

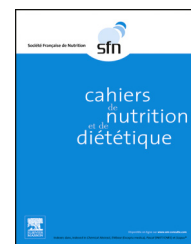


Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ALIMENTS

Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive



To give a new future to bread within the framework of a sustainable and preventive diet

Christian Rémésy^{a,b,*}, Fanny Leenhardt^{a,b}, Anthony Fardet^{a,b}

^a *Inra, UMR 1019, UNH, CRNH Auvergne, 63000 Clermont-Ferrand, France*

^b *Unité de nutrition humaine, Clermont université, université d'Auvergne, BP 10448, 63000 Clermont-Ferrand, France*

Reçu le 15 janvier 2014 ; accepté le 15 juillet 2014

Disponible sur Internet le 21 août 2014

MOTS CLÉS

Pains ;
Valeur
nutritionnelle ;
Intolérances au
gluten ;
Nutrition préventive ;
Alimentation durable

Résumé La filière blé-pain a longtemps privilégié la production d'un pain blanc très aéré et l'essor du pain de tradition n'a pas résolu tous les problèmes. Le pain blanc, confectionné avec des farines de type 55-65, a une trop faible densité nutritionnelle, une trop forte teneur en sel et la nature de son gluten semble induire chez des sujets sensibles une hypersensibilité au gluten de type non coeliaque. La solution à ces problèmes serait de remplacer progressivement les farines de type 65 par des farines de type 80 et d'améliorer la digestibilité du gluten par un choix plus judicieux des variétés de blé et l'amélioration des procédés de panification. Cet article décrit différentes solutions pour lutter contre le risque d'une hypersensibilité au gluten et la phobie au gluten qu'elle induit. Par ailleurs, il est proposé de diversifier l'offre de pain et d'utiliser cet aliment essentiel comme un vecteur efficace d'une nutrition préventive réussie. © 2014 Société française de nutrition. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS

Breads;
Nutritional value;
Gluten intolerances;
Preventive nutrition;
Sustainable food
system

Summary During a long time, the wheat-bread sector has privileged the production of a very airy white bread, and the development of traditional bread has not solved all the problems. White bread, made with flour type 55-65 has a too low nutritional value, too much salt and the nature of its gluten seems to induce in predisposed individuals non-coeliac gluten hypersensitivity. The solution to these problems would be to increase the nutritional value of bread by increasing flour type and improving gluten digestibility by a judicious choice of varieties and improved wheat baking processes. This article describes various solutions to fight against the risk of a hypersensitivity to gluten and gluten phobia it induces. Furthermore, it is proposed to

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : christian.remesy@wanadoo.fr (C. Rémésy).

diversify the supply of bread and use this essential food as an effective vehicle for a successful preventive nutrition.

© 2014 Société française de nutrition. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

L'homme et le pain partagent une longue histoire. Jamais le pain n'avait ressemblé à notre baguette. Demain, il changera encore, et il évoluera vers d'autres formes, d'autres compositions et d'autres goûts. L'évolution de l'agriculture, la sélection des blés ont aussi considérablement transformé la nature des farines. Demain, il faudra également définir les critères nutritionnels acceptables pour une farine, loin des seules caractéristiques physicochimiques de la valeur boulangère. Au final, il faut espérer que le pain restera l'aliment de base d'une partie de l'humanité, en se diversifiant et en améliorant sa valeur nutritionnelle.

Longtemps le pain a été l'aliment de base le plus important des Français, ce qui explique qu'il soit porteur d'une image symbolique forte d'aliment nutritif essentiel à partager. Avec le changement des modes alimentaires, son avenir est loin d'être assuré surtout si sa genèse et sa consommation ne correspondent pas aux critères d'une alimentation durable et préventive. D'amont en aval, du champ à l'assiette, la filière blé-pain peut faire l'objet de nombreuses critiques. Par exemple, la production de blé n'a pas échappé aux dérives de l'agriculture productiviste qu'il serait important de corriger pour préserver les sols et l'environnement. Il est évident que la culture du blé devra répondre à l'avenir à des critères nutritionnels et écologiques beaucoup plus stricts. La boulangerie, comme le secteur agroalimentaire en général, devront accepter de réformer les trop nombreuses pratiques qui dénaturent le pain et les autres aliments. La qualité nutritionnelle de nombreux aliments transformés, riches en ingrédients purifiés ou trop raffinés, devrait progressivement pouvoir être améliorée par de meilleures formulations. Dans le cas du pain, l'amélioration de sa densité nutritionnelle passe par l'utilisation de farines moins blutées et donc moins blanches, mais il est également nécessaire de réduire sa teneur en sel, et d'améliorer son index glycémique souvent assez élevé et sa tolérance digestive lorsqu'elle pose problème.

Améliorer la valeur nutritionnelle du pain

De nombreuses enquêtes épidémiologiques et essais cliniques ont permis de décrire les caractéristiques et l'efficacité d'une alimentation préventive, à l'instar du régime méditerranéen, riche en produits céréaliers et fruits et légumes, avec un complément réduit de produits animaux et un apport équilibré de matières grasses [1,2]. Le rôle d'une nutrition préventive ne peut plus être ignoré. Il s'agit de préserver la santé en fournissant à l'organisme un apport adéquat de nutriments et micronutriments tout en évitant les excès. La nutrition préventive doit se décliner à l'échelon d'une vie et concerne la prévention de toutes les pathologies. Heureusement, il n'y a pas une bonne façon de se nourrir pour prévenir les maladies cardiovasculaires, une autre pour prévenir l'ostéoporose et d'autres encore pour la

prévention des autres pathologies. La nutrition préventive de même que l'exercice physique sont indispensables pour assurer une gestion durable de la santé.

