

# PREFACE

## Pourquoi l'organisation de cette journée ?

Nous connaissons tous, de près ou de loin des personnes qui ont des problèmes de digestion du pain, plus ou moins importants, et qui peuvent aller jusqu'à l'interdiction d'en consommer. Et il semblerait que ce problème soit de plus en plus répandu !

Des paysans boulangers du Réseau Semences Paysannes, qui travaillent avec des semences paysannes, estiment que les pains qu'ils fabriquent sont mieux tolérés par des consommateurs ayant des problèmes de digestibilité avec des pains « classiques ». Qu'en est-il plus précisément ?

Lors de notre séminaire intermédiaire sur le programme « Pain Bio, (intitulé : **Qualités des blés biologiques et Qualités nutritionnelle et organoleptique des pains biologiques**), qui s'est tenu en Mars 2006, il a été demandé à l'ITAB d'organiser une journée pour faire un état des connaissances sur ce problème des allergies alimentaires liées au blé.

Les questions posées étaient les suivantes :

- Clarifier les termes (allergie, intolérance, ...).
- Quelles sont les recherches en cours sur ce sujet ?
- Quelles sont les solutions envisagées ?
- Quelles seraient les recherches supplémentaires à conduire pour avancer sur ce problème ? Avec éventuellement la possibilité de proposer un futur programme de recherche sur ce sujet.

Pour répondre à cela, il a été fait appel à des spécialistes, des chercheurs très impliqués dans ces problèmes d'allergie et à des praticiens de terrain, confrontés à des consommateurs concernés par ces problèmes.

Dans ce compte rendu de la journée, vous trouverez pour chaque intervenant :

- le résumé de l'intervention ;
- la présentation Power Point ;
- une synthèse des questions qui leur ont été posées et des réponses apportées, suite à leur présentation.

Vous trouverez également la synthèse du débat qui a eu lieu, suite aux différentes interventions.

Les présentations de G. Branlard et M. Laurière (et S. Denery) ont été fusionnées en une seule car, dans le cadre de leur programme de recherche en cours sur les allergies liées au gluten, des éléments apportés lors de la journée sont totalement inédits et n'ont pas encore été publiés. Nous les remercions de nous avoir fait part de leurs recherches de pointe, mais ils ne souhaitent pas encore une diffusion plus grand public.

Dans ce document, pour des questions de place et de coût, la copie des présentations des intervenants est en noir et blanc, ce qui induit une perte de qualité des diapositives présentées. Ces présentations sont directement consultables sur le site de l'ITAB, [www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr)

Bruno Taupier-Létage - Commission Qualité de l'ITAB



## SOMMAIRE

Sommaire .....	3
Influence de l'environnement sur les plantes, leurs allergènes et les allergies <i>Gabriel Peltre (Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles)</i> .....	5
Questions à Gabriel Peltre .....	14
Les allergies à la farine de blé et l'intolérance au gluten - <i>Sandra Denery (INRA)</i> .....	15
Questions à Michel Laurière (INRA).....	15
Allergénicité des farines et diversité des blés : objectifs de sélection et perspectives d'avenir - Gérard Branlard (INRA).....	17
Questions à Gérard Branlard .....	26
Intérêt de la fermentation au levain en milieu naturel très hydraté pour améliorer la qualité nutritionnelle du pain - <i>Christian Remesy (INRA)</i> .....	27
Questions à Christian Remesy (INRA).....	43
A propos du blé moderne - <i>Brigitte Fichaux (Diététicienne)</i> .....	45
Remarques & commentaires sur l'intervention de Brigitte Fichaux.....	47
En quoi l'approche d'un paysan boulanger peut-elle contribuer à ouvrir le « champ de réflexion autour des allergies liées au gluten de blé » ? - <i>Jean-François Berthelot</i> <i>(paysan boulanger)</i> .....	49
Débat.....	51



# INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES PLANTES, LEURS ALLERGENES ET LES ALLERGIES

Gabriel Peltre

## Influence de l'environnement sur les plantes, leurs allergènes et les allergies

Gabriel Peltre  
Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles  
Laboratoire Environnement et Chimie Analytique  
Equipe Allergie et Environnement  
10, rue Vauquelin, F-75005 Paris, France

[gabriel.peltre@espci.fr](mailto:gabriel.peltre@espci.fr)

1

L'allergie de type 1 (due aux IgE) touche 15 à 30 % de la population générale. Sa fréquence a doublé au cours des 15 dernières années.

L'allergie alimentaire touche 3% de la population générale mais 8% des enfants de moins de 6 ans. Pour ces enfants, sa fréquence a augmenté de 5 à 8 % dans les 15 dernières années.

4

Un allergène est un antigène reconnu par des IgE d'un individu allergique et qui est capable d'induire des symptômes de l'allergie.

