



**itab**

l'Institut de l'agriculture  
et de l'alimentation biologiques



• AGRIBIO 04 •

Les Agriculteurs **BIO** des Alpes  
de Haute-Provence



# Evolution des pratiques en filière boulangerie et conséquence sur la santé

DOCUMENT REALISE A PARTIR D'UNE ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE  
COMMANDEE PAR AGRIBIO04 ET L'ITAB AUX ETUDIANTS DE  
AGROSUP DIJON : MANON BEGUIN, LUCIE CHABERT, VALENTIN  
CHAPPUIS, 2019-2020

# Evolution des pratiques en filière boulangerie et conséquence sur la santé

## 1 Introduction

---

Le blé est une céréale vitale sur laquelle repose en partie l'économie mondiale. Elle est également au centre des régimes alimentaires et participe à l'équilibre alimentaire. L'industrialisation de l'agriculture a cependant conduit à des changements de pratiques visant à augmenter les rendements et la teneur en protéine. Il en résulte une diminution drastique de la diversité des blés cultivés ainsi qu'une diminution de sa densité nutritionnelle. Les changements de pratiques, de sa culture à sa transformation, ont également engendré une augmentation des allergies alimentaires mais également des déficits nutritionnels (hausse de l'index glycémique, carence en micronutriments). Pour améliorer la qualité nutritionnelle du pain, un premier levier mobilisable est l'agriculture biologique. L'emploi de pesticides y est prohibé, ce qui permet d'utiliser une plus grande partie du grain, l'enveloppe, où sont concentrés la majorité des minéraux, oligo-éléments, vitamines. Cependant les variétés issues de la sélection moderne ne semblent pas répondre aux nombreux critères de l'AB. Les blés populations, ou variétés anciennes, semblent remplir un grand nombre de ces critères. Leur diversité génétique permet une adaptation continue aux conditions climatiques fluctuantes. Elles représentent, de plus, un réservoir génétique pour de potentielles améliorations sur la densité nutritionnelle. Enfin, le dernier levier mobilisable est celui de la transformation : l'allongement du temps de fermentation, la pratique d'un pétrissage modéré ou encore l'utilisation du levain sont autant de paramètres à ajuster pour optimiser la qualité nutritionnelle du pain.

## 2 Le blé une céréale vitale

---

### 2.1 INTERET ECONOMIQUE ET NUTRITIONNEL DU BLE

#### 2.1.1 Intérêt économique

Les céréales sont des graminées cultivées depuis des millénaires par l'Homme. Parmi elles, le blé est actuellement la céréale la plus cultivée et la plus consommée au niveau mondial. En 1960, les pays industrialisés consommaient 63 % du blé produit dans le monde et il a été estimé que dans les années 2000, 60 % de cette production serait consommée en Afrique et en Asie (Encyclopædia Universalis, 1998). Le blé, et plus particulièrement *Triticum* spp., fournit actuellement environ 20% des protéines alimentaires mondiales (Braun et al., 2010). En France actuellement c'est *Triticum aestivum* L. qui est l'espèce cultivée d'intérêt économique majeur depuis plusieurs décennies (Abecassis et Bergez, 2009).

En France, les céréales biologiques destinées à la consommation humaine constituent 40% du marché des produits biologiques dont une majorité est liée au secteur de la panification (Le Floc'h-Wadel et Sylvander, 2000). L'augmentation des surfaces représentait en 2003, 124 360 t (Office National Interprofessionnel des Céréales, 2003) sur une superficie de 78 723 ha (Agence Bio, 2003), soit 18% de la surface biologique totale.

## 2.1.2 Intérêt nutritionnel

Les besoins en glucides de l'Homme sont très élevés et il ne possède pas de capacité de stockage très importante pour les glucides : il faut donc que les apports soient constants. L'ANSES recommande une consommation quotidienne moyenne de 40 à 55% des calories (kcal) sous forme de glucides (Santé Publique France, 2007). Cependant, avec le mode de vie occidental, la population consomme généralement un excès de glucides simples entraînant un déséquilibre alimentaire, souvent accompagné d'une surcharge pondérale, pouvant mener à l'obésité. Le pain est essentiellement composé d'amidon, un polymère d'amylose et d'amylopectine. L'amidon est un sucre lent, ce qui lui donne la propriété d'être digéré lentement et de ne pas élever la glycémie de manière trop importante. Ainsi, la consommation de 93.9g/jour de pain (quantité journalière moyenne française) contribue à 17% de l'apport en glucides (tableau n°1).

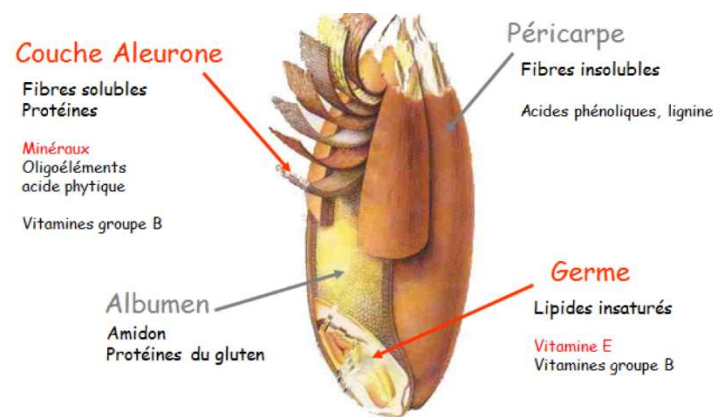


Figure 1: le grain de blé, une structure hétérogène. Source : présentation du 6 novembre 2007, Rémésy, Leenhardt (INRA Clermont-Theix) dans le cadre du projet « Evaluation de la qualité d'un blé panifiable en AB et contribution à l'élaboration des qualités nutritionnelles et organoleptiques des pains biologiques. »

La présence de céréales dans les régimes alimentaires est donc recommandée. Tant que la consommation de blé n'est pas exagérée, elle présente de nombreux bénéfices sur la santé : la consommation régulière de blé est corrélée avec une diminution des risques de diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires, et favorise le succès des "régimes minceurs" notamment lorsque le blé est complet (Brouns et al., 2013).



Figure 2: composants des aliments : macronutriments, micro-nutriments, minéraux et fibres

Les micronutriments regroupent les vitamines, les minéraux et les oligoéléments. Ils ne présentent aucune valeur énergétique, mais sont essentiels. "Les vitamines sont des substances organiques sans valeur énergétique mais indispensables à l'organisme qui ne peut en faire la synthèse" (Le

Robert, 1974). Le pain permet un apport de vitamines assez important, principalement en vitamines B1, PP et B5. Bien que le pain permette un apport en oligoéléments, il est difficile de savoir dans quelle mesure il permet de répondre aux besoins journaliers. La seule certitude est pour le fer, dont l'apport est non négligeable.

