pauvres en glucides simples (moins de 5% des glucides totaux ; entre 2,4 % et 2,7 % pour les farines). Cette richesse en glucides complexes permet de promouvoir la consommation de pain ; notamment au double titre des recommandations officielles (notamment celles de l'AFSSA) qui préconisent d'une part une augmentation des glucides complexes dans la ration calorique, et d'autre part, en association, une réduction des quantités de glucides simples. Sur ces bases, il est pertinent de proposer une consommation quotidienne de ¾ à 1 baguette pour les hommes et de

2/3 à 3/4 de baguette pour les femmes ; ces recommandations ne doivent pas être significativement diminuées chez les seniors.

Les teneurs en protéines des pains sont homogènes, se situant aux environs de 9,3 g/100 g, sauf pour le pain de seigle (8,3 g/100 g) (il en est de même pour les farines, les teneurs étant entre et 11 g/100 g et 12 g/100 g, un peu moins pour la farine de seigle : 9,1 g/100 g). Selon la législation en vigueur, nombre de pains peuvent être qualifiés « sans graisses » (moins de 0,5 g/100 g ; pains : courants T55, T65, tradition T65, à la farine T80), d'autres sont pauvres en graisses (moins de 3 g/100 g ; pains : au levain, biologique, de campagne, de seigle, au son). Seul le pain aux céréales et graines apporte de notables quantités de lipides (3,9 g/100 g), du fait des teneurs en lipides de certains de ses ingrédients, graines de lin au premier chef, ce qui représente un avantage du fait de la présence des acides gras oméga-3 (0,44g/100g de pain ; autorisant l'allégation de « source d'oméga-3 » pour le pain analysé). La majorité des acides gras des lipides sont des acides gras poly-insaturés : ils représentent entre 56% et 65% des acides gras totaux pour les farines et entre 57 % et 71 % pour les pains. Corrélativement, les teneurs en acides gras saturés sont faibles : moins de 26 % des acides gras pour tous les pains. Les acides gras trans ne sont pas détectés, sinon à l'état de traces non quantifiables. Les teneurs en fibres de tous les pains autorisent l'allégation « source de fibres » ; sachant que pour certains d'entre eux, l'allégation « riche en fibres » est légitime. La proportion de fibres solubles est beaucoup plus intéressante qu'il n'était fréquemment affirmé, car elle représente environ 15 % des fibres totales pour les pains les plus consommés. De ce fait, les fibres des pains occupent une situation intéressante dans le monde des végétaux consommés, y compris par rapport aux fruits et aux légumes.

Parmi les vitamines du groupe B, et compte tenu des recommandations de consommation pour l'homme, se distinguent quelques-unes d'entre elles. En effet, quelques pains peuvent revendiquer l'allégation « source de », pour les vitamines B3 (PP, niacine), ou bien B6 (pyridoxine), ou encore B9 (folates). Les autres vitamines participent à l'équilibre alimentaire.

Parmi les minéraux, se distingue le fer, car les teneurs de certains pains couvrent environ 20 % des AJR. Les contenus en manganèse sont tout à fait appréciables, puisque, tous les pains en sont « source », quand ils n'en sont pas « riches ». La plupart des pains sont « source » de phosphore ; le pain complet, quant à lui, couvrant 34 % des AJR. Les teneurs en zinc sont intéressantes, aux environs de 10% des AJR pour l'ensemble des pains. Le potassium est présent en quantités notables. Seul le pain complet est source de magnésium, les autres pains en contenant toutefois des quantités intéressantes permettant de contribuer à la couverture alimentaire en ce nutriment.

- **ABSTRACT : Nutritional value (macro- and micro-nutrients) of French flours and breads** – This analysis of the breads eaten in France was carried out to improve our knowledge of their composition, both micro- and macronutrients, and so provide a set of reference values. We analysed 6 flours (the wheat flours T55, T65, T80, T110, T150, plus the rye flour T130) and 11 breads: standard bread made from T55 or T65, traditional French bread, T80, wholemeal bread, sourdough bread, farmhouse bread, bran bread, rye bread, organic bread, mixed cereals and grains bread. Knowing the compositions of the flours used also makes it possible to monitor any changes in the nutrients that occur during bread-making.

Bread is rich in complex carbohydrates (starch), it accounts for more than 90 % of the available carbohydrate (CHO) in most breads and between 85 % and 95 % of the CHO in flours. Breads contain very little simple carbohydrates (less than 5 % of total carbohydrate), while flours contain

from 2.4 % to 2.7 %. This high complex carbohydrate content has led to the promotion of bread consumption; due particularly to two of the official recommendations (particularly that of the AFSSA) – to increase the fraction of complex carbohydrates in the diet, and to reduce the fraction of simple carbohydrates. Based on these recommendation, we suggest that men should eat $\frac{3}{4}$ to 1 baguette a day and women about $\frac{2}{3}$ to $\frac{3}{4}$, and that these amounts should not decrease significantly for older people.

All wheat breads have about the same protein content, about 9.3 g/100 g, while rye bread has a little less (8.3 g/100g). The contents of the flours are also similar (11-12 g/100 g) and a little less in rye flour (9.1 g/100 g). Some bread may be labeled “fat-free”, depending on the relevant legislation (less than 0.5 g/100 g); these are standard breads made with T55 or T65 flour, traditional T65 breads and T80 breads. Others, like sourdough bread, organic bread, farmhouse bread, rye bread and bran bread, are low-fat breads (less than 3 g/100 g). Only mixed cereals and grains bread has a significant lipid content (3.9 g/100 g) because of some of the ingredients, mainly linseed. This is an advantage as linseed contains omega-3 fatty acids (0.44 g/100 g bread). This bread can therefore be labeled as a “source of omega-3”. Most of the fatty acids in these lipids are polyunsaturated, accounting for 56-65 % of the total fatty acids in flours and 57-71 % in breads. Conversely, breads contain little saturated fatty acids: they account for less than 26 % of total fatty acids in breads. The contents of trans fatty acids are undetectable, or at worst traces too low to quantify.

All breads contain enough fibre to be labeled as a “source of fibre”, and some even qualify for the label “fibre rich”. The fraction of soluble fibre is greater than has frequently been stated; it is about 15 % of total fibre in the most widely consumed breads. Hence bread fibre is significant in terms of dietary vegetables, comparable with fruits and vegetables.

Breads differ significantly in their capacity to supply the daily requirements of the B group of vitamins. Some breads qualify for the label “source of vitamin B3 (PP, niacin), or B6 (pyridoxine), and B9 (folate)”. The other vitamins contribute to a balanced diet.

The main mineral contributed to the diet is iron, as some breads can provide about 20 % of the recommended daily intake (RDI). Breads also contain significant amounts of manganese, so that all breads can be considered to be a “source”, but not rich in this mineral. Most breads are a “source” of phosphorus, while wholemeal bread can provide 34 % of the RDI. Breads contain enough zinc to provide about 10 % of the RDI, they also contain significant amounts of potassium. While only wholemeal bread is a “source” of magnesium, the others contain enough to make a contribution to the RDI.

INTRODUCTION

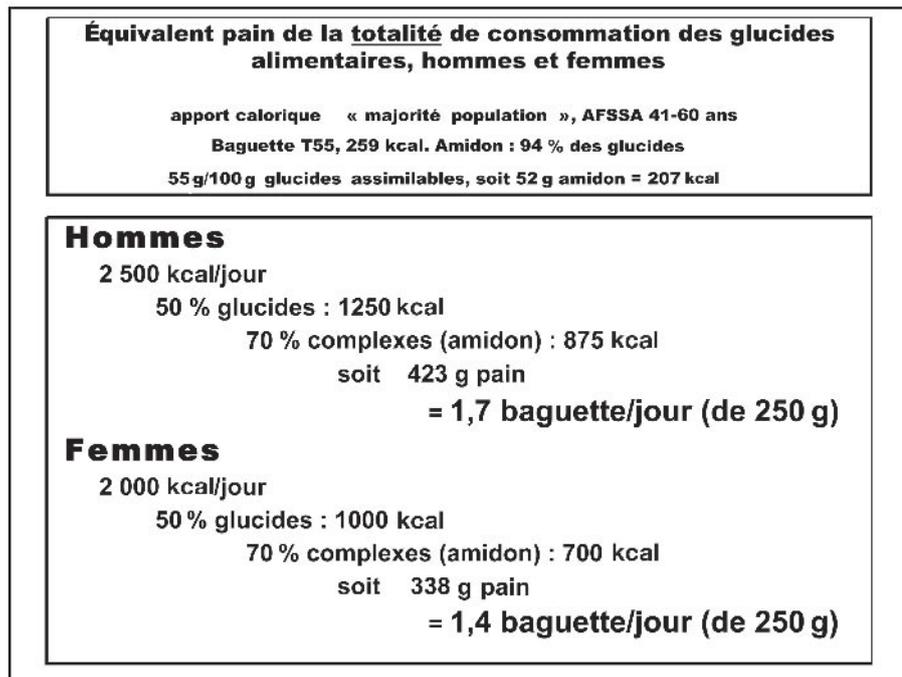
Le pain constitue l'aliment le plus régulièrement consommé en France, et de nombreuses instances recommandent d'en augmenter l'usage. Néanmoins, il est surprenant de constater qu'aucune table de composition fiable sur les pains consommés et fabriqués en France n'a été réalisée à ce jour. Bien évidemment, quelques tables de composition sont accessibles.

En France, celle du CIQUAL [24], est constituée d'une compilation de mesures et de sources différentes, elle n'est donc qu'indicative; elle ne présente, outre quelques préparations particulières, que la baguette, le pain de seigle et froment (blé tendre), le pain de campagne et le pain complet. L'autre, SUVIMAX [49], est essentiellement constituée des données du CIQUAL [24]. La FSA Britannique, Foods Standards Agency [23] a remis à jour récemment sa table, en particulier pour les produits céréaliers, mais ils ne sont pas représentatifs de la consommation française, sauf pour nombre de produits manufacturés, industriels et internationaux. Les tables anglaises [39], allemandes, internationales [48] et américaines [USDA, 50] délivrent des informations qui ne sont pas véritablement pertinentes en France, étant donné la grande différence observée dans les natures des farines et des recettes. C'est ainsi que le pain blanc américain faisait mondialement référence (y compris dans l'échelle des index glycémiques), alors qu'il est évident que sa composition est éloignée de celle des pains français, notamment de la baguette française.

