

> Recueil

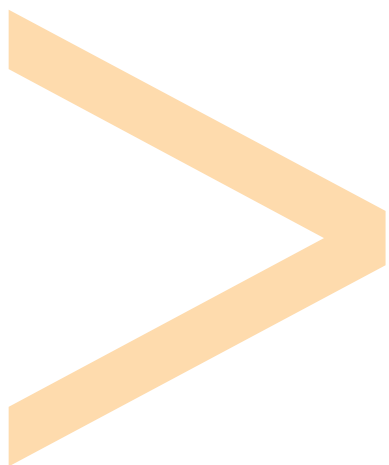
# Pain et nutrition

1<sup>re</sup> édition - septembre 2006

le pain

---

Observatoire du pain



Avant-propos

Le pain occupe une place majeure dans notre équilibre alimentaire. Or, ses qualités nutritionnelles sont souvent méconnues ou connues de façon parcellaire des professionnels de santé comme du grand public. C'est pour remédier à cette situation que l'Observatoire du pain, sous l'égide de son Comité scientifique, a décidé de réaliser ce premier recueil de synthèse bibliographique sur le pain et la nutrition.

Créé en 1999, le Comité scientifique du pain<sup>1</sup> est un conseil pluridisciplinaire et indépendant au service des acteurs de la filière « farine/pain ». Son expertise multiple permet d'optimiser la démarche qualité des intervenants du secteur et de faire évoluer le pain dans son environnement scientifique et médical.

L'Observatoire du pain, mis en place en avril 2006, a pour première mission d'améliorer les connaissances (nutritionnelles, sociologiques, médicales...) sur le pain. Pour élaborer ce recueil, les études scientifiques les plus pertinentes et les plus récentes ont été sélectionnées. L'analyse de ces données répondait à deux objectifs : synthétiser les informations de référence existant sur le pain et ses constituants ; identifier les axes de recherche à développer.

Soucieux de disposer d'études de référence et d'échanger avec des centres de recherche internationaux, sur recommandation du Comité scientifique, les professionnels de la filière farine/pain ont initié des études visant à apporter un éclairage sur certaines données scientifiques, notamment homogénéiser celles sur l'index glycémique qui ont fait l'objet d'une étude ad-hoc en 2003. L'Observatoire du pain poursuivra cette mission.

Par ailleurs, seuls 26 % des Français estiment avoir une information suffisante sur les apports nutritionnels du pain et une récente enquête conduite par la Société française de médecine générale (SFMG) souligne que les questions de nutrition sont de plus en plus abordées en cabinet médical. L'Observatoire du pain a donc pour ambition d'accompagner les professionnels de santé dans leur rôle de prévention et d'information nutritionnelle. Ce recueil « pain et nutrition » est un premier pas vers l'échange et le partage avec les professionnels de santé.

Longtemps victime d'idées reçues, le pain doit devenir un des aliments piliers d'une alimentation équilibrée, comme le recommandent les autorités de santé. Les actions de l'Observatoire du pain doivent permettre d'aller dans ce sens et de favoriser la consommation de pain « à chaque repas ! ».

Bonne lecture,

### **Professeur Christian Cabrol**

Président du Comité scientifique du pain

1. Les membres du Comité scientifique du pain :

- Pr Christian Cabrol, Président du Comité scientifique du pain. Professeur honoraire en chirurgie cardiaque, ancien président du Conseil National de l'Alimentation.
- Pr Patrick Berche, chef de service de bactériologie-virologie-parasitologie-hygiène à l'hôpital Necker-Enfants Malades (Paris) et membre correspondant de l'Académie de médecine.
- Dr Jean-Marie Bourre, directeur de recherches à l'Inserm, membre de l'Académie de médecine, ancien directeur des unités Inserm de neurotoxicologie puis de neuro-pharmaco-nutrition.
- Pr Christophe Dupont, chef de service de néonatalogie à l'hôpital Saint-Vincent-de-Paul (Paris).
- Pr Claudine Junien, codirecteur de l'unité Inserm U781 « Génétique et épigénétique des maladies métaboliques, neurosensorielles et du développement » à l'hôpital Necker-Enfants Malades (Paris).
- Pr Francisque Leynadier, chef de service du centre d'allergie de l'hôpital Tenon (APHP-Paris).
- Pr François-Marie Pailler, ancien chef de service et titulaire de chaire à l'hôpital du Val-de-Grâce (Paris). Expert à l'Afssaps, à l'Afssse et membre de groupes de travail à l'Afssa.

# Sommaire

---

<b>1/ Pain : quels atouts nutritionnels ?</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Définitions</b>	<b>8</b>
1.1.1 Les différents types de farines	8
1.1.2 Les différents types de pains	9
<b>1.2 Le profil nutritionnel du pain</b>	<b>11</b>
1.2.1 Le pain, un aliment riche en glucides complexes	11
1.2.2 Le pain, un aliment pauvre en lipides	14
1.2.3 Le pain, source de protéines végétales	16
1.2.4 Le pain, source de fibres	17
1.2.5 Le pain participe aux apports en vitamines	19
1.2.6 Le pain participe aux apports en éléments minéraux	21
<b>2/ Pain, physiologie et santé :     quelles réalités ?</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Pain et physiologie</b>	<b>28</b>
2.1.1 Rappel sur le métabolisme des glucides	28
2.1.2 Index glycémique, index insulémique et charge glycémique	31
<b>2.2 Pain et surpoids</b>	<b>36</b>
2.2.1 Obésité : rappel épidémiologique et physiopathologique	36
2.2.2 Comment favoriser la satiété ?	37
2.2.3 Pain et contrôle du poids	38
<b>2.3 Pain et diabète</b>	<b>41</b>
2.3.1 Rappel épidémiologique	41
2.3.2 Diabète de type 2 : de la physiopathologie aux recommandations nutritionnelles	41
2.3.3 Place des glucides complexes et du pain dans l'alimentation des diabétiques	43
<b>2.4 Pain et prévention cardio-vasculaire</b>	<b>46</b>
2.4.1 Facteurs de risque cardio-vasculaire	46
2.4.2 De nouvelles causes identifiées	46
2.4.3 Des solutions pratiques	47
<b>2.5 Pain et dyslipidémies</b>	<b>49</b>

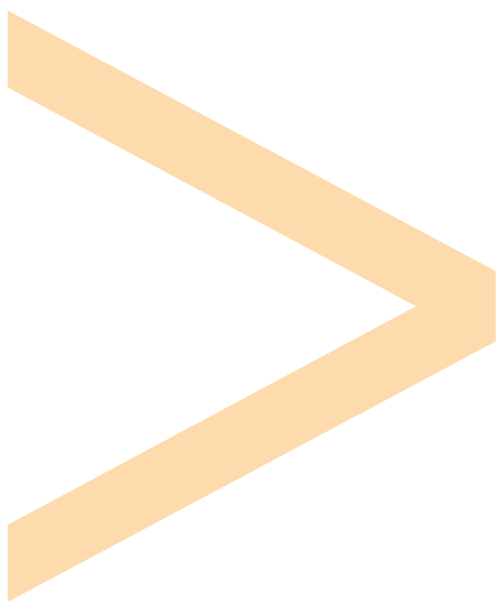
2.5.1 LDL-C, un facteur de risque majeur	49
2.5.2 Une relation bien établie entre l'index glycémique, le LDL-C, le HDL-C et les triglycérides	49
2.5.3 Effets hypolipémiants des fibres	50
<b>2.6 Pain et fonctions cognitives</b>	<b>52</b>
2.6.1 Chez l'adulte sain	52
2.6.2 Chez la personne âgée	52
2.6.3 Chez l'enfant	52
2.6.4 Chez le diabétique de type 2	53
<b>2.7 Pain et fonctionnement digestif</b>	<b>54</b>
2.7.1 Pain et constipation	54
2.7.2 Pain et troubles fonctionnels intestinaux	55
2.7.3 Pain et diverticulose	56
<b>2.8 Pain et prévention du cancer</b>	<b>58</b>
2.8.1 Rappel épidémiologique	58
2.8.2 Cancer et alimentation	58
2.8.3 Le rôle des fibres dans le cancer colorectal	59

### 3/ Consommation et recommandations nutritionnelles 63

<b>3.1 Le déséquilibre nutritionnel actuel</b>	<b>64</b>
3.1.1 Les glucides délaissés au profit des lipides	64
3.1.2 Le pain réhabilité	65
<b>3.2 Consommation de pain : de la réalité aux recommandations</b>	<b>66</b>
3.2.1 Adultes	67
3.2.2 Enfants	69
3.2.3 Adolescents	71
3.2.4 Seniors	72
3.2.5 Femmes enceintes et allaitantes	74
3.2.6 Sportifs	76

Sigles - Abréviations 80

Remerciements



# 1/ Pain : quels atouts nutritionnels ?

# 1.1 Définitions



**Le pain est fabriqué à partir d'un mélange de farine (de blé ou autres céréales), d'eau et de sel, fermenté au choix à l'aide de levure de panification ou de levain.**

## 1.1.1 Les différents types de farines

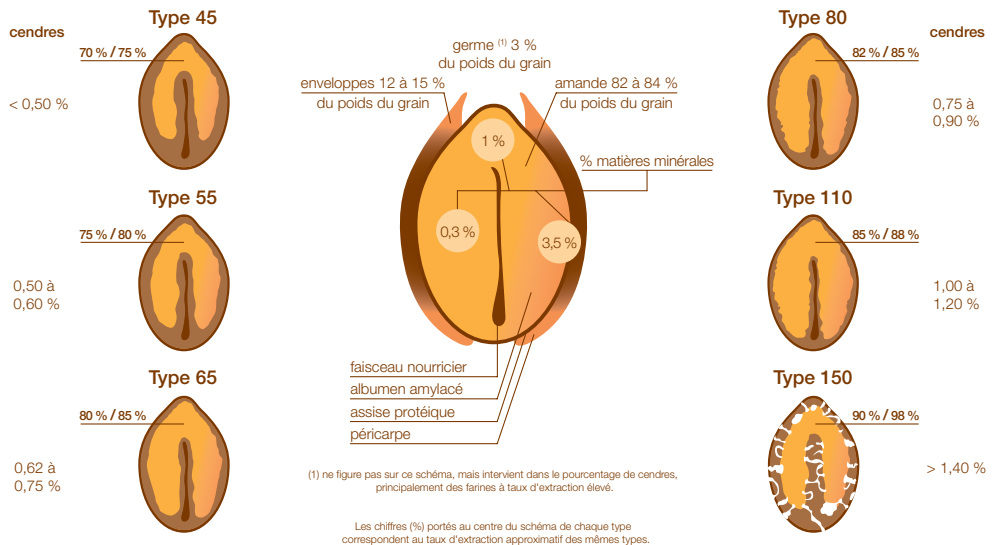
La farine est produite par les moulins appelés aussi minoteries. Elle provient principalement de l'amande du grain de blé tendre (le blé étant aussi appelé froment) que l'on a écrasée selon un procédé de fabrication précis : la « mouture ». Deux opérations répétées sont nécessaires pour transformer l'amande en farine, en éliminant au maximum les enveloppes : l'écrasement, qui est composé du broyage, du claquage et du convertissage, et le tamisage appelé aussi blutage.

Si l'on se réfère à la réglementation, les farines sont classées par « type » en fonction du taux de cendres, c'est-à-dire selon le poids de matière minérale contenue dans 100 grammes de matière sèche. Plus celui-ci est élevé, plus la farine contient des matières minérales. Par exemple, sont utilisés pour la pâtisserie le type 45, pour le pain courant les types 55 et 65, le pain complet le type 150.

**> Tableau 1 : Types de farines (1/ Guinet R)**

Type de farines de blé	Teneur en cendres (% 100 g de matière sèche)
45	Au-dessous de 0,50 %
55	De 0,50 à 0,60 %
65	De 0,62 à 0,75 %
80	De 0,75% à 0,90 %
110	De 1,00 à 1,20 %
150	Au-dessus de 1,40 %

## Types de farine



## 1.1.2 Les différents types de pains

Il existe une très grande variété de pains qui se différencient par leurs recettes de fabrication mais également leurs formes (baguette, boule, épi, fougasse...). Le décret « pain » du 13 septembre 1993 décrit la composition du pain de tradition française et du pain au levain. Pour la majorité des pains, les usages (2/ *Recueil des usages*) définissent les procédés de fabrication et/ou les principaux ingrédients, la réglementation européenne définit les additifs autorisés pour certaines appellations.

**Le pain de tradition française** est fabriqué à partir d'un mélange de farine de blé, d'eau potable, de sel de cuisine, de levure ou levain et contient éventuellement une très faible quantité de farine de fève, de soja, de malt de blé, d'amylases fongiques et de gluten.

**Le pain au levain** doit être préparé à partir d'un levain défini comme une pâte composée de farine de blé ou de seigle, éventuellement additionnée de sel, et soumise à une fermentation naturelle.

**Le pain courant français** est défini par les usages comme constitué d'un mélange de farine de blé destiné à la panification, d'eau potable, de sel de cuisine et de levure ou levain. Il contient éventuellement une très faible quantité de farine de fève, de soja et de malt de blé ainsi qu'un nombre limité d'additifs définis par la réglementation européenne (le plus couramment employé étant l'acide ascorbique, communément appelé la vitamine C).

**Le pain maison**, également défini dans le décret pain, est un pain entièrement pétri, façonné et cuit sur le lieu de vente au consommateur final.

**Le pain complet** est préparé avec de la farine complète ou intégrale issue du grain de blé entier, y compris le germe et l'enveloppe (farine de type 150).

**Le pain bis** est préparé avec une farine de blé de type 80 ou 110, dite bise.

**Le pain de campagne** est décrit dans les usages comme constitué de farine de blé et/ou de seigle et sa fabrication doit être conduite de façon à développer une saveur légèrement acidulée et à obtenir une plus longue conservation.

**Les pains spéciaux** font entrer dans leur composition, outre les ingrédients classiques du pain, des matières grasses, sucrantes, des produits laitiers, des additifs autorisés et/ou des farines d'autres céréales (épeautre, maïs...) ou des mélanges de céréales et graines : pain viennois, pain de mie, pain biscotté, pain aux 5 céréales et graines...

**Le pain bio** est fabriqué à partir de céréales issues de l'agriculture biologique.

**N.B. : Le terme « pain blanc »** est très imprécis et désigne, selon les auteurs, la baguette, le pain de mie,... mais en aucun cas le pain courant français. Il ne sera cité dans ce recueil qu'en traduction du « *white bread* » apparaissant dans les études internationales, sachant que le plus souvent il fait référence aux pains de mie américains.

## Bibliographie

- 1/ *Technologie du pain français*, Roland Guinet avec la participation de l'École de la boulangerie pâtisserie de Paris, Editions B.P.I. 5, rue Duc, 75018 Paris
- 2/ *Recueil des usages concernant les pains en France*, Colloque CNERNA LE PAIN, Éditions du CNRS, Paris, 1979.
- 3/ *Les industries de première transformation des céréales* - B. GODON ET C. WILLM – édition TECH ET DOC - 1991 - ISBN : 2 – 85206-610-6.
- 4/ *La meunerie* - tomes 1 - 2 - 3 - R. PILON– Editeur Louis DAVID -1986.

# 1.2 Le profil nutritionnel du pain

---

> Les aliments sont composés d'eau et de nutriments :

- Des macronutriments (protéines, lipides, glucides) qui apportent de l'énergie
- Des micronutriments (vitamines, éléments minéraux et oligoéléments) indispensables à l'organisme en très petite quantité, qui n'apportent pas d'énergie.

Les fibres ont un statut de nutriment intermédiaire car ce sont pour la plupart des glucides au niveau de leur structure biochimique mais comme elles ne sont pas assimilées par l'organisme, elles n'apportent pas d'énergie.

> Le pain apparaît comme une source nutritionnelle importante de glucides complexes (amidon), de protéines végétales et de fibres. Il contribue aussi à couvrir une partie des apports en vitamines (en particulier celles du groupe B), et en éléments minéraux (sodium, magnésium, potassium, phosphore, calcium, fer, zinc).

> Les consommateurs réguliers de pain ont des apports en glucides, en fibres et en différents minéraux et vitamines supérieurs à ceux des petits consommateurs ou non consommateurs de pain (1/ SU.VI.MAX.).

## 1.2.1 Le pain, un aliment riche en glucides complexes

### Rappel sur les glucides

> Parmi les macronutriments, les glucides, encore appelés hydrates de carbone, se répartissent en deux catégories (2/ Afssa) :

- Les glucides simples, ou sucres, sont les monosaccharides : glucose, fructose, galactose. Les disaccharides sont une combinaison de deux monosaccharides : maltose (deux glucoses), saccharose (glucose et fructose), lactose (glucose et galactose). Ils ont souvent une saveur sucrée. Le maltose se trouve dans les céréales.

- Les glucides complexes sont essentiellement des polysaccharides, constitués de l'assemblage de plus de dix monosaccharides. Le glucide complexe le plus répandu dans les aliments est l'amidon. L'amidon se concentre dans les graines de céréales (blé, maïs, riz...). C'est le composant principal de la farine. Il se trouve aussi dans les tubercules (pommes de terre) et les légumes secs (pois, lentilles...). Tous ces aliments riches en amidon sont les féculents. Le pain appartient à ce groupe alimentaire. L'amidon est transformé en glucose au cours de la digestion.

- Les glucides apportent de l'énergie (4 kcal par gramme) et sont stockés dans l'organisme au niveau du foie et des muscles sous forme de glycogène.

Les glucides devraient fournir 50 à 55 % de l'apport énergétique total (3/ Martin A et al.). L'apport de glucides des Français étant inférieur à cette recommandation (4/ INCA), l'un des neuf objectifs prioritaires du Programme National Nutrition Santé est « d'augmenter la consommation de glucides afin qu'ils contribuent à plus de 50 % des apports énergétiques journaliers, en favorisant la consommation des aliments sources d'amidon, en réduisant de 25 % la consommation actuelle de sucres simples, et en augmentant de 50 % la consommation de fibres » (5/ PNNS).

## Le pain comporte 50 % de glucides complexes

> Le pain est constitué majoritairement de glucides complexes. En moyenne, il comporte 50 % d'amidon (tableau 2). Le pain contient une proportion de glucides complexes beaucoup plus importante que d'autres féculents tels que les pâtes ou les pommes de terre (tableau 2).

### > Tableau 2 : Apports en glucides complexes de différents féculents dont le pain (valeur pour 100 g d'aliments) (6/ Favier JC)

	Pain courant	Pâtes cuites à l'eau	Pommes de terre cuites à l'eau	Pois chiches cuits à l'eau
Glucides totaux (g)	56 g	22,2 g	18 g	18,7 g
Dont amidon (g)	54 g	21,7 g	17,6 g	17,6 g
Proportion de l'apport quotidien conseillé en glucides à une femme d'activité moyenne (%) (3/ Martin)	21 %	8,5 %	7 %	7 %
Proportion de l'apport quotidien conseillé en glucides à un homme d'activité moyenne (%) (3/ Martin)	17 %	7 %	5,5 %	6 %

> L'amidon étant particulièrement abondant dans l'amande, au centre du grain, le pain courant contient un peu plus de glucides complexes que les pains issus de farines contenant plus d'enveloppe de grain de blé (son) comme les pains complets et de seigle (tableau 3).

> Le pain contient très peu de glucides simples, moins de 2 %. Il s'agit de glucose, maltose, saccharose, présents initialement dans le grain de blé, ou issus de l'hydrolyse partielle de l'amidon qui intervient au cours de la fabrication. Durant la cuisson du pain, certains de ces sucres se lient avec des acides aminés dans une réaction de Maillard<sup>2</sup>, à l'origine de la couleur brune et de la saveur caractéristiques du pain.

2. Les réactions de Maillard (réactions physicochimiques complexes) résultent de la combinaison de certains acides aminés et de glucides simples réducteurs. Elles interviennent dès que l'on chauffe une denrée (la cuisson) et modifient la couleur, l'odeur et la saveur de la denrée.

> Les pains de mie, et certains pains spéciaux (pain viennois, pain au lait, par exemple) dont la recette utilise d'autres ingrédients que la farine, contiennent en revanche des glucides simples ajoutés (le saccharose, lorsqu'il y a ajout de sucre courant et le lactose s'il y a ajout de lait ou de laitages dérivés par exemple).

> **Tableau 3 : Teneur en glucides de différents pains (valeur pour 100 g d'aliments)**  
(6/ Favier JC)

	Pain courant	Pain de campagne	Pain de mie	Pain viennois	Pain complet	Pain de seigle	Pain/Baguette de tradition française (7/ Rizkalla)
Glucides totaux (g)	56	54,4	50,3	47	44,2	49	60,9
Dont amidon (g)	54	52,5	48,3	44,2	41,9	46	nd
Dont glucides simples (g)	1,9	1,9	2	2,8	2,3	3	nd
Dont sucres ajoutés (g)	0	0	1,5	1,4	0	0	0
Fibres (g)	2,9	5,1	3,3	3,1	7,5	5,4	2,3

> Les gros consommateurs de pain sont ceux dont les apports en glucides se rapprochent le plus des objectifs du PNNS, sans pour autant atteindre le niveau recommandé. L'étude SU.VI.MAX (1/ Herberg) montre en effet que les hommes et les femmes consommant le plus de pain, toutes variétés confondues, sont ceux dont les apports en glucides sont les plus élevés (en pourcentage de la ration calorique journalière). Chez les forts consommateurs masculins, l'apport glucidique représente 42 % de l'apport énergétique journalier contre 35 % dans le groupe des faibles consommateurs<sup>4</sup>. Chez les femmes fortes consommatrices de pain<sup>3</sup>, les chiffres correspondants sont de 42 % contre 38 %<sup>4</sup>.

### Conclusion

Le pain comporte en moyenne 50 % d'amidon. Il compte parmi les aliments les plus riches en glucides complexes et comporte une proportion beaucoup plus importante de glucides complexes que les pâtes ou les pommes de terre. D'autre part, il est quasiment dépourvu de glucides simples. Le pain apparaît ainsi comme un des aliments à privilégier afin d'atteindre l'objectif prioritaire du Programme National Nutrition Santé relatif à l'augmentation de la consommation de glucides complexes.

3. 4<sup>e</sup> quartile de l'échantillon : groupe des forts consommateurs : >174 g/j pour les hommes et >110 g/j pour les femmes.

4. 1<sup>er</sup> quartile de l'échantillon : groupe des faibles consommateurs : <84 g/jour pour les hommes et <52 g /jour pour les femmes.