Tableau 1: apports nutritionnels du pain, et % ramené à la portion journalière moyenne

Apport nutritionnel	Intérêt nutritionnel	% apporté par 93.9g/jour
Glucides	Apport énergétique.	17%
Lipides	Apport énergétique, santé des cellules, stock.	0.5%
Protéines	Apport énergétique, synthèse des protéines, enzymes, stock.	10%
Fibres	Prévention des maladies cardiovasculaire, du cancer du côlon et du diabète type 2.	13%
Antioxydants	Prévention contre les maladies cardiovasculaires, les cancers et le vieillissement (Melkonian, 2011).	
Phytostérols	Diminue l'absorption du « mauvais » cholestérol .	
<b>Minéraux</b>		
Phosphore	Formation et maintien de la santé des os et des dents, régénération des tissus, maintien du PH sanguin.	0.74%
Sodium	Echanges cellulaires.	1.39%
Calcium	Système osseux, influx nerveux.	0.40%
Magnésium	Développement osseux, synthèse des protéines, santé dentaire, bon fonctionnement du système immunitaire, transmission influx nerveux.	1.75%
Fer	Transport de l'oxygène, formation des globules rouges, fabrication des nouvelles cellules, hormones et neurotransmetteurs.	12.73%
Zinc	Réaction immunitaire, mise en réserve et libération d'insuline dans le pancréas.	9.39%
Manganèse	Facilite certains processus métaboliques, protection contre les radicaux libres.	31.3%
Cuivre	Formation de l'hémoglobine et du collagène.	47%
Sélénium	Protection contre les radicaux libres et activation des hormones thyroïdiennes.	
Potassium	Equilibre du ph sanguin, favorise la digestion, transmission de l'influx nerveux.	0.39%
<b>Vitamines</b>		
Vitamine B1	Participe aux voies métaboliques, transmission de l'influx nerveux, favorise la digestion et la croissance.	15.65%
Vitamine B2	Croissance et régénération des tissus, synthèse des globules rouges et des hormones.	3.76%
Vitamine B3	Voie de synthèse du métabolisme primaire (glucides, lipides, protéines), synthèse de l'ADN.	14.09%
Vitamine B5	Voie de synthèse du métabolisme primaire, fabrication des hormones stéroïdiennes, globules rouges et neurotransmetteurs.	19.72%
Vitamine B6	Métabolisme primaire, synthèse des globules rouges, bon fonctionnement du système immunitaire.	9.39%
Vitamine E	Protection de la membrane cellulaire.	1.57%
Vitamine B9	Formation des cellules de l'organismes, synthèse de l'ADN, fonctionnement du système nerveux.	8.49%
Vitamine K	Maintiens de la santé des os.	

Ainsi, le pain présente une valeur nutritionnelle importante car il est très riche en certains éléments tels que les fibres et les glucides complexes mais est très pauvre en lipides, certains minéraux et certaines vitamines.

## 2.2 EVOLUTION DES PRATIQUES AGRO-INDUSTRIELLES DANS LA FILIERE PAIN

### 2.2.1 Évolution des pratiques de sélection

La culture du blé a évolué au fil des siècles et des générations de culture. Jusqu'au début du XXème siècle, la sélection était principalement réalisée par les agriculteurs qui prélevaient dans les récoltes les semences des individus les plus intéressants et qui étaient utilisées afin de réaliser la récolte suivante (sélection massale positive).

Au cours des « Trente glorieuses », l'agriculture s'est modernisée, ce qui a bouleversé le modèle en place et l'a remplacé par un modèle dit « délégatif » de la sélection végétale afin de rendre l'agriculture moderne plus efficace. On observe alors une distinction des métiers et des fonctions : la production agricole, la production de semences, la sélection et la conservation des ressources génétiques. Cette organisation se renforce grâce à la mise en place d'un dispositif réglementaire mettant l'accent sur la performance (Valeur Agronomique et Technologique, VAT) et la prédictibilité des performances des variétés. Les sélectionneurs professionnels favorisent alors la création de variétés homogènes et stables avec l'instauration du catalogue officiel des variétés, basé sur les critères de Distinction Homogénéité Stabilité (DHS), permettant une standardisation des productions, ce qui facilite grandement leur mise sur le marché. Ce processus de sélection a conduit à une réduction drastique de la diversité. On en distingue trois principales causes : les épreuves d'inscription d'une variété ne s'intéressent qu'à quelques traits selon les critères dominants du moment, ne considèrent pas la diversité des milieux par une forte artificialisation et sont conduites dans un seul type d'itinéraire technique (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). Les variétés modernes issues de cette sélection conventionnelle sont développées dans le but d'avoir une large adaptation géographique à condition d'utiliser les doses recommandées d'intrants (fertilisants non organiques et pesticides) afin d'effacer l'hétérogénéité du milieu.

La sélection pour l'agro-industrie s'est également intéressée à améliorer la qualité boulangère. Elle se concentre principalement sur la force boulangère : des propriétés rhéologiques voulues pour la pâte, telles que l'extensibilité et la ténacité (Leenhardt, 2005). La sélection du blé a ainsi été optimisée pour accroître la qualité boulangère. Les protéines de gluten, gluténines et gliadines, sont à l'origine des propriétés viscoélastiques du pain. En effet, au cours du pétrissage, ces différentes protéines forment un réseau responsable de ces propriétés : les gluténines confèrent à la pâte son élasticité et sa ténacité, tandis que les gliadines vont lui conférer sa viscosité et son extensibilité (Meleard, 2014). La sélection a visé à améliorer le taux de gluténines dans le but d'améliorer la ténacité de la pâte pour la panification industrielle.

Ainsi la sélection du blé s'est principalement portée sur les critères du blé permettant d'augmenter les rendements et d'obtenir des propriétés rhéologiques précises, mais la qualité nutritionnelle a très peu été prise en compte lors de la sélection. Les schémas de sélection classiques ne semblent a priori plus adaptés aux besoins de l'agriculture biologique, de plus en plus plébiscité par la population et qui induit de ne pas modifier l'environnement par des intrants chimiques.

### 2.2.2 Evolution des pratiques culturales

L'utilisation d'engrais azotés chimiques à grande échelle depuis le début du XXème siècle représente un bouleversement majeur des pratiques agricoles. En effet, avant cette période, la fertilisation azotée était assurée par un apport en engrais organique (lisier, guano) et naturellement par les dépôts d'azote atmosphérique. Cependant, grâce à la synthèse chimique, l'apport mondial de fertilisants azotés est passé de 3-4 millions de tonnes vers 1950 à environ 80 millions

de tonnes par an à la fin des années 1980 (Frink et al,1999). L'utilisation des fertilisants azotés de synthèse a permis une forte augmentation des rendements des cultures (Hirel et al., 2007). Néanmoins, l'apport excessif d'azote peut induire une plus forte sensibilité à la verse et aux maladies (Spiertz et De Vos, 1983 ; Crook et Ennos, 1995) et avoir des effets néfastes sur les écosystèmes. Le rendement en grain d'une culture de blé et la teneur en protéine des grains dépendent de différents facteurs mis en place tout au long du cycle de culture, durant la période végétative, puis durant celle du remplissage du grain. Le rapport carbone/azote (C/N) du grain étant largement en faveur du carbone, le rendement en grain dépend en premier lieu des facteurs déterminant l'assimilation photosynthétique, le stockage et la remobilisation des hydrates de carbone. La teneur en protéine dépend, quant à elle, fortement de la quantité d'azote absorbée et remobilisée vers le grain mais, du fait que son calcul intègre le rendement en grain, cette variable traduit mal ces deux processus. En effet, pour une teneur en protéine identique, des génotypes présentant des rendements différents sont aussi des génotypes présentant des quantités d'azote absorbées et/ou remobilisées très différentes. A ce titre, le rendement en protéines reflète mieux les performances des génotypes en termes d'absorption et d'allocation de l'azote vers les grains.