Cette nutrition préventive nécessite d'adopter une nourriture principalement d'origine végétale et de limiter à 20% la part des calories d'origine animale (contre plus de 30% dans une alimentation courante de type occidentale), en particulier pour la fourniture des glucides, des fibres alimentaires et des phytomicronutriments protecteurs. Pour préserver la densité nutritionnelle des aliments, il est très important d'éviter les raffinages trop poussés et ainsi de limiter la consommation de calories vides. Pour la couverture de ces besoins nutritionnels, le pain, les autres produits céréaliers, les divers féculents, les légumes secs, ainsi que les fruits et légumes jouent un rôle essentiel. Puisque le pain est un aliment quotidien, on peut comprendre l'importance de son impact sur la santé à l'échelon d'une vie.

Les apports recommandés en glucides sont très élevés (près de 50% des calories). Cela représente une consommation journalière par personne de 250 à 350 g d'équivalent glucose. Pour mémoire, 100 g de pain n'apportent que 50 g de glucides, et une consommation de 250 g de pain par jour ne couvre en moyenne que pour moitié ces recommandations. Les apports en glucides de nos contemporains sont bien mal assurés, en particulier du fait de la baisse de consommation du pain [3], mais aussi d'autres sources de féculents, tels que la pomme de terre et les légumes secs; les apports de fibres alimentaires restent largement déficitaires (moins de 20 g/jour au lieu des 25 à 30 g recommandés), alors que la place du sucre demeure trop élevée.

Le déclin de la consommation de pain a sans doute de nombreuses origines. On peut certes invoquer les prescriptions contradictoires du monde médical, la baisse des dépenses caloriques dans un mode de vie plus sédentaire et/ou le remplacement du pain au petit-déjeuner par les céréales « prêtes-à-l'emploi » [3].

L'essor du pain blanc durant les années glorieuses du développement d'après-guerre a été porté par un symbole très artificiel d'abondance et de pureté. Plus le pain devint blanc et aéré, plus il perdit de sa valeur nutritionnelle et de son goût, et plus il devint salé. Dans cette période, la perte de goût du pain et sa vitesse de rassissement ont également joué un rôle dans la baisse de sa consommation. Pour réagir à cette tendance et revenir aux bases de la panification, le décret concernant le pain de tradition française fut publié en 1993. Il permit d'améliorer sa qualité mais ne fut pas assez directif en matière de valeur nutritionnelle. Pour obtenir une amélioration globale de la qualité du pain, il faut non seulement adopter des conduites moins intensives pour le pétrissage et la fermentation, mais aussi utiliser des farines moins raffinées, et réduire les teneurs en sel. Pour assurer l'avenir du pain, il devient également indispensable de gérer sa production dans le cadre d'un système d'alimentation durable en portant attention à l'origine des blés et à leur mode de production.

La maîtrise de l'index glycémique

Dans nos modes alimentaires, le pain est une source intéressante de glucides. Cependant on a reproché, à juste titre, au pain blanc d'avoir un index glycémique trop élevé, c'est-à-dire d'élever trop rapidement la glycémie. Toutefois, il faut noter que plus la mie est dense, plus l'index glycémique est bas [4,5], ainsi le pain de tradition française a un meilleur index glycémique que le pain blanc courant [4,6]. Les pains au levain plus acides et plus denses (tels que la plupart des pains bio) ont également de meilleurs index glycémiques [6,7]. Les produits de la fermentation bactérienne (principalement de l'acide lactique et acétique) semblent aussi contribuer directement à la baisse de l'index glycémique des pains au levain. La présence des fibres du son (dans les farines bisées ou complètes) conduit généralement à des mies plus denses et le pain complet souvent plus dense pourrait avoir un meilleur index glycémique que le pain de tradition, en particulier s'il est fermenté au levain. Toutefois si la conduite de la panification aboutit à un volume de mie comparable, la nature des farines (blanches, bisées ou complètes) influence peu l'index glycémique.

La conduite du pétrissage et de la fermentation a un impact déterminant sur la structure du pain. Le pétrissage permet de réorganiser les protéines en un réseau viscoélastique, qui va contrôler l'expansion de la pâte pendant la fermentation. En fait, plus on pétrit, et plus onensemence en levure, plus on aère le pain, ce qui conduit à un volume important et à une élévation de l'index glycémique. Pour améliorer l'index glycémique du pain, il faudrait donc adoucir au maximum les procédés de pétrissage et panifier plutôt au levain.

La maîtrise de la densité nutritionnelle

Pour que les glucides du pain aient les meilleurs effets métaboliques possibles, ils doivent être digérés lentement, mais aussi être accompagnés d'un apport suffisant de minéraux et micronutriments. Or, le grain de blé a la particularité d'accumuler dans le son et le germe les trois quarts de ses fibres, minéraux et vitamines [8]. L'enrichissement en ces éléments de la farine peut directement être apprécié par le type de la farine (définie par sa teneur en cendres). Cette mesure est simple et il y a une excellente corrélation entre la teneur en minéraux totaux et celle des fibres, vitamines et autres micronutriments. La boulangerie française a fait un progrès significatif en utilisant en majorité de la farine de type 65 plutôt que 55, elle doit maintenant aller résolument vers le type 80. Le glissement vers le type 80 peut être progressif et ne risque plus d'être sanctionné par des contraintes réglementaires, puisque les pouvoirs publics sont favorables à la généralisation des farines de type 80. Heureusement, en matière de pain, le blanc n'est plus à la mode, et une évolution vers des pains plus colorés semble quasiment irréversible ; il serait souhaitable que la filière blé-pain veuille bien anticiper cette tendance plutôt que de la subir ou de la freiner. Une contamination possible des enveloppes par les pesticides ou les mycotoxines est souvent mise en avant pour défendre l'utilisation exclusive des farines blanches. Pourtant, la filière blé-pain, en conventionnel comme en bio, a les moyens de contrôler la propreté des grains et dispose des techniques de conservation des grains sans insecticides par refroidissement au silo. L'intérêt d'améliorer la valeur nutritionnelle du pain est une occasion

en amont d'adopter des conduites culturelles et des modes de stockage du blé qui garantissent sa propreté toxicologique.