Le répertoire des allergènes reconnus ou allergome est lui aussi en expansion

5



2

L'allergie

Les allergènes ou allergome

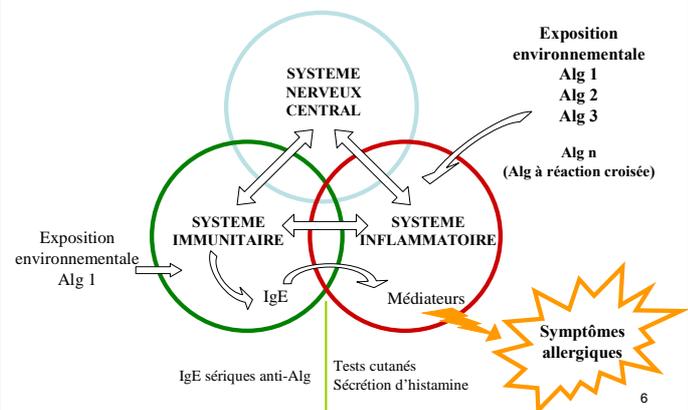
Les anticorps anti-allergènes

Le diagnostic de l'allergie

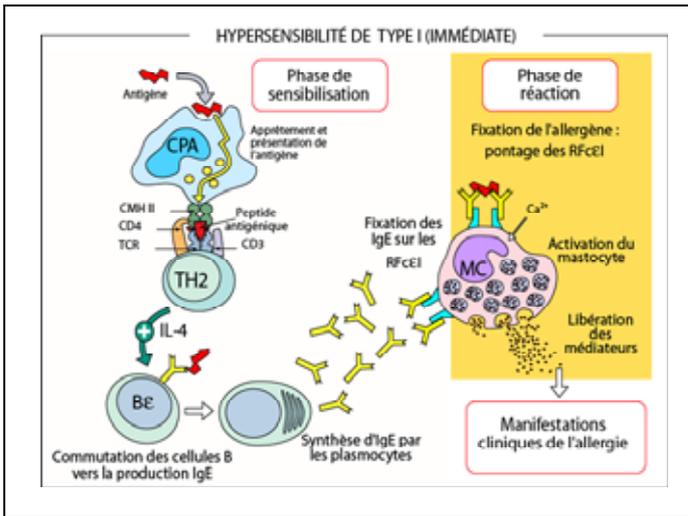
Les effets de l'environnement sur les plantes, leurs allergènes et l'allergie

3

### LA REPONSE ALLERGIQUE

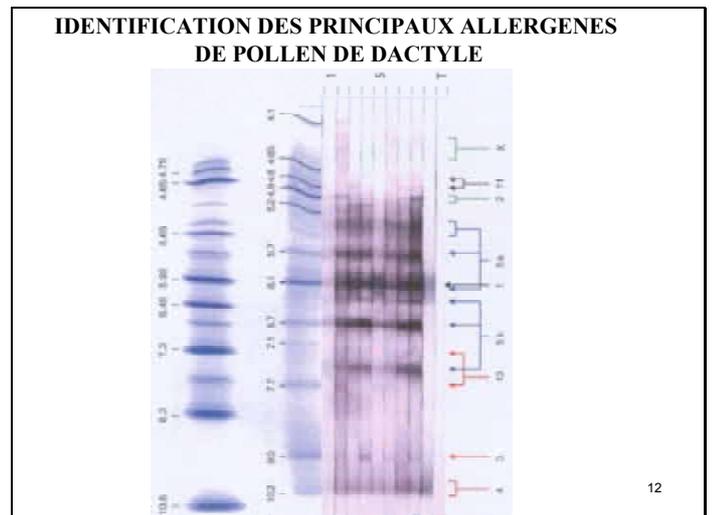
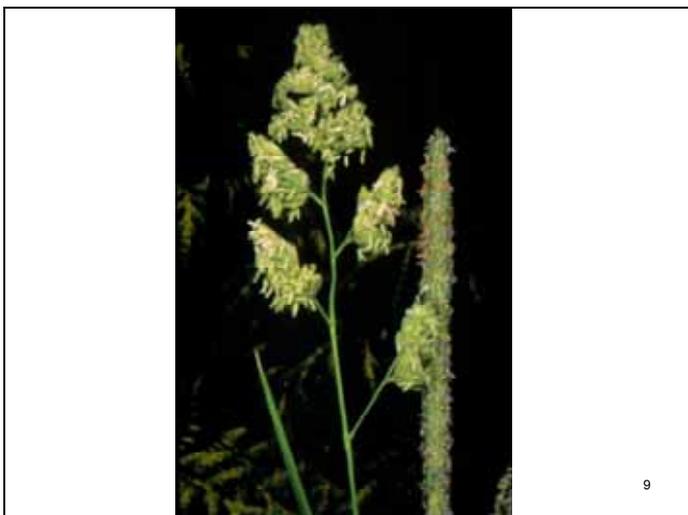
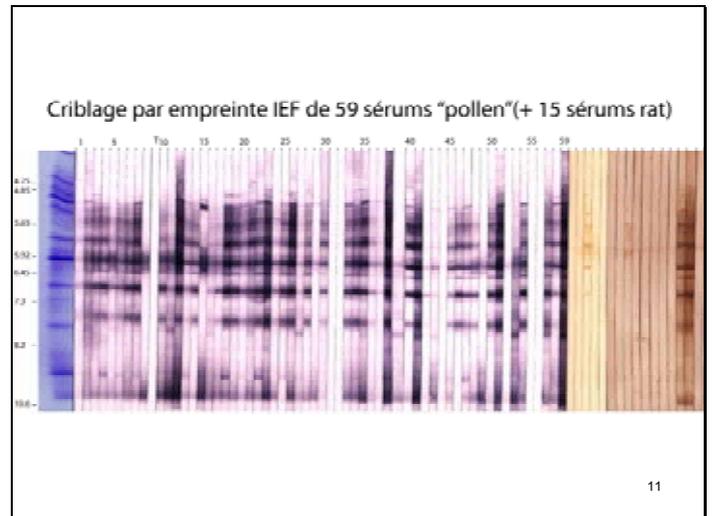
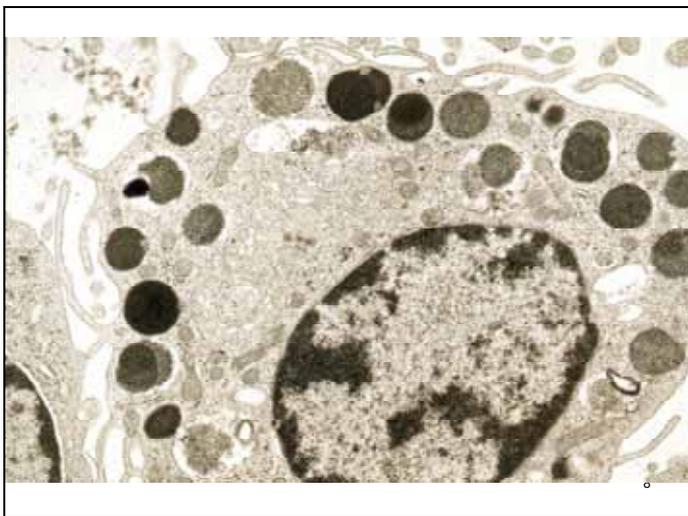