### 2.2.3 Evolution des pratiques de transformations

La qualité d'un pain dépend également du type de mouture de sa farine. Les fibres, très présentes dans le blé, induisent des problèmes de digestion et diminuent le développement de la pâte (Leenhardt, 2005). À la suite de ce constat, les procédés technologiques ont été développés pour ne récupérer que l'amande farineuse, résultant du broyage du blé présent dans l'albumen, et utilisée pour produire du pain blanc. La plupart des micronutriments se trouvent dans le son après la mouture, ainsi l'apport en minéraux est influencé négativement par les aliments à faible densité nutritionnelle, comme le pain blanc, qui est riche en calories mais pauvre en vitamines et en minéraux (Oury et al., 2006).

L'objectif actuel des meuniers est d'augmenter le rendement meunier, c'est-à-dire la quantité de farine obtenue à partir d'une quantité de grains. Cet objectif est donc différent de l'objectif des nutritionnistes, qui est de limiter les pertes en micronutriments (Leenhardt et Rémésy, 2005). Il serait cependant possible d'augmenter la valeur nutritionnelle des pains en mélangeant la farine et le son pour augmenter la teneur en minéraux.

Le pétrissage se décompose en deux parties : le frasage et le pétrissage à proprement parler. Le frasage permet dans un premier temps l'hydratation des protéines et le pétrissage assure l'incorporation d'oxygène (Leenhardt, 2005). Avec l'industrialisation, le pétrissage est devenu beaucoup plus rapide et plus intense, ce qui est à l'origine d'un réseau de gluten très résistant. Cela a entraîné des contraintes dont l'ajout de sel en plus grande quantité pour maintenir le réseau de gluten. Il serait donc préférable de diminuer l'intensité et la durée du pétrissage pour ne pas créer un réseau de gluten trop important et ainsi faciliter sa digestion (Rémésy et al., 2015).

La fermentation possède plusieurs rôles pour la formation du pain. Elle permet de donner du goût au pain, mais aussi d'activer les enzymes présentes dans la pâte. Cependant, l'industrialisation a entraîné une diminution du temps de fermentation. Cela se traduit par une perte d'arôme du pain : du sel est donc rajouté pour pallier ce manque de goût. Or, l'ajout de sel dans le pain inhibe le développement des ferments, et ceux-ci n'ont plus un temps suffisamment long pour agir : il a donc été nécessaire d'augmenter la quantité de ferments et de remplacer le levain par la levure (Leenhardt, 2005) pour continuer à avoir un pain bien alvéolé.

## 2.2.4 Evolution de la consommation de pain

L'industrialisation des aliments a principalement mis en avant la présence de nutriments énergétiques tels que les glucides, protéines et lipides dans notre alimentation, au détriment de la fraction non-énergétique constituée des fibres, minéraux et autres micronutriments. Il y a donc une abondance de macronutriments énergétiques, mais ne permettant pas de couvrir les apports recommandés en minéraux et micronutriments (Leenhardt, 2005). Le pain est de plus en plus produit par le biais de farines raffinées, dont une partie de la valeur nutritionnelle est réduite au cours du processus de fabrication.

D'autre part, il a été observé que la prévalence des allergies alimentaires a augmenté au cours des dernières années (Dutau et al., 1995; Sampson, 1996). En France, elle a été évaluée à 3,24% (Kanny et al., 2001). La farine de blé est souvent responsable de rhinites, d'asthmes allergiques, d'urticaires, d'eczémas et de dermites à cause de certaines protéines qu'elle contient (Castelain, 1999). En France, le blé arrive au 8e rang dans l'allergie alimentaire de l'enfant, qui semble le plus touché, et au 12e rang chez l'adulte (Rancé et al., 1998; Hischenhuber et al., 2006). Le blé représente 2,5% des cas d'allergie alimentaire (6 cas sur 245) (Bock et Atkins, 1990). Le gluten fait notamment actuellement l'objet d'une phobie auprès de certains consommateurs, ce qui explique le succès grandissant des produits alimentaires sans gluten. Bien que le gluten soit à exclure de l'alimentation des personnes atteintes de la maladie cœliaque, celle-ci ne touche que 0,5 à 1% de la population. Des études suggèrent que la maladie cœliaque a augmenté de 2 à 4 fois au cours des 50 dernières années (Lohi et al., 2007; Rubio-Tapia et al., 2009). Paradoxalement, ce ne sont donc pas ces formes d'intolérance qui sont à l'origine de la phobie grandissante vis-à-vis du gluten. Cependant, beaucoup de personnes témoignent de bénéfices au niveau digestif ou de l'état général dû à l'exclusion du gluten de leur alimentation.

Des enquêtes épidémiologiques et essais cliniques sont menées afin de décrire les caractéristiques d'une alimentation préventive idéale afin d'assurer une santé optimale aux consommateurs (à l'instar du régime méditerranéen, riche en produits céréaliers, en fruits et en légumes, un apport moindre en produits d'origine animale et un apport équilibré en matières grasses) (Sofi et al., 2010; Gil et al., 2011). Ainsi, le rôle de la nutrition dans la santé est de plus en plus mis en avant par les professionnels et dans le comportement des consommateurs. Cependant, les apports en glucides de la plupart des consommateurs sont actuellement très mal assurés. Cela s'explique par une diminution de la consommation de féculents tels que les légumes secs, la pomme de terre mais également le pain (Dubuisson et al., 2010). De plus, les apports en fibres alimentaires restent déficitaires (moins de 20 g/jour au lieu des 25 à 30g recommandés), alors que la consommation de sucre journalière reste trop élevée.

## 3 Conséquence de l'évolution des pratiques sur la nutrition humaine

---

### 3.1 D'UNE FARINE SEMI-COMPLÈTE A UNE FARINE BLANCHE

Dans les modes alimentaires contemporains, le pain est une source intéressante de glucides. Cependant, le pain blanc actuellement le plus consommé est pointé du doigt pour deux raisons : son indice glycémique trop élevé, c'est-à-dire qu'il élève trop rapidement la glycémie, et la présence de gluten.

Toutefois, il est intéressant de noter que cet indice glycémique peut être diminué en rendant la mie plus dense (Saulnier et al., 2010; Saulnier et Micard, 2012). En France, la boulangerie a déjà

progressé en ce sens en utilisant désormais de la farine de type 65 plutôt que 55. Cependant elle doit maintenant passer un nouveau cap en se dirigeant progressivement vers l'utilisation de farine de type 80, pour laquelle les pouvoirs publics sont favorables. Cependant, les opposants à cette mesure avancent régulièrement l'argument de la contamination possible des enveloppes du grain par les mycotoxines et les pesticides.

Ainsi, les pains « bio » plus acides et plus denses sont également intéressants dans nos régimes alimentaires actuels puisqu'ils ont des indices glycémiques plus bas que les pains « conventionnels » (Adam et al., 2003; Fardet et al., 2006).

### 3.2 DU LEVAIN A LA LEVURE

L'utilisation du levain en boulangerie, bien que demandant plus de temps pour la fermentation présente de nombreux avantages sur les plans nutritionnels, aromatiques et de conservation (Poutanen et al., 2009). En plus d'apporter du goût, son utilisation retarde l'utilisation de l'amidon conduisant à une diminution de la réponse glycémique, une meilleure disponibilité des minéraux et il semble même améliorer la digestibilité du gluten. Il a été remplacé par la levure, donnant des pains à la texture plus légère, des goûts plus neutres en un minimum de temps (20 min de fermentation en boulangerie industrielle).