La question des intolérances au gluten

Le gluten fait actuellement l'objet d'une phobie auprès d'un large public, ce qui explique le succès grandissant des produits alimentaires sans gluten. Comment en est-on arrivé là ?

Au départ, il y a la maladie cœliaque, une pathologie auto-immune redoutable qui touche de 0,5 à 1% de la population et qui nécessite l'exclusion de toutes sources de gluten. Il existe aussi des allergies au blé, médiées par des IgE sensibles aux gliadines, potentiellement très graves mais moins fréquentes que la maladie cœliaque. Paradoxalement, ce ne sont pas ces formes d'intolérance qui sont à l'origine de la phobie grandissante vis-à-vis du gluten, mais de nombreux témoignages sur les bénéfices induits au niveau digestif ou de l'état général par l'exclusion du gluten. Les scientifiques se sont penchés sur ce problème et sont maintenant en train de définir un nouveau syndrome de sensibilité au gluten non cœliaque (*non-coeliac gluten sensitivity*) dont on ne connaît pas encore assez précisément la prévalence (elle serait nettement supérieure à celle de la maladie cœliaque), et dont les symptômes restent encore mal définis ou confondus avec ceux du syndrome de l'intestin irritable [9,10]. L'analyse de l'impact éventuel du gluten est d'autant plus compliquée que le blé et le pain peuvent contenir des FODMAP (oligo-, di- et monosaccharides et polyols fermentescibles) impliqués dans le syndrome de l'intestin irritable [11].

Longtemps les problèmes liés au gluten furent donc cantonnés à la seule maladie cœliaque qui nécessite l'exclusion de toutes traces de gluten. L'intestin de nos contemporains est devenu plus fragile et beaucoup de personnes souffrent d'une intolérance au gluten de type non cœliaque et évitent de consommer un aliment qui ne leur convient plus. L'importance de la consommation d'aliments de plus en plus transformés, la baisse de la consommation des fruits et légumes, l'hygiénisme alimentaire ne sont peut-être pas étrangers à la fragilisation de la sphère intestinale, mais cela n'explique pas tout. D'un point de vue nutritionnel, la maladie cœliaque, l'allergie au blé et l'hypersensibilité au gluten ont en commun de pouvoir être traitées identiquement en retirant le blé et/ou d'autres sources de gluten du régime alimentaire, alors que cette mesure n'est réellement indispensable que pour la prévention de la maladie cœliaque et des allergies avérées au blé. L'hypersensibilité au gluten pourrait également dépendre de sa nature moléculaire (qui est très variable selon les espèces ou les variétés de céréales), de l'aliment qui en est vecteur (pain, pâtes) et au final de sa dégradation par des enzymes protéolytiques avant l'étape de la digestion intestinale. Or le public sensible à cette question a tendance à mettre dans la même catégorie à risque tous les aliments susceptibles de contenir du gluten.

Brièvement, les protéines du gluten (de type prolamine) sont formées de gliadines et de gluténines, dont une fraction peut avoir des poids moléculaires élevés. Les molécules de gluténines sont polymérisées entre elles, formant un réseau tridimensionnel dans lequel s'agrègent les molécules de gliadine. La nature du gluten dans les variétés modernes de blé a changé pour accroître la valeur boulangère de la

pâte, et certaines fractions des gluténines présentent maintenant des poids moléculaires très élevés. Ces molécules de gluténines permettent actuellement l'obtention par le pétrissage d'un réseau hautement polymérisé très résistant, même si la présence des gliadines permet d'en améliorer l'extensibilité [12].

Du point de vue physiologique, la structure compacte et hydrophobe des prolamines du gluten, ainsi que ses teneurs élevées en proline et glutamine, rendent le gluten très résistant à la digestion pancréatique [13], et les remaniements du gluten liés au pétrissage pourraient accentuer cette résistance. C'est donc les enzymes intestinales qui doivent achever le travail d'hydrolyse en peptides et en acides aminés et c'est ce déplacement de la digestion pancréatique vers celui de la paroi intestinale qui pose problème.

Dans la maladie cœliaque, certains peptides de la gliadine induisent le développement de cette pathologie auto-immune très grave [14]. En effet, les gliadines sont particulièrement résistantes aux enzymes digestives et parviennent donc sous forme intacte au niveau de la lumière intestinale. De plus, dans cette pathologie, on observe un transport intact des peptides de la gliadine dans la cellule intestinale alors que dans un épithélium intestinal sain les peptides sont dégradés lors de leur passage.

Dans l'hypersensibilité au gluten, les mécanismes responsables des troubles intestinaux sont moins connus que pour la maladie cœliaque, de même que les conséquences immunitaires ou inflammatoires qui semblent moins graves. Le déclenchement de l'hypersensibilité au gluten pourrait être lié à la mauvaise digestibilité pancréatique de l'ensemble des protéines du gluten suite à la sélection des blés et aux traitements technologiques appliqués à la farine. À la différence de la cuisson des pâtes dans l'eau bouillante, la cuisson du pain au four surtout s'il n'est pas très hydraté n'est peut-être pas la meilleure façon de faciliter la digestibilité des protéines. La panification pourrait même induire et stabiliser la formation d'agrégats protéiques, et augmenter ainsi la résistance des allergènes potentiels de la farine de blé à la digestion protéolytique, si l'on se réfère à des études *in vitro* [15,16]. Nous manquons d'études sur la digestibilité de polymères de gluten de taille différente et sur la digestibilité comparée des protéines du pain et des pâtes.