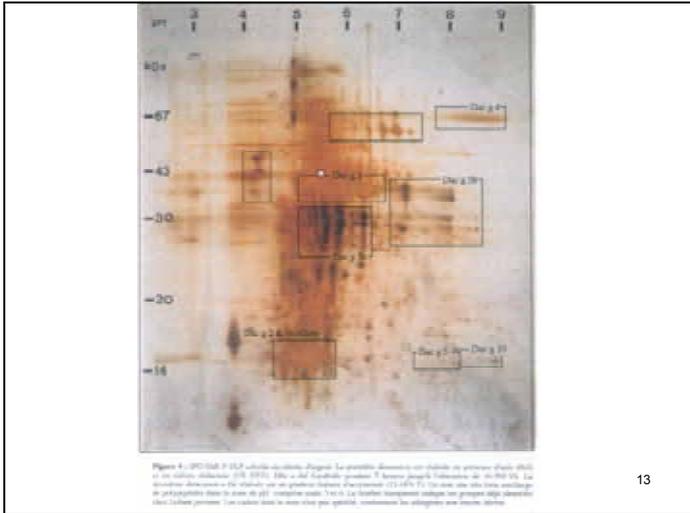
6



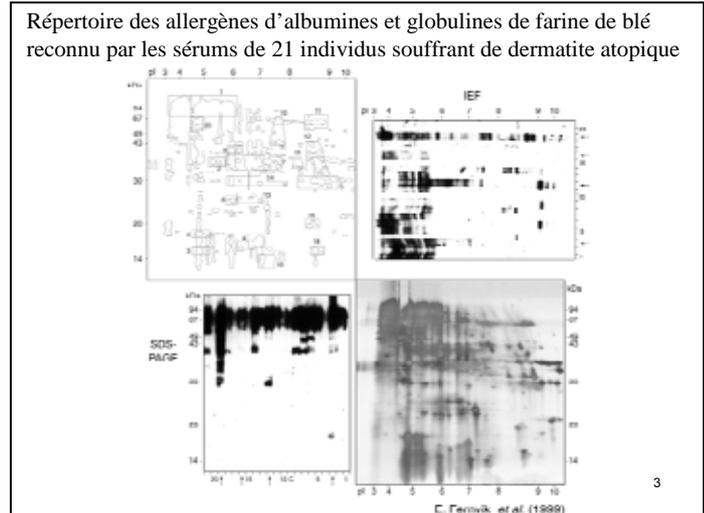
Le répertoire des allergènes ou allergome