## 1.2.2 Le pain, un aliment pauvre en lipides

### Rappel sur les lipides

- > Les lipides sont les macronutriments les plus énergétiques : 9 kcal par gramme. Ils constituent une réserve énergétique stockée dans le tissu adipeux. Les lipides entrent aussi dans la constitution de l'ensemble des membranes cellulaires. Ils sont les précurseurs de molécules importantes, comme les prostaglandines ou certaines hormones.
- > Les lipides présents dans les aliments sont à 99 % des triglycérides, combinaison de trois acides gras et d'un glycérol. Les autres lipides sont essentiellement des phospholipides, qui comportent aussi des acides gras et du cholestérol.
- > Souvent résumé à son rôle néfaste sur le système cardio-vasculaire, le cholestérol est néanmoins indispensable à l'organisme. On distingue le LDL-cholestérol, athérogène et facteur de risque cardio-vasculaire, aussi appelé « mauvais cholestérol », du HDL-cholestérol, anti-athérogène ou « bon cholestérol ».
- > Selon la nature des liaisons qui relient entre eux leurs carbones (simples ou doubles), les acides gras peuvent être saturés (AGS), mono-insaturés (AGMI), ou polyinsaturés (AGPI). Certains AGPI sont des acides gras dits « essentiels » (non synthétisables par l'organisme humain) et doivent être apportés par l'alimentation. Il s'agit en particulier de l'acide linoléique, AGPI qui appartient au groupe des AG oméga 6 (parfois abrégé n-6), et de l'acide linoléique, AGPI qui fait partie du groupe des AG oméga 3 (parfois abrégé n-3).
- > Les différents acides gras sont classiquement distingués selon leur impact sur le cholestérol sanguin. Tandis que certains AGS, apportés en excès, favorisent l'augmentation du LDL-cholestérol, les AGMI et les AG n-6 le font baisser. Les AG n-3 réduisent le phénomène d'agrégation plaquettaire.

### 1 % de lipides dans le pain courant et 1,8 % dans le pain complet

Les lipides devraient fournir 30 à 35 % de l'apport énergétique total (3/ Martin A et al.). Dans l'alimentation actuelle des Français, cette proportion est supérieure, avec un excès d'AGS (4/ INCA). L'apport en AG n-3 est en revanche très inférieur aux recommandations (8,9/ Afssa).

- > Qu'il s'agisse du pain courant ou du pain complet, le pain contient très peu de lipides : de 1 à 1,8 %. Plus des deux tiers de ces lipides sont insaturés et la moitié sont polyinsaturés.
- > Les pains spéciaux contiennent davantage de lipides, soit parce qu'ils sont enrichis d'un ingrédient lipidique non traditionnel comme les noix, les lardons, les olives, par exemple, soit parce que leur recette comprend des matières grasses (pains de mie, viennois, ou au lait). La nature de ces lipides dépend de la matière grasse utilisée. Les viennoiseries (brioches, croissants), parfois consommées en remplacement du pain, sont bien plus lipidiques (tableau 4).

> **Tableau 4 : Teneur en lipides de quelques pains et viennoiseries (valeur pour 100 g)**  
(20/ Cohen) (6/ Favier JC) (21/ Inserm)

	Pain courant (6)	Pain complet (6)	Pain de seigle (6)	Pain de seigle aux noix (20)	Pain de mie (6)	Pain viennois (6)	Pain au lait (6)	Brioche (au beurre) (21)
Lipides (g)	1	1,8	1	12	4	4	14,8	20,6
Dont AGS (g)	0,23	0,35	0,13	nd	0,96	1,3	5,7	11,8
Dont AGMI (g)	0,14	0,26	0,1	nd	0,81	1,2	4,8	6,1
Dont AGPI (g)	0,5	0,8	0,47	nd	1,4	1	2,8	1,3
Cholestérol (mg)	0	0	0	0	0	6	6	156

> Le pain complet, qui comporte des fragments de germes de grains de blé, peut contribuer aux apports en acides gras essentiels, en particulier en acide linoléique AGPI appartenant aux AG n-6 (tableau 5).

> **Tableau 5 : Apports du pain complet en acides gras polyinsaturés indispensables**  
(21/ Inserm) (3/ Martin)

	Apport pour 100g (g) (21)	Proportion de l'apport quotidien conseillé à une femme (%) (3)	Proportion de l'apport quotidien conseillé à un homme (%) (3)
AG n-6	0,7	9	7
AG n-3	0,05	3	2,5

> Certains produits de panification industrielle, type pain de mie et viennoiseries, peuvent contenir des acides gras trans dans une proportion de 0,1 à 6 g pour 100 g. Ces acides gras comportent au moins une double liaison de configuration trans. La consommation de plus de 5 g par jour de ces acides gras particuliers est un facteur de risque cardio-vasculaire (cf. **Deuxième partie p. 46**). Les autorités américaines recommandent la consommation la plus faible possible de ces acides gras trans (inférieur à 1 % des apports énergétiques totaux [AET]). Le Danemark a institué en 2004 une réglementation limitant le pourcentage d'acide gras trans à moins de 2 % dans les produits gras destinés à l'alimentation humaine. En France, l'Afssa recommande également de ne pas dépasser le seuil des 2 % de l'AET sous forme d'AG trans totaux (9/ Afssa).

### Conclusion

Le pain courant est quasiment dépourvu de lipides (1 %) et d'acides gras saturés (0,2 %). Ainsi, la consommation de pain permet d'augmenter les apports en glucides complexes sans apport de lipides, ce qui va dans le sens des recommandations du PNNS qui préconisent une augmentation des apports en glucides complexes et une diminution des lipides qui ne devraient représenter que 30 à 35 % de la ration calorique quotidienne au lieu de 38,5 % actuellement.

## 1.2.3 Le pain, source de protéines végétales

### Rappel sur les protéines

- > Les protéines comptent parmi les macronutriments énergétiques : 4 kcal par gramme. Les protéines jouent également de nombreux rôles fonctionnels au sein de l'organisme : ce sont notamment des constituants de la masse musculaire. Elles sont impliquées dans la synthèse de certaines hormones, des molécules de l'immunité, des molécules de structure (kératine, collagène), des enzymes...
- > Les protéines sont constituées d'acides aminés. Parmi eux, 9 sont appelés « acides aminés indispensables » parce qu'ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme humain et doivent ainsi absolument être apportés par l'alimentation (protéines d'origine végétale et protéines d'origine animale). Ce sont : la valine, l'isoleucine, la leucine, l'histidine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine et le tryptophane.
- > Les protéines animales et les protéines provenant des céréales sont complémentaires car elles n'apportent pas les mêmes acides aminés indispensables. De même, les protéines céréalières et celles provenant des légumineuses sont complémentaires. Les associer au sein d'un repas optimise leur utilisation à des fins anaboliques.

Les protéines devraient fournir 11 à 15 % de l'apport énergétique journalier total (6/ Favier JC). L'apport conseillé peut aussi s'exprimer de la façon suivante : 1 g de protéines par kilo de poids corporel/jour (un peu plus pour les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les sportifs). Dans l'alimentation actuelle des Français, cette proportion est supérieure. L'excédent concerne les protéines animales (exceptés les oméga 3), dont l'inconvénient essentiel est d'être associé au sein des aliments à des lipides (4/ INCA).

### Le pain, source de protéines végétales

- > **Tableau 6 : Teneur en protéines du pain et de quelques aliments céréaliers** (valeur pour 100 g) (3/ Martin) (6/ Favier JC) (7/ Rizkalla)

	Pain courant	Pain complet	Pain de mie	Pain/Baguette de tradition française (7)	Pâtes cuites à l'eau	Riz blanc cuit à l'eau
Protéines (g)	8 g	9 g	8 g	8,8 g	4 g	2,3 g
Proportion de l'apport quotidien conseillé à une femme moyennement active % (3)	12 %	13 %	12 %	13 %	6 %	4 %
Proportion de l'apport quotidien conseillé à un homme moyennement actif % (3)	9 %	11 %	9 %	10 %	5 %	3 %

> Le pain fait partie des aliments à base de céréales les plus riches en protéines végétales. L'apport en protéines des différents types de pains est autour de 8 à 9 %.

> La principale protéine du pain est le gluten, qui contribue à sa fabrication (levée de la pâte) et à sa texture.

### **Conclusion**

**Le pain est une source remarquable de protéines végétales. Son apport en protéines est deux à quatre fois plus important que d'autres féculents (respectivement les pâtes ou le riz).**

## 1.2.4 Le pain, source de fibres

### **Rappel sur les fibres alimentaires**

> Les fibres alimentaires sont définies comme « des constituants végétaux qui échappent à la digestion dans l'intestin grêle de l'homme sain » (10/ Briet F).

> Les caractéristiques physicochimiques des fibres sont responsables de leurs effets physiologiques (5/ PNNS et 11/ Boclé JC). Les fibres sont scindées en deux groupes en fonction de leur solubilité dans l'eau.

- Les fibres solubles : pectines (pomme, carotte, banane), certaines hémicelluloses (fruits et légumes, céréales complètes), bêta-glucanes (céréales complètes, en particulier avoine, orge), gommages, fibres d'algues, certains mucilages. Elles ont la propriété d'augmenter la viscosité du milieu où elles se trouvent formant des solutions épaissies, voire des gels. Durant la digestion, elles accroissent la viscosité du chyme et ralentissent ainsi la vidange gastrique. Par ce mécanisme, elles freineraient et/ou réduiraient l'absorption intestinale des glucides et des lipides, notamment du cholestérol (cf. Deuxième partie p. 28).

- Les fibres insolubles : cellulose (fruits et légumes, frais et secs), certaines hémicelluloses (céréales complètes, en particulier blé, seigle, fruits et légumes frais et secs), lignine (grains des fraises, des raisins, enveloppes des grains de céréales), inuline, certains mucilages. Elles ont la propriété d'absorber jusqu'à 25 fois leur poids en eau. Très peu fermentées par la flore colique, elles augmentent le volume fécal. Par ces effets combinés, elles exercent une action laxative (cf. Deuxième partie p. 54).

> Autres propriétés :

- les fibres (solubles et insolubles) accroissent le rassasiement et la satiété (cf. Deuxième partie p. 37) ;  
- certaines fibres, en particulier l'inuline et les fructo-oligosaccharides, sont qualifiées de prébiotiques. Elles facilitent la croissance de différentes bactéries coliques (bifidobactéries et lactobacilles) protectrices contre les infections gastro-intestinales.

**L'apport conseillé en fibres est de 25 à 30 g par jour. L'apport actuel des Français en fibres, évalué entre 15 et 22 g/jour, est insuffisant.**

## Le pain, source de fibres

> Les fibres des céréales se concentrent dans les enveloppes des grains, ainsi que dans le germe. Les pains obtenus à partir de farine intégrale ou complète (pain complet) sont ainsi plus riches en fibres.

### > Tableau 7 : Teneur en fibres de différents pains (valeur pour 100 g d'aliments) (6/ Favier JC)

	Pain courant	Pain de campagne	Pain de mie	Pain viennois	Pain complet	Pain de seigle
Fibres (g)	2,9	5,1	3,3	3,1	7,5	5,4
Fibres solubles (g)	0,2	0,3	0,2	0,3	1	0,6
Fibres insolubles (g)	2,7	4,8	3,1	2,8	6,5	4,8

#### > Les fibres du blé

- 84 % des fibres du blé sont insolubles avec une majorité d'hémicelluloses insolubles, 15 à 25 % de cellulose, 1 à 4 % de lignine.
- Les fibres solubles (16 %) comportent notamment des bêta-glucanes.

#### > Les fibres du seigle

- 60 % des fibres du seigle sont des hémicelluloses insolubles et 15 % de cellulose.
- Elles sont plus riches en bêta-glucane (soluble) que le blé, autour de 9 %.

### Conclusion

Le pain est une source de fibres. Il participe ainsi à accroître le rassasiement et la satiété. L'étude SU.VI.MAX. (1/ Hercberg) montre que pour les grands consommateurs de pain<sup>5</sup> (toutes variétés confondues), plus de 30 % des apports journaliers en fibres proviennent du pain.

5. 4<sup>e</sup> quartile de l'échantillon : >174 g/j pour les hommes et >110 g/j pour les femmes.

# 1.2.5 Le pain participe aux apports en vitamines

## Rappel sur les vitamines

- > Indispensables à la vie, les vitamines ne sont, en général, pas synthétisables par l'organisme humain (sauf B3 et D). De structures chimiques très variables, elles sont classées en vitamines hydrosolubles : B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, C, et vitamines liposolubles : A, D, E, K.
- > Les vitamines se répartissent au sein de tous les groupes d'aliments. Les céréales fournissent surtout des vitamines du groupe B et E.
- > Les apports conseillés en vitamines varient selon l'âge, le sexe, certaines situations physiologiques (croissance, grossesse, allaitement), l'activité physique et parfois le mode de vie (par exemple, tabagisme) (tableau 8).

Les études de consommation individuelle (4/ INCA) montrent des apports vitaminiques inférieurs aux recommandations, et notamment une carence en vitamine B, pour certains Français.

### > Tableau 8 : Exemples d'apports quotidiens conseillés en vitamines pour les adultes (3/ Martin)

	Femme adulte	Homme adulte
Vitamines B1 ou thiamine (mg)	1,1	1,3
Vitamines B2 ou riboflavine (mg)	1,5	1,6
Vitamines B3 ou PP ou niacine (mg)	11	14
Vitamines B5 ou acide pantothénique (mg)	5	5
Vitamines B6 ou pyridoxine (mg)	1,5	1,8
Vitamines B9 ou acide folique (µg)	300	330
Vitamines E ou tocophérol (mg)	12	12

## Les apports du pain en vitamines du groupe B

- > Le pain contribue aux apports en vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, et B9) et du groupe E. Au sein du grain de blé, les vitamines B sont localisées surtout dans les enveloppes externe, et les vitamines E sont concentrées dans le germe. Cela explique les apports vitaminiques supérieurs du pain complet, comparé au pain courant (tableau 9).

> **Tableau 9 : Teneur en vitamines de quelques pains (valeur pour 100 g) (3/ Martin)**

	Pain courant	Pain complet	Pain de mie	Pain de seigle
Vitamines B1 (mg)	0,09	0,3	0,18	0,18
Vitamines B2 (mg)	0,05	0,14	0,03	0,11
Vitamines B3 (mg)	1	3,4	1,3	1,2
Vitamines B5 (mg)	0,3	0,6	0,3	0,47
Vitamines B6 (mg)	0,12	0,21	0,04	0,22
Vitamines B9 (µg)	23	28	27	16
Vitamines E (mg)	0,18	1	0,8	1,2

> Pour les vitamines retenues dans le tableau ci-dessous, 100 g de baguette représente de 2 à 9 % des apports conseillés à une femme, et 2 à 7 % des apports conseillés à un homme.

> **Tableau 10 : Contribution de 100 g de pain aux apports vitaminiques conseillés**  
(Pour mémoire, la consommation quotidienne de pain des Français est évaluée à 150 g).

	Pain courant pour une femme	Pain courant pour un homme	Pain complet pour une femme	Pain complet pour un homme
Vitamines B1	8 %	7 %	27 %	23 %
Vitamines B2	3 %	3 %	9 %	9 %
Vitamines B3	9 %	7 %	31 %	24 %
Vitamines B5	6 %	6 %	12 %	12 %
Vitamines B6	8 %	7 %	14 %	12 %
Vitamines B9	8 %	7 %	9 %	8 %
Vitamines E	2 %	2 %	8 %	8 %

**Conclusion**

Le pain participe aux apports en vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B9 et E. Dans l'étude SU.VI.MAX, le pain (toutes variétés confondues) fournit 16 % de l'apport conseillé en vitamines B1, 14 % en vitamines B6, 10 % en vitamines B2 chez les hommes consommant plus de 174 g de pain par jour<sup>6</sup> et 14 % de l'apport conseillé en vitamines B1, 12 % en vitamines B6, 7 % en vitamines B2 chez les femmes consommant plus de 110 g par jour<sup>7</sup> (1/ Hercberg). Le pain complet est riche en vitamines en raison de leur concentration dans les enveloppes externes du grain de blé.

6. 4<sup>e</sup> quartile de l'échantillon : groupe des forts consommateurs : plus de 174 g de pain par jour.

7. 4<sup>e</sup> quartile de l'échantillon : groupe des fortes consommatrices : plus de 110 g de pain par jour.

## 1.2.6 Le pain participe aux apports en éléments minéraux

### Rappel sur les éléments minéraux

- > Les éléments minéraux indispensables sont classés selon leur importance pondérale dans l'organisme, en macroéléments (besoin de l'ordre du gramme) : phosphore, calcium, sodium, potassium, magnésium, chlore, et en oligoéléments, ou éléments traces (besoin de l'ordre du milligramme ou du microgramme) : fer, zinc, manganèse, cuivre, iode, sélénium, molybdène, cobalt, chrome, fluor.
- > Tout comme les vitamines, les minéraux se répartissent au sein des groupes d'aliments.
- > Les minéraux assurent le bon fonctionnement de l'organisme (12/ Thonnat N) :
  - Le calcium participe à la croissance et à la solidité des os et à la régulation du rythme cardiaque.
  - La plus grande partie du phosphore se trouve dans l'os associé au calcium. Il permet à la cellule de disposer de ses réserves d'énergie et intervient aussi dans la composition des membranes biologiques en liaison avec les phospholipides.
  - Le magnésium participe à la solidité des os, à la régulation du rythme cardiaque et à la transmission neuromusculaire.
  - Le fer est un composant de l'hémoglobine au sein des hématies.
  - Le zinc participe aux défenses immunitaires, est indispensable à la croissance et joue un rôle dans la vision, le goût et l'odorat.
  - Le sodium et le potassium permettent d'équilibrer les échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur des cellules. Ils agissent au niveau de la contraction musculaire et du rythme cardiaque.

Les études de consommation individuelle (4/ INCA) montrent que, pour certains Français, les apports en sels minéraux et oligoéléments, sont inférieurs aux recommandations.

### > Tableau 11 : Exemples d'apports quotidiens conseillés en minéraux et oligoéléments pour les adultes (3/ Martin A et al.)

	Femme adulte	Homme adulte
Magnésium (mg)	360	420
Phosphore (mg)	750	750
Potassium (mg)	minimum 390 à 585	minimum 390 à 585
Calcium (mg)	900	900
Fer (mg)	16	9
Zinc (mg)	10	12

- > Des apports nutritionnels conseillés ne peuvent pas être proposés pour le potassium, dont la consommation est en général largement excédentaire par rapport aux besoins (3/ Martin A et al.).

## Le pain contient du Mg, Ph, K, Ca, Fe, Zn

> Les céréales sont de bons fournisseurs de minéraux, notamment magnésium, phosphore, potassium, calcium, fer, zinc.

> Au sein du grain de blé, les minéraux et les oligoéléments sont localisés aux trois quarts dans l'écorce et le germe. D'où des variations d'apports de minéraux selon les pains (tableau 11) (12/ Thonnat N).

> Biodisponibilité des minéraux et oligoéléments du pain.

De nature non héminique, le fer végétal des céréales est moins bien absorbé (environ 5 %) que le fer héminique animal de la viande (environ 25 %). Son absorption peut néanmoins être améliorée par la présence dans le même repas de vitamines C ou de protéines animales (3/ Martin A et al). Bien que le pain complet soit plus riche en minéraux et oligoéléments que le pain courant, il comporte deux constituants susceptibles de réduire l'absorption du magnésium, du calcium, du fer et du zinc. Toutefois, il faut signaler qu'une fois fermentées par les bactéries coliques les fibres (surtout les solubles) libèrent des éléments minéraux qui peuvent être absorbés dans la partie basse de l'intestin (13/ Coudray C). Quant à l'acide phytique, il peut être hydrolysé par les phytases du blé, qui agissent durant la fermentation panaria. On a démontré que la fermentation au levain, qui induit un pH plus bas, favorise une plus grande hydrolyse de l'acide phytique, et augmente par conséquent nettement la biodisponibilité des éléments minéraux (14/ Lopez HW) (15/ Lopez HW).

### > Tableau 12 : Teneur en minéraux et oligoéléments de quelques pains (valeurs pour 100 g) (6/ Favier JC) (7/ Lamand M) (8/ Leenhardt F)

	Pain courant	Pain complet	Pain de mie	Pain de seigle
Magnésium (mg)	26	81	21	33
Phosphore (mg)	90	195	91	114
Potassium (mg)	120	225	129	130
Calcium (mg)	23	58	91	26
Fer (mg)	1,4	2	1,2	2,4
Zinc (mg)	0,8 (7)	2,3 (8)	0,6 (7)	1,1 (7)

> Pour les minéraux et oligoéléments retenus dans le tableau ci-dessous, la consommation de 100 g de pain courant permet d'apporter 3 à 12 % des apports conseillés à une femme, et 3 à 16 % des apports conseillés à un homme.

> **Tableau 13 : Contribution de 100 g de pain aux apports en minéraux et oligoéléments conseillés** (Pour mémoire, la consommation quotidienne de pain des Français est évaluée à 150 g)

	Pain courant pour une femme	Pain courant pour un homme	Pain complet pour une femme	Pain complet pour un homme
Magnésium	7 %	6 %	23 %	19 %
Phosphore	12 %	12 %	26 %	26 %
Calcium	3 %	3 %	6 %	6 %
Fer	9 %	16 %	13 %	22 %
Zinc	8 %	7 %	23 %	19 %

> Étude SU.VI.MAX (1/ SU.VI.MAX).

Dans le groupe des hommes les plus forts consommateurs de pain<sup>8</sup>, toutes variétés confondues, le pain fournit 22 % des apports conseillés en magnésium, 9 % en calcium, 24 % en fer et 14 % en zinc. Pour le groupe des femmes les plus fortes consommatrices de pain, le pain fournit 19 % des apports conseillés en magnésium, 8 % en calcium, 22 % en fer et 13,5 % en zinc.

8. 1<sup>er</sup> quartile de l'échantillon : groupe des faibles consommateurs : <84 g/jour pour les hommes et <52 g /jour pour les femmes.

## Le pain apporte de moins en moins de sodium

> Rappelons que le sodium<sup>9</sup> consommé provient pour les trois quarts du sel d'assaisonnement (12/ Thonnat N). Le quart restant est fourni par les aliments. Certains fromages, poissons, charcuteries et plats cuisinés font partie des aliments les plus riches en sodium.