En effet, pour accélérer la fabrication ; l'utilisation de la levure s'est généralisée, mais les temps de fermentations réduits ne permettent pas une solubilisation totale des phytates. Ces derniers agissent comme des chélateurs, et empêchent l'assimilation des minéraux.

Pourtant, le levain a la capacité de modifier les fractions de son (riche en fibre) de manière à incorporer le plus possible de son dans le pain. Grâce au long temps de fermentation, qui permet d'atteindre un seuil d'acidité, les phytates se solubilisent, ainsi la biodisponibilité des minéraux est améliorée (Chavan and Chavan, 2011). De plus, l'utilisation du levain permet de réduire l'index glycémique en attaquant la structure chimique de l'amidon. Enfin, le levain a une action débobinante sur le gluten et facilite ainsi sa digestion. Ainsi, à quantité égale, une tranche de pain de levure aura un impact pondéral plus important que le pain au levain (Rizzello et al., 2007).

### 3.3 DIGESTIBILITES DU GLUTEN

Le nombre de personnes intolérantes au gluten a fortement augmenté au cours de ces dernières années (Kanny et al., 2001) et a donné lieu à une multiplication de régime sans gluten (Lohi et al., 2007; Rubio-Tapia et al., 2009). En effet, le gluten est utilisé pour la panification car il permet la formation d'un réseau qui piège le CO<sub>2</sub> produit par les ferments, permettant ainsi la levée du pain. Après son ingestion, le gluten est dégradé au cours de la digestion et est réduit en peptides et en acides aminés. Pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque, le gluten n'est pas dégradé et s'accumule ce qui déclenche la production d'anticorps pouvant mener à l'apparition de maladies auto-immunes au niveau intestinal. Une autre maladie liée à la consommation de gluten est la sensibilité ou hypersensibilité au gluten. Elle présente les mêmes symptômes que la maladie cœliaque, mais n'entraîne pas l'apparition de maladies auto-immunes et implique des mécanismes différents (Venesson, 2013).

#### ***Intolérance ou sensibilité au gluten ?***

*De nouvelles études se sont penchées sur le gluten et ont permis de définir un nouveau syndrome de sensibilité au gluten non cœliaque (non-celiac gluten sensitivity) dont la prévalence n'est pas encore connue, mais supposée nettement supérieure à celle de la maladie*



*cœliaque et dont les symptômes restent encore indéfinis (Hischenhuber et al., 2006; Pietzak, 2012). 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 étranger à la fragilisation de la sphère intestinale, mais cela n'explique pas tout. Actuellement, les personnes souffrant d'hypersensibilité au gluten retirent généralement le blé et/ou d'autres sources de gluten de leur 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 de sa dégradation par des enzymes. 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.*

Plusieurs scientifiques se sont donc demandés si les 60 dernières années de sélection de variétés de blé pouvaient être responsable de la situation actuelle (Davis, 2011; Junker et al., 2012) : il pourrait donc être intéressant d'utiliser des variétés population de blé dans l'alimentation contemporaine car celles-ci présentent une plus forte variabilité génétique, pouvant conduire à des ratios gliadines/gluénines différents et une robustesse plus importante que les variétés cultivées actuellement, ce qui permet en plus de répondre aux enjeux climatiques auxquels nous devons faire face.

## 4 Les leviers mobilisables pour améliorer la qualité nutritionnelle du pain

L'amélioration de la qualité nutritionnelle du pain peut se faire à plusieurs niveaux : celui du blé, de la farine ou du pain. Au niveau du blé, la méthode la plus évidente repose sur la modification des conditions de culture. En effet, la qualité du sol et l'utilisation de fertilisants adéquats peuvent permettre une meilleure qualité nutritionnelle, principalement pour l'absorption des minéraux (Fardet, 2010). Une autre méthode est l'utilisation de grains entiers pour fabriquer les farines. En effet, ces derniers possèdent plus de fibres et de nutriments que lorsque les farines sont raffinées (Fardet, 2010). De plus, la biodisponibilité des nutriments est plus importante dans les grains entiers, ce qui permet une plus grande absorption des nutriments. Il existe cependant d'autres méthodes, telle que la sélection, pour améliorer la qualité nutritionnelle du blé, que ce soit par la sélection d'espèces de blé riches en micronutriments, par des croisements et hybridations de différentes espèces, ou par génie génétique. Il est par exemple possible d'augmenter la quantité de minéraux et de vitamines dans le blé par croisements génétiques : c'est la biofortification. Pour cela, il faut tout d'abord réaliser des tests, et identifier les espèces de blé contenant le plus de vitamines ou de minéraux. Il faut ensuite, réaliser des croisements entre ces différentes espèces sur plusieurs générations pour obtenir la plus grande quantité possible de micronutriments (Ortiz-Monasterio et al., 2007).

### 4.1 LE LEVIER AGRONOMIQUE

La disponibilité de variétés adaptées à l'agriculture biologique est une clé de son développement.

Trois critères de sélection sont particulièrement importants en agriculture biologique :

- la robustesse qui intègre les notions de résistance aux stress biotiques, de tolérance aux stress abiotiques, la capacité à concurrencer les adventices.

- la stabilité des performances : les variétés doivent être assez performantes pour garantir un revenu suffisant pour l'agriculteur et stables afin de garantir la stabilité économique.

- la qualité des performances : la qualité (visuelle, organoleptique et nutritionnelle) du blé est indispensable pour répondre aux attentes des circuits de distribution.

Ces trois critères restent assez globaux car développer une liste exhaustive de l'ensemble des critères requis par l'agriculture biologique est difficile, ceux-ci peuvent être très variés selon les contextes. Cependant, il est tout de même possible de citer certaines caractéristiques essentielles comme le fait que la variété doit posséder un système racinaire efficace (utilisation des nutriments du sol), avoir une bonne capacité à concurrencer les adventices, contribuer à la santé du sol, donner une bonne qualité de produit, être résistant aux stress biotiques, tolérant aux stress abiotiques, être capable d'interagir avec les micro-organismes avantageux présents dans le sol... (Lammerts van Bueren et al., 2011).

Une clé du développement de l'AB réside dans la disponibilité de variété aux performances stables et rentables sur une diversité d'environnement de culture et dans un contexte de changement climatique. En effet, l'agriculture biologique ne peut se reposer sur une seule variété idéale mais sur une multitude de variétés, ce qui permet de prendre en compte le contexte socio-économique de l'environnement cible et de s'y adapter le plus possible.

## 4.2 LE LEVIER GENÉTIQUE

### 4.2.1 Des variétés adaptées à l'AB....

La structure génétique des variétés de blé peut être soit homogène, avec une variabilité intra-variétale nulle (lignées pures, hybrides F1, clones), soit hétérogène, avec une variabilité intraspécifique importante (mélanges, populations). Les variétés hétérogènes, dont l'utilisation est ancestrale, peuvent être regroupées selon plusieurs dénominations en fonction du mode de classement utilisé : point de vue historique (variétés anciennes...), génétique (population) ou biologique (reproduction libre...). Elles s'opposent aux lignées pures, majoritairement cultivées aujourd'hui, composées d'individus aux génotypes et phénotypes homogènes au sein de la variété.