10

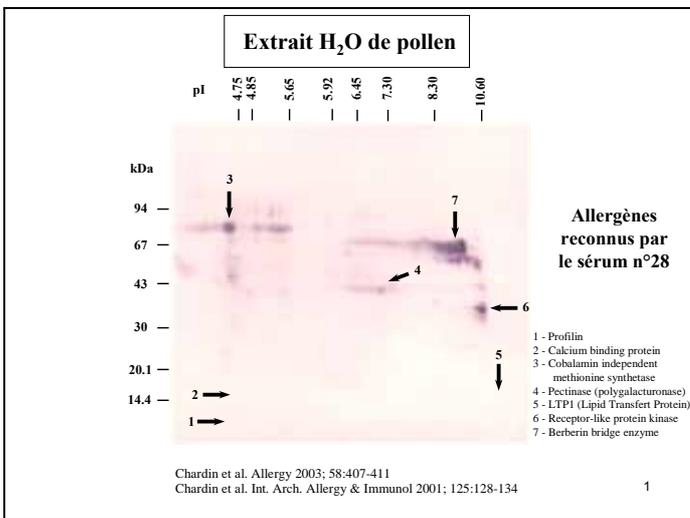




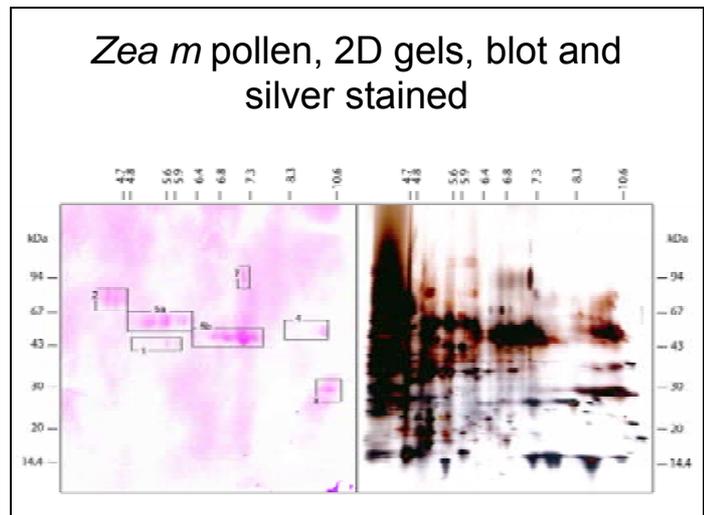
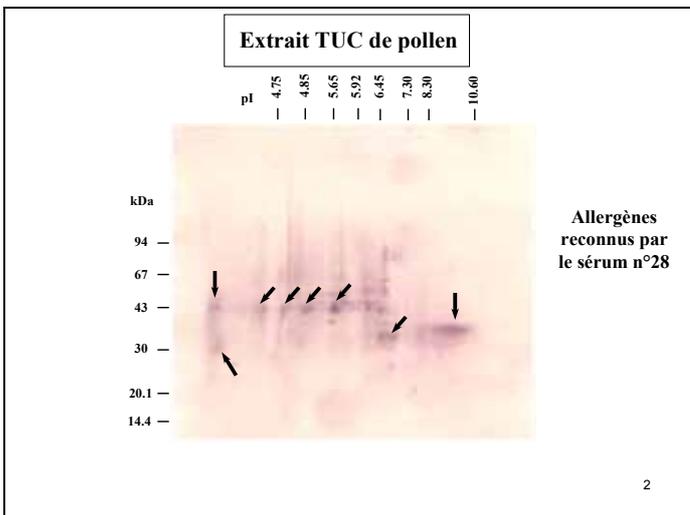
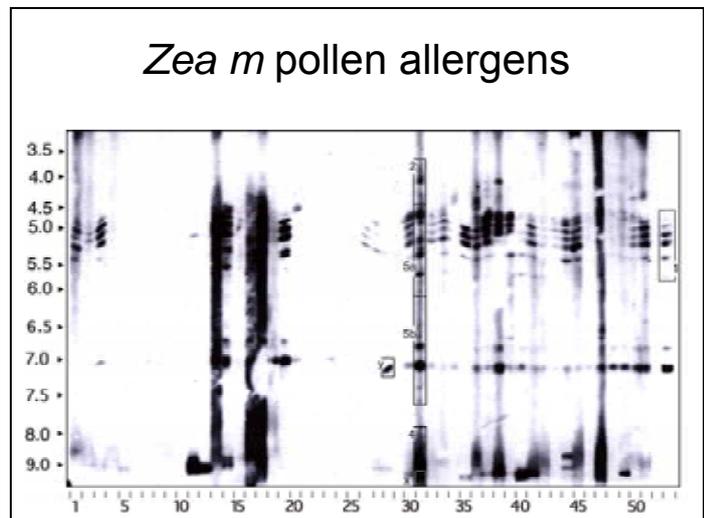
13