### > Tableau 14 : Aliments comportant plus de 1 000 mg de sodium/100 g (12/ Thonnat N)

CHARCUTERIES	Jambon sec	2 100 à 2 700 mg
	Chorizo	2 300 mg
	Rosette	2 000 mg
	Salami, bacon	1 800 mg
	Poitrine fumée	1 400 mg
	Saucisson à l'ail, cervelas	1 100 mg
	Saucisse cocktail, saucisse de Strasbourg	1 000 mg
FROMAGES	Roquefort	1 600 mg
	Bleu	1 150 mg
	Cantal	1 050 mg
POISSONS	Filet d'anchois à l'huile	5 500 mg
	Œufs de lump	2 070 mg
	Crevettes cuites	1 595 mg
	Saumon fumé	1.200 mg
DIVERS	Olives noires	3 288 mg
	Olives vertes	1 609 mg
	Comichons	1 300 mg
	Biscuits à apéritif	1 100 mg

> D'après les ANC, le besoin physiologique d'un homme adulte n'est pas supérieur à 4 g de sel par jour, soit 1,6 g de sodium.

### > Tableau 15 : Teneur en sodium de quelques pains (valeurs pour 100 g)

	Pain courant	Pain complet	Pain de mie	Pain de seigle
Sodium (mg)	650	700	600	464

9. Le sodium de l'alimentation est principalement fourni sous forme de chlorure de sodium, qui désigne le sel dans le langage courant (1 g de sel ou chlorure de sodium = 400 mg de sodium).

> En 2002, afin de diminuer la consommation moyenne de sel au niveau de la population et avoir un impact particulièrement net sur les gros consommateurs de sel (>12 g/jour), l'Afssa a édicté des recommandations vis-à-vis des produits de charcuterie, des fromages, des plats cuisinés et des produits de boulangerie. L'objectif fixé pour le pain était de réduire la teneur en sel de la farine de 25 % en cinq ans et d'atteindre une moyenne de 18 g de sel ajouté par kg de farine utilisée (17/ Afssa). Une politique de diminution progressive de la teneur en sel du pain a donc été engagée. En octobre 2005, une étude a permis d'établir que la dose moyenne était passée de 24 g/kg de farine à 21,2 g/kg de farine et que 41,1 % des baguettes ont un contenu en sodium inférieur à 20,4 g/kg farine (16/ ANMF et INBP).

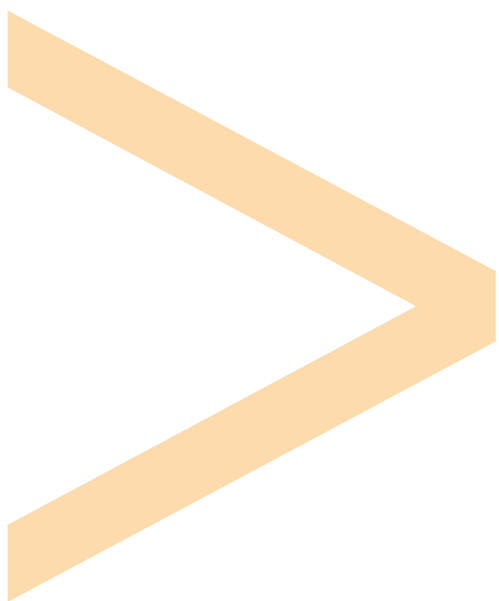
## Conclusion

Le pain participe aux apports en magnésium, phosphore, potassium, calcium, fer, zinc et sodium. En ce qui concerne le sodium<sup>10</sup>, pour respecter les recommandations de l'Afssa de 2002, l'apport en sodium du pain a été sensiblement diminué tout en respectant les contraintes de fabrication. En outre, l'apport en sodium du pain demeure inférieur à celui fourni par certaines charcuteries, fromages et plats cuisinés.

## Bibliographie

- 1/ Hercberg S., Preziosi P., Briançon S., Galan P., Triol I., Malvy D., Roussel A-M., Favier A. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study-design, methods, and participant characteristics. *SUpplementation en Vitamines et Minéraux AntioXydants*.
- 2/ Afssa : *Glucides et santé, état des lieux, évaluation et recommandations*, octobre 2004.
- 3/ Martin A et al, *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*, 3<sup>e</sup>ed. Ed Tec et Doc, 2000.
- 4/ Enquête INCA, enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires –1999.
- 5/ Programme National Nutrition-Santé 2001-2005.
- 6/ Favier JC, Ireland-Ripert J, Toque C, Feinberg M, *Répertoire général des aliments, Table de composition*, CIQUAL-REGAL, 1995.
- 7/ Rizkalla SW, Bruzzo F, Boillot J, Slama G pour la collective du pain, *Détermination de l'index glycémique et insulémique de pains français chez l'homme sain et diabétique*, 2004. *European Journal of Clinical Nutrition* (advance online publication), août 2006.
- 8/ Afssa : *Acides gras de la famille oméga 3 et système cardio-vasculaire*, juin 2003.
- 9/ Afssa : *Risques et bénéfices pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments, recommandations*, avril 2005.
- 10/ Briet F et coll. : « Fibres alimentaires » *Cah Nutr Diét* 34 : 22-26,1999.
- 11/ Boclé JC, Champ M, Berta JL (2005). Les fibres alimentaires : déterminants physicochimiques, définition, aspects analytiques et physiologiques. *Cah Nutr Diét* 40, 1, 15-21.
- 12/ Thonnat Nicole, *Le bon mangeur* ; Edition Fédération Française de Cardiologie Cœur et Santé, 1997.
- 13/ Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, et al, (1997) Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron, and zinc, in healthy young men. *Eur J Clin Nut* 34 : 1831-1836.
- 14/ Lopez HW, Adam A, Leenhardt F, Scalbert A, Remesy C, (2001) *Maîtrise de la valeur nutritionnelle du pain*. Industries des céréales, 124.
- 15/ Lopez HW, (2001) Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium, *J.Agric.Food chem.*, 49, 2657-2662.
- 16/ *Étude ANMF, INBP*, juillet 2005.
- 17/ Afssa : *Rapport du groupe de travail sur le sel*, janvier 2002.
- 18/ Lamand M, Tressol JC, Ireland-Ripert J, Favier JC, Feinberg M, *Répertoire général des aliments*, Tome 4, Table de composition minérale.
- 19/ Leenhardt F, *Étude des voies d'amélioration de la densité nutritionnelle du pain*, thèse du 7 juillet 2005.
- 20/ Cohen JM, Serog P, *Savoir manger, le guide des aliments 2006-2007*. Tableau de composition nutritionnelle des pains.
- 21/ Unité 557 Inserm, Table de composition des aliments SU.VI.MAX.

10. Le sodium de l'alimentation est principalement fourni sous forme de chlorure de sodium, qui désigne le sel dans le langage courant (1 g de sel ou chlorure de sodium = 400 mg de sodium).



# 2/ Pain, physiologie et santé : quelles réalités ?

# 2.1 Pain et physiologie

---

## 2.1.1 Rappel sur le métabolisme des glucides

- > Les glucides ont un rôle énergétique majeur. Les glucides alimentaires fournissent du glucose qui va assurer dans la majorité des tissus la synthèse mitochondriale d'ATP via l'acétyl-CoA, le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire.
- > Le glucose est le nutriment énergétique fondamental de l'organisme.
  - Il est indispensable aux cellules anaérobies glucodépendantes qui ne peuvent utiliser d'autres carburants telles que les hématies. Du fait de l'absence de mitochondries, les hématies tirent en effet leur énergie du cycle du lactate en utilisant le glucose, tout comme les cellules faiblement vascularisées (cellules médullaires rénales, rétinienne, muqueuses intestinales).
  - Le glucose est également la principale source énergétique du cerveau par glycolyse aérobie.

### Digestion et absorption des glucides apportés par le pain

Le pain est constitué de 60 % de glucides totaux dont 50 % d'amidon. Son hydrolyse par les amylases salivaires et pancréatiques aboutit au maltose et à l'isomaltose, deux disaccharides. Ces disaccharides sont hydrolysés dans la lumière intestinale en glucose par des enzymes fixées sur la bordure en brosse intestinale. Le glucose est absorbé par l'entérocyte puis sort au pôle baso-latéral en utilisant un transporteur passif pour passer dans le sang portal.

### Transport sanguin du glucose

Le glucose est transporté dans le sang sous forme libre. En période post-prandiale, le glucose provient de l'intestin. Le foie, premier tissu traversé par le sang portal capte 30 à 40 % du glucose. Le glucose restant se répartit entre les autres tissus : cerveau, hématies, muscles, tissu adipeux... En situation de jeûne, le glucose sanguin provient du foie qui contient les réserves de glucose de l'organisme stockées sous forme de glycogène. La glycogénolyse hépatique (cf. Première partie p. 29) transforme le glycogène en glucose et la voie de la néoglucogénèse (cf. Première partie p. 29) fabrique du glucose à partir de substrats non glucidiques.

## Transport cellulaire du glucose

Le glucose franchit la membrane phospholipidique et hydrophobe des cellules par un mécanisme de diffusion facilitée par des transporteurs appelés Glut. Ces transporteurs s'expriment plus ou moins selon les types cellulaires et ils ont une affinité variable pour le glucose. Les Glut 1 sont prépondérants dans les hématies, les Glut 2 dans le foie et le pancréas, les Glut 3 dans le cerveau et les Glut 4 dans le tissu adipeux et musculaire. La sensibilité à l'insuline de ces transporteurs du glucose varie en fonction des tissus.

## La glycolyse

La glycolyse, qui permet de passer du glucose au pyruvate puis au  $\text{CO}_2$  et à l'ATP dans le cycle de Krebs, est une voie métabolique universelle. Elle consiste en l'oxydation progressive d'une molécule de glucose à 6 carbones en 2 molécules de pyruvate à 3 carbones. La glycolyse a pour but de transférer et de libérer une partie de l'énergie du glucose. Elle produit 2 ATP et 2 NADH, H<sup>+</sup>. Dans le foie, la glucokinase régule le flux de la glycolyse et de la glycogénogenèse. C'est un des éléments majeurs de la régulation glucidique puisque la concentration de cette enzyme s'élève sous l'action de l'insuline en synergie avec le glucose, par induction de la transcription de son gène.

## La glycogénogenèse

La glycogénogenèse permet de stocker le glucose sous forme d'un polysaccharide de réserve : le glycogène. Ce dernier est une molécule géante formée de milliers de molécules de glucose permettant un stockage dans un volume minimum. La synthèse du glycogène a lieu principalement dans le foie et les muscles. Dans le foie, les deux enzymes clés de la glycogénogenèse sont la glucokinase et la glycogène synthétase.

## La glycogénolyse

La dégradation du glycogène ou glycogénolyse permet à l'organisme de puiser dans ses réserves glucidiques lorsque l'apport alimentaire de glucose est interrompu. Le foie libère du glucose dans le sang à partir de sa réserve en glycogène, en situation de jeûne. Il assure ainsi la constance de la glycémie et permet de couvrir les besoins énergétiques du cerveau et des cellules glucodépendantes telles que les hématies. Cette action est de courte durée car le stock de glycogène hépatique est limité (80 à 100 g) et il est épuisé après 20 h de jeûne environ. La glycogénolyse doit être relayée par la néoglucogenèse si le jeûne se prolonge. L'enzyme clé de la glycogénolyse hépatique – la glycogéno-phosphorylase – est activée par le glucagon et inactivée par les taux élevés d'insuline en période alimentaire. L'activation de la glycogénolyse implique l'inactivation de la glycogénogenèse et vice versa. Le muscle ne libère pas de glucose dans le sang malgré une réserve glycogénique plus importante que celle du foie (environ 400 g). Il dégrade le glycogène en glucose-6-P qui est oxydé in situ par la voie de la glycolyse. La glycogénolyse permet au muscle de couvrir ses propres besoins énergétiques pendant quelques jours en cas de jeûne. D'autre part, elle lui fournit rapidement du glucose-6-P lors de l'effort intense.

## La néoglucogenèse

La néoglucogenèse permet de produire du glucose à partir de substrats non glucidiques : le lactate, l'alanine, le glycérol, le propionyl CoA. Cette voie métabolique hépatique est caractéristique du jeûne et elle est régulée par le rapport insuline/glucagon. Les reins produisent du glucose à partir de la glutamine qu'ils utilisent pour leurs propres besoins.

## Rôle des glucides dans la lipogénèse

La synthèse des acides gras, ou lipogénèse, a lieu dans le foie. Son importance varie selon l'apport alimentaire. Elle augmente lorsque l'apport calorique dépasse les besoins énergétiques conduisant à stocker les surplus nutritionnels sous forme de triglycérides.

Les acides gras sont formés à partir des molécules d'acétyl-CoA provenant principalement des glucides par la glycolyse et l'oxydation du pyruvate. Ces acides gras sont estérifiés en VLDL et exportés vers le tissu adipeux, captés et stockés sous forme de triglycérides. La lipogénèse est activée par l'insuline.

## Facteurs régulant la production et l'utilisation du glucose

La régulation du métabolisme énergétique est assurée par une variable hormonale essentielle : le rapport insuline/glucagon. Schématiquement, l'insuline est l'hormone de la période alimentaire et de l'anabolisme alors que le glucagon est l'hormone du jeûne et du catabolisme. Une hyperinsulinémie chronique entraîne une utilisation énergétique préférentielle des glucides, une inhibition de la lipolyse et, par voie de conséquence, une insulino-résistance, facteur de risque des maladies cardio-vasculaires. Les catécholamines et le système adrénergique stimulent la production hépatique de glucose. Le cortisol, l'hormone de croissance, les hormones thyroïdiennes, un excès de catécholamines induisent un état d'insulino-résistance et inhibent le captage du glucose par les tissus périphériques. Un excès d'acides gras conduit à une insulino-résistance par un mécanisme de compétition. En effet, les acides gras en excès sont utilisés préférentiellement au glucose (cycle de Randle) par certains tissus comme les muscles.

### Conclusion

Le métabolisme glucidique permet à la glycémie de se maintenir entre 0,80 et 1,20 g/l. La baisse de la glycémie se manifeste à court terme par des symptômes liés au déficit cérébral en glucose.

L'hyperglycémie chronique entraîne des complications à long terme. Il est donc crucial pour l'organisme de réguler finement la glycémie en maintenant un état d'équilibre entre les apports alimentaires et le captage du glucose par les tissus utilisant ce substrat.

### Bibliographie

- 1/ F Andreelli, J Girard : « Régulation de l'homéostasie glucidique. » *Traité de Diabétologie 2005* A Grimaldi (ed), Flammarion Paris.  
2/ B et P Hecketsweiler : « Voyage en biochimie : circuits en biochimie humaine, nutritionnelle et métabolique. » 1998 Editions scientifiques et médicales, Elsevier, Paris.

## 2.1.2. Index glycémique, index insulinique et charge glycémique

### Définition de l'index glycémique

- > L'index glycémique (IG) mesure la vitesse d'arrivée des sucres dans le sang et ainsi le pouvoir hyperglycémiant des aliments (1/ DJ Jenkins et coll).
- L'IG se caractérise, à quantité égale de glucides absorbés, comme l'effet hyperglycémiant (augmentation de la teneur de glucose dans le sang) d'un aliment comparé à un liquide glucosé. Il se calcule par une fraction. Au numérateur de celle-ci figure la surface mesurée sous la courbe glycémique durant trois heures, après ingestion de 50 g de glucides contenus dans l'aliment testé ; au dénominateur est comptabilisée la surface glycémique pendant trois heures après l'ingestion d'une solution standard de 50 g de glucose. En pratique, chez une même personne, le numérateur est déterminé après une nuit de jeûne le premier matin et le dénominateur le lendemain matin. La mesure résulte de la répétition du test chez plusieurs sujets.
- La satiété est inversement proportionnelle à l'IG. Plus l'IG d'un aliment est bas, plus la disponibilité en glucose est prolongée dans le temps, plus l'aliment coupe la faim durablement. Inversement, plus l'IG d'un aliment est élevé, plus la disponibilité en glucose est rapide mais fugace.
- > Une première table des IG des aliments, publiée en 1995, comportait 563 entrées (2/ K Foster-Powell et coll), en 2002, une publication a permis de regrouper les données internationales concernant plus de 750 aliments (3/ K Foster-Powell et coll) avec 1 300 entrées.
- > Quelques exemples d'IG en sachant que le glucose présente un IG maximal de 100 par définition (1/ DJ Jenkins et coll) :

IG bas (< 40)	IG modéré/moyen (40 à 70)	IG élevé (> 70)
fructose, pomme, abricot sec, pamplemousse, cerise, poire, lentilles, soja, pois chiches, haricots secs, lait, pâtes « <i>al dente</i> »	certains riz blancs et complets, saccharose, confiture, miel, muesli, biscuits, pâtes, betterave, banane, raisin, orange, carotte, chocolat	glucose, pommes de terre cuisinées, certains riz à cuisson rapide, nombreuses céréales pour le petit-déjeuner dont les corn-flakes, datte, citrouille, fève

- > La méthodologie du calcul de l'IG d'un aliment est maintenant précisément définie (4/ TMS Wolever et coll).

### Définition de l'index insulinique

- > Le pic de concentration de sucres dans le sang (IG) est suivi d'un second pic qui détermine l'index insulinique. Celui-ci permet de connaître la rapidité de la réponse hormonale à l'arrivée du glucose sous forme de sécrétion d'insuline. Il convient que l'IG et l'index insulinique soient aussi peu marqués que possible. Si l'index insulémique semble plus pertinent que l'IG mais il est plus complexe à doser.

## Définition de la charge glycémique

> La charge glycémique (CG) est une mesure qui complète l'IG. La charge glycémique est la quantité de glucides contenus dans l'aliment multipliée par l'IG de l'aliment.  $CG = IG/100 \times \text{grammes de glucides par portion}$ . La charge glycémique mesure la réponse glycémique totale après la prise d'un aliment ou d'un repas. Sa prise en compte est également importante pour évaluer le potentiel hyperinsulinique d'une alimentation donnée (7/ DJ Jenkins). Il a été montré chez le sujet sain que la charge glycémique évaluée à partir de l'IG ne différait pas de la mesure directe (8/ BJ Venn).

**L'index glycémique est maintenant reconnu comme un critère permettant une classification physiologique et fiable des aliments selon leur effet glycémique postprandial. L'index glycémique est désormais évalué selon une méthodologie précise.**

## Facteurs modifiant l'index glycémique (6/ Jean-Marie Bourre)

> La vitesse avec laquelle s'effectue l'évacuation de l'estomac (la vidange gastrique) est un facteur important de contrôle de la vitesse de l'absorption intestinale des sucres. Ce temps conditionne la vitesse de distribution dans l'intestin grêle du glucose, produit préalablement dans l'estomac, ainsi que des amidons restants. Globalement, selon qu'un aliment glucidique donne lieu à un TVG (temps de vidange gastrique) rapide ou lent, le pic de concentration de sucre dans le sang est plus ou moins marqué ainsi que le pic hyperinsulinémique qui survient dans un second temps.

> Différents facteurs peuvent influencer le temps de vidange gastrique :

- La texture de l'aliment et/ou la taille des morceaux ingérés modifient le temps de vidange gastrique. Plus l'aliment est ingéré facilement et rapidement, et plus l'IG est élevé. Ainsi, l'IG de la purée est beaucoup plus élevé que celui des pommes de terre entières. En revanche, un aliment solide comme le pain sera digéré plus lentement.
- La teneur en lipides : plus le repas est riche en lipides et plus le temps de vidange est long. Ainsi, le temps de vidange gastrique du pain est augmenté après ajout sur celui-ci d'un peu de beurre ou de fromage.
- La présence de fibres augmente le temps de vidange gastrique.
- Les quantités de glucides complexes absorbées entrent aussi en jeu et augmentent le temps de vidange gastrique.
- Le temps de vidange gastrique varie aussi selon l'heure de prise du repas : un même repas aurait un temps de vidange gastrique plus court s'il était pris le matin plutôt que le soir.

**La vidange gastrique représente l'un des facteurs les plus importants du contrôle de la vitesse de l'absorption intestinale des glucides. Le temps de vidange gastrique conditionne l'index glycémique.**

## Index glycémique des pains

> L'importance des critères méthodologiques pour la mesure de l'IG est illustrée par les résultats obtenus dans l'évaluation de l'IG de différents pains français. La table la plus récente de Foster-Powell (2002) a en effet été réalisée à partir de données publiées dans la littérature scientifique ou communiquées par des laboratoires et des industriels. D'anciens résultats provenant de compilations de travaux réalisés dans plusieurs pays avec des techniques non normalisées attribuaient aux pains des IG élevés (l'index de 95 attribué à la baguette provenait du résultat de trois analyses seulement) (3/ K Foster-Powell). Ces IG étaient paradoxalement élevés étant donné la nature des glucides du pain (complexes) et la présence des fibres (qui diminuent l'IG). Une évaluation récente menée par S W Rizkalla (5/ Rizkalla et coll) en 2004 permet de revoir à la baisse les IG des pains, et en particulier celui de la baguette de tradition française. Cette étude, répondant aux critères méthodologiques actuels, retrouve chez les sujets sains et avec du glucose comme aliment de référence :

- pour la baguette de tradition française : un index glycémique à  $57 \pm 9$  et un index insulémique à  $50 \pm 7$
- pour la baguette courante française : un index glycémique à  $78 \pm 17$  et un index insulémique à  $90 \pm 15$
- pour la boule de pain français fermentée au levain : un index glycémique à  $80 \pm 18$  et un index insulémique à  $59 \pm 7$
- pour la boule de pain français fermentée à la levure : un index glycémique à  $81 \pm 35$  et un index insulémique à  $71 \pm 15$
- pour la boule de pain complet français : un index glycémique à  $85 \pm 27$  et un index insulémique à  $78 \pm 21$

La table d'IG de Foster-Powell, qui doit être rééditée courant 2006, tiendra compte de ces nouvelles valeurs.

> Chez le sujet sain, la baguette de tradition française est un pain intéressant à considérer de part son index glycémique à 57 et son index insulémique à 50. Il se pourrait que ces résultats soient dus à la différence de procédé de fabrication du pain plutôt qu'à la teneur en fibres ou en amidon résistant. En effet, il faut souligner que ces différentes variétés de pains contenaient des quantités comparables d'amidons résistants et de fibres (5,6 %) sauf pour le pain complet.