On peut faire l'hypothèse qu'il y aurait moins de problèmes d'intolérances au gluten au sens large si son hydrolyse pancréatique était suffisamment rapide et complète. Or de nombreux facteurs pourraient rendre le gluten plus indigestible à ce niveau. Outre la nature des blés, et leur composition en gluten, le mode de panification pourrait aussi jouer un rôle majeur dans le développement des intolérances au gluten, notamment l'allergie et l'hypersensibilité [17]. Le pétrissage habituel favorise la création de liaisons intramoléculaires, ce qui accentuerait la difficulté des enzymes pancréatiques à scinder le gluten, obligeant la paroi intestinale à prendre un relais difficile. Cette hypothèse est notamment soutenue par le fait que la panification augmente la résistance des allergènes potentiels de la farine de blé à la digestion protéolytique, leur permettant d'atteindre la paroi intestinale [15]. L'ajout de vitamine C dans le pain courant et le développement des oxydations durant le pétrissage ainsi que l'addition fréquente de gluten ne font qu'accentuer ce processus, en créant un réseau de gluten plus tenace [16]. Théoriquement, durant la fermentation panaire, les protéases de la

pâte peuvent commencer à hydrolyser le gluten, mais ce travail de coupure nécessite une baisse très importante du pH, que l'on ne retrouve pas avec une fermentation ordinaire à la levure.

Dans le pain blanc, les digestions pancréatiques et intestinales de l'amidon semblent très rapides, alors que celles du gluten semblent beaucoup plus lentes. Il faut noter que dans les pâtes alimentaires, les protéines alimentaires parviennent à protéger le grain d'amidon, malgré le traitement technologique. Le gluten du blé dur a une faible teneur en gluténines de haut poids moléculaires, celles qui participent à la formation du réseau viscoélastique du pain fabriqué avec la farine de blé tendre. Le pétrissage de la semoule dans la première étape de fabrication des pâtes alimentaires ne modifie donc que très partiellement les propriétés physicochimiques des protéines, contrairement à ce qu'on observe pour la pâte boulangère. Le gluten des pâtes alimentaires continue à enchâsser le grain d'amidon, ce qui ralentit l'action des amylases pancréatiques et on obtient au final un bon index glycémique. Ainsi, à la différence du pain, la cuisson des pâtes en milieu très hydraté ne provoque pas une forte gélatinisation de l'amidon, ce qui les rendrait autrement très collantes. Bien que l'on manque de données, la tolérance digestive au gluten pourrait poser moins de problèmes pour les pâtes que pour le pain. Dans les pâtes, les activités des protéases pancréatiques pourraient être facilitées par la proximité hydrophile de l'amidon. Cependant, cette configuration favorable à la digestibilité du gluten des pâtes alimentaires n'est pas suffisante pour éviter les conséquences physiopathologiques de la maladie cœliaque qui est spécifiquement induite par la reconnaissance de certaines séquences du gluten par le système immunitaire.

Quel bilan peut-on tirer de ces connaissances? En premier, qu'il n'est pas nécessaire d'entretenir cette phobie du gluten qui conduit au développement d'aliments de substitution souvent de piètre qualité. Il existe sûrement des préparations alimentaires qui facilitent la digestibilité et la tolérance au gluten, c'est le cas du pain au levain et sans doute des pâtes, voire d'autres produits céréaliers (bulgour, couscous...); cette question mériterait d'être plus étudiée et bien vulgarisée. Même s'il existe des solutions alimentaires qui semblent satisfaisantes, la question du gluten est loin d'être résolue. Les généticiens assurent que les variétés de blé modernes ou anciennes présentent toutes les mêmes fréquences d'épitopes allergènes, et cet argument est largement repris par les groupes semenciers pour justifier la bonne orientation de leur sélection, tout en passant sous silence la modification du gluten due à la présence de gluténines de haut poids moléculaire. Même si la présence d'épitopes allergènes n'est pas limitée aux blés modernes, l'hypersensibilité au gluten pourrait être provoquée par la difficulté de sa digestion globale. Il est difficile de ne porter aucun crédit aux nombreux témoignages des boulangers qui semblent avoir résolu les problèmes de sensibilité au gluten en panifiant au levain des variétés anciennes, de très faible valeur boulangère. À l'évidence, nous aurions besoin d'un éclairage scientifique nouveau sur cette question.

Au final, le pain blanc courant présente un index glycémique trop élevé, une trop faible teneur en fibres et micronutriments protecteurs, une teneur trop élevée en sel et son réseau de gluten est susceptible de provoquer divers types d'intolérances de l'intestin. Tous ces points critiques peuvent pourtant être améliorés ou résolus.

Propositions pour améliorer la valeur nutritionnelle du pain, sa tolérance digestive et soutenir sa consommation

Porter une attention particulière au choix des variétés de blé, à leur mode de culture et de stockage

En un demi-siècle, le rendement des variétés de blé cultivées a plus que doublé, passant de moins de 40 quintaux à près de 80 quintaux par hectare. La culture du blé a fait l'objet d'une démarche productiviste qu'il sera difficile de corriger, mais qui n'est pas sans conséquence sur la qualité des farines. Ce n'est pas en augmentant le rendement de la vigne que l'on produit le meilleur vin !

Dans les variétés modernes, la quantité de protéines n'a pas beaucoup changé, par contre en 20–30 ans la nature du gluten a fortement évolué, se traduisant par des valeurs dites boulangères extrêmement fortes, d'où un lien possible avec l'augmentation des intolérances au gluten. Conscients de ce problème, certains peuvent choisir de faire cultiver et panifier des variétés anciennes ou régionales, et dans cette voie, de nombreux paysans boulangers ont pris des initiatives remarquables et prouvé que l'on pouvait faire de l'excellent pain avec des variétés présentant une très faible force boulangère.