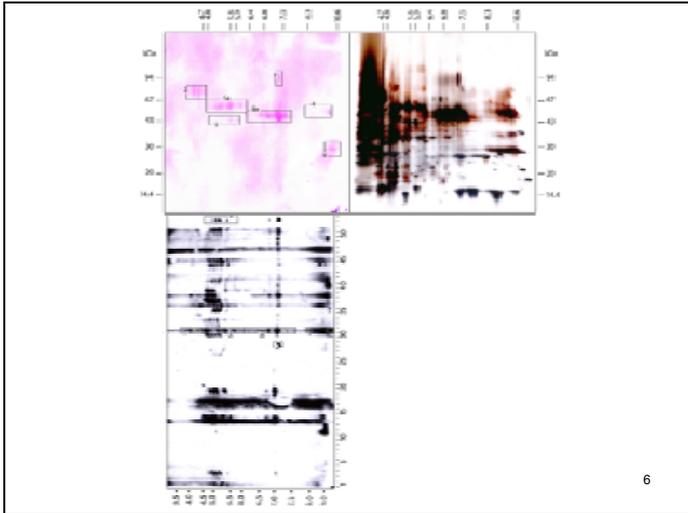


3

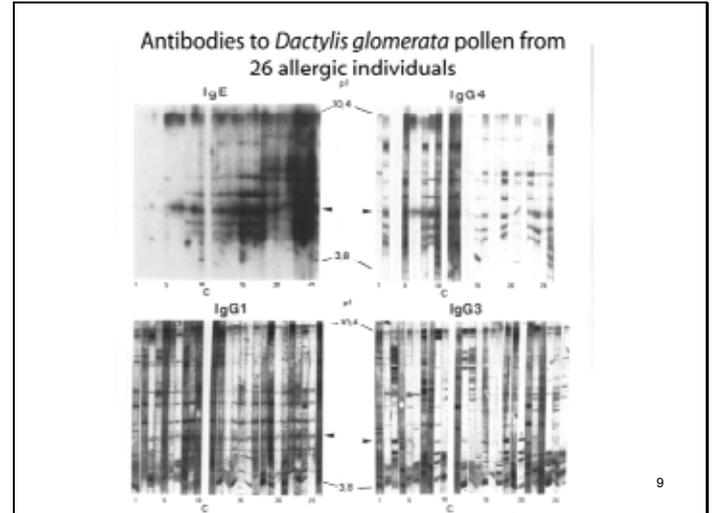


1





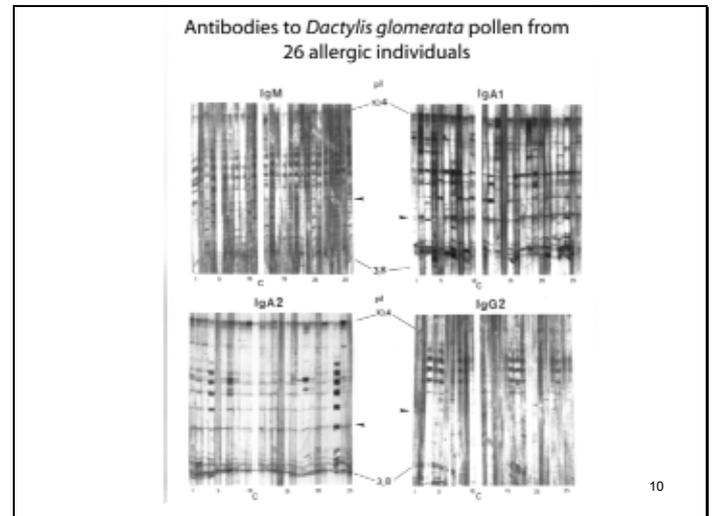
6



9

Les anticorps anti allergènes

7

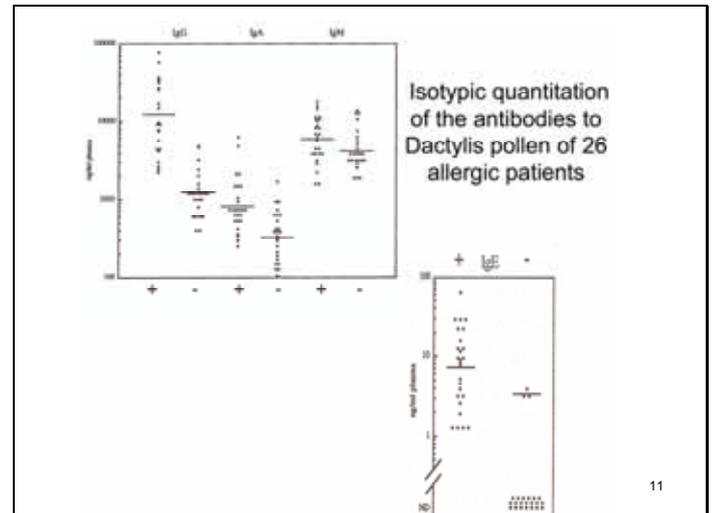


10

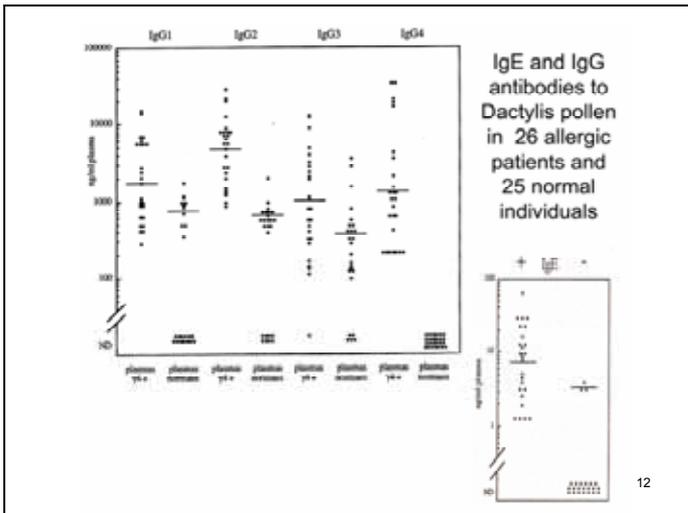
Que nous disent les anticorps dans l'allergie ?

- Leur spécificité (séro-positivité des individus allergiques)
- Leur nature: les classes et sous-classes d'anticorps spécifiques
- Leur quantité
- Leur évolution au cours de la maladie ou après vaccination

8



11



## Effects of birch pollen and traffic particulate matter on Th2 cytokines, immunoglobulin E level and bronchial hyper-responsiveness in mice

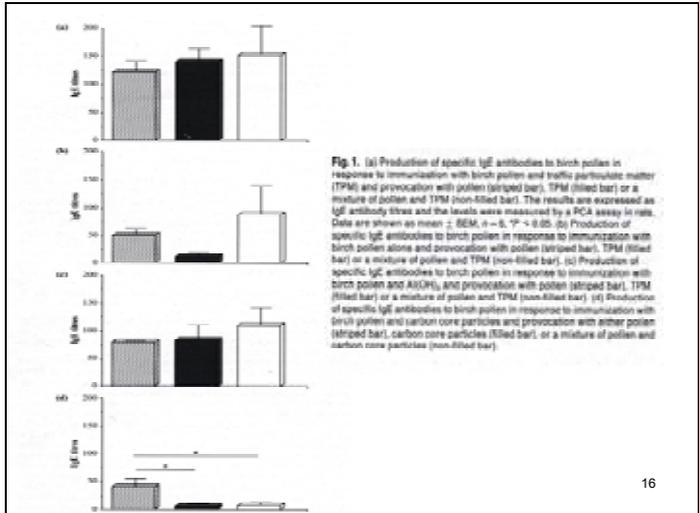
E. Fernvik, G. Peltre, H. Sénéchal, B. B. Vargaftig  
 Clin Exp Allergy 2002, 32, 602-611.