Les variétés à forte diversité intraspécifique pourraient répondre aux nombreux critères de l'AB. Cette diversité génétique présente un intérêt en agriculture biologique puisqu'elle permet l'adaptation dynamique de la variété aux conditions locales et aux changements climatiques. La culture de ces variétés, comme le souligne son synonyme « variétés de pays », revêt donc une dimension à la fois sociale (protection de l'héritage local) et économique (adaptation des variétés aux systèmes de production, autonomie face à l'industrie phytosanitaire et semencière) (Bocci et Chable, 2008). En théorie, plus un système est complexe, plus il est résistant aux variations (résilient). En effet, des études ont montré que ces variétés présentent des performances agronomiques comparables aux variétés modernes en condition de faible intrant et en agriculture biologique (Di Silvestro et al., 2012). La complémentarité entre les génotypes des différents individus d'une même culture favorise la stabilité de l'écosystème. Il a été montré que la compétition entre les individus est d'ailleurs, une force d'évolution majeure (David et al., 1997). Cela permet aux plantes de s'adapter progressivement de génération en génération grâce à une large base génétique qui favorise fortement les opportunités pour s'adapter aux conditions environnementales fluctuantes. Jackson et al. (1978) montrent une complémentarité des génotypes favorisant le développement d'une résistance multiple : par exemple, la capacité de dispersion du pathogène est diminuée lorsqu'au sein d'une population on observe la présence de génotypes résistants.

Enfin, la complémentarité des précocités permet une adaptation sur la saison en différant la phénologie requise pour que le développement de la plante coïncide avec la disponibilité en eau de différents environnements par exemple. Cela conduit à la création de populations réunissant plusieurs génotypes, capables de s'adapter aux stress fluctuants. La conduite dynamique d'une population est une pratique complémentaire à la culture de populations qui vise à maintenir la variabilité génétique à travers les mécanismes de l'évolution (recombinaisons, mutations, migrations) dans des populations cultivées dans différents environnements. Elle permet aussi d'augmenter les ressources génétiques dans les stades de pré-sélection où les parents d'intérêts sont sélectionnés. De plus, leur diversité génétique représente un important potentiel pour l'amélioration sur des critères nutritionnels et aromatiques (Di Silvestro et al., 2012; Starr et al., 2013).

#### 4.2.2 ...aux potentiels d'amélioration nutritionnel important

L'indice glycémique permet de classer les aliments en fonction de l'élévation de la glycémie qu'ils produisent lorsqu'ils sont consommés (la glycémie étant le taux de glucose présent dans le sang). Il semble que le blé population présente un indice glycémique inférieur au blé moderne. Cela pourrait s'expliquer par une différence de ratio entre l'amylose et l'amylopectine de l'amidon (Dinu et al., 2018). En effet, dans le blé population, il y a une plus grande quantité d'amylose que dans le blé moderne. Etant donné que l'amylose est digérée lentement, cela pourrait ainsi diminuer la vitesse de libération du glucose dans le sang et ainsi de diminuer l'indice glycémique (Holt et Miller, 1995). De plus, cela entraîne une augmentation de la satiété (Holt et Miller, 1995), ce qui permettrait en parallèle, de réduire la prise alimentaire et donc de participer à la réduction de l'obésité, très présent dans nos sociétés modernes.

De plus, il a été montré que les lignées pures possèdent une plus grande quantité de gluténine, ce qui conduit à un ratio gliadines/gluténines plus faible que pour les variétés populations (Call et al., 2020). En effet, la gluténine, impactant la ténacité de la pâte, permet d'assurer sa qualité boulangère et la panification industrielle.

Certaines études montrent des apports en micronutriments différents selon le type de blé. Les blés populations présentent de plus fortes teneurs en caroténoïde, et plus particulièrement en lutéine, que les blés modernes (Abdel-Aal et al., 2007). Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles donnant une couleur rouge-orangée aux végétaux et sont connues pour leurs propriétés antioxydantes. Les antioxydants sont généralement considérés comme bons pour la santé. Le bêta-carotène, faisant partie des caroténoïdes, est une provitamine A (Shewry et Hey, 2015). Ainsi les blés populations offriraient un apport plus important en vitamine A que les blés modernes. Les blés populations sembleraient également plus riche en sélénium, magnésium, phosphore et zinc que les blés modernes (Spisni et al., 2019), ce qui leur offre une meilleure densité nutritionnelle vis-à-vis de ces minéraux. Cependant, les blés modernes possèderaient plus de fibres que les blés populations (Shewry et Hey, 2015).

Les blés population présentent aussi de plus fortes teneurs en acides gras mono et poly-insaturés et une quantité d'acides gras saturés plus faible que le blé moderne (Dinu et al., 2018), ce qui permet une diminution LDL-cholestérol lors de la consommation de blé population. Le LDL-cholestérol est considéré comme "mauvais" cholestérol. Lorsque la concentration en LDL augmente dans le sang, ce dernier peut se déposer sur les artères et former des plaques athéromateuses (Arvy, 2012). Plus il y a de plaques, plus la lumière centrale de l'artère se réduit et plus le sang a du mal à circuler : c'est l'athérosclérose. Elle peut entraîner plusieurs autres maladies comme les maladies cardiovasculaires, les infarctus du myocarde... La consommation de blé population permettrait de diminuer ces risques par rapport au blé moderne.

Ces conclusions sont cependant relatives, car il manque des données comparatives entre les blés modernes et le blés populations (Shewry, 2018; Shewry et Hey, 2015).

Tableau 2: synthèse de la comparaison variétés populations / lignées pures

	Variétés populations	Lignées pures
Amylose	+	-
Gluténine	-	+
Caroténoïdes	+	-
Vitamine A	+	-
Sélénium	+	-
Mg, P, Zn	+	-
Fibres	-	+
Acides gras mono-poly insaturés	+	-

### 4.3 LE LEVIER TRANSFORMATION

Au niveau de la farine, le type de farine est un bon indicateur de la teneur en fibres et micronutriments. Le farine de type 80 représente un bon compromis car elle permet d'augmenter la valeur nutritionnelle du pain, par rapport à d'autres types avec moins de cendre, et ne change pas la nature du pain de manière significative (Rémésy et al., 2015).

Le type de mouture (cylindres *vs.* meules) est également un levier pour améliorer la qualité nutritionnelle des farines. Chaurand et al. (2005) ont montré qu'une farine de meules permet de récupérer entre 6 et 10% de minéraux en plus (Magnesium, Fer et Zinc) par rapport à une farine issue de cylindres.

Globalement les farines de blé complètes permettent de meilleurs apports que celles de blés raffinés. De plus, les variétés populations ont des apports supérieurs en certains composés, par rapport aux lignées pures actuellement utilisées, puisque la sélection de ces micronutriments a été fortement négligée pour le blé tendre (Leenhardt, 2005). Ce constat est intéressant puisqu'actuellement la population a des apports déséquilibrés, notamment en minéraux, ce qui peut entraîner des carences ou des problèmes de croissance. On constate également que ces bénéfices sont supérieurs lorsque le blé est consommé sous forme de pain car la panification au levain permet la production d'acides lactiques et acétiques qui entraînent une acidification de la pâte. Cette acidification permet l'activation des phytases qui augmentent la biodisponibilité des minéraux (Leenhardt et Rémésy, 2005). En effet, le pH optimal des enzymes de la pâte du pain se situe autour de 5, et permet une meilleure action de la phytase et de protéases. La phytase est une enzyme permettant de détruire l'acide phytique et ainsi d'augmenter la biodisponibilité des minéraux, tandis que les protéases sont des enzymes permettant, entre autres, de couper le gluten en petits fragments, le rendant ainsi plus digeste. Ainsi l'utilisation du levain comme agent fermentaire améliore la qualité nutritionnelle du pain.