**Un travail récent chez des sujets sains, répondant aux critères méthodologiques actuels du calcul de l'index glycémique, permet de revoir à la baisse les index glycémiques des différents pains français et de classer la baguette de tradition française, dont l'IG est de 57, parmi les aliments à index glycémique modéré et moyen.**

## Index glycémique : implications cliniques

La mesure de l'IG constitue un progrès considérable car il s'agit d'un paramètre physiologique qui définit objectivement la qualité d'un aliment et qui substitue au contenu chimique de l'aliment une réponse biologique. Cet index est actuellement l'instrument de mesure le plus fiable, compte tenu des connaissances scientifiques et médicales. De nombreuses publications (revue in DJA Jenkins, 2002) témoignent de l'importance de la prise en compte de l'IG dans l'analyse physiopathologique et épidémiologique des maladies métaboliques liées à l'hyperinsulinémie : diabète (cf. Deuxième partie p. 42), dyslipidémie (cf. Deuxième partie p. 50), pathologie cardio-vasculaire (cf. Deuxième partie p. 46). Des travaux ont également suggéré un rôle de l'IG de l'alimentation dans la survenue de certains cancers, en particulier coliques (cf. Deuxième partie p. 59). L'hypothèse sous-jacente considère que l'hyperglycémie postprandiale, secondaire à l'apport alimentaire de glucides à IG élevé, est responsable d'une hyperinsulinémie.

Il est habituel d'opposer les aliments à IG élevé (>70) aux aliments à faible IG (<55 ou <40) ou à IG modéré (56-69 ou 40-70). Il faut cependant rester critique vis-à-vis de la signification diététique de cet index et évaluer en parallèle la densité calorique de l'aliment ainsi que l'équilibre entre le pouvoir hyperglycémiant et l'apport en éléments nutritifs souhaitables comme les vitamines, les fibres, les minéraux... Si l'utilité du concept d'index glycémique dans la prise en charge diététique des patients atteints de troubles métaboliques est reconnue (9/ LS Augustin) il n'en est pas de même pour ce qui concerne la prévention en population générale (10/ FX Pi Sunyer).

### Conclusion

En attendant les études interventionnelles à grande échelle qui permettront de conclure, les conseils nutritionnels s'appuient sur les données épidémiologiques qui sont dans l'ensemble favorables à la consommation préférentielle d'aliments à index glycémique modéré à faible. Dans ce contexte, l'évaluation à la baisse des index glycémiques du pain français, et en particulier celui de la baguette de tradition française dont l'index glycémique est modéré, fournit des arguments supplémentaires pour la consommation de cet aliment à chaque repas.

---

## Bibliographie

- 1/ DJ Jenkins et coll : « Glycemic index of foods :a physiological basis for carbohydrate exchange. » *Am J Clin Nutr* 34:362-6,1981.
- 2/ K Foster-Powell et coll : « International tables of glycemic index. » *Am J Clin Nutr* 62 (Suppl) : 871S-90S,1995.
- 3/ K Foster-Powell et coll : « International table of glycemic index and glycemic load values : 2002. » *Am J Clin Nutr* 76:5-56, 2002.
- 4/ TMS Wolever et coll : « The glycemic index :methodology and clinical implications » *Am J Clin Nutr* 54:846-54, 1991.
- 5/ Rizkalla SW, Bruzzo F, Boillot J, Slama G pour la collective du pain, *Détermination de l'index glycémique et insulínémique de pains français chez l'homme sain et diabétique*, 2004. European Journal of Clinical Nutrition (advance online publication), août 2006.
- 6/ JM Bourre : *La nouvelle diététique du cerveau*, Edition Odile Jacob. 2006.
- 7/ DJA Jenkins et coll : « Glycemic index :overview of implications in health and disease. » *Am J Clin Nutr* 76 (Suppl):266S-73S, 2002.
- 8/ BJ Venn et coll : « The glycemic load estimated from the glycemic index does not differ greatly from that measured using a standart curve in healthy volunteers. » *J Nutr* 136:1377-81, 2006.
- 9/ LS Augustin et coll: « Glycemic index in chronic disease :a review » *Eur J Clin Nutr* 56:1049-71, 2002.
- 10/ FX Pi Sunyer : « Glycemic index and disease » *Am J Clin Nutr* 76 (Suppl):290S-8S, 2002.

# 2.2 Pain et surpoids

---

## 2.2.1 Obésité : rappel épidémiologique et physiopathologique

### Le poids de l'obésité

- L'obésité (définie par un IMC  $> 30$ ) et le surpoids ( $25 < \text{IMC} < 30$ ) sont des maladies chroniques à l'origine de complications entraînant une surmortalité.
  - Surpoids et obésité augmentent le risque de diabète de type II, d'hypertension artérielle, de cardiopathie coronaire, d'accident cérébrovasculaire, de certains cancers, de pathologie biliaire, de difficulté respiratoire et d'arthrose.
  - La mesure du tour de taille (TA) permet de rechercher une obésité abdominale (TA  $> 88$  cm chez les femmes et TA  $> 102$  cm chez les hommes) qui est associée à une augmentation du risque cardio-vasculaire et de maladies métaboliques.
  - Le retentissement psychosocial et la persistance de l'obésité à l'âge adulte sont les principales conséquences de l'obésité chez les enfants (2/ Haut comité de la santé publique).
- L'obésité est devenue un problème majeur de santé publique dans les pays occidentaux avec un âge de début du surpoids de plus en plus précoce.
  - En France, 35 à 40 % des adultes souffrent de surpoids et plus de 10 % sont obèses. Parmi les enfants, la fréquence de l'excès de poids a augmenté de 50 % lors des dix dernières années et touchent actuellement plus de 16 % des enfants (1/ INPES).

### Une étiologie multifactorielle

- De nombreux facteurs concourent à la survenue d'un surpoids ou d'une obésité et l'importance de chaque facteur varie selon les individus. Certains facteurs sont d'ordre génétique (hérédité polygénique), d'autres sont liés aux conditions environnementales (alimentation trop calorique, manque d'exercice physique...), à des modifications, ou à des troubles hormonaux, ou encore à des troubles psychologiques (stress, dépression, troubles du comportement alimentaire).  
L'épidémie actuelle d'obésité dans les pays occidentaux est due à une réduction des dépenses énergétiques (diminution de l'activité physique) et à une augmentation de la densité énergétique de l'alimentation (plus grande consommation de lipides et de glucides simples).

## Des mesures inefficaces

> Depuis plus de vingt ans, une réduction de l'apport lipidique dans l'alimentation est préconisée pour lutter contre la prise de poids. Cependant, aux États-Unis, la réduction effective de l'apport alimentaire en matières grasses n'a pas permis de ralentir la progression de l'obésité et cette politique est remise en cause. Un des obstacles majeurs à l'efficacité de la réduction de l'apport lipidique est l'augmentation en contrepartie de la prise de glucides qui sont, dans l'alimentation occidentale actuelle, constitués majoritairement d'aliments à charge et à IG élevés (3/ JC Brand Miller et coll).

## 2.2.2 Comment favoriser la satiété ?

### Des aliments à index glycémique faible à modéré

> De nombreux travaux ont montré que les aliments à IG faible à modéré étaient plus satiétogènes que les aliments à IG élevé. Il peut sembler paradoxal qu'une alimentation entraînant une réponse glycémique plus faible soit plus satiétogène qu'une portion alimentaire responsable d'une glycémie plus élevée. En fait, dans la première phase suivant l'absorption alimentaire (soixante minutes), la satiété est effectivement corrélée positivement à la glycémie (4/ G Harvey Anderson et coll). Cependant, la digestion et l'absorption des nutriments dans l'intestin grêle étant plus lentes pour des aliments à IG faible à modéré, les récepteurs gastro-intestinaux qui transmettent le signal de nutrition sont stimulés plus longtemps. Il en résulte un feed-back prolongé des centres de la satiété cérébraux via des signaux comme la cholecystokinine et le *glucagon like peptide 1* (GLP1) (5/ PM Hellstrom et coll). De plus, en période post-prandiale, les aliments à IG élevé entraînent une hyperglycémie suivie d'une sécrétion accrue d'insuline à l'origine d'une chute réactionnelle de la glycémie, qui peut expliquer la réapparition de la faim trois à cinq heures après le repas (6/ LA Campfield et coll).

> Ces considérations physiopathologiques sont étayées par un ensemble d'études expérimentales animales et humaines.

Plus l'IG du repas est bas et plus la prise alimentaire spontanée suivant ce repas est faible ou retardée dans le temps. Cela a été mis en évidence chez des pré-adolescents de poids normaux (8/ JM Warren et coll), chez des adolescents obèses (10/ SD Ball et coll) mais aussi chez des adultes diabétiques de type 2 (9/ A Jimenez-Cruz et coll). De même, il a été montré chez l'adolescent obèse que la seule augmentation de l'IG du petit-déjeuner et/ou du déjeuner augmentait l'apport alimentaire spontané au cours des cinq heures suivant le repas (7/ DS Ludwig et coll). Dans cette étude, les prises alimentaires après un repas à IG élevé augmentaient de 81 % et de 53 % comparativement à des repas à IG respectivement faible et modéré.

Deux études interventionnelles ont retrouvé une tendance à la diminution pondérale et à la réduction de la masse grasse après cinq à dix semaines d'une alimentation à faible IG (11/ C Bouché et coll) (12/ B Sloth et coll).

### Des fibres alimentaires

> Il est bien connu que les fibres alimentaires sont des facteurs de satiété et de régulation pondérale. Il a notamment été montré qu'une alimentation spontanée pauvre en fibres et riche en graisses était associée aux plus importantes surcharges pondérales aux États Unis (13/ NC Howarth et coll) et en Europe (14/ M Schulz). Par ailleurs, après prise en compte de l'apport en graisses, la teneur en fibres

de l'alimentation reste inversement associée à l'indice de masse corporelle (IMC) suggérant que le bénéfice des fibres alimentaires est important pour le maintien du poids (15/ JL Slavin). Enfin, il semble exister un effet additif des régimes riches en fibres sur l'évolution pondérale après réduction de l'apport alimentaire en graisses (moins 3,4 kg contre moins 1 kg après six mois) (16/ M Yao et Robert SB). La plupart des études indiquent qu'une augmentation de la consommation de fibres solubles ou insolubles, à apport calorique constant, permet une meilleure satiété postprandiale (13/ NC Howarth).

## 2.2.3 Pain et contrôle du poids

### Atouts physiologiques du pain

#### > Un effet satiétogène

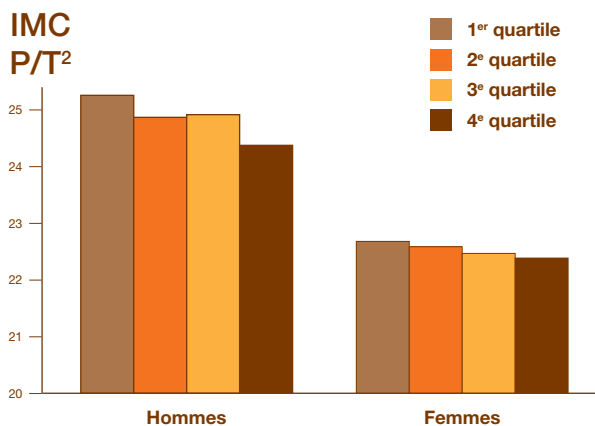
Grâce son pouvoir hyperglycémiant modéré et son contenu en fibres, les pains, et en particulier la baguette de tradition française dont l'IG est modéré (cf. p. 29), permettent la réduction de la sensation de faim et sont des agents facilitant le maintien de la satiété. Ces effets sont liés à la délivrance progressive du glucose par le tube digestif, modifiant l'activité des neurones glucosensibles hypothalamiques (cf. p. 32).

#### > Une faible densité énergétique

Les glucides complexes et le pain permettent par ailleurs d'augmenter le volume alimentaire avec une augmentation minimale de l'apport calorique assurant ainsi une réduction de la densité calorique de l'alimentation. Rappelons que le pain est quasiment dépourvu de lipides (cf. Première partie p. 11). Il ne fait donc pas partie des aliments ayant une haute densité calorique, c'est-à-dire des aliments apportant beaucoup de calories sous un faible volume.

#### > SU.VI.MAX

Les résultats de l'étude SU.VI.MAX confortent ces données physiologiques et montrent clairement que le pain ne fait pas grossir. Ce sont en effet les plus forts consommateurs de pain, toutes variétés confondues<sup>1</sup>, qui ont l'IMC le plus bas !



1. 4<sup>e</sup> quartile de l'échantillon : >174 g/j pour les hommes et >110 g/j pour les femmes

> **Études cas-témoins**

Des études cas-témoins ont par ailleurs montré que les sujets obèses avaient une alimentation plus riche en lipides et plus faible en glucides que les sujets témoins.

> **Études d'intervention**

Des études d'intervention *ad libitum* ont montré que le maintien d'une alimentation hyperglucidique (riche en glucides complexes) quel que soit le niveau calorique ingéré s'accompagne d'une réduction importante de l'adiposité. Ces résultats n'expliqueraient pas une amélioration de la compliance diététique à long terme (associée à une bonne tolérance métabolique).

**Conclusion**

La consommation de pain par ses effets satiétogènes dus à son fort contenu en glucides complexes et à son apport en fibres permet de limiter la prise de poids. Sa faible teneur en lipides est un atout supplémentaire chez les personnes en surpoids, qui permet d'augmenter le volume alimentaire sans ajout de matière grasse.

Sa consommation ne doit pas être supprimée ou diminuée en cas de régime amaigrissant.

---

## Bibliographie

- 1/ INPES, *La santé vient en mangeant* - Programme National Nutrition Santé - Document d'accompagnement du guide alimentaire pour tous destiné aux professionnels de santé, septembre 2002.
- 2/ Haut Comité de la Santé Publique, *Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France*, Editions ENSP, juin 2000.
- 3/ JC Brand Miller et coll : « Glycemic index and obesity. » *Am J Clin Nutr* 76 (Suppl):281S-5S, 2002.
- 4/ G Harvey Anderson et coll : « Inverse association between the effect of carbohydrates on blood glucose and subsequent short-term food intake in young men. » *Am J Clin Nutr* 76 : 1023-30, 2002.
- 5/ PM Hellstrom et coll : « Peripheral and central signals in the control of eating in normal, obese and binge-eating human subjects. » *Br J Nutr* 92 Suppl : S47-57, 2004.
- 6/ LA Campfield et coll : « Blood glucose dynamics and control of meal initiation: a pattern detection and recognition theory. » *Physiol Rev* 83:25-58, 2003.
- 7/ DS Ludwig et coll : « High glycemic index foods, overeating and obesity. » *Pediatrics* 103:261-266,1999.
- 8/ JM Warren et coll : « Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. » *Pediatrics* 112:414-419, 2003.
- 9/ A Jimenez-Cruz et coll : « Low glycemic index lunch on satiety in overweight and obese people with type 2 diabetes » *Nutr Hosp* 20 : 348-50, 2005.
- 10/ SD Ball et coll : « Prolongation of satiety after low versus moderately glycemic index meals in obese adolescents. » *Pediatrics* 111:488-494, 2003.
- 11/ C Bouché et coll : « Five week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. » *Diabetes Care* 25:822-828, 2002.
- 12/ B Sloth et coll : « No difference in body weight decrease between a low-glycemic index and a high-glycemic index diet but reduced LDL cholesterol after 10-wk ad libitum intake of the low-glycemic index diet. » *Am J Clin Nutr* 80:337-47, 2004.
- 13/ NC Howarth et coll : « Dietary fiber and fat are associated with excess weight in young and middle-aged US adults. » *J Am Diet Assoc.* 105:1365-72, 2005.
- 14/ M Schulz et coll : « Identification of a food pattern characterized by high-fiber and low-fat food choices associated with low prospective weight change in the EPIC-Postdam cohort. » *J Nutr* 135 : 1183-9, 2005.
- 15/ JL Slavin : « Dietary fiber and body weight. » *Nutrition.* 21 : 411-8, 2005.
- 16/ M Yao et Roberts SB : « Dietary energy density and weight regulation. » *Nutr Rev.* 2001 Aug; 59(8 Pt 1) : 247-58.

## 2.3 Pain et diabète

---

### 2.3.1 Rappel épidémiologique

- Le diabète de type 1, insulino-dépendant, apparaît le plus souvent chez l'enfant, l'adolescent ou l'adulte jeune. Le diabète de type 1 touche environ 150 000 personnes en France.
- Le diabète de type 2, non insulino-dépendant, survient chez des sujets génétiquement prédisposés sous l'influence de facteurs d'environnement dominés essentiellement par le surpoids, lui-même lié à la sédentarité et à une alimentation hypercalorique. Le nombre de cas de diabète de type 2, est en constante augmentation, 3 % par an. On estime qu'en France le nombre de diabétiques de type 2 connu est environ de 2,2 millions de personnes auxquels s'ajoutent au moins 500 000 cas non diagnostiqués.

### 2.3.2 Diabète de type 2 : de la physiopathologie aux recommandations nutritionnelles

Contrairement au diabète de type 1, affection auto-immune qui aboutit à la destruction progressive par les lymphocytes des cellules bêta des îlots de Langerhans sécrétrices d'insuline, le diabète de type 2 s'accompagne d'une insulino-résistance s'aggravant au cours du temps avec hyperinsulinisme compensatoire et déclin progressif de la fonction bêta-cellulaire pancréatique à l'origine à terme d'une carence insulinaire. On comprend ainsi pourquoi les facteurs susceptibles d'augmenter la sensibilité à l'insuline sont privilégiés dans le diabète de type 2. De nombreuses études ont montré que les aliments à IG faible voire modéré et les fibres étaient des facteurs d'insulinosensibilité, bénéfiques en cas de diabète de type 2.

#### **Les aliments à index glycémique faible à modéré et les fibres augmentent la sensibilité à l'insuline**

- Deux essais épidémiologiques réalisés sur de grandes cohortes, la Nurses' Health Study (1/ FB Hu) et la Health Professionals' Follow-Up Study (2/ J Salmeron) ont montré une association entre la prise d'aliments à IG faible ou modéré et la réduction du risque de diabète de type 2. Une étude intervention-

nelle menée chez des personnes ayant un syndrome métabolique a montré qu'une alimentation à faible IG (pain de seigle versus pommes de terre) permettait d'améliorer l'insulino-sécrétion précoce à condition de maintenir un poids constant (3/ DE Laaksonen et coll).

> Différentes études ont également montré que les fibres alimentaires améliorent la sensibilité à l'insuline.

- Dans une étude épidémiologique réalisée chez des personnes non diabétiques, l'apport en fibres améliorait l'insulinosensibilité, l'adiposité et la réponse insulémique pancréatique (4/ AD Liese et coll).

- Expérimentalement, la fermentation colique des fibres alimentaires consommées au petit-déjeuner permet, indépendamment de l'IG, de diminuer l'hyperglycémie postprandiale du repas suivant (5/ F Brighenti et coll).

- Enfin, il semble exister un effet spécifique variable selon les fibres avec une diminution de l'insulinémie postprandiale, du GIP (glucose dependant insulinotropic polypeptide) et du peptide C après consommation de pain de seigle par rapport au pain complet (6/ KS Juntunen). L'effet bénéfique des fibres sur l'insulinorésistance semble surtout net chez les personnes ayant déjà une hyperinsulinémie (7/ TM Wolever et coll) ou un surpoids (8/ MO Weickert et coll) (9/ MA Pereira et coll).

## Les aliments à index glycémique élevé favorisent l'insulinorésistance

> Au contraire, les glucides à IG élevé favorisent l'insulinorésistance (10/ W Willett et coll.).

- Le scénario proposé est le suivant. L'hyperglycémie et l'hyperinsulinémie qui suivent un apport alimentaire à IG élevé sont à l'origine d'une utilisation énergétique préférentielle des glucides au détriment des lipides. L'oxydation des lipides est diminuée, d'où l'augmentation de la production d'acides gras libres, facteur d'insulinorésistance. De plus, les stocks glucidiques et protidiques étant limités, cette orientation métabolique stimule l'appétit et favorise la surconsommation calorique constituant un cercle vicieux (11/ JC Brand Miller). Par ailleurs, les hormones de la contre-régulation glycémique (cortisol, noradrénaline, épinéphrine) s'élèvent en raison des variations glycémiques. Ces hormones stimulent la néoglucogénèse et diminuent la sensibilité à l'insuline.

- Ces résultats ont été confirmés récemment dans une cohorte de femmes jeunes (12/ MB Schulze). Dans ce travail, la consommation d'aliments à IG élevé augmentait le risque de diabète de type 2 de 60 %. L'analyse des facteurs de risque de diabète dans ce groupe de population suggérait qu'une alimentation à base de glucides à IG élevé serait tolérée chez des personnes ayant une sensibilité à l'insuline normale mais précipiterait l'évolution vers un authentique diabète en cas d'insulinorésistance.

> Comme on pouvait s'y attendre, l'existence d'un syndrome métabolique dont un des éléments physiopathologiques fondamentaux est l'insulinorésistance, est associée à la consommation préférentielle d'aliments à IG élevé (13/ Mc Keown) (14/ K Murakami).

## De la théorie à la pratique

Cette amélioration de l'insulinosensibilité par les aliments à faible pouvoir hyperglycémique et les fibres se traduit cliniquement par un meilleur contrôle du diabète comme l'ont montré plusieurs études.

> Du côté des aliments à IG faible à modéré

- Dans une méta-analyse regroupant 14 études et 356 patients (203 ayant un diabète de type 1 et 153 ayant un diabète de type 2), il a été montré que l'utilisation préférentielle d'hydrates de carbone à faible

IG permettait un meilleur contrôle du diabète avec une réduction de 0,43 % du taux de HbA1c par rapport aux aliments à IG élevé (15/ J Brand-Miller et coll).

- Des données physiologiques précises sur le bénéfice d'un apport diététique à IG faible ou modéré ont été apportées par une étude en *cross-over* réalisée chez 12 patients ayant un diabète de type 2 (16/ SW Rizkalla et coll). L'apport alimentaire durant les deux périodes de quatre semaines ne différait ni pour l'apport calorique total ni pour la répartition des apports. En revanche, l'IG des aliments recommandés passait de moins de 45 à plus de 60 entre les deux régimes. Par rapport à la période à IG élevé, la période à faible IG permettait d'améliorer le contrôle glycémique, l'utilisation métabolique du glucose, les taux de cholestérol, de LDL cholestérol, d'Apo B et d'acides gras libres.