En France, actuellement, les diverses variétés de baguettes représentent 65 à 70 % de la consommation de pain, sachant que la baguette classique participe pour 45 à 50 % et la baguette de tradition française pour 20 %. Les pains de campagne représentent 4% de l'ensemble des pains spéciaux (30 % du pain consommé).

L'AFSSA a émis deux avis confortant le rôle du pain dans l'équilibre alimentaire. En effet, dans l'un d'eux [1], il est recommandé d'augmenter la part calorique des glucides dans l'alimentation, de 45 % actuellement, pour monter jusqu'à 55 %, et ceci au strict bénéfice des glucides complexes. D'autre part, il est instamment demandé dans un autre avis [2] de diminuer la part des glucides simples; cette réduction devant évidemment être compensée par un accroissement des glucides complexes. Le PNNS (Programme National Nutrition Santé) insiste sur l'intérêt de la consommation de pain (mangerbouger.fr), son deuxième volet (PNNS2) consacre spécifiquement un chapitre au pain.

L'index glycémique de pains français a très récemment été déterminé sur 5 pains [9, 45], en utilisant la méthode internationale normalisée [11]. Il est par exemple de 57 % pour la baguette de tradition française, ce qui la situe parmi les aliments à index glycémique modéré; alors que des mesures précédemment publiées, positionnaient le pain beaucoup plus haut, mais elles portaient sur des techniques d'analyses obsolètes, appliquées à un nombre trop restreints de volontaires, ou sur des pains américains. Bien que la relation entre l'index glycémique, la charge glycémique et la glycémie ne soit pas univoque [5], la pertinence de l'index glycémique (et de l'index insulínémique) n'est plus remise en question; celui de la charge glycémique fait toutefois encore l'objet de discussions [5]. Il semble cependant que l'index glycémique d'un repas soit en relation avec l'index glycémique de ses constituants. Bien évidemment, l'accompagnement du pain modifie son index glycémique, notamment quand il est constitué de lipides [30] et de protéines. Quoi qu'il en soit, étant donné l'importance considérable de l'index glycémique dans la définition de l'équilibre alimentaire de l'homme sain, et son implication dans la prévention ou le contrôle de pathologies (diabète, obésité, maladies cardio-vasculaires, entre autres), il est important qu'il soit étayé par une réelle connaissance de la composition des pains.



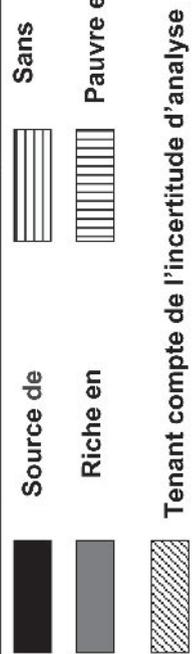
L'AFSSA (Martin *et coll.*, 2000) [42] a défini les apports énergétiques recommandés, pour diverses classes d'âges, et correspondant à différents niveaux d'activité physique. Le calcul présenté dans ce tableau a été réalisé pour la tranche d'âge 41-60 ans, représentant pour l'AFSSA la majorité de la population (non inactif, activité physique modérée). Les chiffres retenus sont voisins de ceux obtenus par l'enquête INCA2, montrant une consommation calorique (qualifiée de satisfaisante) de 2474 kcal pour les hommes et 1929 kcal pour les femmes. À un âge plus jeune, selon l'AFSSA (20-40 ans), les apports caloriques recommandés sont de 2700 pour les hommes et de 2200 pour les femmes; les équivalents baguette seraient donc plus élevés. Contrairement à ce qui a longtemps été affirmé, la ration calorique des seniors ne doit pas être appréciablement diminuée; la recommandation de l'Union européenne (Nutri-Senex, 2004) est de 2300 kcal/jour pour les hommes et de 1800 pour les femmes. La part des glucides dans les apports caloriques alimentaires a été prise à 50 %, ce qui est inférieur aux recommandations (55 %), mais réaliste par rapport aux habitudes alimentaires actuelles. Le poids de la baguette a été sélectionné à 250 g, ce qui correspond à la majeure partie des baguettes vendue en France, mais dans certaines régions, il est de 200 g.

Figure 1

Concernant la consommation de pain en France l'enquête INCA2 [27], dans la présentation de ses premiers résultats publiés en décembre 2007, montre que chez les adultes (18 à 79 ans), les glucides ne représentent que 44 % des calories alimentaires, avec une diminution de 6,8 % chez les hommes et 7,2 % chez les femmes, par rapport à la précédente enquête réalisée 8 ans avant [26]. Ceci en contradiction avec les recommandations, évolution aggravée par le fait que les femmes augmentent leur consommation de glucides

pains et nutrition

Valeurs de référence	Pain courant T55	Pain courant T65	Pain tradition T65	Pain au levain T65	Pain à la farine T80	Pain biologique T110	Pain de campagne	Pain de seigle	Pain au son	Pain aux céréales et graines
Protéines	14 %	15 %	14 %	14 %	15 %	18 %	15 %	14 %	17 %	15 %
Matières grasses	0,3 %	0,3 %	0,4 %	0,9 %	0,3 %	1,1 %	0,8 %	1 %	1,2 %	3,9 %
Fibres	3,4	3,8	3,3	3,3	4,2	5	3,8	7,7	7,4	4,9
Phosphore	136	113	105	87	140	145	94	155	198	135
Magnésium	21	25	23	19	33	38	21	39	56	40
Fer	0,9	1,1	1	1,3	1,3	1,8	1,2	2,2	2,3	1,5
Vitamine B3	1,1	1,3	1,3	1,2	1,7	2,1	0,8	1,1	3,2	1,9
Vitamine B6	0,22	0,24	0,20	0,06	0,27	0,10	0,15	0,10	0,16	0,07



Les allégations concernant les matières grasses, les protéines et les fibres sont celles du règlement Européen (CE) N° 1926/2006, du 20 décembre 2006 (JO de l'Union européenne du 18 janvier 2007, p. L12/3-L12/18). Ce règlement ne donne pas le détail des vitamines et minéraux, mais renvoie à l'annexe de la directive 90/496/CEE qui cite les AJR. Ce sont donc les AJR qui sont pris en compte dans ce tableau.

Figure 2 : Allégations nutritionnelles concernant les pains.

simples de 5,8 %. Globalement, la part du pain a diminué de 7 %. Durant la même période, chez les 3-14 ans, la consommation de glucides complexes a diminué de 16 %, du fait de la baisse de consommation de pain et de produits de panification. L'Étude Nationale Nutrition Santé [ENNS, 20], montre que 50,2 % des hommes et 55,2 % des femmes (30-54 ans) consomment moins de 45 % d'énergie alimentaire sous forme glucidique, seulement 24,4 et 20,3 % des hommes et des femmes dépassent les 50 % d'énergie alimentaire glucidique. Une enquête SOFRES (réalisée en 2006) conclut que les hommes absorbent quotidiennement 161 g de pain, les femmes 126 g et les enfants 111 g. La moyenne, toutes populations confondues, est de 140 g/jour. Ces chiffres représentent une mesure ponctuelle à partir d'une enquête déclarative.

Pour ce qui concerne les fibres, l'enquête INCA2 [27] montre que la consommation reste stable (par rapport à INCA1, [26]) chez les hommes (18,8 g/jour), alors qu'elle augmente de 6,7 % chez les femmes (16,4 g/jour), ce qui reste très inférieur aux recommandations de l'AFSSA (25 à 30 g/jour), comme à celle de la réglementation européenne (prise en référence dans la figure 2, JO de l'Union Européenne du 18 janvier 2007). En revanche, la consommation de fibres a diminué chez les enfants et les adolescents. Selon l'enquête ENNS [20], seuls 15 % des hommes et 6,8 % des femmes ont un apport en fibres supérieur ou égal à 25 g/jour.

Alors que les instances officielles recommandent d'augmenter la consommation de glucides complexes et de fibres, l'analyse de la composition nutritionnelle des pains, telle que réalisée dans le présent travail, permet de quantifier de combien il serait souhaitable d'accroître la consommation de pain pour participer à cet objectif. Sachant en outre qu'il est important de préciser à quelle hauteur les pains contribuent à la couverture des besoins en quelques vitamines et oligo-éléments.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

■ **Définition préalable**

Selon la réglementation de 1963 toujours en vigueur, les types de farines sont définis sur la base de la teneur en cendre, corrélée à la matière minérale présente dans la farine (tableau 1), qui est d'autant plus basse que la proportion d'enveloppe du grain est faible. La farine est dite de « type x » («Tx» sous forme abrégée), quand les teneurs en cendres entrent dans la fourchette définie autour de x % de la matière sèche. Les minéraux étant simultanément présents avec les fibres et les vitamines dans les enveloppes, il est logique que les différences de teneur de minéraux (selon les différents produits de la mouture) s'accompagnent des mêmes modifications de celles des vitamines et des fibres. La quantité de cendres (résidus de la combustion d'une farine) n'est toutefois pas complètement équivalente à la sommation des quantités individuelles des différents minéraux mesurées par

Type de farine de blé tendre	Teneur en cendres (% de matière sèche)
T45 (« type 45 »)	< 0,50
T55 (« type 55 »)	0,50 à 0,60
T65 (« type 65 »)	0,62 à 0,75
T80 (« type 80 »)	0,75 à 0,90
T110 (« type 110 »)	1,00 à 1,20
T150 (« type 150 »)	> 1,40
Réglementation de 1963.	

Tableau 1 : Définition des farines d'après leurs teneurs en cendres.

une analyse fine, du fait des erreurs inhérentes aux dosages (présentée dans le tableau 2). La vérification des teneurs en cendres de tous les produits, la réalisation des mélanges pour obtenir les échantillons moyens de farines, les échantillonnages des farines et fabrication des pains ont été effectués dans les Laboratoires de l'ENSMIC.