15

## Les auto-anticorps dans l'allergie

1- Anticorps IgE anti-allergènes du soi (ou auto-allergènes)  
 2- Anticorps non-IgE anti-IgE

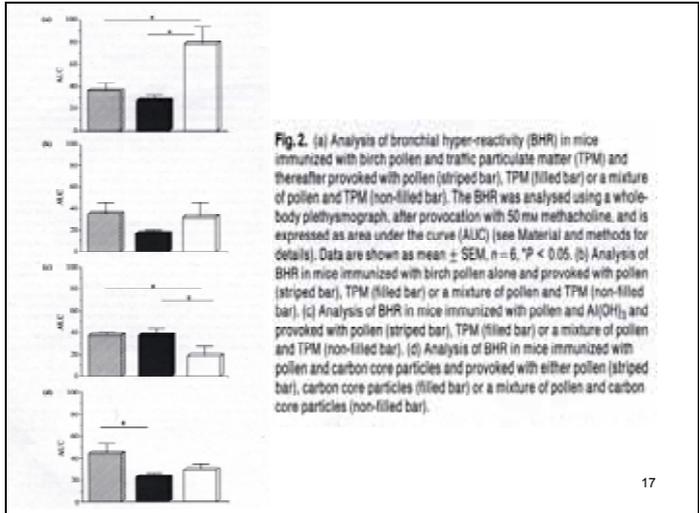
13

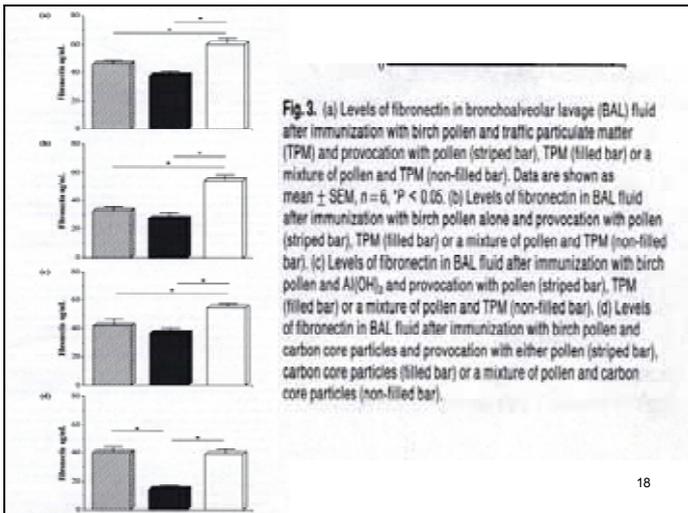


## Le vaccin (du futur) de l'allergie

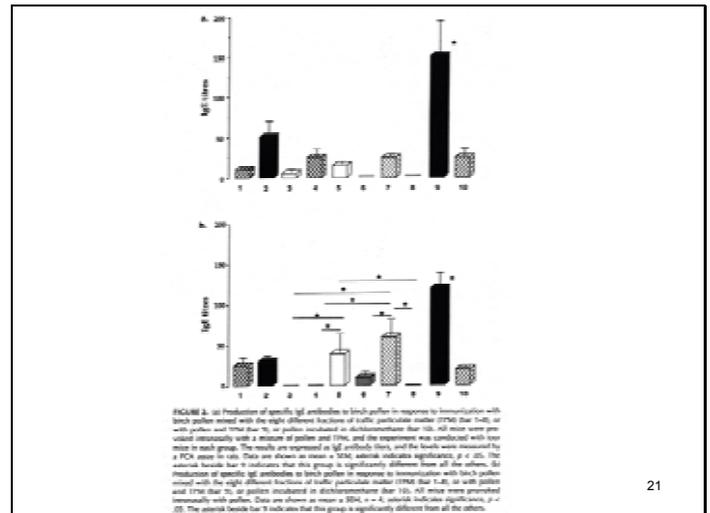
- Allergènes moléculaires purifiés ou recombinants
- Nouveaux adjuvants ou formes galéniques
- Vaccins combinés: anti-allergènes ou alléroïdes et anti-cofacteurs (par ex anti-cytokine Th 2, anti-IgE)
- Vaccins « sur-dosés » en présence d'anti-« dégranulants » (sérothérapie passive anti IgE).

14





18



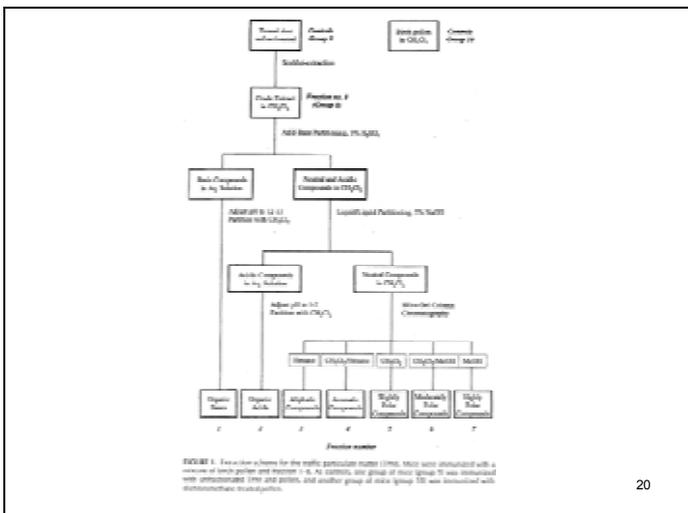
21

## Effects of fractions of traffic particulate matter on TH2-cytokines, IgE levels and bronchial hyperresponsiveness in mice