La qualité nutritionnelle du pain peut également être améliorée en réduisant le temps et l'intensité du pétrissage du pain au minimum. Le réseau de gluten ainsi formé sera moins résistant, et donc plus digeste (Rémésy et al., 2015). Il est aussi possible de réduire la quantité de sel ajouté dans le pain. En effet, le sel peut induire une hypertension artérielle pouvant entraîner plusieurs maladies telles que les AVC. Il est également possible d'améliorer la qualité nutritionnelle par l'ajout de différentes graines dans la pâte à pain : par exemple l'ajout de graines de légumineuses permettrait

d'apporter plus de lysine qui est une protéine essentielle très peu présente dans les protéines du blé (Rémésy et al., 2015).

## 5 Conclusion

---

La baisse de la qualité nutritionnelle du pain observée ces dernières années trouve son origine dans l'évolution des pratiques de la filière blé-pain tout entière vers une recherche de plus de rendement et de rentabilité. Pour y remédier plusieurs leviers sont mobilisables et combinables. Par ordre d'importance, les techniques de transformations peuvent être améliorées pour optimiser les apports en macro- et micro-nutriments provenant de la farine et du pain, le choix de la variété permet de jouer sur les profils protéiques, enfin la culture biologique permet la consommation de produits complets, riche en minéraux.

## 6 Bibliographie

---

- Abdel-Aal, E.-S.M., Young, J.C., Rabalski, I., Hucl, P., Fregeau-Reid, J., 2007. Identification and quantification of seed carotenoids in selected wheat species. *J. Agric. Food Chem.* 55, 787–794. <https://doi.org/10.1021/jf062764p>
- Abecassis, J., Bergez, J., 2009. Les filières céréalières : organisation et nouveaux défis., Quae. ed.
- Adam, A., Leenhardt, F., Lopez, H.W., Leuillet, M., Rémésy, C., 2003. Les possibilités d'amélioration de la valeur nutritionnelle du pain. *Cah Nutr Diet* 38, 316–322.
- Agence Bio, 2003. Observatoire économique de l'agriculture biologique - Résultats 2003.
- Allard, G., David, C., Henning, J., 2000. L'agriculture biologique face à son développement. Les enjeux futurs. INRA.
- Arvy, M.-P., 2012. Des plantes et des pains : nutrition et sensorialité. Tec et Doc Lavoisier.
- Bocci, R., Chable, V., 2008. Semences paysannes en Europe : enjeux et perspectives. *Cah. Agric.* 17, 216–221. <https://doi.org/10.1684/agr.2008.0173>
- Bock, S.A., Atkins, F.M., 1990. Patterns of food hypersensitivity during sixteen years of double-blind, placebo-controlled food challenges. *J. Pediatr.* 117, 561–567. [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(05\)80689-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(05)80689-4)
- Bonneuil, C., Demeulenaere, E., 2007. Une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative, in: F. Charvolin, A.M. et L.K.N. (Ed.), *Les Sciences Citoyennes. Vigilance Collective et Rapport Entre Profane et Scientifique Dans Les Sciences Naturalistes*. Ed. de l'Aube, pp. 122–147.
- Bourre, J.-M., Bégat, A., Leroux, M.-C., Mousques-Cami, V., Pérardel, N., Souply, F., 2008. Valeur nutritionnelle (macro et micro-nutriments) de farines et pains français. *Médecine Nutr.* 44, 49–76. <https://doi.org/10.1051/mnut/2008442049>
- Braun, H.J., Atlin, G., Payne, T., 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. *Clim. Change Crop Prod.* 115–138.
- Brisson, N.N., Gate, P.P., Gouache, D.D., Charmet, G.G., Oury, F.-X.F.-X., Huard, F.F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for

- France. *Field Crops Res.* 119, 201–202. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012>
- Brouns, F.J.P.H., van Buul, V.J., Shewry, P.R., 2013. Does wheat make us fat and sick? *J. Cereal Sci.* 58, 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.06.002>
- Buscemi, S., Corleo, D., Di Pace, F., Petroni, M.L., Satriano, A., Marchesini, G., 2018. The Effect of Lutein on Eye and Extra-Eye Health. *Nutrients*, *Nutrients* 10, 24. <https://doi.org/10.3390>
- Call, L., Kapeller, M., Grausgruber, H., Reiter, E., Schoenlechner, R., D’Amico, S., 2020. Effects of species and breeding on wheat protein composition. *J. Cereal Sci.* 93, 102974. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102974>
- Castelain, M., 1999. Gluten, céréales et peau. *Progrès en dermatologie / Groupe d’études et de recherches en dermatologie.*
- Chaurand, Marc, Christian Rémésy, Anthony Fardet, Fanny Leenhardt, Christine Bar-L’Helgouach, Bruno Taupier-Letage, et Joël Abécassis. « Influence du type de mouture (cylindres vs meules) sur les teneurs en minéraux des différentes fractions de grain de blé en cultures conventionnelle et biologique ». *Industries des céréales* 142 (2005): 3-11.
- Crook, M.J., Ennos, R., 1995. The effect of N and growth regulators on stem and root characteristics associated with lodging in two cultivars of winter wheat. *J. Exp. Bot.* 46. <https://doi.org/10.1093/jxb/46.8.931>
- David, J., Zivy, M., Cardin, M., Brabant, P., 1997. Protein evolution in dynamically managed populations of wheat: Adaptive responses to macro-environmental conditions. *Theor. Appl. Genet.* 95, 932–941. <https://doi.org/10.1007/s001220050644>
- Davis, W., 2011. *Wheat Belly: Lose the Wheat, Lose the Weight, and Find Your Path Back to Health.* Rodale Press.
- De Vallavieille-Pope, C., Belhai Fraj, M., Mille, B., Meynard, J.-M., 2006. Les associations de variétés : accroître la biodiversité pour mieux maîtriser les maladies., in: *Quelles Variétés Semen. Pour Agric. Paysannes Durables. Doss. Environ. INRA*, pp. 101–109.
- Desclaux, D., Chiffolleau, Y., Nolot, J.M., 2013. Du concept d’Ideotype à celui de Realttype : gestion dynamique des Innovations Variétales par une approche transdisciplinaire et partenariale. *Exemple du blé dur pour l’AB. Innov. Agron.* 32, 455–466.
- Di Silvestro, R., Marotti, I., Bosi, S., Bregola, V., Carretero, A.S., Sedej, I., Mandic, A., Sakac, M., Benedettelli, S., Dinelli, G., 2012. Health-promoting phytochemicals of Italian common wheat varieties grown under low-input agricultural management. *J. Sci. Food Agric.* 92, 2800–2810. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5590>
- Dinu, M., Whittaker, A., Pagliai, G., Benedettelli, S., Sofi, F., 2018. Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *J. Nutr. Biochem.* 52, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.09.001>
- Döring, T., Wolfe, M., 2008. Stabilising wheat yields: can genetic diversity increase reliability of wheat performance. *Arable Group* 2.
- Döring, T.F., Knapp, S., Kovacs, G., Murphy, K., Wolfe, M.S., 2011. *Evolutionary Plant Breeding in Cereals—Into a New Era. Sustainability* 3, 1944–1971.