■ Farines et pains analysés

Les protocoles des recettes de fabrication des pains, dont certains sont définis réglementairement, ont été validés par un comité de boulangers et de meuniers, afin d'être représentatifs des pains consommés en France : tous les pains ont été façonnés en forme « baguette » excepté le pain complet qui est communément fabriqué en forme « boule » (voir annexe introduite à la fin du document : recettes et protocole de fabrication des pains). Les farines provenaient de moulins de différentes régions, dont la production est représentative de la production nationale. Les farines de même type ont été mélangées, pour permettre ensuite la fabrication de 3 pains. Les produits (farines et pains) étudiés dans une première série d'analyses ont donc été fabriqués à partir de 4 farines issues du mélange de plusieurs farines provenant de différents meuniers, soit 10 farines T55, 10 farines T65 tradition, 5 farines T80, 6 farines T150. Cinq types de pains ont été fabriqués 3 jours de suite (15 pains au total) avec les farines issues des mélanges présentés ci-dessus : pain courant farine T55, pain de tradition française (farine T65 tradition), pain farine T 80 et pain complet (farine T150).

Les produits (farines et pains) étudiés dans une deuxième série d'analyses ont été élaborés avec des mélanges de plusieurs farines provenant de différents meuniers, c'est-à-dire 10 farines de blé T65, 8 farines de blé T110 biologiques et 9 farines de seigle T130. Six types de pains fabriqués 3 jours de suite (18 pains au total) avec les farines issues des mélanges décrits ci-dessus : pain au levain farine T65, pain bio farine T110, pain de campagne (90 % farine de blé T65 + 10 % farine de seigle T130), pain de seigle (66 % farine de seigle T130 + 34 % farine de blé T65), pain au son (84 % farine de blé T65 + 16 %

	Farine de blé T55	Farine de blé T65 tradition	Farine de blé T80	Farine de blé T110	Farine de blé T150	Farine de seigle T130
Taux d'humidité g/100 g	13,9	13,2	13,5	12,5	12,7	11,8
Cendres en % sur matières sèches	0,5	0,6	0,7	1,1	1,6	1,5
Valeur énergétique kcal/100 g	330,0	329,0	327,0	329,0	299,0	308,0
Glucides assimilables g/100 g	68,8	69,1	68,1	67,5	59,6	64,8
Glucides totaux g/100 g	72,7	73,5	73,1	73,2	72,2	76,5
Protéines g/100 g	11,7	11,6	11,4	11,7	11,9	9,1
Lipides en g/100 g	0,8	0,7	1,0	1,4	1,4	1,4
Vitamine B1 (thiamine base) mg/100 g	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Vitamine B2 (riboflavine) mg/100 g	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
Vitamine PP (B3 ou niacine) mg/100 g	1,3	1,5	1,8	2,6	5,0	1,1
Vitamine B5 (ac.D-pantothénique) mg/100 g	0,6	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5
Vitamine B6 (pyridoxine) mg/100 g	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
Vitamine B9 (acide folique) µg/100 g	16,4	18,3	16,3	18,0	27,8	11,0
Vitamine B12 (cyanocobalamine) µg/100 g	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Vitamine E (exp. en alpha-tocophérol) mg/100 g	0,5	0,5	0,8	0,9	1,0	0,8
Zinc mg/100 g	0,7	0,8	1,1	1,5	2,0	1,7
Fer mg/100 g	0,9	1,3	1,6	2,4	2,8	2,3
Cuivre mg/100 g	< 0,5	< 0,46	< 0,5	0,2	< 0,49	0,3
Manganèse mg/100 g	0,6	0,8	1,2	2,0	3,3	2,2
Phosphore mg/100 g	106,5	123,7	152,5	190,0	322,7	233,0
Magnésium mg/100 g	24,8	30,4	39,3	54,0	87,8	61,0
Potassium mg/100 g	158,5	175,6	206,3	270,0	407,2	380,0
Calcium mg/100 g	24,0	25,3	26,3	32,0	39,6	36,0
Sodium mg/100 g	2,9	< 2,55	< 2,72	1,7	13,98	6,0
Fibres alimentaires totales g/100 g	3,9	4,3	5,0	5,7	12,5	11,7
Acide phytique g/100 g	0,4	0,5	0,6	0,6	1,1	0,6

Tableau 2 : Valeur nutritionnelle des farines.

sons), pain aux céréales et graines (88 % farine de blé T65 + 12 % graines). Les graines de ce pain aux céréales et graines sont, dans la recette (en poids initial, avant le pétrissage) : flocons d'avoine (1 %), flocons de blé (1 %), graines de tournesol (2 %), de lin jaune (4 %) de sésame (2 %) et de millet (2 %).

Le pain au levain a été préparé de manière habituelle, qui implique une légère différence avec le décret le définissant, car le pH n'est pas inférieur à 4,3 (il est de 5,5), et la teneur en acide acétique est inférieure à 900 ppm.

Les quantités de levure utilisées ont été de 2,5 g/100 g pour les pains : courants T55, courant T65, T80, complet, aux céréales et fibres. Elle a été de 0,8 g/110 g pour le pain de tradition française T65. Pour le pain de campagne, la quantité de levure a été 0,5 g/100 g pour la pâte, 0,15 g/100 g pour le levain, et 0,35 g/100 g ajouté. Les pâtes ont été salées à 18 g de sel/kg de farine.

■ **Analyses**

La totalité des analyses a été réalisée par un laboratoire indépendant Eurofins (accrédité COFRAC).

La teneur en eau a été mesurée par pesée avant et après séchage à 130-133°C (méthode normalisée pour les céréales et produits dérivés). La teneur en azote a été déterminée avec la méthode semi-automatique de KJELDAHL, la teneur en protéines a été évaluée : N x 6,25. La teneur en cendres a été mesurée comme étant le poids après incinération pendant une nuit à 550°C pour les pains et 1 h à 900°C pour les farines.

Les fibres ont été dosées selon la méthode normalisée (AOAC, Association of Official Analytical Chemists); la méthode enzymatique gravimétrique AOAC 985,29 a assuré le dosage des fibres totales et la méthode AOAC 991,43 a permis la quantification des fibres insolubles et des solubles. Ces méthodes sont les plus utilisées actuellement en alimentation humaine.

L'amidon a été dosé, après hydrolyse enzymatique, par spectrophotométrie UV. Les sucres ont été détectés et quantifiés par séparation par chromatographie ionique avec dilution par NaOH et détection par ampérométrie pulsée. Glucides totaux = 100 % du produit - (lipides + protéines + humidité + cendres). Glucides assimilables = glucides totaux - fibres.

L'acide citrique et l'acide malique ont été mesurés par méthode enzymatique.

Les matières grasses ont été extraites par extraction douce biphasique à froid. Après transméthylation, le profil des acides gras a été déterminé par chromatographie gazeuse sur phase stationnaire polaire de type cyanosiloxane; les acides gras ont été identifiés

par comparaison avec un mélange de référence et quantifiés par normalisation interne. Les résultats sont exprimés en % de la somme (c'est-à-dire le poids total) des acides gras.

La vitamine E a été quantifiée par HPLC et détection fluorométrique, la vitamine C par HPLC et détection UV. La vitamine B1 par HPLC en phase inverse (après hydrolyse acide et déphosphorylation enzymatique) avec détection fluorométrique après une oxydation trichrome post-colonne; la vitamine B2 par hydrolyse acide suivie d'une déphosphorylation enzymatique et quantification par HPLC avec détection fluorométrique; les vitamines B3 et B5 par turbidimétrie du développement de *Lactobacillus plantarum*; la vitamine B6 par dosage de la pyridoxine en HPLC avec détection fluorométrique; le beta-carotène par HPLC et détection visible; la B9 par turbidimétrie de développement de *Streptococcus faecalis* (ATCC 8043); la B12 par turbidimétrie de développement de *Lactobacillus leichmanii*. Les alcalino-terreux (calcium, sodium, magnésium, potassium et phosphore), le cuivre, le fer, le manganèse, le zinc, le phosphore, par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (ICP-AES).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

■ **Composition globale des farines et des pains**

– *Les farines*

Le tableau 2 fournit les compositions des diverses farines. Les valeurs énergétiques sont proches les unes des autres, situées entre 299 kcal/100 g pour la farine de blé T150 et 330 kcal/100 g pour celle de blé T55. La quantité de glucides assimilables se situe autour de 65 g/100 g, elle diminue pour les moutures T110 et T150 (59,6 g/100 g). Les teneurs en protéines sont similaires entre les diverses farines de blé (aux environ de 11,5 g/100 g); en revanche elle est plus faible dans la farine de seigle (9,1 g/100 g). Les teneurs en fibres totales ne sont finalement que modérément différentes entre les farines T55, T65 et T80, elles sont significativement différentes avec les farines T110 et T150 (globalement triplées entre les farines T55 et T150). Parmi les vitamines du groupe B se distingue la vitamine B3 (ainsi que l'acide folique) dont les teneurs sont intéressantes, et deviennent sensibles dans les farines de blé T110 et T150. Parmi les minéraux et oligo-éléments, il faut noter la présence de quantités appréciables de fer, ainsi que de manganèse. Les teneurs en sodium sont très faibles, celle de potassium relativement importantes. Les quantités d'acide phytique augmentent faiblement entre les farines T55, T65, T80 et T110, pour devenir notables dans la farine T150. Globalement, les teneurs en micro-nutriments augmentent entre la farine T55 et la farine T150.