- De plus, l'alimentation à faible IG améliorerait les taux de PAI-1 (inhibiteur de l'activateur du plasminogène 1). Cet effet positif sur la capacité fibrinolytique est à rapprocher des résultats d'une étude observationnelle qui a montré qu'une alimentation riche en céréales complètes et à faible IG pouvait diminuer des marqueurs de l'inflammation impliqués dans l'athérosclérose comme la CRP et le TNF-R2 (tumor necrosis factor-alpha receptor 2) chez des patientes diabétiques (17/ L Qi et coll).

#### > Du côté des fibres

- De même, les fibres alimentaires sont capables d'améliorer la sensibilité à l'insuline et d'augmenter le délai d'absorption digestive des glucides alimentaires.

- Dans une étude randomisée en *cross-over*, réalisée chez des patients ayant un diabète de type 2, l'augmentation de l'apport en fibres alimentaire de 24 g/j à 50 g/j a permis au bout de six semaines d'améliorer le contrôle glycémique, de diminuer l'hyperinsulinémie et d'améliorer le profil lipidique (18/ M Chandalia et coll).

- Cependant, certaines études n'ont pu retrouver de tels résultats. Dans un essai récent ayant utilisé un apport en fibres comparable (53 g/j) chez des patients ayant un diabète de type 2, seul le profil lipidique a été amélioré sans amélioration significative du contrôle glycémique (19/ A Jimenez-Cruz et coll).

## 2.3.3 Place des glucides complexes et du pain dans l'alimentation des diabétiques

### Généralités

> L'alimentation reste un des éléments majeurs du traitement du diabète, insulinodépendant ou non. Il est maintenant unanimement reconnu que les glucides doivent constituer une part importante de l'alimentation des sujets diabétiques : environ la moitié de la ration calorique quotidienne.

> L'apport alimentaire en glucides est un déterminant majeur des variations glycémiques postprandiales. Il est donc souhaitable de bien contrôler cet apport en glucides, de choisir des glucides peu hyperglycémisants et de les associer à d'autres nutriments capables de ralentir leur absorption.

> Les apports glucidiques chez le diabétique doivent se faire essentiellement sous forme d'aliments amylicés (pain, pâtes, riz et autres féculents) et dans une moindre mesure de fruits et de lait. Des féculents à chaque repas en plat principal et/ou sous forme de pain sont préconisés.

## Pain et diabète

Quelques études sont spécifiquement consacrées au pain dans l'alimentation du patient diabétique.

- > Chez des femmes intolérantes au glucose, ayant un antécédent de diabète gestationnel, la consommation d'un pain à faible IG enrichi en fibres a permis après trois semaines de diminuer la réponse insulinique évaluée par clamp euglycémique hyperinsulinémique par rapport à un pain suédois « classique » (20/ EM Ostman et coll).
- > Cependant, les résultats ne sont pas univoques. Dans une étude randomisée ayant duré trois mois, l'apport de pain et de céréales enrichis en son de blé n'a pas permis d'améliorer le profil métabolique de patients ayant un diabète de type 2 (21/ DJ Jenkins et coll).
- > Enfin, concernant l'IG des pains chez le diabétique, citons les résultats dans la seconde partie de l'étude de Rizkalla et coll. (Alfediam) qui réhabilite cet aliment avec, pour la baguette de tradition française, un IG de 69 chez les sujets diabétiques (22/ Rizkalla).

### Conclusion

Les glucides complexes doivent représenter chez le diabétique environ la moitié de la ration calorique journalière. Le pain a donc toute sa place dans l'alimentation des patients diabétiques

---

## Bibliographie

- 1/ FB Hu et coll : « Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. » *N Engl J Med* 345:790-7, 2001.
- 2/ J Salmeron et coll : « Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. » *Diabetes Care* 20: 545-50, 1997.
- 3/ DE Laaksonen et coll : « Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolic syndrome ». *Am J Clin Nutr* 82:1218-27, 2005.
- 4/ AD Liese et coll : « Dietary glycemic index and glycemic load, carbohydrate and fiber intake, and measures of insulin sensitivity, secretion, and adiposity in the insulin resistance atherosclerosis study. » *Diabetes Care* 28:2832-2838, 2005.
- 5/ F Brighenti et coll : « Colonic fermentation of indigestible carbohydrates contributes to the second-meal effect. » *Am J Clin Nutr* 83:817-22, 2006.
- 6/ KS Juntunen et coll : « Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread. » *Am J Clin Nutr* 78:957-64, 2003.
- 7/ TM Wolever et coll : « High-fiber cereal reduces postprandial insulin responses in hyperinsulinemic but not normoinsulinemic subjects ». *Diabetes Care* 27:1281-5, 2004.
- 8/ MO Weickert et coll : « Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. » *Diabetes Care* 29:775-780, 2006.
- 9/ MA Pereira et coll : « Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. » *Am J Clin Nutr* 75:848-55, 2002.
- 10/ W Willett et coll : « Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. » *Am J Clin Nutr* 76 (suppl):274S-80S, 2002.
- 11/ JC Brand Miller et coll : « Glycemic index and obesity. » *Am J Clin Nutr* 76 (Suppl):281S-5S, 2002.
- 12/ MB Schulze et coll : « Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. » *Am J Clin Nutr* 80:348-56, 2004.
- 13/ NM Mc Keown et coll : « Carbohydrate nutrition, insulin resistance, and the prevalence of the metabolic syndrome in the Framingham Offspring Cohort. » *Diabetes Care* 27:613-4, 2004.
- 14/ K Murakami et coll : « Dietary glycemic index and load in relation to metabolic risk factors in Japanese female farmers with traditional dietary habits ». *Am J Clin Nutr* 83:1161-9, 2006.
- 15/ J Brand-Miller et coll : « Low-glycemic index diets in the management of diabetes : a meta-analysis of randomized controlled trials. » *Diabetes Care* 26:2261-2267, 2003.
- 16/ SW Rizkalla et coll : « Improved plasma glucose control, whole-body glucose utilization, and lipid profile on a low-glycemic index diet in type 2 diabetic men : a randomized controlled trial. » *Diabetes Care* 27:1866-1872, 2004.
- 17/ L Qi et coll : « Whole-grain, bran and cereal fiber intakes and markers of systemic inflammation in diabetic women. » *Diabetes Care* 29:207-11, 2006.
- 18/ M Chandalia et coll : « Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. » *N Engl J Med* 342: 1392-8, 2000.3.
- 19/ A Jimenez-Cruz et coll : « A high-fiber, moderate-glycemic index, Mexican style diet improves dyslipidemia in individuals with type 2 diabetes. » *Nutr Res* 24:19-27, 2004.
- 20/ EM Ostman et coll : « A dietary exchange of common bread for tailored bread of low glycaemic index and rich in dietary fibre improved insulin economy in young women with impaired glucose tolerance. » *Eur J Clin Nutr* 60: 334-41, 2006.
- 21 / DJ Jenkins et coll : « Effect of wheat bran on glycemic control and risk factors for cardiovascular disease in type 2 diabetes. » *Diabetes Care* 25:1652-3, 2002.
- 22/ Rizkalla SW, Bruzzo F, Boillot J, Slama G pour la collective du pain, *Détermination de l'index glycémique et insulinémique de pains français chez l'homme sain et diabétique*, 2004. European Journal of Clinical Nutrition (advance online publication), août 2006.

# 2.4 Pain et prévention cardio-vasculaire

---

## 2.4.1 Facteurs de risque cardio-vasculaire

➤ Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité en France, à l'origine de près de 176 000 décès chaque année (30 % des décès). Les cardiopathies ischémiques représentent 45 000 décès et les maladies vasculaires cérébrales 42 000 décès.

➤ Une étude internationale cas-témoins récente, l'étude Interheart (1/ Yusuf et coll.), menée sur 29 000 sujets à travers le monde entier, a montré que neuf facteurs de risque ou de protection cardio-vasculaires expliquaient 90 % des infarctus du myocarde, quelle que soit la région du monde. Ces neuf facteurs de risque ou de protection sont les suivants : augmentation du LDL-cholestérol, tabagisme, diabète, hypertension artérielle, obésité abdominale, stress et/ou dépression, exercice physique, consommation de fruits et légumes et consommation régulière et modérée d'alcool.

➤ Ainsi, trois des principaux facteurs de risque cardio-vasculaire peuvent être combattus par un régime alimentaire adapté : le poids et l'obésité abdominale, l'hypertension artérielle et le taux de cholestérol. De plus, un régime alimentaire qui encourage la consommation de fruits et de légumes représente un facteur de protection vis-à-vis du risque cardio-vasculaire .

## 2.4.2 De nouvelles causes identifiées

Au cours de ces dernières années, d'autres facteurs de risques cardio-vasculaires en rapport avec l'alimentation ont fait l'objet de recherches et d'études publiées dans la littérature internationale.

### **Les aliments à index glycémique élevé**

➤ L'impact délétère des aliments à IG élevé est désormais également reconnu. Les données épidémiologiques, et en particulier la Nurses' Health Study, ont montré que la consommation d'aliments à index et charge glycémiques élevés augmentait le risque de pathologie coronarienne, indépendamment des facteurs de risques coronariens connus, par rapport aux

aliments à charge et IG faibles (2/ S Liu). Bien entendu, le lien entre l'IG et les pathologies cardio-vasculaires doit tenir compte de l'effet modulateur de la sensibilité à l'insuline. Enfin, d'autres facteurs tels que la disponibilité en chrome pourraient expliquer le lien entre IG et risque cardio-vasculaire (3/ Leeds).

> Les études interventionnelles qui permettraient d'apporter la preuve de l'efficacité d'une diminution de l'IG sur la réduction des événements cardio-vasculaires sont difficiles à mener du fait de leur durée. La plupart des études randomisées ont évalué l'efficacité d'un régime riche en aliments à faible IG sur les facteurs de risques cardio-vasculaires reconnus. Les résultats d'une méta-analyse réalisée en 2004 montraient un faible niveau de preuve (4/ Cochrane 2004).

## Les acides gras trans

> Les acides gras trans sont retrouvés notamment dans certains produits de panification industrielle pain de mie ou pains pour sandwichs et viennoiseries (cf. Première partie p.15). Or, plusieurs études épidémiologiques récentes ont désormais prouvé que ces acides gras consommés en excès (>5 g par jour) augmentent la morbidité coronarienne (5/ Stender et coll.), élèvent le LDL-cholestérol, réduisent le HDL cholestérol et favorisent l'agrégation plaquettaire (6/ Afssa).

## 2.4.3 Des solutions pratiques

> On comprend facilement l'intérêt sur le plan cardio-vasculaire des régimes permettant aux sujets ayant des troubles du métabolisme (intolérance au glucose ou syndrome métabolique) de perdre du poids. Il en est de même pour les régimes diminuant les apports en acides gras saturés et les régimes de type méditerranéen (consommation journalière de fromage et yaourt, huile d'olive, fruits, légumes et féculents dont le pain, 7/ FB Hu et coll). Dans ce contexte, la consommation quotidienne de pain peut favoriser non seulement la régulation du poids mais permet aussi de rééquilibrer l'alimentation en diminuant l'apport de lipides riches en acides gras saturés, au profit des glucides complexes (8/ Hercberg). L'effet bénéfique du pain est également lié à son IG favorable.

> De nombreuses études ont été menées sur la consommation de produits à base de céréales complètes et leur effet protecteur sur le risque cardio-vasculaire. Il y a plus de trente ans que Trowell a fait le premier l'hypothèse d'un effet bénéfique des céréales complètes sur l'atteinte coronarienne (9/ Trowell).

- Parmi les études épidémiologiques, la Nurses' Health Study (10/ S Liu) a mis en évidence une réduction du risque cardio-vasculaire de plus de 30 % pour les femmes consommant plus de 2,5 portions quotidiennes de produits apportant des céréales entières par rapport à celles qui n'en consommaient pas (les portions sont définies comme la part alimentaire habituelle, par exemple une tranche de pain complet).

- La Health Professionals Follow-Up Study (11/ Jensen) démontre que le risque cardio-vasculaire est réduit de 15 % chez l'homme pour un apport de 25 g de céréales entières par jour.

- Des effets bénéfiques sur la progression des lésions athéromateuses (12/ Erkkila), et sur l'incidence des pathologies cardio-vasculaires liées à l'athérome, atteinte coronarienne le plus souvent (13/ Pereira) mais également accidents vasculaires cérébraux (14/ Oh) sont montrés.

- Dans l'étude SU.VI.MAX, les plus grands consommateurs de fibres (qui provenaient majoritairement des céréales) étaient aussi ceux qui avaient l'IMC, la pression artérielle, la glycémie et le taux de triglycérides les plus bas (15/ D Lairon).

> Cependant, ces études observationnelles ne peuvent éviter certains biais. Il a notamment été suggéré que ce sont peut-être les mêmes patients qui adoptent un mode de vie plus sain et qui choisissent de consommer des fibres et des céréales complètes (16/ Liu).

## Conclusion

L'effet bénéfique en prévention du risque cardio-vasculaire d'un IMC < 25, d'une consommation limitée d'acides gras saturés et d'aliments à IG élevé, et d'un régime de type méditerranéen a été montré dans de nombreuses études.

Si les bienfaits des céréales complètes et des fibres issues de céréales sur le risque cardio-vasculaire sont reconnus, ils doivent être confirmés par des études interventionnelles contrôlées.

## Bibliographie

- 1/ Yusuf S et coll. Interheart study investigators. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the Interheart study) : case control study. *Lancet* 2004 ; 364 : 937-52.
- 2/ S Liu : « A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. » *Am J Clin Nutr* 71:1455-61, 2000.
- 3/ AR Leeds : « Glycemic index and heart disease. » *Am J Clin Nutr* 76 (suppl):286S-9S,2002
- 4/ Cochrane 2004.
- 5/ Stender S et Dyerberg Influence of trans fatty acids on health. *J. Ann Nutr Metab.* 2004;48(2):61-6. Epub.
- 6/ Afssa, *Acides gras de la famille oméga 3 et système cardio-vasculaire*, juin 2003.
- 7/ FB Hu et coll : « Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. » *N Engl J Med* 345:790-7, 2001.
- 8/ Herberg S, Preziosi P, Briancon S, Galan P, Triol I, Malvy D, Rousset A-M, Favier A. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study-design, methods, and participant characteristics. *Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants*.
- 9/ H Trowell : « Ischemic heart disease and dietary fiber. » *Am J Clin Nutr* 25:926-32, 1972.
- 10/ S Liu et coll : « Whole grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health Study ». *Am J Clin Nutr* 70:412-9, 1999.
- 11/ MK Jensen et coll : « Intakes of whole grains, bran, and germ and the risk of coronary heart disease in men. » *Am J Clin Nutr* 80:1492-9, 2004.
- 12/ AT Erkkila et coll : « Cereal fiber and whole grain intake are associated with reduced progression of coronary artery atherosclerosis in postmenopausal women with coronary artery disease. » *Am Heart J* 150 : 94-101, 2005.
- 13/ MA Pereira et coll : « Dietary fiber and risk of coronary heart disease : a pooled analysis of cohort studies. » *Arch Intern Med* 164 : 370-76, 2004.
- 14/ K Oh et coll : « Carbohydrate intake, glycemic index, glycemic load, and dietary fiber in relation to risk of stroke in women. » *Am J Epidemiol* 161: 161-9, 2005.
- 15/ D Lairon : « Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults ». *Am J Clin Nutr.* 2005 Dec;82(6):1185-94.
- 16/ S Liu et coll : « A prospective study of dietary intake and risk of cardiovascular disease among women. » *J Am Coll Cardiol* 39:49-56, 2002.

# 2.5 Pain et dyslipidémies

---

## 2.5.1 LDL-C, un facteur de risque majeur

> Une dyslipidémie est une modification quantitative ou qualitative d'un ou de plusieurs paramètres des lipides sériques. Les dyslipidémies athérogènes correspondent à une ou plusieurs des anomalies suivantes : hypercholestérolémie, augmentation du LDL-cholestérol, hypertriglycéridémie, diminution du HDL-cholestérol.

> L'augmentation du LDL-cholestérol total est fortement corrélée à l'augmentation du cholestérol total et à l'élévation du risque de maladie coronaire. L'élévation du LDL-cholestérol est un des facteurs de risque de maladie coronaire les plus importants avec le tabac.

- Le risque de coronaropathie est multiplié par 2 lorsque le cholestérol passe de 2 à 2,5 g/l et par 3 entre 2,5 et 3 g/l. On estime ainsi qu'une augmentation du LDL-cholestérol de 10 % augmente le risque coronaire de 20 %.

- Les bénéfices cliniques de la réduction du taux de LDL-cholestérol sont largement démontrés. En prévention primaire et secondaire, une baisse de 25 à 35 % du LDL-cholestérol est associée à une réduction du risque coronarien de 25 à 35 %. Pour tous les spécialistes, la base de la prise en charge des dyslipidémies en prévention primaire ou secondaire est le traitement diététique.

> L'élévation des triglycérides est aussi associée à une augmentation de la maladie coronaire mais dans une moindre mesure que celle observée pour le LDL-cholestérol. Les bénéfices cliniques d'une réduction du taux de triglycérides sont en revanche moins convaincants.

## 2.5.2 Une relation bien établie entre l'index glycémique, le LDL-C, le HDL-C et les triglycérides

Les données épidémiologiques sont en faveur d'une association entre la charge glycémique et l'IG d'une part, et les taux de triglycérides et de HDL-cholestérol d'autre part.

### **Chez le sujet sain**

Des études expérimentales (1/ Bouché et coll) (2/ Sloth et coll) ayant comparé deux régimes, l'un riche en aliments à IG faible à modéré, l'autre riche en aliments à IG élevé ont mis en évidence chez

des sujets sains et après des durées relativement courtes (cinq et dix semaines de suivi) une efficacité des aliments à IG plus faible sur le profil lipidique : baisse de 10 % du LDL-cholestérol dans un cas, diminution de l'élévation du taux de triglycérides postprandial dans l'autre cas, tendance à la diminution du taux de cholestérol total dans les deux études. Il faut noter que, dans ces deux études, l'amélioration du profil lipidique ne s'est pas accompagnée d'une augmentation de la sensibilité à l'insuline suggérant un mécanisme distinct.

### **Chez le jeune patient obèse**

La comparaison entre un régime proposant la consommation *ad libitum* d'aliments à charge glycémique faible à modérée et un régime hypocalorique hypolipidique classique a permis chez de jeunes patients obèses une réduction du taux de triglycérides et de l'inhibiteur de l'activateur du plasminogène démontrant une meilleure efficacité sur le profil cardio-vasculaire (3/ Ebbeling et coll).

### **Chez le diabétique de type 2**

En cas de diabète de type 2 et dans toutes les situations où il existe une insulino-résistance, l'utilisation d'aliments à IG faible à modéré qui s'accompagne d'une amélioration de la sensibilité à l'insuline est associée à une amélioration du profil lipidique. Cet effet bénéfique est attribué à l'effet modulateur de l'insuline sur la lipoprotéine lipase et sur la synthèse hépatique et digestive des lipoprotéines. Chez des patients obèses ayant une insulino-résistance les aliments à faible IG permettent une réduction de l'accumulation post-prandiale hépatique et intestinale des lipoprotéines riches en triglycérides avec en parallèle une réduction de l'hyperglycémie et de l'hyperinsulinémie postprandiales (4/ Harbis et coll).

### **Chez la femme ménopausée**

Une des études les plus citées réalisée chez des femmes ménopausées a montré que le taux de triglycérides était significativement plus bas et le HDL plus élevé lorsque la charge et l'IG étaient faibles ou modérés avec une relation d'autant plus forte que l'IMC était élevé, suggérant une implication de l'insulino-résistance dans cette association (5/ S Liu et coll).

## 2.5.3 Effets hypolipémiants des fibres

► L'effet des produits céréaliers sur le profil lipidique passe également par l'apport en fibres alimentaires. Les fibres alimentaires permettent d'accroître l'élimination intestinale des acides biliaires, d'où une augmentation de l'utilisation hépatique du cholestérol.

- L'effet hypolipémiant des fibres céréalières a été plus particulièrement mis en évidence pour les fibres solubles de l'avoine et pour les fibres du seigle qui contiennent majoritairement de l'arabinoxylane (60 %).

- Par rapport au blé tendre, l'avoine permet de diminuer la concentration en particules LDL petites et denses, qui sont particulièrement athérogènes, et de diminuer le nombre de particules LDL, sans modification du taux de triglycérides ni du taux de HDL-cholestérol (6/ BM Davy et coll).

- Dans une approche plus pragmatique, une étude de quatre semaines a montré l'effet bénéfique d'un seul repas, en l'occurrence le petit-déjeuner, apportant une alimentation à faible IG constituée de pain complet et de muesli avec 3 g de fibres solubles sous forme de  $\beta$ -glucane d'avoine, sur le taux de cholestérol et d'Apo B de patients ayant un diabète de type 2 (7/ Kabir et coll).

- Il semble actuellement admis que le son de blé n'a pas d'effet hypocholestérolémiant mais peut réduire les concentrations de triglycérides alors que la consommation de céréales complètes par l'augmentation de l'apport en fibres solubles permet de diminuer modestement mais significativement les taux de cholestérol (8/ Anderson) (9/ Anderson).

### **Conclusion**

L'effet du pain sur le profil lipidique n'a que rarement été étudié directement.

Le rôle bénéfique éventuel du pain sur les dyslipidémies serait dû à son pouvoir hyperglycémiant modéré, son contenu en fibres et sa pauvreté naturelle en lipides.

L'effet favorable du pain sur les dyslipidémies serait d'autant plus net que l'apport en fibres est important.

### **Bibliographie**

- 1/ C Bouché et coll : « Five week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. » *Diabetes Care* 25:822-828, 2002.
- 2/ B Sloth et coll : « No difference in body weight decrease between a low-glycemic-index and a high-glycemic-index diet but reduced LDL cholesterol after 10-wk ad libitum intake of the low-glycemic diet. » *Am J Clin Nutr* 80:337-47, 2004.
- 3/ CB Ebbeling et coll : « Effects of an ad libitum low-glycemic load diet on cardiovascular disease risk factors in obese young adults. » *Am J Clin Nutr* 81: 949-50, 2005.
- 4/ A Harbis et coll : « Glycemic and insulinemic meal responses modulate postprandial hepatic and intestinal lipoprotein accumulation in obese, insulin-resistant subjects. » *Am J Clin Nutr* 80:896-902, 2004.
- 5/ S Liu et coll : « Dietary glycemic load assessed by food-frequency questionnaire in relation to plasma high-density-lipoprotein cholesterol and fasting plasma triacylglycerols in postmenopausal women. » *Am J Clin Nutr*. 2001 Mar;73(3):560-6.
- 6/ BM Davy et coll : « High-fiber oat cereal compared with wheat cereal consumption favorably alters LDL-cholesterol subclass and particle numbers in middle-aged and older men. » *Am J Clin Nutr* 76:351-8, 2002.
- 7/ M Kabir et coll : « Four-week low-glycemic index breakfast with a modest amount of soluble fibers in type 2 diabetic men. » *Metabolism* 51: 819-26, 2002.
- 8/ JW Anderson et coll : « Whole grains and protection against coronary heart disease: what are the active components and mechanisms ? » *Am J Clin Nutr* 70:307-8, 1999.
- 9/ JW Anderson : « Whole grains and coronary heart disease : the whole kernel of truth. » *Am J Clin Nutr* 80:1459-60, 2004.