<https://doi.org/10.3390/su3101944>

- Dubuisson, C., Lioret, S., Touvier, M., Dufour, A., Calamassi-Tran, G., Volatier, J.-L., Lafay, L., 2010. Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007: results from the INCA surveys. *Br. J. Nutr.* 103, 1035–1048.  
<https://doi.org/10.1017/S0007114509992625>
- Dutau, G., Rancé, F., Juchet, A., 1995. Allergies alimentaires de l'enfant: Aspects nouveaux. *Rev. Fr. Allergol. Immunol. Clin.* 35, 297–303. [https://doi.org/10.1016/S0335-7457\(05\)80516-7](https://doi.org/10.1016/S0335-7457(05)80516-7)
- Encyclopædia Universalis, 1998. CÉRÉALES [WWW Document]. *Encycl. Universalis*. URL <https://www.universalis.fr/encyclopedie/cereales/> (accessed 5.4.20).
- Enjalbert, J., Goldringer, I., Paillard, S., Brabant, P., 1999. Molecular markers to study genetic drift and selection in wheat populations. *J. Exp. Bot.* 50.
- European Commission, 2002. Analyse des possibilités d'un plan d'action européen en matière d'alimentation et d'agriculture biologiques.
- Fardet, A., 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr. Res. Rev.* 23, 65–134.  
<https://doi.org/10.1017/S0954422410000041>
- Fardet, A., Leenhardt, F., Lioger, D., Scalbert, A., Rémésy, C., 2006. Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutr. Res. Rev.* 19, 18–25.  
<https://doi.org/10.1079/NRR2006118>
- Frink, C.R., Waggoner, P.E., Ausubel, J.H., 1999. Nitrogen fertilizer: Retrospect and prospect. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96, 1175–1180.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1175>
- Gil, A., Ortega, R.M., Maldonado, J., 2011. Wholegrain cereals and bread: a duet of the Mediterranean diet for the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutr.* 14, 2316–2322. <https://doi.org/10.1017/S1368980011002576>
- Goldringer, I., Enjalbert, J., David, J., Paillard, S., Pharm, J., Brabant, P., 2001. Dynamic Management of Genetic Resources: a 13-year Experiment on Wheat., Cooper D, Spillane C, Hodgkin T. ed.
- Graybosch, R.A., Peterson, C.J., 2010. Genetic Improvement in Winter Wheat Yields in the Great Plains of North America, 1959–2008. *Crop Sci.* 50, 1882–1890.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2009.11.0685>
- Groupe d'Etudes et de Recherches en Dermato-Allergologie, 1999. Progrès en dermatologie allergologie: Lyon, 1999. John Libbey Eurotext.
- Hamm, U., Gronefeld, F., Halpin, D., 2002. Analysis of the European market for organic food., Organic marketing initiatives and rural development. School of Management and Business, University of Wales, Aberystwyth.
- Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., Gallais, A., 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J. Exp. Bot.* 58, 2369–2387.  
<https://doi.org/10.1093/jxb/erm097>

- Hischenhuber, C., Crevel, R., Jarry, B., Mäki, M., Moneret-Vautrin, D.A., Romano, A., Troncone, R., Ward, R., 2006. Review article: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 23, 559–575. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2006.02768.x>
- Holt, S.H.A., Miller, J.B., 1995. Increased insulin responses to ingested foods are associated with lessened satiety. *Appetite* 24, 43–54. [https://doi.org/10.1016/S0195-6663\(95\)80005-0](https://doi.org/10.1016/S0195-6663(95)80005-0)
- Jackson, L.F., Kahler, A.L., Webster, R.K., Allard, R.W., 1978. Conservation of Scald Resistance in Barley Composite Cross Populations. <https://doi.org/10.1094/Phyto-68-645>
- Junker, Y., Zeissig, S., Kim, S.-J., Barisani, D., Wieser, H., Leffler, D.A., Zavallos, V., Libermann, T.A., Dillon, S., Freitag, T.L., Kelly, C.P., Schuppan, D., 2012. Wheat amylase trypsin inhibitors drive intestinal inflammation via activation of toll-like receptor 4. *J. Exp. Med.* 209, 2395–2408. <https://doi.org/10.1084/jem.20102660>
- Kalra, N., Chakraborty, D., Sharma, A., Rai, H.K., Jolly, M., Chander, S., Kumar, P.R., Bhadraray, S., Barman, D., Mittal, R.B., Lal, M., Sehgal, M., 2008. Effect of increasing temperature on yield of some winter crops in northwest India. *Curr. Sci.* 94, 7.
- Kanny, G., Moneret-Vautrin, D.-A., Flabbee, J., Beaudouin, E., Morisset, M., Thevenin, F., 2001. Population study of food allergy in France. *J. Allergy Clin. Immunol.* 108, 133–140. <https://doi.org/10.1067/mai.2001.116427>
- Keet, C.A., Matsui, E.C., Dhillon, G., Lenchon, P., Paterakis, M., Wood, R.A., 2009. The natural history of wheat allergy. *Ann. Allergy Asthma Immunol. Off. Publ. Am. Coll. Allergy Asthma Immunol.* 102, 410–415. [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)60513-3](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)60513-3)
- Lammerts van Bueren, E.T., Jones, S.S., Tamm, L., Murphy, K.M., Myers, J.R., Leifert, C., Messmer, M.M., 2011. The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. *NJAS - Wagening. J. Life Sci., Improving Production Efficiency, Quality and Safety in Organic and “Low-Input” Food Supply Chains* 58, 193–205. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2010.04.001>
- Le Boulc’h, V., David, J.L., Brabant, P., De Vallavieille-Pope, C., 1994. Dynamic conservation of variability: responses of wheat populations to different selective forces including powdery mildew. *Genet. Sel. Evol.* 26, 221s–240s. <https://doi.org/10.1051/gse:19940715>
- Le Floc’h-Wadel, U., Sylvander, B., 2000. Le marché des produits biologiques en France en 1999 : évolutions, structures et enjeux. INRA-UREQUA.
- Leenhardt, F., 2005. Etude des voies d’amélioration de la densité nutritionnelle du pain. Université d’Auvergne, Université d’Auvergne.
- Leenhardt, F., Rémésy, C., 2005. Améliorer la qualité du pain et sa consommation en communiquant sur sa valeur nutritionnelle.
- Lohi, S., Mustalahti, K., Kaukinen, K., Laurila, K., Collin, P., Rissanen, H., Lohi, O., Bravi, E., Gasparin, M., Reunanen, A., Mäki, M., 2007. Increasing prevalence of coeliac disease over time. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 26, 1217–1225. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2007.03502.x>