pains et nutrition

	Pain courant farine T55	Pain courant farine T65	Pain de tradition française	Pain farine T80	Pain complet	Pain au levain campagne	Pain de seigle	Pain bio	Pain aux céréales et graines
Taux d'humidité g/100 g	31,0	30,2	31,5	30,2	31,1	32,6	30,6	34,3	32,2
Cendres (en % de matière sèche)	1,8	1,8	1,8	2,0	2,4	2,5	3,1	3,1	2,7
Valeur énergétique kcal/100 g	259,0	255,3	252,7	255,7	232,7	257,0	240,0	237,7	264,0
Glucides assimilables g/100 g	55,0	53,9	53,5	54,0	46,7	53,1	49,4	47,1	47,4
Glucides totaux g/100 g	58,4	57,7	56,8	58,2	55,5	56,5	57,2	52,0	52,3
Protéines g/100 g	9,3	9,5	9,2	9,4	9,7	9,2	8,3	9,8	9,8
Lipides g/100 g	0,3	0,3	0,4	0,3	0,8	0,9	1,0	1,1	3,9
Vitamine B1 (thiamine) mg/100 g (ANC 1,3; AJR 1,4)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitamine B2 (riboflavine) mg/100 g (ANC 1,6; AJR 1,6)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Vitamine PP (B3, niacine) mg/100 g (ANC 14; AJR 18)	1,1	1,3	1,3	1,7	3,9	1,2	1,1	2,1	1,9
Vitamine B5 (ac. pantothénique) mg/100g (ANC 5; AJR 6)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Vitamine B6 (pyridoxine) mg/100 g (ANC 1,8; AJR 2)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1
Vitamine B9 (ac. folique) µg/100 g (ANC 330; AJR 200)	14,6	16,8	17,3	22,4	25,1	13,8	12,8	19,3	17,9
Vitamine B12 (cyanocobalamine) µg/100 g (ANC 2,4; AJR 1)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitamine E (en alpha-tocophérol) mg/100g (ANC 12; AJR 10)	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2	0,3	0,7
Zinc mg/100g (ANC 12; AJR 15)	< 0,98	< 0,98	< 1	1,2	1,5	0,5	1,1	1,1	0,9
Fer mg/100g (ANC 9; AJR 14)	0,9	1,1	1,0	1,3	2,2	1,3	2,2	1,8	1,5
Cuivre mg/100g (ANC 2)	< 0,98	< 0,99	< 1	< 0,98	< 0,97	0,1	0,2	0,2	0,2
Manganèse mg/100 g (ANC 1-2,5)	< 0,98	< 0,99	< 1	1,0	2,2	0,6	1,3	1,3	0,7
Phosphore mg/100 g (ANC 750; AJR 800)		112,9	105,2	139,5	253,6	87,3	198,3	145,0	135,0
Magnésium mg/100 g (ANC 420; AJR 300)	20,7	25,0	23,3	32,9	67,4	18,7	20,7	38,0	40,0
Potassium mg/100 g (ANC 390-585)	140,1	151,2	136,6	178,4	324,2	124,0	253,3	190,0	164,0
Calcium mg/100 g (ANC 900; AJR 800)	24,5	26,3	24,4	27,5	37,6	18,7	19,0	24,2	29,0
Sodium mg/100 g	584,5	574,6	547,3	577,3	637,4	490,0	493,3	500,0	491,7
Fibres alimentaires totales g/100 g (ANC 25-30)	3,4	3,8	3,3	4,2	8,8	3,3	7,4	5,0	4,9
Acide phytique g/100 g	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3	0,2	0,2

- Les pains

Pour ce qui concerne les pains (tableau 3), le taux d'humidité varie très peu, se situant entre 30 % (pains : courant T65, T80, de seigle) et 34 % pour le pain bio. Les teneurs en cendres sont évidemment en relation avec le type de farine. Les valeurs caloriques sont homogènes, aux environ de 255 kcal/100 g ; la plus basse (232 kcal/100 g) étant celle du pain complet, la plus élevée (264 kcal/100 g) celle du pain aux céréales et graines (du fait de la richesse en lipides des graines).

Les teneurs en protéines sont homogènes, se situant aux environ de 9,3 g/100 g, sauf pour le pain de seigle (8,3 g/100 g). Les teneurs en lipides sont généralement très faibles (0,3 g/100 g pour les pains courants farine T55, T65, farine T80 ; 0,4 g/100 g pour le pain de tradition française T65 ; 0,8 g/100 g pour le pain de campagne), sauf pour le pain aux céréales et graines ; et, mais à hauteur de 3 fois moins de ce dernier, dans les pains au son, de seigle et bio, suivis du pain complet et du pain au levain. Les teneurs en glucides totaux sont aussi relativement voisines entre les pains (aux environ de 55 g/110 g) mais avec des variations notables : les pains au son, bio et aux céréales et graines ne contenant que 52 g/100 g de glucides totaux, alors que les pains courants farine T65 et T80 se situent à 58 g/100 g. Les discussions sur les relations entre la surconsommation de glucides et le cancer [31], les maladies cardio-vasculaires [10], le diabète [41], ainsi que l'obésité [51] sortent du cadre de ce travail ; d'autant qu'il faut noter que le socle de ces relations repose sur les glucides simples et l'insuffisance d'absorption de fibres. Le pain au levain augmente moins la glycémie et l'insulinémie post-prandiale, par rapport à celui à la levure [40].

Parmi les vitamines du groupe B, et compte tenu des recommandations de consommation pour l'homme, se distinguent quelques vitamines. Les teneurs en vitamine B3 (PP, niacine ; AJR : 18 mg/jour, ANC : 14 mg/jour) se situent entre 1,1 mg/100 g (pains courant farine T55 et de seigle : 6,1 % des AJR, ou 7,8 % des ANC) et 3,9 mg/100 g (pain complet : 21,7 % des AJR, ou 27,8 % des ANC). Pour ce qui est de la vitamine B6 (pyridoxine, AJR : 2 mg/jour, ANC : 1,8 mg/jour), les teneurs s'étalent de 0,1 mg/100 g (pains : de seigle et aux céréales et graines : 5 % des AJR, ou 5,6 % des ANC) jusqu'à 0,4 mg/100 g (pain complet : 20 % des AJR, ou 22,2 % des ANC). Les quantités de vitamine B9 (folates, AJR : 200 µg/jour, ANC : 330 µg/jour), sont aussi intéressantes, entre 14 µg/100 g (7 % des AJR, ou 4,2 % des ANC) et 25 µg/100 g (12,5 % des AJR ou 7,6 % des ANC) ; mais elles restent modestes par rapport aux recommandations. Il en est de même pour la vitamine B5 (acide pantothénique ; AJR : 6 mg/jour, ANC : 5 mg/jour), dont les teneurs se situent autour de 0,4 - 0,6 mg/100 g (soit entre 6,7 % et 10 % des AJR, ou entre 8 % et 12 % des ANC). Les teneurs en vitamine E (AJR : 10 mg/jour, ANC : 12 mg/jour) sont entre 0,1 mg/100 g et 0,7 mg/100g (soit entre 1 % et 7 % des AJR, ou bien entre 0,8 % et 5,8 % des ANC).

Tableau 3 (à gauche) : Valeur nutritionnelle des pains.

Exception notable, il est observé une augmentation de la teneur en vitamine B6 entre la farine et le pain. Il s'agit sans doute de la conséquence du métabolisme des levures (celles-ci constituent des compléments alimentaires, notamment du fait de leurs richesses en vitamines), sachant que leur contribution alimentaire au titre de leur contenu en vitamine B6 (entre autres) peut être notable [46]. Il est important de rappeler que la biodisponibilité des vitamines est modulée par la matrice alimentaire dans lesquelles elles se trouvent; pour la vitamine B6, la biodisponibilité est peu différente entre les origines animales et végétales [46]. Pour ce qui concerne la vitamine B12, sa présence peut aussi se révéler être la conséquence de l'utilisation des levures; toutefois les tables de composition des aliments [24, 48] ne mentionnent que la présence de traces dans les levures, en contradiction d'ailleurs avec l'affirmation que celles-ci constituent le mode d'apport principal chez les végétaliens [19]. L'utilisation de levures (pour leurs propriétés technologiques et nutritionnelles) est mise à contribution dans nombre de préparations alimentaires sur tous les continents, asiatiques [3] ou africaines [44]; bien au-delà du pain, de la bière et du vin, utilisation historique [37] depuis des millénaires [13].

Parmi les minéraux, se distingue le fer (AJR : 14 mg/jour, ANC : 9 mg/jour), car les teneurs des pains varient de 0,9 mg/100 g (soit 6,4 % des AJR, ou 10 % des ANC) pour le pain courant, à 2,3 mg/100 g pour le pain au son (soit entre 16,4 % des AJR, et 25 % des ANC), avec 2,2 mg/100 g pour les pains de seigle et complet (soit entre 15,7 % des AJR, et 24 % des ANC). Les teneurs en magnésium (AJR : 300 mg/jour, ANC : 420 mg/jour) sont variables, entre 20 mg/100 g environ (soit entre 6,6 % des AJR, et 4,7 % des ANC) pour les pains courant T55, tradition française T65, de campagne, jusqu'à 56 mg/100 g pour le pain au son (soit entre 18,7 % des AJR et 13 % des ANC) et 67,4 mg/100 g pour le pain complet (soit entre 22,5 % des AJR, et 16 % des ANC). Les teneurs en calcium (AJR : 800 mg/jour, ANC : 900) s'échelonnent entre 19 mg/100 g (entre 2,4 % des AJR, et 2 % des ANC) et 37,6 mg/100 g pour le pain complet (entre 4,7 % des AJR, et 4 % des ANC). Pour ce qui concerne le phosphore (AJR : 800 mg/100 g, ANC : 750 mg/jour), il varie de 87,3 mg/100 g pour le pain au levain (entre 10,9 % des AJR, et 11,6 % des ANC), jusqu'à 253,6 pour le pain complet (entre 31,7 des AJR et 33,8 % des ANC). Le zinc (ANC : 12 mg/jour) est présent en quantités appréciables dans le pain au son (11 % des ANC), le pain T80 (10 % des ANC), les pains de seigle et bio T110 (9 % des ANC). Le potassium (ANC : 390-585 mg/jour, soit 10-15 mmoles) est présent en quantités intéressantes, entre 124 mg/100 g pour le pain au levain et 253 mg/100 g pour le pain au son. Les teneurs en manganèse (ANC : 1-2,5 mg/jour) sont tout à fait appréciables, pouvant couvrir entre 50 % et 100 % des ANC (il n'y a pas d'AJR pour cet oligo-élément).