Comment corriger les dérives actuelles de la sélection du blé ? Certainement en acceptant d'inscrire des variétés de blé avec des valeurs boulangères plus faibles. Il est sans doute souhaitable de rechercher dans la farine de blé d'autres sources de « collant » sous forme de pentosanes, avec les limites que l'on sait pour la « machinabilité » de la pâte [18]. Seule une prise de conscience collective de la filière-blé pain permettrait de faire changer les règles pour l'inscription des variétés de blé au catalogue, qui restent trop rigides et trop centrées sur la nécessité d'obtenir des rendements et des valeurs boulangères très élevées ; sauf que jusqu'à présent, ce sont les boulangers qui étaient demandeurs de ce type de farine, et les meuniers n'ont pas hésité à répondre à cette demande en dopant les farines avec du gluten ajouté.

Les boulangers n'ont pas porté jusqu'ici une attention suffisante à la provenance des blés et aux conditions de culture et de stockage du grain. C'est un dialogue nouveau qui doit s'instaurer entre boulangers, meuniers et agriculteurs pour améliorer la qualité nutritionnelle du blé et du pain, favoriser certaines productions régionales, développer la culture biologique ou une approche agroécologique, grâce à la sélection de variétés de blé plus résistantes aux maladies et aux mauvaises herbes, et l'amélioration des techniques et des rotations culturales. Il est clair que le blé en tant que matière première a été très dévalorisé, ne représentant plus que 5% du prix du pain : une bonne marge de manœuvre pour valoriser la qualité du blé est donc possible. La filière pourrait donc accepter de panifier des variétés de blé moins productives (et donc plus chères), si elles donnent un meilleur pain et si elles peuvent être cultivées dans des conditions plus écologiques. La filière semble avoir été bien trop loin dans la standardisation des farines. Il faudrait mettre en relief des variétés de blé et de farine donnant des pains typés, de la meilleure qualité gustative possible, à l'instar de l'utilisation de Camp Rémy en Auvergne, ou de bien d'autres variétés possibles. Actuellement, la standardisation de la technologie panaire permet difficilement de mettre en

évidence l'influence de l'origine des farines dans le goût du pain.

Beaucoup de temps a été perdu dans la recherche de variétés de blé bonnes à cultiver (résistantes aux maladies et suffisamment rustiques) et bonnes à manger du point de vue gustatif et nutritionnel. Certainement que beaucoup de ces variétés auraient déjà pu être développées si les sélectionneurs avaient été moins soumis à des objectifs quantitatifs. Il est sans doute possible de trouver dès maintenant des variétés nouvelles dans l'immense collection des semenciers. C'est une demande nouvelle vers un « plus » nutritionnel et écologique qui doit donc émerger. Il faut certainement mettre un terme à la sélection de variétés de blé avec des profils de gluténines de trop hauts poids moléculaires. Par ailleurs, un bon blé (et un bon pain) doit avoir un taux de protéines suffisamment élevé, ce qui est antagoniste avec des rendements très élevés et avec une gestion raisonnable de l'azote du sol. Retrouver des variétés de blé avec des profils de gluten plus équilibrés et des valeurs boulangères plus modérées sera bien facile, si on met un terme aux dérives actuelles allant dans le sens d'une facilité technologique toujours plus grande. Le pain doit être le point d'aboutissement d'un système d'alimentation durable, basé sur la recherche de variétés de blé rustiques et adaptées aux terroirs.

Il est nécessaire que le secteur de la boulangerie s'implique directement dans la recherche de variétés de blé existantes ou à créer pour assurer un renouveau du pain, améliorer sa typicité. Si la demande des boulangers est suffisamment forte, les autres acteurs, semenciers, meuniers, agriculteurs ne devraient pas faire obstacle à cette recherche ; mieux, les pouvoirs publics, forts des recommandations du Programme national nutrition santé (PNNS) pourraient la soutenir. Un pas durable vers plus de biodiversité serait enfin réalisé. De ce point de vue, un tournant doit être pris au niveau administratif dans les critères d'évaluation et d'inscription des nouvelles variétés de blé.

Améliorer les procédés de mouture et la qualité nutritionnelle des farines

La teneur des farines en fibres, minéraux et micronutriments a l'avantage de pouvoir être appréciée par un critère simple qui est le type de farine. Parce que le type 80 est un bon compromis pour accroître la densité nutritionnelle des farines sans changer fortement la nature du pain, le PNNS a recommandé sa généralisation. Le type 80 n'est pas nouveau, puisque toutes les farines de meules de pierre étaient au moins de ce type. Avec les moulins à cylindre, une augmentation du rendement meunier de 77 à près de 82% par l'incorporation de remoulages suffit à atteindre ce type. Une autre solution tout aussi simple serait de préserver les semoules et en particulier les semoules vêtues (grosses particules avec un fragment d'enveloppes externes) pour les inclure directement dans les farines. Les diagrammes de mouture pourraient être ainsi simplifiés et des économies substantielles d'énergie pourraient être réalisées.

La solution la plus directe pour obtenir un type 80 est d'inclure dans la farine de type 65 de 15 à 20% de blé entier concassé ou écrasé et pré-trempé. Ces fractions où la composition et la structure du grain sont les mieux conservées, s'intègrent parfaitement dans la mie du pain, le gluten de ces particules pourrait être même mieux digéré que celui de la farine pour les raisons que nous avons déjà exposées. Cette technique a aussi un intérêt majeur pour valoriser des

blés bio ou des blés à faible rendement mais de grande qualité nutritionnelle. Le développement d'une offre de pains bis à base de farine conventionnelle et de blé entier biologique est tout à fait pertinent.

Même si en moyenne, le pain actuel est moins blanc qu'auparavant, il est choquant de vanter les vertus nutritionnelles du pain sans s'en donner les moyens, sans développer une offre suffisante de pains type 80. Les boulangers devraient avoir à cœur de sensibiliser leur clientèle à l'intérêt nutritionnel de pains moins blancs. La démarche est facile et constitue une occasion d'amorcer un dialogue avec les consommateurs soucieux de la qualité nutritionnelle du pain.