- Mackey, J., 1966. Species relationship in Triticum Proc. Second Int. Wheat Genet. Symp., Lund. Lund, Sweden, pp. 237–276.
- Meleard, B., 2014. Le rôle des protéines en panification.
- Melkonian, C., 2011. Le blé, un incontournable de notre alimentation ? [WWW Document]. <https://www.passeportsante.net/>. URL [https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=ble\\_nu](https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=ble_nu) (accessed 5.17.20).
- National Association of Wheat Growers, 2013. Wheat Info: Nutrition. [WWW Document]. URL <https://www.wheatworld.org/>
- Observatoire du pain, 2016. Comportements alimentaires et consommation de pain en France.
- Office National Interprofessionnel des Céréales, 2003. Collecte de céréales bio, campagne 2002-2003.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Palacios-Rojas, N., Meng, E., Pixley, K., Trethowan, R., Peña, R.J., 2007. Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *J. Cereal Sci.* 46, 293–307. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.06.005>
- Oury, F.-X., Leenhardt, F., Rémésy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., Charmet, G., 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *Elsevier, European Journal of Agronomy* 25, 177–185.
- Oury, F.-X.F.-X., Bérard, P., Brancourt-Hulmel, M., Depatureaux, C., Doussinault, G., Galic, N., Giraud, A., Heumez, E., Lecomte, C., Pluchard, P., Rolland, B., Rousset, M., Trottet, M., 2003. Yield and grain protein concentration in bread wheat : a review and a study of multi-annual data from a French breeding program. *J. Genet. Breed.* 59–68.
- Pietzak, M., 2012. Celiac disease, wheat allergy, and gluten sensitivity: when gluten free is not a fad. *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* 36, 68S-75S. <https://doi.org/10.1177/0148607111426276>
- Rancé, F., Kanny, G., Dutau, G., Moneret-Vautrin, D.A., 1998. Aspects cliniques de l'allergie alimentaire. *Rev Fr Allergol.*
- Räsänen, L., Lehto, M., Turjanmaa, K., Savolainen, J., Reunala, T., 1994. Allergy to ingested cereals in atopic children. *Allergy* 49, 871–876. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.1994.tb00790.x>
- Rémésy, C., Leenhardt, F., Fardet, A., 2015. Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cah. Nutr. Diététique* 50, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2014.07.005>
- Rey, F., Sinoir, N., Mazollier, C., Chable, V., 2012. Organic Seeds and Plant Breeding: Stakeholders' Uses and Expectations-French Inputs on Vegetables. . *ISHS Acta Horti* 133–139.
- Rivière, P., 2014. Méthodologie de la sélection décentralisée et participative : un exemple sur le blé tendre. Paris-Sud, Paris.
- Roussel, P., Chiron, H., 2002. Les pains français : Evolution, qualité, production, Sciences et Technologie des métiers de bouche. MAE ERTI Collection, Vesoul.

- Roussel, V., Leisova, L., Exbrayat, F., Stehno, Z., Balfourier, F., 2005. SSR allelic diversity changes in 480 European bread wheat varieties released from 1840 to 2000. *TAG Theor. Appl. Genet. Theor. Angew. Genet.* 111, 162–170. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2014-8>
- Rubio-Tapia, A., Kyle, R.A., Kaplan, E.L., Johnson, D.R., Page, W., Erdtmann, F., Brantner, T.L., Kim, W.R., Phelps, T.K., Lahr, B.D., Zinsmeister, A.R., Melton, L.J., Murray, J.A., 2009. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease. *Gastroenterology* 137, 88–93. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>
- Sampson, H.A., 1996. Epidemiology of food allergy. *Pediatr. Allergy Immunol. Off. Publ. Eur. Soc. Pediatr. Allergy Immunol.* 7, 42–50. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3038.1996.tb00394.x>
- Sanchez-Monge, R., Gomez, L., Barber, D., Lopez-Otin, C., Armentia, A., Salcedo, G., 1992. Wheat and barley allergens associated with baker's asthma. Glycosylated subunits of the alpha-amylase-inhibitor family have enhanced IgE-binding capacity. *Biochem. J.* 281, 401–405.
- Santé Publique France, 2007. PNNS : les recommandations nutritionnelles officielles [WWW Document]. LaNutrition.fr. URL <https://www.lanutrition.fr/bien-dans-son-assiette/bien-manger/les-recommandations-de-lanutrition.fr/les-recommandations-nutritionnelles-officielles> (accessed 3.12.20).
- Saulnier, L., Ducasse, M., Chiron, H., Della Valle, G., Martin, C., Issanchou, S., Rouau, X., Rizkalla, S., 2010. Impact of texture modification and dietary fibre content on the glycemic index and the acceptability of French bread., in: *Dietary Fibre: New Frontiers for Food and Health*, Wageningen Academic Publishers. Wageningen, pp. 115–120.
- Saulnier, L., Micard, V., 2012. Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. *Innov. Agron.* 19, 63–74.
- Shewry, P.R., 2018. Do ancient types of wheat have health benefits compared with modern bread wheat? *J. Cereal Sci.* 79, 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.11.010>
- Shewry, P.R., Hey, S., 2015. Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal Sci.* 65, 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014>
- Sofi, F., Abbate, R., Gensini, G.F., Casini, A., 2010. Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 92, 1189–1196. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29673>
- Spiertz, J.H.J., De Vos, N.M., 1983. Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. *Plant Soil* 75, 379–391. <https://doi.org/10.1007/BF02369972>
- Spisni, E., Imbesi, V., Giovanardi, E., Petrocelli, G., Alvisi, P., Valerii, M.C., 2019. Differential Physiological Responses Elicited by Ancient and Heritage Wheat Cultivars Compared to Modern Ones. *Nutrients* 11, 2879. <https://doi.org/10.3390/nu11122879>
- Starr, G., Bredie, W.L.P., Hansen, Å.S., 2013. Sensory profiles of cooked grains from wheat species and varieties. *J. Cereal Sci.* 57, 295–303.

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.11.014>

Sylvander, B., 2000. Les tendances de la consommation de produits biologiques en France et en Europe : conséquences sur les perspectives d'évolution du secteur., in: L'agriculture Biologique Face à Son Développement. Les Enjeux Futurs. INRA, pp. 193–212.

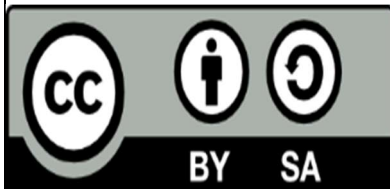
Venesson, J., 2013. Gluten, T. Souccar. ed, \$a 1 vol. (221 p.) \$c ill., couv. ill. en coul. \$d 21 cm. T. Souccar.

Vu, N.T., Chin, J., Pasco, J.A., Kovács, A., Wing, L.W., Békés, F., Suter, D.A.I., 2015. The prevalence of wheat and spelt sensitivity in a randomly selected Australian population. *Cereal Res. Commun.* 43, 97–107.  
<https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0026>

Watanabe, M., Suzuki, T., Ikezawa, Z., Arai, S., 1994. Controlled Enzymatic Treatment of Wheat Proteins for Production of Hypoallergenic Flour. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 58, 388–390. <https://doi.org/10.1271/bbb.58.388>

Wolfe, M., Haigh, Z., Pearce, H., 2009. Développer le potentiel des populations composites : l'exemple du blé., in: Journée Techniques Agriculture Biologique et Sélection Végétale. ITAB Paris, pp. 45–46.

Zuidmeer, L., Goldhahn, K., Rona, R.J., Gislason, D., Madsen, C., Summers, C., Sodergren, E., Dahlstrom, J., Lindner, T., Sigurdardottir, S.T., McBride, D., Keil, T., 2008. The prevalence of plant food allergies: a systematic review. *J. Allergy Clin. Immunol.* 121, 1210-1218.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.02.019>



**Auteurs** : Manon Beguin, Lucie Chabert, Valentin Chappuis, AGROSup Dijon 19/20, Camille Fouillet, ITAB, Solenne Jourden, ITAB.

**Comment citer ce document** : Beguin, M. Chabert, L., Chappuis, V., Fouillet, C., Jourden, S. 2020. Evolution des pratiques en boulangerie et impact sur la santé, Revue bibliographique.