La comparaison des compositions des pains avec les farines dont ils sont issus, doit tenir compte du fait que les farines sont beaucoup moins hydratées que les pains. Ce qui rend partiellement compte de la diminution des teneurs en protéines, lipides et vitamines. Concernant les minéraux, la plus forte teneur du pain en matière minérale totale est principalement due à l'addition de sel (d'autant que la farine ne contient que de très faibles quantités de sodium). Lors de la panification, les pertes en oligo-éléments et en

minéraux sont faibles, sinon négligeables. En revanche, elles peuvent être notables pour certaines vitamines, ce qui est normal, étant donné leur sensibilité connue à la chaleur, en particulier pour ce qui concerne les vitamines E, B1, B5 et C.

Les teneurs en sodium sont cohérentes et homogènes environ 550 mg/100 g, avec un minimum 410 mg/100 g pour le pain au son et un maximum à 637 mg/100 g pour le pain complet.

Les allégations possibles sur les pains, par rapport aux AJR (arrêté de décembre 1993) sont portées dans la figure 2. À titre de comparaison, dans la discussion ci dessus, les références aux ANC sont aussi présentées.

■ **Comparaison avec les données existantes**

Ce travail révèle de nombreuses différences avec les tables du CIQUAL [24] datant de 1995, et largement utilisées jusqu'à ce jour, faute d'autres références. Tant pour les macronutriments que pour les micro-nutriments, il est possible de réaliser des comparaisons pour la baguette courante, le pain complet et le pain de campagne; les autres pains présentés dans le CIQUAL [24] n'ayant pas d'équivalent dans ce travail (pain sans sel, pain grillé domestique, pain de mie, etc.), et surtout les autres pains français de cette étude n'ayant pas d'équivalent dans les tables du CIQUAL [24]. Ainsi, pour la baguette à base de farine T55, ce travail montre de plus grandes quantités de protéines (+ 16 %), et beaucoup moins de lipides (3 fois moins). Les teneurs en vitamine E et en vitamines du groupe B sont généralement plus basses, exception faite de la teneur en vitamine B6 qui est 1,8 fois plus élevée. Si la teneur en calcium est équivalente, celle du phosphore est augmentée de 51 %, celle de fer diminuée de 36 %, celle du potassium plus forte de 10 %. Pour le pain de campagne et le pain complet, d'autres différences sont observées, avec des amplitudes différentes et ne concernant pas les mêmes micro-nutriments. Il faut toutefois noter que, dans le présent travail par rapport aux tables du CIQUAL, les teneurs en lipides sont un peu plus basses pour le pain de campagne, mais beaucoup plus basses pour le pain complet (plus de 2 fois moins : 0,8 g/100 g dans ce travail, contre 1,8 g/100 g dans les tables CIQUAL). Les teneurs en sodium sont jusqu'à 2 fois moins élevées que dans les tables du CIQUAL (pour le pain de campagne) ce qui est la conséquence de la diminution des apports de sel dans les recettes conformément aux recommandations des pouvoirs publics.

Une table particulière du CIQUAL concerne les minéraux [35]. Parmi les divers produits céréaliers, elle ne présente que la farine blanche, le pain de 400 g et le pain de seigle et froment. Par rapport aux chiffres de ce travail (tableau 3), les teneurs en manganèse sont du même ordre de grandeur (0,7 mg/100g pour le pain de 400 g; 1,0 pour le pain de seigle et froment). Pour ce qui est du fer, les teneurs sont de 1,5mg/100g pour le pain de 400 g et de 2,4 pour le pain de seigle et froment, voisines de celle présentées dans le tableau 3.

Les teneurs en calcium sont proches, celles de potassium sont supérieures dans cette étude.

Il est donc curieux que, concernant les pains, les teneurs appréciables en fer, en magnésium et en potassium n'aient pas été signalées précédemment, afin d'être mises en valeur dans le cadre du rééquilibrage de l'alimentation.

■ **Les fibres**

Les teneurs en fibres sont appréciables, avec une richesse notable dans les pains complets et au son. En termes de quantités totales, il n'y a finalement que des différences modérées entre les pains préparés avec des farines T55 et T65, voire même T80 : les teneurs passent de 3,4 g/100 g (baguette courante, farine T55) à 3,3 g/100 g (pain de tradition française farine T65) ou 3,8 g/100 g (pain courant farine T65) et à 4,2 g/100 g pour le pain farine T80. Le pain de seigle en est riche, du fait de l'utilisation d'une farine de seigle T130 ; le pain au son présente une teneur de 7,4 g/100g, en conséquence de l'addition de son, à une farine T65. D'un point de vue pratique pour les professionnels de la filière, le dosage des fibres totales sert de référence pour l'étiquetage nutritionnel et en particulier pour l'étiquetage des allégations « source » ou « riche en fibres » défini dans le cadre de la réglementation européenne 1924/2006. Le dosage, réalisé selon la méthode normalisée AOAC, est donc pertinent.

En revanche, les résultats des dosages des fibres solubles et insolubles sont plus délicats à interpréter, car ils reposent sur des méthodes de dosages différentes de celles de détermination des fibres totales ; de ce fait, la sommation des quantités de fibres solubles et insolubles donne des chiffres parfois différents de la quantification directe des fibres totales. De plus, les incertitudes de ces méthodes sont de 15 %, ce qui majore ces problèmes d'interprétation des dosages de fibres dans les matrices céréalières telles que les farines et les pains. Il reste toutefois intéressant de noter qu'une proportion non négligeable des fibres totales est constituée de fibres solubles : pour les pains de consommation habituelle en France, la proportion varie de 13 % à 33 %. Plus précisément (tableau 6), la part des fibres solubles dans les fibres totales représente 12 % pour le pain complet (farine T150), 13 % pour le pain courant farine T65, 15 % pour les pains courants farine T55 et de tradition française, 19 % pour le pain au son, 26 % pour le pain biologique (farine T110), 27 % pour le pain de seigle, 33 % pour le pain de campagne, 38 % pour le pain au levain. La proportion la plus basse est observée avec le pain aux céréales et graines (farine T65), avec 6 %. La proportion de fibres solubles dans le pain au son est plus faible que dans la farine T65 dont il est issu, car le son est lui-même pauvre en fibres solubles.

La proportion de fibres solubles dans de nombreux pains français est donc plus intéressante qu'il n'était fréquemment affirmé, bien qu'il soit connu que les céréales contiennent les deux types [15]. Or les implications physiologiques des fibres solubles et insolubles ne

Description échantillon	Glucides totaux g/100 g	Glucides assimilables g/100 g	Amidon g/100 g	Fructose g/100 g	Glucose g/100 g	Lactose g/100 g	Maltose g/100 g	Saccharose g/100 g	Total des glucides simples g/100 g
Farine type 55	72,7	68,8	55,10	Traces < 0,1	0,080	< 0,1	1,51	0,23	1,82
Farine type 65 tradition	73,5	69,1	59,80	Traces < 0,1	0,090	< 0,1	1,48	0,28	1,85
Farine type 80	73,1	68,1	64,00	Traces < 0,1	0,120	< 0,1	1,21	0,44	1,77
Farine de blé T110	73,2	67,5	64,20	Traces < 0,1	0,180	< 0,15	1,00	0,71	1,90
Farine type 150	72,2	59,6	56,90	Traces < 0,1	0,190	0,21	0,78	0,59	1,77
Farine de seigle T130	76,5	64,8	59,90	0,13	0,230	< 0,15	0,53	1,18	2,10
Pain courant farine T55	58,4	55,0	51,77	0,14			1,977		2,02
Pain courant farine T65	57,7	53,9	49,73	0,15	0,055		2,133		2,22
Pain de tradition française	56,8	53,5	52,57	0,217	0,077		2,567		2,86
Pain farine T80	58,2	54,0	49,53	0,217	0,073		2,103		2,39
Pain complet	55,5	46,7	42,57	0,377	0,113		1,227		1,72
Pain au levain	56,5	53,1	49,3	0,2	0,16		2,05		2,3
Pain de campagne	53,8	49,9	47,3	0,32	0,16		1,38		1,6
Pain au son	51,8	44,4	41,2	0,19	0,10		1,75		2,0
Pain de seigle	57,2	49,4	43,7	0,28	0,09		1,43		1,8
Pain bio	52,0	47,1	44,3	0,13	0,08		1,16		1,3
Pain aux céréales et graines	52,3	47,4	46,2	0,13	0,11		1,76		1,8

Les glucides totaux sont mesurés ainsi : glucides totaux = 100 % du produit - (lipides + protéines + humidité + cendres).
Les glucides assimilables sont des glucides déterminés par le calcul : glucides assimilables = glucides totaux - fibres.

Tableau 4 : Nature des glucides des farines et pains.

sont pas les mêmes [34]. De ce fait, les fibres des pains occupent une situation intéressante dans le monde des végétaux consommés, y compris par rapport aux fruits et aux légumes (tableau 6). De plus, indépendamment du caractère soluble et insoluble, la viscosité des fibres constitue aussi un paramètre à prendre en compte [18]. Les fibres agissent favorablement sur la physiologie intestinale à plusieurs niveaux, et selon leur nature, notamment dans le cadre de la prévention du cancer du colon [4, 16, 38]. Celles qui sont fermentescibles participent directement à la physiologie de la muqueuse intestinale. Celles qui ne sont pas fermentescibles favorisent plutôt le transit. Elles agissent aussi par conséquent sur la diverticulose [32] et sur le syndrome du « colon irritable » [6, 22, 54]. Les fibres régulent le métabolisme glucidique, réduisant, par exemple, l'hyperglycémie et l'hyperinsulinémie post-prandiale [28, 29], elles participent donc à la prévention du diabète, et à son contrôle, après son installation [52]; incidemment, une étude récente montre que ce sont plutôt des fibres insolubles qui seraient en relation avec sa prévention [53]. Les fibres agissent aussi sur le métabolisme lipidique [47], pouvant contribuer à la réduction du risque cardio-vasculaire [33]; ciblant leurs activités au niveau des lipides sériques, de l'absorption des lipides alimentaires et des sels biliaires; les fibres solubles et insolubles contribuant par des mécanismes différents [21]. Les fibres participent à la réduction de la pression sanguine [36]. Elles induisent une meilleure satiété [17]; de ce fait elles participent directement à la régulation du poids [25]. Leurs mécanismes d'action se situent donc à plusieurs niveaux, biologiques [43] et physiologiques : par exemple contre l'hypercholestérolémie, l'hyperglycémie et donc l'obésité [12]. Certes, les fibres diminuent la biodisponibilité des minéraux, mais en réalité le bilan nutritionnel est positif, car les pains riches en fibres contiennent plus de minéraux, que la présence de fibres n'en limite l'absorption.