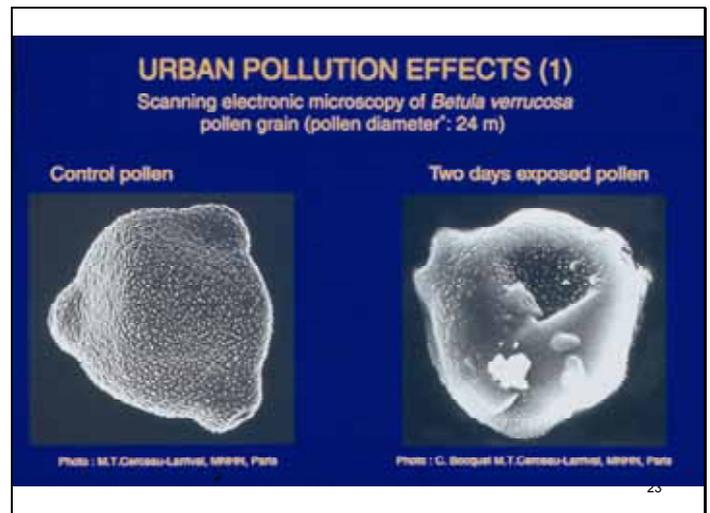
- E. Fernvik, T. Scharnweber, D. Knopp, R. Niessner, B.B. Vargaftig, G. Peltre.

J Toxicol Environ Health, Part A, 2002, 65, 101-121.

19



20



23

### URBAN POLLUTION EFFECTS (2)

Scanning electronic microscopy of *Dactylis glomerata* pollen grain on his tapetum  
(pollen diameter: 40 μm)

**Control pollen**  
Pollen surface and tapetum structures are similar



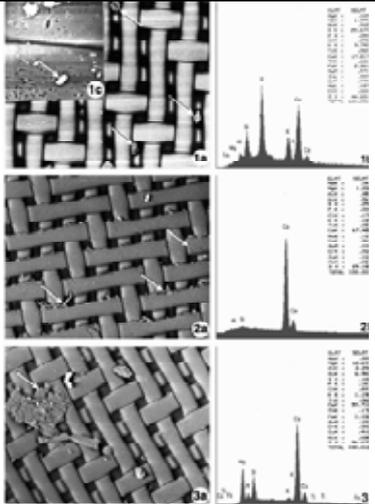
Photo : M.T.Cercoau-Larned, M994, Paris

**Two days exposed pollen**



Photo : C. Boissard M.T.Cercoau-Larned, M994, Paris

24



27

#### EFFETS DE LA PERFORATION DE L'EXINE SUR LE SPECTRE EDAX, ILLUSTRÉS POUR 2 TYPES DE POLLUTION DU POLLEN DE *Dactylis glomerata*

**1a à 2b - Enrobage du pollen : pollen non perforé - K>P** - Pollen exposé 24 heures, dans la zone piétonne en juin 1996

**1a** - Spectre EDAX à 50 s, montrant en premier l'analyse de l'enrobage (Cl).

**2a** - Spectre EDAX à 100 s montrant l'analyse normale de l'exine du pollen après que le flux ait traversé l'enrobage de Cl.

**1b** - Pollen vu au MEB, carboné, exposé 50 secondes (x 850)

**2b** - Pollen vu au MEB, carboné, exposé 100 secondes, visualisant l'impact du flux (x850)

**3a à 4b : Fragilisation du pollen : perforation - P>K**  
Pollen exposé 48 heures dans la zone de trafic routier urbain en juin 1996.

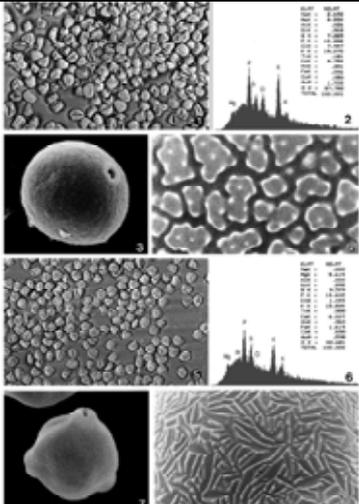
**3a** - Spectre EDAX à 50 s montrant une montée immédiate du P, suivie de K et Cl

**3b** - Spectre EDAX à 100 s confirmant la prédominance du P par rapport aux autres éléments.

**4a** - Pollen vu au MEB, carboné, exposé 50 s (x850)

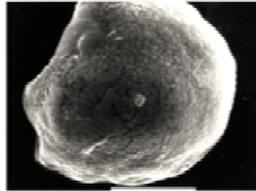
**4b** - Pollen vu au MEB, carboné, exposé 100 s, l'exine du pollen fragilisée par la pollution a été traversée par le flux. (x 850).

28



26

### Exine fragilisée



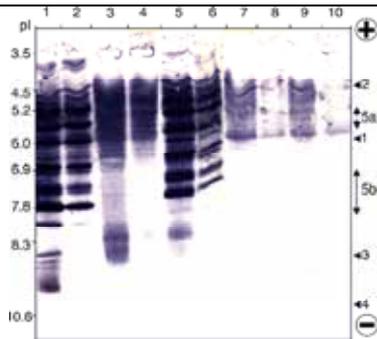
(x 3000)



(x 10 000)

29

## Allergènes extraits des pollens exposés à Mulhouse



- 1 : Témoin extrait soluble à 1 h
- 2 : Témoin broyage 5 min
- 3 : Zone résidentielle ; extrait soluble à 1h
- 4 : Zone résidentielle ; broyage 5 min
- 5 : Zone piétonne ; extrait soluble à 1h
- 6 : Zone piétonne ; broyage 5 min
- 7 : Trafic routier ; extrait soluble à 1h
- 8 : Trafic routier ; broyage 5 min
- 9 : Zone d'activité complexe ; extrait soluble à 1h
- 10 : Zone d'activité complexe ; broyage 5 min



Fig. 2. Release of PCG following contact of pollen grains with water. PCG are expelled from the grain via the pore (a, b). Only a small proportion of the grains release their cytoplasm, and the remaining grains stay intact (b: intact grain on the right). However, in the fragile pollen, PCG release can also occur through breaks of the exine (c).  $\times 400$ .