# 2.6 Pain et fonctions cognitives

---

Les besoins énergétiques du cerveau sont presque exclusivement assurés par la dégradation aérobie du glucose. Bien que représentant seulement 2 % du poids du corps, le cerveau utilise environ 20 % de l'énergie totale au repos. Le stockage énergétique cérébral est extrêmement pauvre et ne permet qu'une autonomie de dix minutes.

## 2.6.1 Chez l'adulte sain

► Les performances cérébrales sont moins bonnes en situation de jeûne. Ainsi, la comparaison des capacités de mémorisation après une nuit de jeûne suivie ou non d'un petit-déjeuner a montré chez l'adulte sain que la mémoire s'améliorait après un petit-déjeuner (1/ D Benton). La mémorisation était corrélée à la glycémie. Cependant, une boisson sucrée ne permettait pas d'aussi bonnes performances qu'un petit-déjeuner apportant la même quantité d'hydrates de carbone sous forme de toasts, de céréales et de lait.

## 2.6.2 Chez la personne âgée

► De même, dans l'étude de Kaplan et coll., réalisée chez des personnes âgées, les performances cognitives s'amélioraient après consommation de 50 g de glucides sous la forme d'une boisson sucrée, de pommes de terre (IG élevé) ou d'orge (IG faible), avec un bénéfice plus important pour les aliments à IG faible (2 / RJ Kaplan). On notait aussi dans cette étude qu'en cas de glycémie fluctuante et mal régulée, la mémoire verbale et les performances visiomotrices étaient amoindries. Il y a donc probablement d'autres facteurs impliqués dans l'amélioration des performances cognitives que la simple glycémie après la prise du petit-déjeuner liés aux interactions foie-cerveau et intestin-cerveau ; il pourrait s'agir de la synthèse d'acétyl-choline, de la cholecystokinine, peut-être même de l'insulinémie, contrairement à la notion classique de l'absence d'action de l'insuline sur le cerveau.

## 2.6.3 Chez l'enfant

► Cet effet favorable des glucides sur le fonctionnement cognitif a été étudié chez des enfants scolarisés. - Le constat d'une nette amélioration des performances cognitives et du fonctionnement psychosocial a été noté chez les enfants qui prenaient un petit-déjeuner par rapport à ceux qui restaient à jeun toute la matinée (3/ JM Murphy) (4/ S Grantham-McGregor).

- L'étude de la composition du petit-déjeuner a montré que pour les enfants âgés de 6-8 ans, comme pour les pré-adolescents de 9 à 11 ans, la consommation d'un petit-déjeuner à IG faible à base d'avoine permettait de meilleures performances cognitives qu'un petit-déjeuner à base de céréales instantanées à IG élevé (5/ CR Mahoney).
- Exemple démonstratif, il a été constaté dans les écoles d'apprentissage que les quatre cinquièmes des admissions consécutives à des blessures se situaient entre onze heures et midi et que les enfants étaient en hypoglycémie (analyse de sang) lors des accidents (6/ Bourre JM).

## 2.6.4 Chez le diabétique de type 2

- > En cas de diabète de type 2, il a également été constaté de meilleures performances cognitives après un repas à IG faible par rapport à un repas à IG élevé. Cet effet était corrélé à l'importance de la glycémie postprandiale avec des performances d'autant moins bonnes que la glycémie était élevée sans qu'on puisse apporter une réponse physiopathologique précise à cette constatation (7/ Y Papanikolaou).

### Conclusion

Les études de la littérature internationale, bien que peu nombreuses, mettent clairement en évidence l'impact bénéfique de la prise d'aliments céréaliers à IG faible à modéré sur les capacités cognitives.

Le pain étant un aliment de base du petit-déjeuner, la baguette de tradition française, à index glycémique modéré, peut être conseillée pour optimiser les performances cognitives de la matinée.

### Bibliographie

- 1/ D Benton et coll : « Breakfast, blood glucose, and cognition. » *Am J Clin Nutr* 67(suppl): 772S-8S, 1998.
- 2/ RJ Kaplan : « Cognitive performance is associated with glucose regulation in healthy elderly persons and can be enhanced with glucose and dietary carbohydrates. » *Am J Clin Nutr* 72:825-36, 2000.
- 3/ JM Murphy et coll : « The relationship of school breakfast to psychosocial and academic functioning:cross-sectional and longitudinal observations in an inner-city school sample. » *Arch Pediatr Adolesc Med* 152:899-907, 1998.
- 4/ S Grantham-McGregor : « Can the provision of breakfast benefit school performance ? » *Food Nutr Bull* 26(Suppl): S144-58, 2005.
- 5/ CR Mahoney et coll : « Effect of breakfast composition on cognitive processes in elementary school children. » *Physiol Behav* 85:635-45, 2005.
- 6/ Bourre Jean-Marie *Diététique du cerveau*, 2006.
- 7/ Y Papanikolaou et coll : « Better cognitive performance following a low-glycaemic-index compared with a high-glycaemic-index carbohydrate meal in adults with type 2 diabetes. » *Diabetologia* 49:855-62, 2006.

# 2.7 Pain et fonctionnement digestif

## 2.7.1 Pain et constipation

### Définition et épidémiologie

> En médecine générale, la constipation est un motif très fréquent de consultation de l'adulte et plus rarement de l'enfant. Sa prévalence est estimée à 35 %, les femmes étant deux fois plus concernées que les hommes. On admet qu'une personne est constipée lorsqu'elle a moins de trois selles par semaine. La constipation de l'adulte est en général idiopathique, elle est parfois associée à des troubles fonctionnels intestinaux.

### Impact d'une supplémentation en fibres

> Dans la majorité des cas, la constipation peut être améliorée en augmentant la consommation de fibres alimentaires solubles et insolubles (1/ Loening-Baucke) (2/ DR Thomas).

- Il a été montré qu'une supplémentation en fibres alimentaires chez les personnes âgées permet de raccourcir la durée du transit intestinal (5/ LJ Cheskin).

- L'efficacité d'une augmentation de l'apport en fibres alimentaires d'origine céréalière sur la durée du transit intestinal et sur le poids des selles a été démontrée dans des essais randomisés en double aveugle pour une dose de 20 g/j de son de blé (6/ D Badiali) (7/ J McRorie).

> L'effet d'un apport en fibres sur la symptomatologie liée à la constipation n'est toutefois pas retrouvé de façon constante. Ainsi, dans une étude randomisée contre placebo, l'apport de 20 g de son de blé n'a pas permis d'améliorer la survenue et la sévérité des symptômes liés à la constipation malgré la fréquence des selles et la durée du transit (6/ D Badiali). Dans une autre étude, l'apport de 20 puis de 40 g de fibres de son de blé n'a pas modifié la viscosité des selles ni les symptômes gastro-intestinaux subjectifs rapportés par les patients (7/ McRorie).

> Il existe cependant un paradoxe : chez les personnes souffrant de constipation, l'apport quotidien spontané en fibres alimentaires n'est pas systématiquement inférieur aux taux recommandés. Ainsi dans une étude réalisée auprès de 38 enfants ayant une constipation chronique, seuls 18 % avaient un apport de fibres inférieur aux recommandations de l'American Health Foundation, et chez ces patients, la durée du transit intestinal et la fréquence des selles n'étaient pas corrélés significativement

à l'apport en fibres (3/ EV Guimaraes). De même, chez la personne âgée, le risque de constipation chronique semble plus lié à la ration calorique et au faible apport hydrique qu'à l'apport en fibres (4/ AL Towers). Le mécanisme le plus fréquent de la constipation en gériatrie semble être la dyssynergie du plancher pelvien. L'apport en fibres ne peut bien entendu pas corriger cette anomalie.

## En pratique

- > Les fibres solubles sont présentes en quantité dans les fruits et légumes et les fibres insolubles dans le pain de son et le pain complet, dans les légumes secs et les fruits secs. En cas de constipation chronique, une augmentation de l'apport en fibres doit être conseillée systématiquement.
- L'apport journalier recommandé doit atteindre 20 à 35 g par jour. L'augmentation doit être progressive (5 g par jour chaque semaine) pour éviter d'aggraver la symptomatologie digestive, principalement les ballonnements et les gaz excessifs (2/ DR Thomas). La fermentation colique des fibres peut en effet contribuer aux troubles digestifs des patients colopathes puisqu'une partie des acides gras formés est éliminée sous forme de gaz rectaux. À noter que les fibres solubles sont les plus fermentescibles (cf. Première partie p. 15).
- Pour certains groupes de patients où la constipation est très sévère conduisant à l'utilisation systématique de laxatifs, comme les enfants ayant de lourds retards développementaux, l'augmentation de l'apport diététique en fibres devrait être systématiquement proposée (11/ PW Tse ).
- L'absence de réponse à l'augmentation de l'apport alimentaire en fibres doit conduire à réaliser des investigations complémentaires à la recherche d'un dysfonctionnement spécifique (12/ WA Voderholzer).

## 2.7.2 Pain et troubles fonctionnels intestinaux

### Définition et épidémiologie

- > La colopathie fonctionnelle ou troubles fonctionnels intestinaux (TFI) ou syndrome de l'intestin irritable est la pathologie intestinale la plus fréquente. Elle atteint 15 à 20 % de la population et concerne deux fois plus de femmes que d'hommes. Bien que fonctionnelle, cette pathologie altère fortement la qualité de vie. Son traitement est difficile puisque 50 à 60 % des patients restent symptomatiques après cinq ans de suivi médical.

### Son de blé et troubles fonctionnels intestinaux

- > La constipation chronique est fréquemment associée à des TFI à type de colon irritable. L'augmentation de l'apport en fibres alimentaires reste-t-elle indiquée dans ce contexte ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de disposer d'études comparatives contre placebo en raison de la note subjective importante des TFI.
- Dans une étude randomisée contre placebo ayant évalué l'efficacité d'un apport de 10 à 20 g/j de son de blé, les patients souffrant de troubles fonctionnels intestinaux ont rapporté des modifications du transit intestinal non corrélées aux mesures objectives aussi bien lors du régime enrichi en fibres que sous placebo (8/ G Rees).
- Dans un essai contre placebo ayant comparé l'ajout de 15 g/j de son de blé à l'alimentation habituelle chez des patients ayant un syndrome du colon irritable et chez des témoins sains, il a été noté que le son accélérât le transit de l'intestin grêle et la clairance du colon ascendant sans causer d'effets indésirables chez les témoins.

- Chez des patients ayant un syndrome du colon irritable et souffrant de ballonnements, l'ajout de son n'a pas provoqué d'accélération du transit. En revanche, l'apport de son a aggravé la symptomatologie douloureuse et les ballonnements (9/ JM Hebden).
- L'utilisation conjointe de pain de seigle et de laitages contenant du *Lactobacillus GG* semble permettre une diminution de la symptomatologie intestinale liée à l'augmentation de l'apport en fibres (10/ SM Hongisto).

## 2.7.3 Pain et diverticulose

### Définition et épidémiologie

> La diverticulose colique est observée chez plus de 50 % des sujets de plus de 70 ans. On estime ainsi que 40 % des personnes de plus de 60 ans ont des diverticules coliques. La diverticulose est le plus souvent asymptomatique et découverte à l'occasion d'explorations du côlon, en général pour la recherche d'une tumeur ou pour des troubles fonctionnels intestinaux. Sa principale complication est la diverticulite ou sigmoïdite.

### Physiopathologie

> Les deux principaux facteurs étiologiques de la diverticulose sont un faible apport alimentaire en fibres et le vieillissement (13/ T Mimura ). La responsabilité d'une insuffisance en fibres dans la genèse de la diverticulose est une hypothèse biologiquement plausible et soutenue par des données épidémiologiques (14/ AR Hart ).

Il existe une relation inverse entre d'une part la consommation en fibres insolubles, et plus particulièrement en cellulose, et d'autre part le risque de diverticulose colique (16/ WH Aldoori).

### Fibres alimentaires et diverticulose

> C'est ainsi que les fibres alimentaires sont également recommandées dans la prise en charge de la diverticulose colique. À noter que les fibres insolubles sont généralement les mieux tolérées car moins fermentescibles. Un essai randomisé ancien a montré l'efficacité d'une supplémentation de son de blé pour diminuer la symptomatologie chez les patients souffrant de diverticulose (16/ AJM Brodribb). Depuis, aucun grand essai randomisé n'a été réalisé sur ce thème. Il existe cependant un consensus en faveur d'une alimentation enrichie en fibres alimentaires chez les patients ayant une diverticulose colique asymptomatique de découverte fortuite (17/ NH Stollman). En cas de diverticulose symptomatique, un régime riche en fibres alimentaires est conseillé afin d'espacer les crises douloureuses (18/ H Salzman).

### Conclusion

En cas de constipation chronique et de diverticulose, la consommation de pains riches en fibres céréalières est recommandée et doit être encouragée.

---

## Bibliographie

- 1/ V Loening-Baucke : « Chronic constipation in children. » *Gastroenterology* 105:1557-1564,1993.
- 2/ DR Thomas et coll : « Clinical consensus:the constipation crisis in long term care. » *Ann Long-Term Care* Suppl:3-14, 2003.
- 3/ EV Guimaraes et coll : « Dietary fiber intake, stool frequency and colonic transit time in chronic functional constipation in children. » *Braz J Med Biol Res* 34:1147-53, 2001.
- 4/ AL Towers et coll : « Constipation in the elderly:influence of dietary, psychological, and physiological factors. » *J Am Geriatr Soc* 42:701-6, 1994.
- 5/ LJ Cheskin et coll : « Mechanisms of constipation in older persons and effects of fiber compared with placebo. » *J Am Geriatr Soc* 43:666-9, 1995.
- 6/ D Badiali et coll : « Effect of wheat bran in treatment of chronic nonorganic constipation. A double blind controlled trial » *Dig Dis Sci* 40:349-56, 1995.
- 7/ J McRorie et coll : « Effects of wheat bran and Olestra on objective measures of stool and subjective reports of GI symptoms. » *Am J Gastroenterol* 95:1244-52, 2000.
- 8/ G Rees et coll : « Randomised-controlled trial of a fibre supplement on the symptoms of irritable bowel syndrome. » *J R Soc Health* 125:30-4, 2005.
- 9/ JM Hebden et coll : « Abnormalities of GI transit in bloated irritable bowel syndrome:effect of bran on transit and symptoms. » *Am J Gastroenterol* 97:2315-20, 2002.
- 10/ SM Hongisto et coll : « A combination of fibre-rich rye bread and yoghurt containing Lactobacillus GG improves bowel function in women with self-reported constipation. » *Eur J Clin Nutr* 60:319-24, 2006.
- 11/ PW Tse et coll : « Dietary fibre intake and constipation in children with severe developmental disabilities. » *J Paediatr Child Health* 36:236-9, 2000.
- 12/ WA Voderholzer et coll : « Clinical response to dietary fiber treatment of chronic constipation. » *Am J Gastroenterol* 92:95-8, 1997.
- 13/ T Mimura et coll : « Pathophysiology of diverticular disease. » *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 16:563-76, 2002.
- 14/ AR Hart et coll : « Beyond Burkitt – is diverticular disease more than just cereal fibre deficiency ? » *Postgrad Med J* 76:257-8, 2000.
- 15/ WH Aldoori et coll : « A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men. » *J Nutr* 128:714-19, 1998.
- 16/ AJM Brodribb : « Treatment of symptomatic diverticular disease with a high-fibre diet. » *Lancet* i :664-6, 1977.
- 17/ NH Stollman et coll : « Diagnosis and management of diverticular disease of the colon in adults. » *Am J Gastroenterol* 94:3110-21, 1999.
- 18/ H Salzman et coll : « Diverticular disease: Diagnosis and treatment. » *Am Fam Physician* 72: 1229-34, 2005.

# 2.8 Pain et prévention du cancer

---

## 2.8.1 Rappel épidémiologique

► Les cancers représentent en France la première cause de mortalité chez les hommes et la seconde cause de mortalité chez les femmes après les maladies cardio-vasculaires. On dénombre chaque année 150 000 décès par cancer (90 000 hommes et 60 000 femmes) et 280 000 nouveaux cas de cancer. Les localisations les plus fréquentes sont le sein, la prostate, le côlon et le poumon.

## 2.8.2 Cancer et alimentation

- On estime que 30 % des cancers sont attribuables à l'alimentation.
  - D'une manière générale, les principales règles de la prévention alimentaire des cancers sont d'application simple : consommer davantage de fruits et légumes (au moins 500 g par jour), diminuer sa consommation de viande rouge et de matières grasses, limiter sa consommation d'alcool et éviter une surcharge pondérale.
  - En outre, pratiquer régulièrement une activité physique et ne pas fumer sont également des mesures de prévention efficaces et reconnues.
  
- Le rôle délétère de l'alimentation a surtout été mis en évidence dans les cancers du côlon et du sein. Dans le cancer du sein, le surpoids et l'excès calorique sont impliqués (15/ Chang SC et coll). Dans le cancer du côlon, on sait actuellement qu'une alimentation riche en fruits et légumes et pauvres en graisses exerce un réel effet protecteur vis-à-vis de ce cancer (16/ *Meat, Fish, and Colorectal Cancer Risk*). Le rôle bénéfique du calcium reste controversé (17/ Wactawski-Wende J et coll). L'implication des fibres et des aliments à IG élevé dans le cancer colorectal a fait l'objet de nombreux débats, que nous présenterons ici car le pain, aliment au pouvoir hyperglycémiant modéré, et source de fibres, est plus particulièrement concerné.

## 2.8.3 Le rôle des fibres dans le cancer colorectal

### Arguments physiopathologiques

- Les arguments physiopathologiques en faveur d'un rôle protecteur des fibres alimentaires dans le cancer du côlon ne manquent pas.
  - L'accélération du transit intestinal (fibres insolubles surtout) permet de diminuer le temps de contact entre la muqueuse colique et des carcinogènes potentiels.
  - L'apport en fibres permet une diminution du pH du contenu colique et l'élimination de métabolites potentiellement toxiques (acides biliaires, ammoniacque, p-cresol...).
  - La fermentation colique favorisée par les fibres (fibres solubles surtout) permet la production d'acides gras à chaîne courte, en particulier le butyrate, qui aurait un effet protecteur trophique et pro-apoptotique sur les cellules épithéliales. Soulignons que les fibres issues du froment et du seigle contiennent de la cellulose, de l'arabinoxylane et des amidons résistants qui sont des substrats importants pour la production de butyrate. En revanche, les fibres de seigle sont plus riches en arabinoxylane ce qui explique une augmentation plus importante des taux de butyrate (1/ Mc Intosh) (2/ Gresten).
  - Enfin, les fibres céréalières apportent des composants protecteurs dont les lignanes. La concentration plasmatique d'entérolactone est un bon indicateur de la production colique de lignanes par fermentation microbienne via la, glucuronidase. Ce composé est augmenté en cas de consommation de pain de seigle par rapport au « *white wheat bread* » finlandais. (3/ KS Juntunen).

### Arguments épidémiologiques

- La première observation épidémiologique en faveur d'un rôle protecteur des fibres alimentaires dans le cancer du côlon provient de Burkitt en 1969 qui a noté la faible incidence du cancer colique dans des régions d'Afrique où l'alimentation était riche en fibres alimentaires.
  - De nombreuses études cas-témoins ont depuis retrouvé une association entre la consommation élevée de fibres alimentaires et une moindre incidence du cancer colique.
  - *A contrario*, plusieurs études prospectives, qui permettent d'éviter les biais liés au recueil rétrospectif de l'alimentation et à la sélection des témoins, n'ont pas retrouvé cette association. Parmi ces études, les deux principales sont la Nurses' Health Study (4/ Fuchs) conduites sur une cohorte de 76 947 femmes et la Health Professionals' Follow-Up Study (5/ Giovannucci) qui a inclus 47 279 hommes. L'évaluation diététique a été réalisée prospectivement et de façon itérative à partir de 1984. Après prise en compte de multiples facteurs dont l'âge, le poids, la taille, l'apport calorique, les antécédents familiaux de cancer colique, le tabagisme, l'alcoolisme, l'activité physique, l'apport en acide acétylsalicylique, en folates, la charge glycémique, et l'apport de viande rouge, l'association entre apport en fibres alimentaires et risque de cancer colique devenait non significative (6/ KB Michels).
  - Dans une analyse groupée de 13 cohortes prospectives, un rôle protecteur des fibres alimentaires a été retrouvé après prise en compte de l'âge, mais cette association disparaissait après ajustement sur les autres facteurs de risque alimentaires (7/ Y Park).
- Ces données contrastent avec les résultats de l'étude EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) (8/ SA Bingham).
  - Cette étude réalisée dans 10 pays européens a été conduite sur une cohorte de 519 978 personnes parmi lesquels 1 065 cas de cancers coliques ont été rapportés. Le risque de cancer colique a été analysé en fonction de la distribution de la consommation en fibres. Pour les personnes consommant en moyenne 30 g de fibres par jour, le risque de développer un cancer colique était réduit de 40 % par rapport aux personnes consommant en moyenne 18 g de fibres par jour.

- Ces résultats ont été remis en cause et le rôle d'un effet de confusion lié aux folates a été suggéré. Dans une analyse complémentaire ayant pris en compte l'apport en folates, le rôle protecteur des fibres a été confirmé (9/ SA Bingham).