■ **Profil glucidique**

Le tableau 4 présente l'analyse des divers glucides des farines et des pains. L'absence de saccharose dans les pains, alors que des quantités non négligeables sont présentes dans les farines, est due à l'activité enzymatique (invertase) des levures. En conséquence logique, puisque que le saccharose est constitué de glucose et de fructose, le fructose est présent dans les pains mais quasi absent dans les farines. Il convient de noter qu'il en est de même avec le lactose, faiblement présent dans les farines, mais absent dans les pains. En revanche, des quantités notables de maltose sont dosées.

Le tableau 5 présente les rapports relatifs entre les divers glucides, exprimé en %. Point important, l'amidon représente en général plus de 90 % des glucides assimilables des pains (les proportions sont un peu différentes dans les farines). Il monte jusqu'à 98 % pour le pain de tradition française (farine T65), le % le moins important étant retrouvé avec la baguette farine T80 (87 %). Les quantités de sucres simples (par rapport aux sucres totaux) sont très faibles, en moyenne de 3 %, seuls les pains bios et à la farine T80 se situent environ à 4 %, alors que le pain de tradition française T65 monte à 5 %.

Description échantillon	Glucides simples/ glucides totaux	Amidon/ glucides totaux	Amidon /glucides assimilables
Farine de blé T55	2,50 %	75,79 %	80,08 %
Farine de blé T65 tradition	2,52 %	81,36 %	86,54 %
Farine de blé T80	2,42 %	87,55 %	93,98 %
Farine de blé T110	2,60 %	87,70 %	95,11 %
Farine de blé T150	2,45 %	78,81 %	95,47 %
Farine de seigle T130	2,75 %	78,30 %	92,44 %
Pain courant farine T55	3,46 %	88,65 %	94,12 %
Pain courant farine T65	3,85 %	86,18 %	92,26 %
Pain de tradition française	5,04 %	92,55 %	98,26 %
Pain farine T80	4,11 %	85,11 %	91,72 %
Pain complet	3,10 %	76,70 %	91,16 %
Pain au levain	4,07 %	87,27 %	92,85 %
Pain de campagne	2,97 %	87,92 %	94,79 %
Pain au son	3,86 %	79,54 %	92,79 %
Pain de seigle	3,15 %	76,39 %	88,46 %
Pain bio	2,50 %	85,19 %	94,05 %
Pain aux céréales et graines	3,44 %	88,34 %	97,47 %

Tableau 5 : Distribution des glucides en %.

■ ***L'acide phytique***

Le tableau 3 fournit, pour les pains, les teneurs en acide phytique (substance qui diminue, lors de la digestion, la biodisponibilité de certains nutriments, dont les oligo-éléments). Les teneurs sont faibles, de l'ordre de 0,2 g/100 g à 0,3g/100 g exception du pain complet, qui monte à 0,6 g/100 g.

■ ***Les acides gras***

– *Les classes d'acides gras*

Pour ce qui concerne les acides gras (tableau 4), sauf pour le pain au levain et le pain de campagne, les acides gras saturés et les acides gras mono-insaturés sont présents en quantités équivalentes, de l'ordre de 20 % des acides gras de chaque classe. Il est donc remarquable que les acides gras saturés ne représentent qu'une faible part des acides gras totaux des pains, toujours moins de 25 % des acides gras (sauf pour le pain au levain, à hauteur de 26 %), en accord avec les recommandations de l'AFSSA [1] en ce qui concerne

	Fibres totales g/100g	% fibres solubles
Son de blé	40-45	4-5
Légumes	1-4	5-60
Graines oléagineuses	5-13	1,5-20
Fruits frais	1-2,5	4-50
<i>(Pain bis)</i>	<i>(5)</i>	<i>(6)</i>
Pain aux céréales et graines	4,87	6
Pois chiche cuit	4	7
<i>(Pain blanc)</i>	<i>(2-3)</i>	<i>(7-10)</i>
<i>(Pain complet)</i>	<i>(7,5)</i>	<i>(13)</i>
Figues sèches	10	14
Dates	8,7	14
Pain complet	10,2	12
Pain courant farine T65	5,4	13
Pain courant farine T55	3,5	15
Pain farine T80	5,5	15
Pain tradition française	4,6	15
Pain au son	7,4	19
Haricots blancs cuits	6,3	21
Pain biologique	4,97	26
Pain de seigle	7,74	27
Riz complet cuit	1,8	28
Petites pois cuits	4,4	32
Son d'avoine	17-25	32-47
Artichaut	5,2	36
Flocons d'avoine	8,3	38
Lentilles cuites	4-5	32
Pain de campagne	3,84	33
Pain au levain	3,34	38
Pruneaux	6	57
D'après Lairon, 2000 [34]. La valeur du pruneau est celle de Bourre, 2008 [8]. Entre parenthèse et en italique : chiffres présentés dans le document AFSSA, et devenus obsolètes pour la baguette, du fait de ce travail. Les chiffres de ce travail et concernant les pains, sont en caractères gras.		

Tableau 6 : Les fibres solubles des pains parmi d'autres aliments.

l'alimentation globale. Les acides gras poly-insaturés sont présents en quantités notables (en % des acides gras totaux, il se situent entre 56 % et 65 % pour les farines, entre 57 % et 71 % pour les pains).

	Ac. gras mono-insaturés (g/100 g produit)	Ac. gras mono-insaturés (% produit)	Ac. gras poly-insaturés (g/100 g produit)	Ac. gras poly-insaturés (% produit)	Ac. gras saturés (g/100 g produit)	Ac. gras saturés (% produit)	Total (g/100 g)
Farine de blé T55	0,10	12,50 %	0,50	62,50 %	0,20	25,00 %	0,80
Farine de blé T65 tradition	0,10	14,29 %	0,40	57,14 %	0,20	28,57 %	0,70
Farine de blé T80	0,10	11,11 %	0,60	66,67 %	0,20	22,22 %	0,90
Farine de blé T110	0,20	15,38 %	0,90	69,23 %	0,20	15,38 %	1,30
Farine de blé type 150	0,20	14,29 %	0,90	64,29 %	0,30	21,43 %	1,40
Farine de seigle T130	0,20	15,38 %	0,90	69,23 %	0,20	15,38 %	1,30
Pain courant farine T55	0,03	20,00 %	0,10	60,00 %	0,03	20,00 %	0,17
Pain courant farine T65	0,03	20,00 %	0,10	60,00 %	0,03	20,00 %	0,17
Pain de tradition française	0,03	20,00 %	0,10	60,00 %	0,03	20,00 %	0,17
Pain farine T80	0,03	20,00 %	0,10	60,00 %	0,03	20,00 %	0,17
Pain complet	0,10	14,29 %	0,47	66,67 %	0,13	19,05 %	0,70
Pain au levain	0,10	13,04 %	0,47	60,87 %	0,20	26,09 %	0,77
Pain de campagne	0,10	12,50 %	0,50	62,50 %	0,20	25,00 %	0,80
Pain au son	0,20	16,22 %	0,80	64,86 %	0,23	18,92 %	1,23
Pain de seigle	0,20	19,35 %	0,60	58,06 %	0,23	22,58 %	1,03
Pain bio	0,20	18,18 %	0,67	60,61 %	0,23	21,21 %	1,10
Pain aux céréales et graines	1,13	30,63 %	2,07	55,86 %	0,50	13,51 %	3,70

Tableau 7 : Classes d'acides gras des farines et pains.

Situation particulière, le pain aux céréales et aux graines, bien que le plus riche en lipides, est relativement pauvre en acides gras saturés (13,5 % des acides gras), contient environ 2,5 fois plus d'acides gras mono-insaturés (30,6 % des acides gras), alors que les acides gras poly-insaturés sont présents en quantités 4 fois supérieures (55,9 % des acides gras). Cet avantage est la conséquence du profil nutritionnel des graines, en particulier de celles de lin. Le pain complet (du fait de la présence du germe) partage l'avantage de contenir environ 4 fois plus d'acides gras poly-insaturés (67 % des acides gras) que d'acides gras saturés (19 %) ou mono-insaturés (14 %).

– Les profils en acides gras

Le tableau 8 présente le détail des acides gras détectés dans les pains. Plus de 50 % des acides gras sont représentés par le seul acide linoléique (les variations se situant entre 53,1 % pour le pain au seigle jusqu'à 59,8 % pour le pain de campagne). Les acides gras

saturés sont majoritairement constitués d'acide palmitique, les quantités d'acide stéarique étant relativement modérées. Les acides gras saturés à chaînes carbonées courtes sont détectés, principalement l'acide myristique. L'acide oléique prédomine largement parmi les acides gras mono-insaturés, outre de faibles quantités d'acide palmitoléique. La présence de quantités extrêmement faibles d'acides gras saturés et insaturés à chaînes carbonées très longues (20, 22 et 24 atomes de carbones) est à noter.