Réduire le pétrissage à sa plus simple expression

Les capacités de piégeage du CO₂ par le gluten des blés modernes sont potentialisées par un pétrissage qui reste souvent inutilement long et intensif. Il faudrait donc éviter de former un réseau de gluten trop résistant en réduisant au strict minimum le pétrissage. Par exemple, après un très bref frasage, l'amorce du réseau de gluten se constitue presque tout seul si on laisse un temps de repos suffisant d'environ une heure. Ensuite, un pétrissage extrêmement doux de 3 à 4 minutes, ou des pétrissages très brefs de 1 minute à plusieurs heures d'intervalle suffisent largement à parachever le réseau. C'est une économie d'énergie, c'est une manière d'améliorer l'index glycémique en limitant l'incorporation d'air et un développement important de la mie pendant la fermentation, c'est aussi sans doute un moyen de faciliter la digestion pancréatique du gluten. Il faut noter également que l'adoucissement du pétrissage a un impact très favorable sur la vitesse de rassissement du pain, ce qui signifie que l'état cristallin de l'amidon étant sans doute moins altéré, les processus de rétrogradation seront beaucoup plus lents.

Développer des fermentations suffisamment acides pour favoriser les activités enzymatiques de la pâte et la coupure du gluten

La maîtrise des fermentations du pain ne sert pas seulement à donner du goût au pain, elle est primordiale pour permettre l'expression des enzymes de la pâte. Or les activités enzymatiques de la pâte ne s'expriment pleinement que si son pH atteint des valeurs proches de 5. Parmi ces activités, on peut citer l'action de la phytase qui détruit l'acide phytique et permet d'augmenter la biodisponibilité des minéraux, et celle des protéases qui scindent le gluten en fragments plus courts, jusqu'à le liquéfier si on laisse ce travail enzymatique se prolonger très longtemps. Plusieurs études montrent que cette protéolyse est une voie intéressante pour produire du pain ou développer de nouveaux produits céréaliers pour les intolérants au gluten [19–21]. Le levain, grâce à sa flore de bactéries lactiques participe aussi à la destruction des FODMAP, ces glucides fermentescibles mal tolérés chez certaines personnes atteintes du syndrome de l'intestin irritable. Cependant, il n'est pas sûr qu'il faille totalement détruire les FODMAP, certains ayant des propriétés prébiotiques.

La caractéristique majeure d'une panification naturelle réside donc dans sa capacité à faire baisser le pH afin de permettre l'expression des enzymes de la pâte. Selon cette

finalité, une fermentation courte à la levure est difficilement recevable, puisqu'elle ne permet pas un abaissement suffisant du pH et l'expression des activités enzymatiques essentielles à la qualité nutritionnelle du pain. Pour obtenir un pH proche de 5 dans la pâte avec un ensemencement à la levure, il faut disposer d'un temps de fermentation assez long (de 15 à 18 heures) et d'une température pas trop basse (de plus de 10 degrés). Ces conditions autorisent à baisser considérablement l'ensemencement en levure. L'acidification du pH peut être induite par le développement de bactéries lactiques présentes dans la farine et la levure, mais il est beaucoup plus sûr d'ajouter un minimum de levain. La technique au *poolish* (préparation d'une pâte liquideensemencée avec très peu de levure) est extrêmement favorable au développement des fermentations, et constitue ainsi un procédé intéressant pour induire une bonne acidification de la pâte.

Un contrôle nouveau des fermentations et du suivi du pH de la pâte mérite donc d'être développé pour lutter en particulier contre les intolérances au gluten. Des courbes types d'évolution du pH de la pâte, en fonction des quantités de levure utilisées, des températures, de la durée de la fermentation et du taux d'hydratation devraient être publiées par des ateliers pilotes de boulangerie.

La nature des levains utilisés est très variable, et il serait bien utile de caractériser leurs effets sur l'évolution du pH. Lorsque les risques d'intolérance au gluten étaient très faibles, l'acidification de la pâte pouvait paraître superflue pour une farine blanche pauvre en acide phytique, actuellement elle devient indispensable pour l'hydrolyse partielle du gluten [21]. Cette maîtrise nouvelle de l'acidification devrait également aider les boulangers à améliorer la conduite de la panification.

La levure a semblé rendre bien des services, mais elle est loin de reproduire la complexité des activités fermentaires d'un levain naturel, fort de sa flore complexe de bactéries lactiques-acétiques et de levures sauvages. Avec ou sans levain naturel, la fermentation panair doit permettre le développement suffisant d'une flore lactique, c'est pourquoi une fermentation courte à la levure est peu recevable sur le plan nutritionnel. De plus, le terme « pain de tradition française », par sa référence au passé du pain, devrait pouvoir être une garantie d'une conduite de la fermentation panair à pH suffisamment acide, ce qui est totalement absent du cahier des charges actuel. De même dans cette appellation, la quantité de levure utilisable devrait être très faible, ce qui irait de pair avec l'allongement du temps de fermentation nécessaire à l'acidification.

Diminuer très fortement la teneur en sel du pain

Pour prévenir l'hypertension artérielle à l'origine de nombreux troubles vasculaires et en particulier des accidents vasculaires cérébraux, il faudrait ingérer le moins de sel possible, au moins ne pas dépasser la dose journalière de 5 g par jour (elle est de plus de 8 g en moyenne dans la population française). On sait à quel point le secteur de la boulangerie trouve utile cet ingrédient sous prétexte d'effet technologique, de maîtrise des fermentations, alors que son rôle principal est de donner du goût à un aliment rendu insipide par une technologie inappropriée. Le PNNS a cru pouvoir recommander une teneur acceptable par la filière de 18 g par kilogramme de farine, mais cette préconisation bien timide n'a pas été largement suivie. On peut observer

seulement que la proportion des pains très salés a sensiblement diminué. Cependant avec des teneurs souvent proches des 20 g par kilogramme de farine, la situation n'est pas crédible en termes de prévention de l'hypertension, d'autant que le pain est souvent consommé avec des aliments salés tels que les charcuteries et les fromages.