> Par ailleurs, la question de l'impact de l'IG des aliments sur le risque de cancer colorectal a également été soulevée par certains auteurs pour plusieurs raisons. En premier lieu, les glucides à IG faible à modéré permettent de limiter l'hyperinsulinémie postprandiale par rapport aux aliments ayant un IG élevé (cf. Deuxième partie p. 34). Or, l'insuline et l'IGF (*insulin like growth factor*) sont des déterminants majeurs de la prolifération et de l'apoptose. Leur rôle délétère sur la prolifération des cellules épithéliales coliques a été démontré expérimentalement. Ensuite, une augmentation du risque de cancer colique a été retrouvée lors de différentes situations cliniques associées à une hyperinsulinémie.

> Ces constatations ont conduit à s'interroger sur le lien entre le risque de cancer colorectal et l'IG de l'alimentation (10/ E Giovannucci).

- Les résultats d'études prospectives récentes montrent que ce lien est faible, voire inexistant. L'analyse de deux importantes cohortes prospectives, la Nurses' Health Study et la Health Professionals' Follow-Up Study (11/ DS Michaud) n'ont pas permis de mettre en évidence un lien significatif entre le risque de cancer colique et la charge glycémique chez les femmes. Chez les hommes, le lien était faible et surtout marqué en cas d'IMC > à 25 kg/m<sup>2</sup>.

- Dans une cohorte constituée de femmes plus âgées, le risque de cancer colique était augmenté par une charge glycémique et un IG élevés uniquement chez les femmes ayant un IMC > 30 kg/m<sup>2</sup> (12/ M Mc Carl).

- Dans une autre étude, l'index et la charge glycémique ne semblaient pas influencer la survenue d'adénomes colorectaux chez la femme (13/ K Oh).

### **Conclusion**

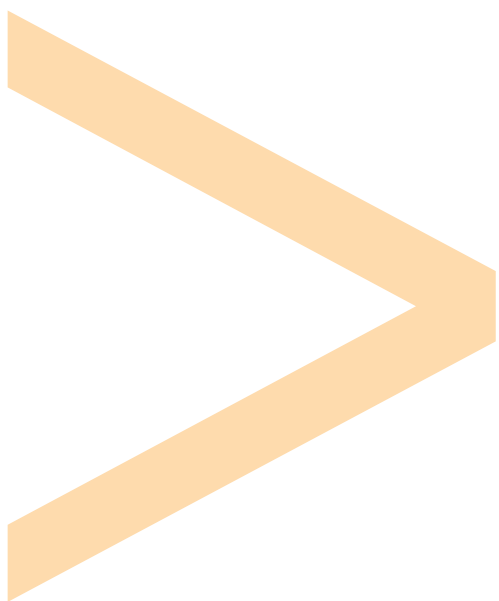
Le rôle protecteur de la consommation de produits céréaliers vis-à-vis du cancer colique repose sur de nombreux arguments physiopathologiques et s'explique par leur contenu en fibres.

Cependant, les données épidémiologiques sont parfois contradictoires et ne permettent pas actuellement de fixer des recommandations précises et définitives. On ne peut actuellement conclure sur l'impact de l'index glycémique des aliments dans le cancer colorectal.

---

## Bibliographie

- 1/ GH McIntosh et coll : « Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged men. » *Am J Clin Nutr* 77:967-74, 2003.
- 2/ SM Grasten et coll : « Rye bread improves bowel function and decreases the concentrations of some compounds that are putative colon cancer risk markers in middle-aged women and men. » *J Nutr* 130:2215-2221, 2000.
- 3/ KS Juntunen et coll : « Consumption of wholemeal rye bread increases serum concentrations and urinary excretion of enterolactone compared with consumption of white bread in healthy Finnish men and women. » *Br J Nutr* 84:839-46, 2000.
- 4/ CS Fuchs et coll : « Dietary fiber and the risk of colorectal cancer and adenoma in women. » *N Engl J Med* 340:169-76, 1999.
- 5/ E Giovannucci et coll : « Intake of fat, meat, and fiber in relation to risk of colon cancer in men. » *Cancer Res* 54:2390-7, 1994.
- 6/ KB Michels et coll : « Fiber intake and incidence of colorectal cancer among 76,947 women and 47,279 men. » *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 14:842-9, 2005.
- 7/ Y Park et coll : « Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies. » *JAMA* 294:2904-6, 2005.
- 8/ SA Bingham et coll : « European prospective investigation of cancer and nutrition. Dietary fiber in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into cancer and nutrition (EPIC): an observational study. » *Lancet* 361:1496-501, 2003.
- 9/ SA Bingham et coll : « Is the association with fiber from foods in colorectal cancer confounded by folate intake ? » *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 14:1552-6, 2005.
- 10/ E Giovannucci : « Insulin, insulin-like growth factors and colon cancer : a review of the evidence. » *J Nutr* 131 (Suppl) : 3109S-20S, 2001.
- 11/ DS Michaud et coll : « Dietary glycemic load, carbohydrate, sugar, and colorectal cancer risk in men and women. » *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 14:138-43, 2005.
- 12/ M MCKarl et coll : « Incidence of colorectal cancer in relation to glycemic index and load in a cohort of women. » *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 15:892-6, 2006.
- 13/ K Oh et coll : « Glycemic index, glycemic load, and carbohydrate intake in relation to risk of distal colorectal adenoma in women. » *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 13:1192-8, 2004.
- 14/ DP Burkitt : « Related disease: related cause ? » *Lancet* 2:1229-31, 1969.
- 15/ Chang SC et coll. : « Association of energy intake and energy balance with postmenopausal breast cancer in the prostate, lung, colorectal, and ovarian cancer screening trial » *Cancer Epidemiol Prev* 2006 ; 15 : 334-41.
- 16/ Meat, Fish, and Colorectal Cancer Risk: The European Prospective Investigation Cancer and Nutrition. *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 97, No. 12, 15 juin 2005.
- 17/ Wactawski-Wende J et coll. : « Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of colorectal cancer. » *N Engl J Med* 2006 : 354 : 684-696.



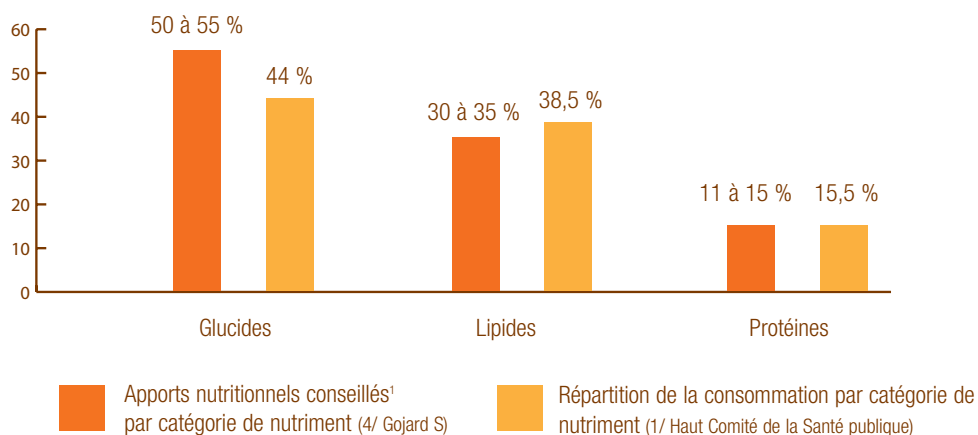
# 3/ Consommation et recommandations nutritionnelles

# 3.1 Le déséquilibre nutritionnel actuel

## 3.1.1 Les glucides délaissés au profit des lipides

> La plupart des études nutritionnelles conduites sur la population française adulte et enfant mettent en évidence d'importants déséquilibres nutritionnels (1/ Haut Comité de la Santé Publique, 2/ INCA). Ce déséquilibre alimentaire se caractérise en particulier par un apport moyen en glucides trop faible. Les glucides constituent en moyenne 44 % de l'apport énergétique total (2/ INCA) alors qu'ils devraient représenter plus de 50 %. De plus, les glucides simples sont surconsommés au détriment des glucides complexes. La diminution de la consommation de céréales et de produits à base de céréales explique en partie cette carence glucidique (1/ Haut Comité de la Santé publique). Dans l'étude SU.VI.MAX (3/ SU.VI.MAX), seules 30 % des personnes consomment du pain, des pommes de terre ou des céréales au moins 3 fois par jour (quantités recommandées). Inversement, les apports moyens en lipides, caractérisés par un excès en graisses saturées d'origine animale sont trop élevés, représentant 38 à 40 % de l'apport énergétique (INPES) alors qu'ils devraient représenter 30 à 35 %.

> **Tableau 15 : Décalage entre les ANC et la consommation en France**

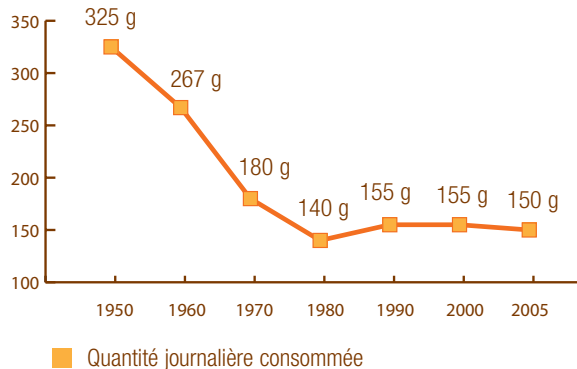


1. Les apports nutritionnels conseillés sont des recommandations de répartition de l'énergie.

## 3.1.2 Le pain réhabilité

> Les Français ont considérablement réduit leur consommation de pain dans la deuxième partie du XX<sup>e</sup> siècle. Depuis une dizaine d'années, la consommation semble s'être stabilisée (1/ Haut Comité de la Santé publique).

> **Tableau 16 : Évolution de la consommation moyenne quotidienne de pain des Français depuis 50 ans** (1/ Haut Comité de la Santé Publique)



> Cette chute de la consommation s'explique par (4/ Gojard S) :

- la plus grande disponibilité à partir des années 50 des poissons et viandes ;
- la plus grande diversité des produits offerts à la consommation (par exemple, viennoiseries, biscuits...);
- la mise en cause, dans les années 70, du pain dans la prise de poids. Certains régimes continuent, bien qu'ils soient controversés dans la communauté médicale, à supprimer le pain dans un programme de perte de poids ;
- la réduction progressive du besoin énergétique des Français.

> Les études de consommation individuelle (2/ INCA) (3/ SU.VI.MAX) retrouvent certaines caractéristiques des consommateurs de pains :

- les hommes consomment plus de pain que les femmes ;
- les adultes plus âgés consomment plus de pain que les adultes plus jeunes (mais, les seniors réduisent leur consommation au fil des années) ;
- les ouvriers et les agriculteurs consomment plus de pain que les cadres et les professions supérieures.

> Globalement, les Français ont une bonne perception nutritionnelle du pain<sup>2</sup> (5/ IFOP) :

- 88 % des personnes interrogées pensent « *qu'il est important de manger du pain pour avoir une alimentation équilibrée* » et plus de 70 % que « *le pain est plus naturel, plus sain, plus rassiant et moins gras que les céréales pour petit-déjeuner* ». Cependant, cette perception positive n'est pas suivie par un acte de consommation.

2. Enquête Ifop conduite en octobre 2005 sur un échantillon de 1 004 personnes, représentatif de la population française âgée de 15 ans et plus.

## 3.2 Consommation de pain : de la réalité aux recommandations

---

Le déséquilibre alimentaire des Français et ses conséquences sur la santé ont conduit les autorités et les professionnels de santé à émettre des recommandations qui concernent notamment les apports en glucides. Le PNNS (Programme National Nutrition Santé) préconise ainsi « *d'augmenter la consommation de glucides, afin qu'ils contribuent à plus de 50 % des apports énergétiques journaliers, en favorisant la consommation des aliments sources d'amidon* ». Dans ce contexte, le pain grâce à son intérêt nutritionnel (cf. Première partie), est appelé à jouer un rôle de premier plan.

### **Recommandations générales sur la consommation de glucides et de féculents :**

- Selon les « Apports nutritionnels conseillés à la population française » (7).
- Selon le PNNS (8).
- Selon le rapport de l'Afssa sur les glucides (9).
  
- Dès l'âge de 3 ans, les glucides devraient représenter 50 à 55 % de l'apport énergétique total.
- Une priorité est à donner aux glucides complexes ou amidons, donc aux aliments à base de céréales et autres féculents. Ces aliments, et en particulier le pain, doivent être présents à chaque repas, en quantité adaptée aux besoins énergétiques.

Dans cette partie, les recommandations « glucides complexes » sur la journée ont été calculées sur la base des apports nutritionnels conseillés (ANC) qui recommandent 50 à 55 % de glucides pour l'apport énergétique journalier. Le pourcentage 52,5 % a été retenu.

## 3.2.1 Adultes

### L'homme adulte

Les hommes, d'après INCA<sup>3</sup> et SU.VI.MAX, consomment 130 à 150 g de pain par jour, soit environ un peu plus de la moitié d'une baguette de 250 g. À peine un tiers d'entre eux consomment trois produits à base de céréales et autres féculents par jour.

#### > Tableau 17 : Consommation actuelle de pain et de glucides complexes

- Dans l'étude SU.VI.MAX, l'âge de l'homme est de 45 à 60 ans. Dans l'étude INCA, il est de 15 à 75 ans.

	Étude INCA (2)	Étude SU.VI.MAX (3)
Quantité moyenne de pain par jour	153 g de pain et biscottes	133 g
Proportion d'hommes consommant au moins 3 produits à base de céréales et autres féculents par jour	42,6 %	32 %
Proportion d'hommes pour lesquels les glucides représentent au moins 50 % de l'apport énergétique total	12,1 %	12,9 % (période 2001-2002 de l'étude)
Part des glucides complexes par rapport aux glucides totaux	nd	57%

#### > RECOMMANDATIONS

- Apport énergétique quotidien conseillé : 2 500 à 2 700 kcal (selon l'âge et pour une activité physique moyenne).
- Apport de glucides totaux conseillé par jour : 325 à 355 g (50 à 55 % de l'apport énergétique).
- Apport de glucides complexes conseillé par jour : 215 à 235 g (ces chiffres représentent les deux tiers des glucides totaux. Bien qu'il n'y ait pas de recommandation précise pour la proportion des glucides complexes, puisque ces glucides doivent être majoritaires, deux tiers paraît convenable).
- Apport de pain et autres féculents conseillé par jour : 300 g de pain (165 g de glucides et 750 kcal) et 300 g de féculents (60 g de glucides et 300 kcal) type pâtes, riz, pommes de terre, légumes secs.

#### **Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC). Les calculs ont été faits sur la base d'un apport en glucides de 52,5 % en moyenne**

- Au petit-déjeuner, 120 g de pain, soit une demi-baguette (beurrée).
- Au déjeuner, 120 g de pain sous forme d'un sandwich.
- Au dîner, 300 g de pâtes cuites à l'eau (un beau plat principal) et 60 g de pain, soit un quart de baguette ou 3 tranches fines de pain de campagne.

3. Les chiffres disponibles sont ceux de l'étude INCA. À noter que le pain et les biscottes sont comptabilisés ensemble.

## La femme adulte

Les femmes, d'après INCA et SU.VI.MAX, consomment moins de 100 g (84) de pain par jour soit moins d'une moitié de baguette de 250 g par jour. Moins d'un tiers d'entre elles consomment trois produits à base de céréales et autres féculents par jour.

### > Tableau 18 : Consommation actuelle de pain et de glucides complexes par les femmes adultes

- Résultats des études INCA et SU.VI.MAX. Dans l'étude SU.VI.MAX, l'âge des femmes est de 35 à 60 ans. Dans l'étude INCA, il est de 15 à 75 ans.

	Étude INCA (2)	Étude SU.VI.MAX (3)
Quantité moyenne de pain par jour	97 g de pain et biscottes	84 g
Proportion de femmes consommant au moins 3 produits à base de céréales et autres féculents par jour	33,4 %	29,5 %
Proportion de femmes pour lesquelles les glucides représentent au moins 50 % de l'apport énergétique total	14,1 %	15,8 % maximum (période 2001-2002 de l'étude)
Part des glucides complexes par rapport aux glucides totaux	nd	52 %

### > RECOMMANDATIONS

- Apport énergétique quotidien conseillé : 2 000 à 2 200 kcal (selon âge et pour une activité physique moyenne).
- Apport de glucides totaux conseillé par jour : 260 à 290 g (50 à 55 % de l'apport énergétique).
- Apport de glucides complexes conseillé par jour : 175 à 195 g (deux tiers des glucides totaux).
- Apport de pain et autres féculents conseillé par jour : 240 g de pain (132 g de glucides et 600 kcal), et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal) type pâtes, riz, pommes de terre, légumes secs.

#### **Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

- Au petit-déjeuner, 80 g de pain, soit un tiers de baguette (« confiturée »).
- Au déjeuner, 125 g de pommes de terre (une belle pomme de terre dans une jardinière de légumes) et 80 g de pain, soit un tiers de baguette.
- Au dîner, 125 g de lentilles (en salade) et 80 g de pain, soit un tiers de baguette.

## 3.2.2 Enfants

### Consommation actuelle de pain et de biscottes (2/ INCA)

#### > Tableau 19 : Consommation de pain et de biscottes (2/ INCA)

Entre 3 et 5 ans	Entre 6 et 8 ans	Entre 9 et 11 ans
35 g	58 g	63 g

> Dans l'étude INCA, la proportion d'enfants consommant au moins 3 aliments à base de céréales ou autres féculents par jour est de 29 %.

- En revanche, dans l'étude Fleurbaix Laventie Ville Santé II (7/ Étude Fleurbaix), étude où les familles enquêtées ont précédemment reçu de l'information nutritionnelle, cette proportion s'élève à 47 % chez les filles, 62 % chez les garçons.

- Chez les enfants les plus faibles consommateurs de glucides complexes, on note que les glucides complexes viennent surtout d'aliments gras et/ou sucrés : biscuits, pâtisseries, viennoiseries, « fast-food » (9/ Afssa).

- Chez l'enfant, la part des glucides simples est plus élevée (17 à 23 % de l'apport énergétique total), que chez l'adulte (13 à 19 %) (9/ Afssa).

#### > RECOMMANDATIONS

- Dans la brochure éditée par le PNNS pour les parents (8/ PNNS), les recommandations de consommation pour les enfants sont les suivants : « Pain et autres aliments à base de céréales, pommes de terre et légumes secs : à chaque repas et selon l'appétit. Privilégier la variété : pain, riz, pâtes, semoule, blé, pommes de terre, lentilles, haricots... »

- Les quantités proposées dans le tableau sont indicatives : elles peuvent être modulées en fonction de l'appétit des enfants (qui peut varier d'un jour à l'autre) et de leurs activités physiques et sportives de la journée.

#### > Tableau 20 : Recommandations de consommation pour les enfants

	Entre 3 et 5 ans	Entre 6 et 8 ans	Entre 9 et 11 ans
Apport énergétique quotidien conseillé (activité physique moyenne)	1 290 kcal	1 790 kcal	1 960 kcal
Apport de glucides totaux conseillé par jour	160 à 175 g	225 à 245 g	245 à 270 g
Apport de glucides complexes conseillé par jour	105 à 115 g	150 à 165 g	165 à 180 g
Apport de pain et autres féculents conseillé par jour	120 g de pain (66 g de glucides et 300 kcal) et 200 g de féculents (40 g de glucides et 200 kcal)	180 g de pain (100 g de glucides et 450 kcal) et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal)	220 g de pain (120 g de glucides et 550 kcal) et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal)

> Dans le processus de diversification alimentaire, le pain peut être donné dès l'âge de 8 mois révolus (4/ Gojard S, 8/ PNNS), l'enfant étant capable de grignoter un quignon de pain. Le quignon de pain constitue le premier contact avec les produits à base de céréales, après les farines infantiles. Le pain représente un outil pédagogique alimentaire privilégié. Il offre à l'enfant de nouvelles possibilités, comme apprendre à mastiquer, et lui impose de manger lentement. Ces deux conditions réunies sont nécessaires à la sensation de rassasiement dans l'apprentissage des notions de faim et de satiété. Au fur et à mesure qu'il grandit, il faut ensuite lui donner l'habitude de manger du pain à chaque repas. Par ailleurs, le pain permet l'apprentissage des goûts simples, par rapport aux produits industriellement élaborés. Dans cette optique, il se prête à de nombreuses associations avec de nouveaux aliments aux goûts de toutes natures, sucrées et salées. Le pain constitue un aliment familier qui permet de faire accepter plus facilement un ingrédient nouveau dans les étapes de la diversification alimentaire.

> Chez les enfants, le pain a également sa place au goûter où il permet de recharger l'organisme en glucides et en énergie avant le dîner.

- Ce « quatrième » repas permet ainsi d'éviter les grignotages en début de soirée, notamment pour ceux qui déjeunent peu.

- L'heure idéale pour le goûter se situe entre 16 h et 17 h. Comme la sieste, ce mini-repas doit être limité dans le temps : 20 à 30 minutes avant de reprendre les activités.

- Le goûter doit représenter 10 à 15 % de l'énergie quotidienne et se composer d'une boisson, d'un aliment à base de céréales et d'un produit laitier ou d'un fruit.

**> Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

	Entre 3 et 5 ans	Entre 6 et 8 ans	Entre 9 et 11 ans
PETIT-DÉJEUNER	40 g de pain, soit un sixième de baguette (avec beurre)	50 g de pain, soit un cinquième de baguette (avec beurre)	80 g de pain, soit un tiers de baguette (avec confiture)
DÉJEUNER	100 g de riz (3 cuillères à soupe) et 20 g de pain (un petit morceau de baguette)	125 g de semoule de couscous (4 cuillères à soupe) et 40 g de pain, soit 2 tranches fines de pain aux céréales	250 g de pâtes (une assiette) et 40 g de pain, soit un sixième de baguette
GOÛTER	Un quart de baguette (avec fromage)	50 g de pain, soit un cinquième de baguette (avec 2 carrés de chocolat)	60 g de pain, soit un quart de baguette traditionnelle (avec fromage fondu)
DÎNER	100 g de pommes de terre (1 pomme de terre moyenne) et 20 g de pain	125 g de maïs (4 cuillères à soupe) en salade et 40 g de pain, soit un sixième de baguette	40 g de pain, soit un sixième de baguette

## 3.2.3 Adolescents

### Consommation actuelle de pain

- Les chiffres disponibles sont ceux de l'étude INCA et d'une étude lilloise. Les chiffres de l'étude lilloise ne permettent pas de distinguer la consommation des grands adolescents, de celle des adultes (plus de 18 ans au sens des apports nutritionnels conseillés ; 11/ Martin A et al).