Le pain aux céréales et graines de lin fait exception, la teneur en acide oléique est beaucoup plus grande que dans les autres pains ; les quantités d'acide palmitique sont plus modérée, alors que celles d'acide stéarique sont plus importantes. Les lipides de ce pain sont constitués de 44,6 % d'acide linoléique, et de fortes teneurs en d'ALA (11,3 %, ce qui fait 0,44 g/100 g de pain, justifiant l'allégation « source d'oméga-3 ») ; par conséquent le rapport oméga-6/oméga-3 est excellent (égal à 4) car les recommandations sont qu'il soit égal ou inférieur à 5. Le pain aux graines et céréales présenté dans les tableaux est représentatif d'une fabrication classique, disponible dans de nombreuses boulangeries. Il convient de signaler que, en termes d'allégations, le pain aux graines de lin peut bénéficier de l'allégation « source d'oméga-3 », pour autant qu'il contienne 1,4 g de graines/100 g de pain, et « riche en oméga-3 » si le contenu en graines de lin est de 2,8 g/100 g de pain. Il est indispensable de sélectionner une variété de type *lutéa* (environ 38 % matière grasse, 55 % d'acide alpha-linolénique) et non pas *linola* (moins de 5% d'ALA) ; il est préférable que les graines soient traitées (maturées, extrudées, cuites). En pratique, il existe deux manières, non exclusives, d'utiliser les graines de lin. L'une consiste à enrichir le pain avec les graines natives, d'où une palabilité spécifique, mais un enrichissement en oméga-3 modéré. L'autre met à profit les graines ayant subi un processus de thermo-extrusion, après broyage (d'un mélange d'environ 60 % graines de lin, 40 % blé, afin de préserver les lipides du lin) et cuisson à température modérée, d'où une farine aisément utilisable permettant d'assurer des quantités pertinentes par rapport à l'allégation « riche en oméga-3 ». La thermo-extrusion présente de plus l'avantage d'éliminer les traces d'acide cyanidrique ; de plus, elle inactive les sites allergéniques (principalement par coupure des liaisons glycosidiques, et, dans une moindre mesure, par dénaturation de protéines).

Au cours de la panification, les pertes en acides gras présents dans les farines sont la conséquence de la présence d'enzymes d'oxydation, elles portent principalement sur l'acide linoléique (oméga-6) et dans une plus faible mesure de l'acide alpha-linolénique (ALA, de la famille oméga-3), du fait de sa moindre sensibilité aux lipoxygénases [7].

Globalement, entre les farines et les pains, la quantité de lipides diminuent, mais le profil en acides gras n'est que modérément modifié : les fractions en acides gras poly-insaturés diminuent de moins de 10 %. Globalement, le rééquilibrage entre les farines et les pains en % se fait par diminution des acides gras mono-insaturés, plus que par augmentation des acides gras saturés.

Il convient de noter que les acides *trans* ne sont pas détectés en quantités quantifiables. Sauf dans le pain complet, dans lequel l'acide pentadécénoïque-*trans* est décelé (à hauteur

	Pain courant farine T55	Pain courant farine T65	Pain de tradition française	Pain farine T80	Pain complet	Pain au levain	Pain de campagne	Pain au son	Pain de seigle	Pain bio	Pain aux céréales et graines
C8:0 Acide caprylique	0,25	0,35	0,10	0,25		0,13		0,30		1,00	
C10:0 Ac. caprique			0,07	0,03							
C11:1 Ac. undecénoïque	0,10		0,07								
C12:0 Ac. laurique	0,20	0,07	0,50	0,17	0,03						
C14:0 Ac. myristique	0,40	0,33	0,47	0,27	0,20	0,93	0,27	0,13	0,47	0,17	0,10
C15:0 Ac. pentadécanoïque	0,10	0,03	0,03	0,13	0,10						
Ac.transpentadécénoïque					0,23						
C16:0 Ac. palmitique	17,23	18,60	18,23	17,80	17,23	18,30	17,63	17,17	17,19	18,37	8,27
C16:1 (n-7c) Acide palmitoléique	0,87	0,83	0,57	0,83	0,27	0,47	0,40	0,70	0,87	0,33	0,17
C17:0 Ac. margarique		0,03				0,13	0,07				0,10
C18:0 Ac. stéarique	1,90	1,90	2,80	1,83	1,90	4,03	2,27	2,10	3,67	3,43	4,47
C18:1 (n-7t) Ac. vaccénique	0,73	1,13	1,10	1,13	1,10	1,13	1,20	1,23	1,30	1,10	1,00
C18:1 (n-9c) Ac. oléique	13,10	15,33	15,87	15,10	15,27	14,20	12,93	13,80	14,30	14,30	28,97
C18:2 (9c, 12c) Ac. linoléique	57,93	57,40	56,10	57,73	57,97	53,90	59,83	58,90	53,13	56,00	44,63
C18:3 (n-3) ALA Ac. alpha-linolénique	3,43	3,43	3,70	4,07	4,53	4,13	4,60	4,87	5,93	4,431	1,30
C20:0 Ac. arachidique				0,07							0,37
C20:1 (n-9c) Acide gadoléique	0,30	0,65	0,30	0,75	0,70	0,43	0,57	0,60	0,83	0,17	0,17
C20:2 Ac. eicosadiénoïque								0,07			
C22:0 Ac. béhénique											0,30
C22-5 n-3 Ac. docosapentaénoïque						0,53		0,43			0,17
C24:0 Ac. lignocérique											0,10

Tableau 8 : Détail des acides gras dans les pains (en % des acides gras totaux).

pains et nutrition

de 0,0018 g/100 g de pain). Ce chiffre se situe bien en dessous des produits laitiers et des viandes de ruminants, par exemple, et donc très largement en dessous de la recommandation de l'AFSSA, qui est de ne pas dépasser 1 g/100 g de produit). Cette quasi absence d'acides gras *trans* différencie les pains d'autres produits; des viennoiseries par exemple. Cette observation est d'autant plus importante que, si l'on connaît le danger cardiovasculaire des acides gras *trans*, une étude française très récente les implique de plus dans le cancer du sein [14]. Globalement, il convient de rappeler que les acides gras *trans* ne

	Pain de campagne			Pain bio	Pain au levain
	Recette en %			Recette en %	Recette en %
	levain	pâte	à ajouter	pâte et levain (1/4 des ingrédients pour le levain)	pâte et levain (1/4 des ingrédients pour le levain)
Farine	T65 blé : 40 T130 seigle : 10	T65 blé : 90 T130 seigle : 10	T65 blé : 50	T110 : 100	T65: 100
Eau	35	68	33	66	64
Levure	0,15	0,5	0,35	1	1
Sel	0,8	1,8	1	1,8	1,8

	Diagramme de fabrication		Diagramme de fabrication		Diagramme de fabrication	
	levain	pâte	levain	pâte	levain	pâte
Température de base	58°C	68°C	58°C	68°C	58°C	68°C
pétrissage, axe oblique, 1er \ 2e	10mn \ 0mn	10mn \ 2mn	10mn \ 0mn	10mn \ 2mn	10mn \ 0mn	10mn \ 2mn
pétrissage, spirale, 1er \ 2e	5min \ 0min	5min \ 1min	5min \ 0min	5min \ 1min	5min \ 0min	5min \ 1min
température de la pâte	22°C	25°C	22°C	25°C	22°C	25°C
temps de pointage : au frigo à 10 °C	18 HEURES	120 min	18 HEURES	120 min	18 HEURES	120 min
temps de détente	-	20 min	-	20 min	-	20 min
temps d'apprêt (à 27 °C)	-	90 min	-	90 min	-	90 min
Temps de cuisson (à 250 °C)	-	25 min (baguette)	-	28 min (baguette)	0	25 min (baguette)

	Pain courant farine T 55	Pain courant farine T 55	Pain de tradition française	Pain farine T80	Pain complet
	Recette en %		Recette en %	Recette en %	Recette en %
Farine	T 55 : 100		T 65 : 100	T 80 : 100	100
Eau	62		62	66	70
Levure	2,5		2,5	0,8	2,5
Sel	1,8		1,8	1,8	1,8

	Diagramme	Diagramme	Diagramme	Diagramme	Diagramme
	Température de base	50°C	50°C	64°C	58°C
pétrissage, axe oblique, 1er \ 2e	5min \ 15min	5min \ 15min	20min \ 0min	5min \ 8min	5min \ 8min
pétrissage, spirale, 1er \ 2e	5min \ 8min	5min \ 8min	12min \ 0min	5min \ 5min	5min \ 5min
température de la pâte	25°C	25°C	24°C	24°C	24°C
temps de pointage (à 27 °C)	20 min	20 min	150 min	15 min	15 min
temps de détente	10 min	10 min	20 min	20 min	10 min
temps d'apprêt (à 27 °C)	100 min	100 min	60 min	60 min	60 min
Temps de cuisson (à 250 °C)	24 min (baguette)	24 min (baguette)	28 min (baguette)	28 min (baguette)	32 min (boule)

Annexe : Recettes et Protocoles de fabrication des pains.

	Pain de seigle	Pain au son	Pain aux céréales et graines
	Recette en %	Recette en %	Recette en %
Farine	T 85 seigle : 66 T65 blé : 33	T65 : 100	T65 : 88
Eau	65	90	62
Levure	2,5	2,5	2,5
Sel	1,8	1,8	1,8
Autres ingrédients	Gluten : 1	Son fin trempé : 20	Flocon d'avoine : 1 Flocon de blé : 1 Tournesol : 2 Lin jaune : 4 Sésame : 2 Millet : 2

	Diagramme	Diagramme	Diagramme
Température de base	50 °c	50 °c	50 °c
pétrissage, axe oblique, 1er \ 2e	4 min \ 10 min	4 min \ 10 min	5 min \ 12 min
pétrissage, spirale, 1er \ 2e	5 min \ 3 min	5 min \ 3 min	5 min \ 5 min
température de la pâte	24 °c	24 °c	25 °c
temps de pointage (à 27 °C)	60 min	60 min	60 min
temps de détente	30 min	15 min	30 min
temps d'apprêt (à 27 °C)	60 min	60 min	60 min
Temps de cuisson (à 250 °C)	28 min (baguette)	28 min (baguette)	24 min (baguette)

Annexe (suite) : Recettes et Protocoles de fabrication des pains.

sont présents en quantités appréciables que lorsque des matières grasses (végétales ou animales) partiellement hydrogénées ont été utilisées, ce qui n'est évidemment pas le cas avec les pains.