Une proposition sérieuse en termes de santé publique serait de généraliser une teneur de 16 g de sel par kilogramme de farine, pour que le pain ne soit plus la source alimentaire majeure de sel. Une teneur de 16 g demeure largement acceptable sur le plan gustatif. Il semble que le secteur de la boulangerie ait bien peu communiqué sur la question du sel, or seule une communication claire pourrait faire évoluer le comportement des consommateurs. Nous suggérons donc que les boulangers développent une offre de pain à teneur de sel réduite à côté de leur offre habituelle. Ce n'est pas un pari risqué ; c'est une façon de sensibiliser et de familiariser la clientèle à un objectif nutritionnel, de lui donner l'occasion de comparer deux types de pain, d'apprécier le goût de pains moins salés mais mieux fermentés.

Après les dérives du pain blanc très aéré, le choix de la tradition française a été une bonne stratégie pour améliorer la qualité du pain. Une maîtrise nouvelle de la densité des farines et de la fermentation panair est maintenant indispensable pour asseoir sa qualité nutritionnelle. Mais il semble que l'on puisse aller encore plus loin pour assurer l'avenir du pain.

Développer une gamme de pains de haute valeur nutritionnelle

Il n'est pas utopique de concevoir une gamme de pains capables de satisfaire la majorité des besoins nutritionnels. Comme pour bien d'autres secteurs, la recherche de pains de haute valeur nutritionnelle devrait permettre aussi de faire progresser la qualité de l'ensemble de l'offre. Quatre critères principaux pourraient être retenus dans la définition de ces pains de haute valeur nutritionnelle.

La première condition est d'utiliser des farines de type 80-110. Un apport de 10 à 25 % de blé entier concassé et pré-trempé est la manière la plus sûre de disposer de la totalité des micronutriments du grain de blé, sans aucune altération due à la mouture ou à la conservation de la farine.

Pour parfaire la qualité du pain, il convient aussi d'améliorer la valeur nutritionnelle des protéines du blé trop pauvres en lysine par l'addition de graines de légumineuses dont la composition en acides aminés est complémentaire de celle des céréales. La lentille corail, verte ou noire, le soja jaune, la farine ou les flocons de pois chiches, les isolats protéiques de soja peuvent être facilement utilisés pour améliorer la valeur biologique des protéines. Le développement de pains qui permettent de satisfaire l'essentiel de nos besoins en protéines serait une étape décisive dans la valorisation du pain, une alternative intéressante pour diminuer la consommation de produits animaux.

Le pain peut être aussi une source importante des deux acides gras essentiels de la série oméga 6 et oméga 3. De nombreuses graines oléagineuses existent : notons que la simple addition de graines de tournesol et de lin suffit pour réaliser un apport équilibré en oméga 6 et oméga 3.

La protection de l'organisme nécessite aussi de disposer d'une large gamme de micronutriments protecteurs en provenance des fruits et légumes mais aussi d'une multitude de produits végétaux ou d'ingrédients naturels nouveaux,

que nous n'avons pas nécessairement l'occasion de consommer. De ce point de vue, le pain est un aliment vecteur d'un intérêt remarquable qui est encore bien sous utilisé.

La dernière suggestion serait enfin de remplacer le sel (chlorure de sodium) par un mélange salin complexe comportant en plus du NaCl, du carbonate de calcium, des sels de potassium et de magnésium et divers oligoéléments. Ces mélanges salins, à l'instar de l'alimentation animale, pourraient être couramment incorporés dans le pain et donner enfin au pain le statut d'un aliment particulièrement équilibré.

Développer une offre de pains moins levés, produits à partir d'une très grande diversité de céréales

Beaucoup de céréales ont des qualités nutritionnelles ou agronomiques remarquables et sont très peu consommées. Lorsqu'on retourne aux sources du pain, le produit n'était ni particulièrement levé et aéré, ni fabriqué à partir du blé tendre. L'essence du pain est d'être produite à partir de farines ou de grains de céréales broyés fermentés et cuits le plus souvent sous forme de galettes arrondies relativement plates. Ce n'est pas une forme désuète appartenant au passé puisque ce type d'aliment constitue l'ordinaire de milliards d'humains.

Ainsi, c'est une erreur de considérer que seuls la baguette ou les autres types de pain aérés ont une place dans les boulangeries et à la table des Français. Une nouvelle production de pains ronds et plats, tels qu'on les trouve au Maghreb à partir de la semoule de blé dur et d'orge, a un intérêt majeur pour consommer à l'avenir d'autres céréales telles que l'orge, le maïs, en association avec diverses espèces de blé (dur ou tendre) voire de seigle, de triticale, de tritordeum, de millet... De plus, un nouvel effort de recherche devrait être conduit pour sélectionner les variétés de ces céréales les mieux adaptées à ce type de panification. Un mélange de céréales avec des propriétés collantes différentes peut aussi s'avérer complémentaire pour former une pâte équilibrée (par exemple un peu de seigle ou de farine d'orge pour lier des semoules de blé dur sans « collant »).