#### > Tableau 21 : Consommation de pain et de biscottes

Étude INCA (2/ INCA) adolescents de 12 à 14 ans	Étude lilloise (12/ Borgis B) filles de 17 à 25 ans	Étude lilloise (12/ Borgis B) garçons de 17 à 25 ans (9)
88 g de pain et biscottes	76 g	106 g

> Dans l'étude INCA, on observe une différence entre filles et garçons adolescents :

- Dès 11 ans, la proportion des filles consommant au moins 3 produits à base de céréales ou autres féculents par jour, diminue : elle passe de 33 % chez les 8-10 ans à 29 % chez les 11-14 ans.
- Dès 14 ans, chez les filles, la quantité quotidienne totale de glucides diminue.
- Chez les garçons, l'apport quotidien de glucides est maximal entre 14 et 18 ans, il diminue ensuite.

> Cette différence peut avoir diverses raisons :

- Dès l'adolescence, les filles se préoccupent beaucoup de leur ligne, à plus ou moins juste titre (13/ Choquet M). Elles se mettent à sauter plus régulièrement le petit-déjeuner (pour 30 % d'entre elles selon l'étude INCA) et/ou le goûter, repas dont la base est généralement un aliment céréalier.
- Les garçons, dont la croissance est plus tardive comparée à celle des filles, ont des besoins énergétiques, et par conséquent glucidiques, maximaux entre 14 et 18 ans.

#### > RECOMMANDATIONS

#### > Tableau 22 : Recommandations de consommation pour les adolescents

	Filles	Garçons
Apport énergétique quotidien conseillé (activité physique moyenne)	2 295 kcal	2 675 kcal
Apport de glucides totaux conseillé par jour	285 à 315 g	335 à 370 g
Apport de glucides complexes conseillé par jour	190 à 210 g	225 à 245 g
Apport de pain et autres féculents conseillé par jour	260 g de pain (143 g de glucides et 650 kcal) et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal)	300 g de pain (165 g de glucides et 750 kcal) et 300 g de féculents (60 g de glucides et 300 kcal)

> La consommation de sandwich par les adolescents à l'heure du déjeuner n'est pas un comportement à bannir. Bien au contraire, les sandwichs sont intéressants à plusieurs titres. Riches en glucides complexes et en fibres (pain), ils renferment volontiers également un aliment protéiné (jambon ou viande), des crudités et un produit laitier (fromage). Enfin, le sandwich permet d'associer à un repas équilibré les qualités nutritionnelles propres aux différents types de pains.

> En pleine phase de croissance, les adolescents ajoutent souvent un quatrième repas sous forme de goûter. Des tartines ou un petit sandwich peuvent composer ce dernier. Le pain au goûter favorise une bonne concentration à l'heure des devoirs à la maison et l'apprentissage des cours. D'autre part, les adolescents ont des besoins élevés en calcium (3/ SU.VI.MAX) : la consommation de pain avec du lait ou du fromage est particulièrement judicieuse.

#### **Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

- Au petit-déjeuner : 80 à 100 g de pain, soit 4 à 5 tranches fines de pain aux céréales (avec beurre).
- Au déjeuner : 100 g de pain, sous forme d'un sandwich (baguette).
- Au goûter : 40 à 60 g de pain, soit 2 à 3 tranches fines de pain.
- Au dîner : 40 g de pain, soit un sixième de baguette, et 250 à 300 g de pâtes (une belle assiette en plat principal).

## 3.2.4 Seniors

### **Consommation actuelle de pain**

> Toutes les études de consommation individuelle récentes montrent que les seniors consomment plus de pain (et en général davantage de féculents) que les adultes plus jeunes.

> Dans l'étude INCA (1999), les 50-70 ans sont les plus gros consommateurs de l'ensemble des féculents : pain, biscottes, pommes de terre, pâtes, légumes secs... 71 % des hommes de plus de 70 ans et 47,6 % des femmes de plus de 70 ans consomment au moins 3 produits à base de céréales ou autres féculents par jour (la moyenne de l'ensemble des adultes étant respectivement de 42,6 % et 33,4 %).

- Dans l'étude « protéines » (23/ Rousset), on constate que les hommes seniors consomment 210 g par jour alors que les femmes consomment 125 g par jour.

- Une enquête de l'Inra (Institut national de recherche agronomique), effectuée en 2001 (4/ Gojard S), indique que : « *L'alimentation des personnes de plus de 60 ans se compose principalement de produits frais, en particulier, pain, légumes et fruits frais, viandes, et produits laitiers* ». Cette étude retrouve des disparités de consommation, selon l'appartenance sociale et la région de vie.

- La dernière étude du Crédoc, CCAF 2004 (14/ CCAF), confirme que les personnes de plus de 50 ans consomment 25 % de pain de plus que les 25-49 ans.

- Au fil des années, les seniors réduisent peu à peu leur apport énergétique et leur consommation de pain. Selon les études, l'âge où apparaît une réduction de la consommation de pain varie : dès 50 ans selon le Crédoc dans son « *exercice d'anticipation des comportements alimentaires des Français* » (2005), après 70 ans dans l'étude INCA de 1999.

> RECOMMANDATIONS

> **Tableau 23 : Recommandations de consommation pour les seniors**

	Femme de 60 à 75 ans	Homme de 60 à 75 ans
Apport énergétique quotidien conseillé (activité physique moyenne)	minimum 1 875 kcal	minimum 2 355 kcal
Apport de glucides totaux conseillé par jour	235 à 260 g	295 à 325 g
Apport de glucides complexes conseillé par jour	155 à 175 g	195 à 215 g
Apport de pain et autres féculents conseillé par jour	200 g pain (110 g de glucides et 500 kcal) et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal)	260 g de pain (143 g de glucides et 650 kcal) et 250 g de féculents (50 g de glucides et 250 kcal)

> L'apport énergétique des plus de 60 ans est généralement inférieur aux chiffres conseillés (4/ Gojard S). Dans le cas où les seniors ont peu d'appétit et sont vite rassasiés, les aliments peuvent être répartis sur quatre plus petits repas. Du pain peut alors être placé dans une collation de l'après-midi (avec fromage, chocolat, confiture...).

**Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

- Au petit-déjeuner : 80 à 100 g de pain, soit 4 à 5 tranches fines de pain complet (avec miel).
- Au déjeuner : 60 à 80 g de pain, soit un quart à un tiers de baguette de tradition française, et 125 g de flageolets (4 cuillères à soupe).
- Au dîner : 60 à 80 g de pain, soit un quart à un tiers de baguette de tradition française, et 125 g de pommes de terre (1 belle pomme de terre dans un potage épais).

## 3.2.5 Femmes enceintes et allaitantes

### Consommation actuelle

> Dans l'enquête sur les femmes enceintes parisiennes (15/ Potier), la consommation antérieure à la grossesse a été aussi étudiée. La consommation quotidienne de pain était en moyenne de 110 g (entre 62 et 150 g). Dans cette étude, les femmes enceintes avaient donc augmenté leur consommation de pain de 28 %.

#### > Tableau 24 : Consommation

	Femmes enceintes parisiennes 1 <sup>er</sup> trimestre de grossesse (15)	Femmes enceintes lilloises 2 <sup>e</sup> trimestre de grossesse (15)
Quantité de pain par jour	141 g (de 76 à 180 g)	nd
Apport énergétique quotidien	2 232 kcal	2 233 kcal
Apport de glucides quotidien	241 g	235 g
Contribution des glucides à l'apport énergétique	43 %	42 %

#### > RECOMMANDATIONS

### Femmes enceintes

> L'hyperinsulinisme qui caractérise la grossesse au moins lors des deux premiers trimestres conduit à recommander des aliments glucidiques à IG bas ou moyen (comme la baguette de tradition française). À noter qu'au cours du troisième trimestre apparaît une insulino-résistance, qui détourne le glucose maternel au profit des tissus fœtaux.

- Sauf poids antérieur à la grossesse insuffisant, ou gain de poids excessif durant la grossesse, « *intervenir sur la quantité d'énergie spontanément consommée par la femme enceinte n'est pas justifié* » (11/ Martin A et al.). Les femmes enceintes augmenteraient en moyenne durant la grossesse leur apport énergétique de 120 kcal par jour (11/ Martin A et al. et 16/ Prentice A et al.).

- Les femmes enceintes de l'étude parisienne (14/ CCAF) avaient augmenté leur apport énergétique de 161 kcal par jour.

> Le coût énergétique de la grossesse ne justifie pas systématiquement l'ajout d'un quatrième repas car les besoins énergétiques sont peu augmentés. Néanmoins, l'état métabolique particulier de mauvaise résistance au jeûne impose d'instaurer un goûter apportant des glucides complexes. Ce goûter répond aux sensations de faim accrues de la femme enceinte, il favorise un apport régulier de glucides au fœtus et améliore le confort digestif en allégeant le volume des repas principaux.

> Les pains complets et de seigle apportent les fibres nécessaires à la régulation du transit intestinal souvent perturbé (constipation, ballonnements) pendant la grossesse. Ces pains contiennent également des vitamines du groupe B qui participent au métabolisme des glucides et qui contribuent au bon développement neurophysiologique du fœtus.

- De plus, le statut martial des femmes enceintes doit être surveillé de près, et les pains aux céréales entières sont bénéfiques car ils apportent du fer. Enfin, les pains spéciaux contenant des fruits secs ou des fruits à coque présentent également un IG intéressant pour réguler l'insulinémie de la femme enceinte. Par ailleurs, les fruits à coque (noix, noisettes, amandes...) qu'ils contiennent apportent des acides gras oméga 3 indispensables au bon développement neurologique du fœtus.

- Pour retrouver son poids de forme après une grossesse, il est important de ne pas diminuer les glucides complexes car cela revient à augmenter proportionnellement la part de lipides dans son alimentation.

> APPORTS CONSEILLÉS

> **Tableau 25 : Recommandations de consommation pour les femmes enceintes**

	Femmes de 20 à 40 ans
Apport énergétique quotidien conseillé (activité physique moyenne)	2 200 kcal
Apport de glucides totaux conseillé par jour	320 g
Apport de glucides complexes conseillé par jour	215 g
Apport de pain et autres féculents conseillé par jour	250 g pain (250 g de glucides et 700 kcal), et 300 g de féculents type pâtes, pommes de terre (60 g de glucides et 300 kcal)

**Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

- Au petit-déjeuner : 100 g de pain (baguette de tradition française beurrée).
- Au déjeuner : 150 g de pâte (5 cuillères à soupe) et 60 g de pain, soit 3 tranches fines de pain.
- Au goûter : 60 g de pain, soit 3 tranches fines de pain aux céréales (avec fromage).
- Au dîner : 150 g de pommes de terre (2 petites) et 60 g de pain, soit un quart de baguette de tradition française.

**Femmes allaitantes**

> Bien que le coût énergétique de la lactation soit évalué à 525 kcal par jour, les femmes qui allaitent n'augmenteraient leur apport énergétique que de 70 à 380 kcal (11/ Martin A et al).

- On peut supposer que les réserves énergétiques acquises pendant la grossesse complètent les apports alimentaires (11 / Martin A et al.). C'est d'ailleurs souhaitable, puisque le gain de tissu adipeux de la grossesse constituerait un facteur d'obésité (17/ Scholl TO et al).

- Il n'est donc pas justifié de conseiller un apport énergétique standard aux femmes qui allaitent (16/ Prentice A et al).

- Selon la prise de poids durant la grossesse, et l'appétit, on peut préconiser un apport de glucides complexes, et un apport de pain et féculents, au moins équivalents à ceux d'une femme qui n'allait pas : au moins 240 g de pain et 250 g de féculents par jour.

- Comme pour la femme enceinte, un goûter peut être le bienvenu, afin de répondre en cours de journée à une sensation de faim accrue.

### Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)

- Au petit-déjeuner : 80 g de pain, soit 4 tranches fines de pain de campagne (beurrées).
- Au déjeuner : 125 g de maïs (en salade) et 50 g de pain, soit un cinquième de baguette.
- Au goûter : 60 g de pain, soit 3 tranches fines de pain.
- Au dîner : 125 g de riz (4 cuillères à soupe) et 50 g de pain, soit un cinquième de baguette.

## 3.2.6 Sportifs<sup>4</sup>

### Consommation actuelle

> Les études visant à évaluer la consommation moyenne de glucides des sportifs, bien que réalisées sur de petits effectifs, présentent néanmoins des résultats similaires :

- Une contribution des glucides totaux à l'apport énergétique plus élevée que dans la population générale.
- Une proportion de glucides complexes un peu faible, comme dans la population générale.
- Une proportion de glucides simples un peu trop élevée, comme dans la population générale.

Les auteurs de l'étude portant sur les footballeurs, notent un excès de glucides simples provenant de chocolat en poudre, pâtisseries, laitages sucrés, biscuits, pâtes de fruits, et du sucre.

À noter que ces études ne détaillent pas les quantités de pain et autres féculents consommées, à l'origine de l'apport des glucides complexes.

#### > Tableau 26 - Apports glucidiques actuels

	Footballeurs de haut niveau (19)	Rugbymen de haut niveau (20)	Lads-Jockeys apprentis (21)	Gymnastes féminines (22)
Apport quotidien de glucides	450 g	nd	245 g	236 g
Contribution des glucides totaux à l'apport énergétique	59 %	45,6 %	53,9 %	46,8 %
Contribution des glucides complexes à l'apport énergétique	32 %	nd	nd	27,4 %
Contribution des glucides simples à l'apport énergétique	27 %	nd	nd	19,4 %

4. Une personne est considérée comme sportive si elle pratique au moins 3 à 4 heures hebdomadaires de sport (18/ Martin et al).

## > RECOMMANDATIONS

> L'apport énergétique recommandé aux sportifs est très variable, selon l'activité pratiquée, sa fréquence, son intensité. Une heure de sport représente une dépense énergétique supplémentaire de 250 kcal à 500 kcal (1/ Haut Comité de la Santé publique).

> Les glucides sont particulièrement importants pour les sportifs, puisqu'ils permettent de constituer les réserves de glycogène musculaire et hépatique. Leur contribution à l'apport énergétique devrait donc être d'au moins 55 %, voire de 65 à 70 % quelques jours avant une compétition.

> La qualité des glucides conseillés varie selon le moment de leur consommation.

- Quand leur consommation est éloignée de l'exercice, ils doivent être complexes et d'IG bas, voire moyen (comme la baguette de tradition française), afin d'optimiser le stock de glycogène. Les sportifs sont habitués à consommer des pâtes, mais la baguette de tradition française, d'IG moyen, peut venir compléter l'apport de glucides complexes.

- Les glucides consommés 3 heures avant l'exercice, doivent être d'IG moyen, afin d'économiser le glycogène, être rapidement mobilisables par les muscles et retarder la fatigue musculaire.

### > Tableau 27 : En pratique

	Homme entre 20 et 40 ans	Femme entre 20 et 40 ans
Apport énergétique théorique conseillé pour un entraînement quotidien de 1 heure	3 100 kcal	2 600 kcal
Apport en glucides conseillé (55 % de l'apport énergétique)	425 g	355 g
Apport en glucides complexes conseillé (2/3 des glucides)	285 g	235 g
Apport en pain et autres féculents conseillé	440 g de pain et 500 g de féculents type pâtes, riz...	360 g de pain et 400 g de féculents type pâtes, riz...

#### **Recommandations « glucides complexes » sur la journée (ANC)**

- Au petit-déjeuner : 120 à 140 g de baguette de tradition française (120 g = une demi-baguette) avec beurre.

- Au déjeuner : 200 à 250 g de pommes de terre (2 moyennes à belles) et 60 à 80 g de baguette de tradition française (un quart à un tiers).

- Entraînement vers 16 h.

- Collation à 17 h : 120 à 140 g de baguette courante (avec confiture ou miel).

- Dîner : 200 à 250 g de pâtes (une assiette moyenne) et 60 à 80 g de baguette de tradition française.

---

## Bibliographie

- 1/ Rapport du Haut Comité de Santé Publique : *Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France*, 2000.
- 2/ Étude INCA : Enquête Individuelle et Nationale sur les consommations alimentaires 1999.
- 3/ Étude SU.VI.MAX : Étude épidémiologique entre 1994 et 2002.
- 4/ Gojard S, Lhuissier A (2001) *Monotonie ou diversité de l'alimentation : les effets du vieillissement*. INRA, sciences sociales 2003, 5 /02 (par le laboratoire de recherche sur la consommation de l'INRA).
- 5/ IFOP - *L'image du pain et de la boulangerie auprès des Français* - octobre 2005.
- 6/ *Exemple d'anticipations des comportements alimentaires des Français*, publié par le CRÉDOC, Cahier de recherche n° 222 décembre 2005.
- 7/ *Étude Fleurbaix Laventie Ville Santé II : 1997-2002*. Cette étude a été menée dans le Nord de la France par l'INSERM U.258, les services de Nutrition du CHU de Lille et de l'Hôtel Dieu de Paris.
- 8/ Programme National Nutrition Santé : *La santé vient en mangeant*, 2002.
- 9/ Afssa : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Rapport : *Glucides et santé : État des lieux, évaluation, et recommandations*, octobre 2004.
- 10/ Chiffres ANMF (Association Nationale de la Meunerie Française)/ INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) / ONIC (Office National Interprofessionnel des Céréales).
- 11/ Martin A et al. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*, 3<sup>e</sup>ed. Ed Tec et Doc, 2000.
- 12/ Borgies B et al. Enquête sur le rôle et la place du pain dans l'équilibre alimentaire des étudiants de la métropole lilloise. *Médecine et Nutrition*, 2001,37 (2) : 71-80.
- 13/ Choquet M, Ledoux S. Adolescents. Enquête nationale. INSERM 1994.
- 14/ CCAF 2004 : Consommations et comportements alimentaires des Français, volet INCA (CRÉDOC).
- 15/ Potier de Courcy G, Deheeger M, Chaveroux F, Cornet Ph, Fuchs F, Guillard JC, Leclerc JM (1998), *L'alimentation des femmes enceintes parisiennes et lilloises*. *Cah nut et diet*, 33, 1 : 29-41.
- 16/ Prentice A et al (1996). Energy requirements of pregnant and lactating women. *Eur J Clin Nutr* 50 (suppl 1) : S82-S111.
- 17/ Scholl TO et al (1995). Gestational weight gain, pregnancy outcome, and postpartum weight retention. *Obstet Gynecol* 86 : 423-427.
- 18/ Martin et al. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Chapitre consacré aux sportifs.
- 19/ Ollier F, Duché P, Vermorel M (2006). Apports alimentaires et dépense énergétique d'adolescents footballeurs de haut niveau. *Cah Nut Diet*, 41, 1, 23-31.
- 20/ Finaud J et al (2003). Résultats d'une enquête alimentaire chez des joueurs de rugby français de haut niveau. *Cah Nut Diet*, 38, 4, 234-241.
- 21/ Peres G et al (2003). Évaluation des dépenses énergétiques et des apports nutritionnels d'apprentis lads-jockeys. *Cah Nut et Diet*, 38, 3, 195-200.
- 22/ Bernard M et al (1999). Composition corporelle et comportement alimentaire de gymnastes féminines. *Cah Nut Diet*, 34, 4, 223-233. (11)
- 23/ Rousset S et al (2001). La part de la viande dans les apports protéiques de sujets âgés vivant à domicile. *Cah Nut et Diet* vol 36, 6 : 417-425. Cette étude, menée auprès de sujets retraités de 69 ans d'âge moyen, chiffre la consommation de tous les aliments fournisseurs de protéines (y compris le pain) de cette population.



# Sigles - Abréviations

---

**AET**

Apports énergétiques totaux

**AFSSA**

Agence française de sécurité sanitaire des aliments

**AFSSAPS**

Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

**AGMI**

Acides gras mono-insaturés

**AGPI**

Acides gras polyinsaturés

**AG n-6**

Acides gras oméga 6

**AG n-3**

Acides gras oméga 3

**AGS**

Acides gras saturés

**ANC**

Apports nutritionnels conseillés

**ANMF**

Association nationale de la meunerie française

**ATP**

Adenosine triphosphate

**CCAF**

Comportements et consommations alimentaires des Français

**CG**

Charge glycémique

**CNBF**

Confédération nationale de la boulangerie-pâtisserie française

**CREDOC**

Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie

**EPIC**

European prospective investigation of cancer and nutrition

**FOS**

Fructo-oligosaccharide

**GLP1**

Glucagon like peptide 1

**GIP**

Glucose dependant insulinotropic polypéptide

**HDL-cholestérol**

High density lipoprotein

**IFOP**

Institut français d'opinion publique

**IG**

Index glycémique

**IGF**

Insuline like growth factor

**IMC**

Indice de masse corporelle

**INBP**

Institut national de la boulangerie pâtisserie

**INCA**

Étude individuelle nationale sur les consommations alimentaires

**INPES**

Institut national de prévention et d'éducation pour la santé

**INRA**

Institut national de la recherche agronomique

**INSERM**

Institut national de la santé et de la recherche médicale

**LDL-CHOLESTÉROL**

Low density lipoprotein

**PAI-1**

Inhibiteur de l'activateur de plasminogène 1

**PNNS**

Programme national nutrition santé

**SFMG**

Société française de médecine générale

**SU.VI.MAX**

Étude longitudinale sur 13 535 sujets adultes (femmes de 35 à 60 ans et hommes de 45 à 60 ans) recrutés au niveau national. Collecte des données alimentaires par enregistrement de l'alimentation sur 24 h tous les 2 mois, soit 6 journées alimentaires par an depuis 1994.

**TA**

Tour de taille

**TFI**

Troubles fonctionnels intestinaux

**TNF-R2**

Tumor necrosis factor-alpha receptor 2

**TVG**

Temps de vidange gastrique

# Remerciements

---

Ce recueil « Pain et nutrition » a été élaboré à l'initiative de l'Observatoire du pain et de son Comité scientifique.

## **Auteurs réunis par l'Observatoire du pain**

Docteur Laurence Houdouin (anapathe, endocrinologue)

Docteur Laurence du Pasquier (endocrinologue)

Florence Daine (diététicienne)

## **Ont participé à cet ouvrage**

Docteur Jean-Marie Bourre (directeur de recherches Inserm, membre de l'Académie de médecine, ancien directeur des unités Inserm de neurotoxicologie puis de neuropharmaco-nutrition)

Docteur Marlène Galantier (médecin nutritionniste, membre du réseau GROS)

Docteur Hervé Robert (médecin nutritionniste de l'agence Équitable)

## **A contribué à la recherche bibliographique**

Audrey Aveaux (diététicienne)