CONCLUSION

Si la nécessité de consommer du pain pour son contenu énergétique en glucides complexes (amidon) est bien reconnue; ce travail permet de quantifier les recommandations, notamment dans le cadre du PNNS (figure 1). Si le pain représenterait 50 à 60 % des glucides complexes alimentaires, il serait pertinent de proposer une consommation quotidienne de $\frac{3}{4}$ à 1 baguette pour les hommes et de $\frac{2}{3}$ à $\frac{3}{4}$ pour les femmes. La référence à la baguette est pertinente, car, actuellement en France, les diverses variétés de baguettes représentent 65 à 70 % de la consommation de pain, sachant que la baguette classique participe pour 45 à 50 % et la baguette de tradition française pour 20 %. Les pains de campagne représentent 4 % de l'ensemble des pains spéciaux (30 % du pain consommé).

La proportion de fibres dans les pains français est plus intéressante qu'il n'était fréquemment affirmé. De ce fait, les fibres des pains occupent une situation intéressante dans le monde des végétaux consommés, complémentaires de celles des fruits et des légumes.

Au-delà de la composition nutritionnelle des pains, ces travaux permettent d'envisager des allégations nutritionnelles à leur sujet : les résultats confirment que tous les pains contribuent largement aux apports en glucides complexes et montrent qu'ils sont tous source de protéines et, selon les pains, source ou riche en fibres.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par l'ANMF (Association Nationale de la Meunerie Française). Les auteurs sont reconnaissants au Docteur Hervé Robert pour la relecture attentive de ce manuscrit, et pour ses commentaires éclairés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AFSSA., MARTIN A. – *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Tec et Doc Lavoisier, 2000.
2. AFSSA – 2004.
3. AIDOO K.E., NOUT M.J., SARKAR P.K. – Occurrence and function of yeasts in Asian indigenous fermented foods. *FEMS Yeast Res.*, 2006, **6**, 30-39.
4. ASTORG P. *et coll.* – Dietary fibers and colorectal cancer. Experimental studies, epidemiology, mechanisms. *Gastroenterol Clin Biol*, 2002, **26**, 893-912.
5. BARCLAY A.W., BRAND-MILLER J.C., WOLEVER T.M. – Glycemic index, glycemic load, and glycemic response are not the same. *Diabetes Care*, 2005, **28**, 1839-1840.
6. BIJKERK C.J. *et coll.* – Systematic review: the role of different types of fibre in the treatment of irritable bowel syndrome. *Aliment Pharmacol Ther.*, 2004, **19**, 245-251.
7. BOURRE J.-M. – Le germe de blé apportant simultanément les deux acides gras essentiels et leur protection contre les peroxydations (vitamine E) présente un intérêt alimentaire considérable. *Prix de la Fondation Ronac (Fondation pour la recherche sur le rôle nutritionnel des aliments céréaliers)*, 1988.
8. BOURRE J.-M., RASHIDI S., DELMAS J.M. – Valeur nutritionnelle du pruneau d'Agen. *Médecine et Nutrition*, 2008, **43**, 161-180.
9. BRAND-MILLER J. *et coll.* – *Index glycémique*. Éd. Marabout, 2006, 319.
10. BRAND-MILLER J. *et coll.* – The glycemic index and cardiovascular disease risk. *Curr. Atheroscler. Rep.*, 2007, **9**, 479-485.
11. BROUNS F. *et coll.* – Glycaemic index methodology. *Nutrition research reviews*, 2005, **18**, 145-171.
12. BUTT M.S. *et coll.* – Guar gum: a miracle therapy for hypercholesterolemia, hyperglycemia and obesity. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2007, **47**, 389-396.
13. CAVALIERI D. *et coll.* – Evidence for *S. cerevisiae* fermentation in ancient wine. *J. Mol. Evol.*, 2003, **57**, S226-S232.
14. CHAJES V. *et coll.* – Association between Serum trans-monounsaturated fatty acids and breast cancer risk in the E3N-EPIC Study. *Am. J. Epidemiol.*, 2008 June 1; **167**(11), 1312-1320.
15. CHARALAMPOPOULOS D. *et coll.* – Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002, **79**, 131-141.

16. DAS D., ARBER N., JANKOWSKI J.A. – Chemoprevention of colorectal cancer. *Digestion*, 2007, **76**, 51-67.
17. DELARGY H. J. *et coll.* – Effects of different soluble: insoluble fibre ratios at breakfast on 24-h pattern of dietary intake and satiety. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1995, **49**, 754-766.
18. DIKEMAN C.L., FAHEY G.C. – Viscosity as related to dietary fiber: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2006, **46**, 649-663.
19. DONALDSON M.S. – Metabolic vitamin B12 status on a mostly raw vegan diet with follow-up using tablets, nutritional yeast, or probiotic supplements. *Ann. Nutr. Metab.*, 2000, **44**, 229-234.
20. ENNS – Institut de Veille sanitaire. Étude Nationale Nutrition Santé. 2006.
21. ERKKILA A.T., LICHTENSTEIN A.H. – Fiber and cardiovascular disease risk: how strong is the evidence? *J. Cardiovasc. Nurs.*, 2006, **21**, 3-8.
22. FLOCH M.H., NARAYAN R. – Diet in the irritable bowel syndrome. *J. Clin. Gastroenterol.*, 2002, **35**, S45-S52.
23. FSA – Foods standards Agency. www.food.gov.uk.
24. FAVIER J.C. *et coll.* – *Répertoire général des aliments, table de composition*, Tec et doc Lavoisier, 1995.
25. HOWARTH N.C., SALTZMAN E., ROBERTS S.B. – Dietary fiber and weight regulation. *Nutr. Rev.*, 2001, **59**, 129-139.
26. INCA 1 – sur le site de l'AFSSA.
27. INCA 2 – sur le site de l'AFSSA.
28. JENKINS D.J. *et coll.* – Dietary fibre, carbohydrate metabolism and diabetes. *Mol. Aspects Med.*, 1987, **9**, 97-112.
29. JENKINS D.J. *et coll.* – Dietary fibre, lente carbohydrates and the insulin-resistant diseases. *Br. J. Nutr.*, 2000, **83**, 157-63.
30. JEYA C. *et coll.* – The influence of adding fats of varying saturation on the glycaemic response of white bread. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2008, **59**, 61-69.
31. KEY T.J., SPENCER E.A. – Carbohydrates and cancer: an overview of the epidemiological evidence. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2007, **61**, S112-S121.
32. KORZENICK J.R. – Case closed? Diver-ticulitis: epidemiology and fiber. *J. Clin. Gastroenterol.*, 2006, **40**, S112-S116.
33. KROMHOUT D. *et coll.* – Alcohol, fish, fibre and antioxidant vitamins intake do not explain population differences in coronary heart disease mortality. *Int. J. Epidemiol.*, 1996, **25**, 753-759.
34. LAIRON D., CHERBUT C. BARRY J.-L. – *Fibres alimentaires*. Dans Martin A. : Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Tec et Doc Lavoisier, 2000.
35. LAMAND M. *et coll.* – *Répertoire général des aliments. Tome 4. Table de composition minérale*, 1996.
36. LEE Y.P., PUDDEY I.B., HODGSON J.M. – Protein, fibre and blood pressure: potential benefit of legumes. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, 2008, **35**, 473-476.
37. LEGRAS J.L. *et coll.* – Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history. *Mol. Ecol.*, 2007, **16**, 2091-2102.
38. LIM C.C., FERGUSON L.R., TANNOCK G.W. – Dietary fibres as “prebiotics”: implications for colorectal cancer. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2005, **49**, 609-619.
39. MC CANCE, WIDDOWSON – The composition of foods. Sixth Summary Edition. Food Standards Agency, Royal society of chemistry, Cambridge and food standards Agency, London, 2004.
40. MAIOLI M. *et coll.* – Sourdough-leavened bread improves postprandial glucose and insulin plasma levels in subjects with impaired glucose tolerance. *Acta Diabetol.*, 2008, on line.
41. MANN J. – Dietary carbohydrate: relationship to cardiovascular disease and disorders of carbohydrate metabolism. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2007, **61**, S100-S111.
42. MARTIN A. – *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Tec et Doc Lavoisier, 2000.
43. MCINTOSH M., MILLER C. – A diet containing food rich in soluble and insoluble fiber improves glycemic control and reduces hyperlipidemia among patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutr. Rev.*, 2001, **59**, 52-55.
44. OUMAROU H. *et coll.* – Nutrient content of complementary foods based on processed and fermented sorghum, groundnut, spinach, and mango. *Food Nutr. Bull.*, 2005, **26**, 385-392.
45. RIZKALLA S.W. *et coll.* – Effect of baking process on postprandial metabolic consequences: randomized trials in normal and type 2 diabetic subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2006, **61**, 175-183.
46. ROTH-MAIER D.A., KETTLER S.I., KIRCHGESSNER M. – Availability of vitamin B6 from different food sources. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2002, **53**, 171-179.

47. SOLA R. *et coll.* – Effects of soluble fiber (Plantago ovata husk) on plasma lipids, lipoproteins, and apolipoproteins in men with ischemic heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2007, **85**, 1157-1163.
48. SOUCI S., FACHMANN W., KRAUT H. – Food composition and nutrition tables, *Medpharm scientific publisher Stuttgart*, CRC press, 2000.
49. SU.VI.MAX. – *Table de composition des aliments*. Ed. Economica, 2006.
50. USDA – Agricultural research service, Nutrient data laboratory. www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search
51. VAN DAM R. M., SEIDELL J.C. – Carbohydrate intake and obesity. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2007, **61**, S75-S99.
52. VENN B.J., MANN J.I. – Cereal grains, legumes and diabetes. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2004, **58**, 1443-1461.
53. WEICKERT M., PFEIFFER A. – Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J. Nutr.*, 2008, **138**, 439-442.
54. ZUCKERMAN M.J. – The role of fiber in the treatment of irritable bowel syndrome: therapeutic recommendations. *J. Clin. Gastroenterol.*, 2006, **40**, 104-108.