Les Français ont progressivement adopté les pâtes italiennes, le couscous maghrébin, le riz Basmati, pourquoi n'aimeraient-ils pas un nouveau type de pains ronds et plats, s'ils sont bien fermentés et goûteux, d'autant qu'ils pourraient servir de base pour la confection de sandwiches bien garnis ? Finalement, avec l'accroissement de la population mondiale et l'utilisation accrue des céréales vers d'autres usages (nutrition animale, agrocarburants), il deviendra important de diversifier la culture et la consommation d'une plus grande diversité de céréales sous forme de pains, si possible équilibrés en protéines par d'autres ingrédients végétaux. S'ils bénéficient d'une bonne fermentation, tous les types de pain sont une bonne solution pour consommer de nombreux produits céréaliers. La diversification de l'offre de pains donnerait également un avenir remarquable à la boulangerie.

Constituer une banque de données de tous les ingrédients naturels utilisables dans le pain

Le pain est un support remarquable de toutes sortes de produits végétaux qui peuvent enrichir sa qualité nutritionnelle, varier son goût, apporter des éléments nutritifs

nouveaux. Le développement des pains qualifiés très improprement « multicéréales » a été une occasion d'incorporer une dizaine d'ingrédients particuliers, mais ce nombre est bien restreint au regard de la diversité potentielle des produits de toutes origines susceptibles d'enrichir la composition du pain. La filière devrait donc procéder à un inventaire des ingrédients disponibles et réaliser une banque de données sur leur composition nutritionnelle et leur possible utilisation.

Conclusion

L'histoire du pain est loin d'être écrite. Le développement de la baguette a été l'objet d'une recherche technologique déconnectée d'objectifs nutritionnels essentiels, tels que le maintien d'une bonne digestibilité du gluten ou l'obtention d'un bon index glycémique. Il existe cependant des solutions simples pour pallier les défauts actuels de ce type de pain, tels qu'une réduction encore plus forte du pétrissage et le développement des fermentations à pH suffisamment acide.

La France a largement exporté notre savoir-faire en matière de pain blanc à base de farine de blé, parfois au détriment de l'utilisation potentielle d'autres céréales locales. Il est temps de proposer de meilleures solutions, et aussi d'accueillir les autres pains du monde.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Sofi F, Abbate R, Gensini GF, Casini A. Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2010;92:1189–96.
- [2] Gil A, Ortega RM, Maldonado J. Wholegrain cereals and bread: a duet of the Mediterranean diet for the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutr* 2011;14:2316–22.
- [3] Dubuisson C, Lioret S, Touvier M, Dufour A, Calamassi-Tran G, Volatier J-L, et al. Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007: results from the INCA surveys. *Br J Nutr* 2009;103:1035–48.
- [4] Saulnier L, Ducasse M, Chiron H, Valle GD, Martin C, Issanchou S, et al. Impact of texture modification and dietary fibre content on the glycemic index and the acceptability of French bread. In: Kamp JW, van der Jones JM, McCleary BV, Topping DL, editors. *Dietary fibre: new frontiers for food and health*. 2010. p. 115–20.
- [5] Saulnier L, Micard V. Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. *Innov Agronomiques* 2012;19:63–74.
- [6] Fardet A, Leenhardt F, Lioger D, Scalbert A, Rémésy C. Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutr Res Rev* 2006;19:18–25.
- [7] Adam A, Leenhardt F, Lopez HW, Leuillet M, Rémésy C. Les possibilités d'amélioration de la valeur nutritionnelle du pain. *Cah Nutr Diet* 2003;38:316–22.
- [8] Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr Res Rev* 2010;23:65–134.
- [9] Pietzak M. Celiac disease, wheat allergy, and gluten sensitivity: when gluten free is not a fad. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2012;36:68S–75S.
- [10] Hischenhuber C, Crevel R, Jarry B, Maki M, Moneret-Vautrin DA, Romano A, et al. Review article: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2006;23:559–75.
- [11] Catassi C, Bai JC, Bonaz B, Bouma G, Calabro A, Carroccio A, et al. Non-celiac gluten sensitivity: the new frontier of gluten related disorders. *Nutrients* 2013;5:3839–53.
- [12] Branlard G. La qualité du gluten : variations de sa composition et de ses propriétés. *Med Nutr* 2012;48:19–23.
- [13] Gass J, Bethune MT, Siegel M, Spencer A, Khosla C. Combination enzyme therapy for gastric digestion of dietary gluten in patients with celiac sprue. *Gastroenterology* 2007;133:472–80.
- [14] Rashtak S, Murray JA. Review article: coeliac disease, new approaches to therapy. *Aliment Pharmacol Ther* 2012;35:768–81.
- [15] Simonato B, Pasini G, Giannattasio M, Peruffo ADB, De Lazzari F, Curioni A. Food allergy to wheat products: the effect of bread baking and in vitro digestion on wheat allergenic proteins. A study with bread dough, crumb, and crust. *J Agric Food Chem* 2001;49:5668–73.
- [16] Ribotta PD, Le Bail A. Effect of additives on the thermo-mechanical behaviour of dough systems at sub-freezing temperatures. *Eur Food Res Technol* 2007;224:519–24.
- [17] Kasarda DD. Can an increase in celiac disease be attributed to an increase in the gluten content of wheat as a consequence of wheat breeding? *J Agric Food Chem* 2013;61:1155–9.
- [18] Koyuncu O, Bilgicli N, Elgun A, Kara M. Effect of pentosanase on dough and bread properties produced by different types of flours. *J Food Qual* 2008;31:156–72.
- [19] Poutanen K, Flander L, Katina K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiol* 2009;26:693–9.
- [20] De Angelis M, Coda R, Silano M, Minervini F, Rizzello CG, Di Cagno R, et al. Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease coeliac intolerance to rye flour. *J Cereal Sci* 2006;43:301–14.
- [21] Rizzello CG, De Angelis M, Di Cagno R, Camarca A, Silano M, Losito A, et al. Highly efficient gluten degradation by lactobacilli and fungal proteases during food processing: new perspectives for celiac disease. *Appl Environ Microbiol* 2007;73:4499–507.