33

## Traffic-Related Air Pollutants Induce the Release of Allergen-Containing Cytoplasmic Granules from Grass Pollen

A.C. Motta<sup>a</sup> M. Marliere<sup>c</sup> G. Peltre<sup>d</sup> P.A. Sterenberg<sup>b</sup> G. Lacroix<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Laboratory of Allergy and Pulmonary Diseases, Department of Pathology and Laboratory Medicine, Groningen University Medical Center, Groningen University, Groningen, and <sup>b</sup>National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands; <sup>c</sup>Institut National de l'Environnement Industriel et des Plaquas, Vernouillet-Palaise, and <sup>d</sup>ESPCI Laboratoire Environnement et Chimie Analytique, Allergie et Environnement, Paris, France

## Effets du soleil et de la pollution de l'eau sur le contenu en allergènes du pollen (com.perso. de M. Hjelmroos).

- 1- l'exposition au soleil des fleurs d'un bouleau diminue la production de Bet v 1
- 2- l'exposition à la pollution atmosphérique de bouleaux agit moins fortement sur la production de Bet v 1 que la nature du sol qui porte les bouleaux

34



Fig. 1. Examples of damaged pollen grains. Treatment of pollen samples to air or pollutants can induce structural damage of the grains. a Intact pollen.  $\times 7,540$ ; b Pollen damaged following treatment to 10 ppm  $\text{NO}_2$ .  $\times 3,000$ ; c Pollen damaged following treatment to 0.7 ppm  $\text{O}_3$ . PCG can be seen inside the broken grain.  $\times 6,000$ .

32

## Conclusions-1

Rôle des anticorps dans l'allergie:

- IgE et IgG4 sont spécifiques des allergènes (passés, présents et à venir ?)
- IgG3 seraient spécifiques des « non-allergènes »
- IgG2 et IgM seraient, en partie, des auto-anticorps anti IgE, anti-sucres, responsables de réactions croisées ?
- IgG1 et IgA 1+2 ?

35

## Conclusions -2

Rôle des auto-anticorps?

- anti-IgE: atopie, évolution de la maladie (naturelle ou après vaccination)
- anti-allergènes du soi: évolution vers la dermatite atopique ?

36

## Conclusions-4

Grand effort actuel de recherche pour le développement de nouvelles approches vaccinales originales portant sur:

- 1- Les allergènes
- 2- Les adjuvants
- 3- Le terrain allergique

38

## Conclusions-3

L' immuno-diagnostic du futur:

- miniaturisé (peu d'allergènes et de sérum), rapide, automatisé et peu coûteux grâce aux micro et nano technologies.
- quantitatif (pour les anticorps et les allergènes)
- mesurant l'affinité des anticorps pour les allergènes
- portant sur 20 à 100 allergènes purifiés (ou mélanges)
- déterminant la spécificité des différentes classes et sous-classes d'anticorps
- clonalité de la réponse B

37

## Conclusions-5

- 1- la pollution de l'air est immunogénique par l'effet adjuvant des nano-particules de l'aérosol urbain
- 2- les gaz, les oxydes d'azote, fragilisent les grains de pollen qui libèrent des particules sub-polliniques et des allergènes moléculaires
- 3- les gaz et les particules de l'aérosol urbain agissent sur la muqueuse respiratoire
- 4- les plantes pourraient être moins sensibles à la pollution de l'air qu'à la nature de leur sol
- 5- la physiologie du végétal peut moduler la production d'allergènes de pollen (exposition au soleil).

39

## QUESTIONS A GABRIEL PELTRE

**Q1 : Existe-t-il un mode de désensibilisation ou de vaccination contre les allergies alimentaires ?**

**R1 :** Il n'existe pas de vaccin (au sens propre) possible contre ce type d'allergie car il n'y a pas de possibilité de « dénaturer » (en vue de son inoculation) la molécule responsable de l'allergie. Dans le cas des allergies alimentaires, en « dénaturant » la molécule, on change ses propriétés, y compris ses caractéristiques allergisantes ; elle ne peut donc plus être « reconnue » comme allergène (anti-gène) ni activer les défenses immunitaires (production d'anti-corps). En Allemagne, il y a des essais de « désensibilisation musclée » à l'aide de corticoïdes sur 140 enfants, afin de « matraquer » le système inflammatoire, le rendre moins virulent et laisser plus de place à l'expression des manifestations de défense immunitaire. Dans le futur, il faudrait pouvoir 1) : dénaturer le facteur allergisant (modifier un peu l'allergène : allergoïde) et 2) : le doser de façon ad hoc pour éviter les manifestations inflammatoires trop fortes.

**Q2 : Quid de la responsabilité de l'homme dans l'accroissement des allergies : y-a-t-il une responsabilité liée au développement des OGM ? au développement d'un certain type de sélection des plantes ? à l'usage intempestif des produits chimiques ?**

**R2 :** Le sujet est vaste et la question complexe ! Nous avons bien une part de responsabilité dans la multiplication des allergies par l'augmentation de la présence de facteurs allergènes (ou allergisants), notamment en ce qui concerne les allergies alimentaires. Pour les allergies respiratoires, à noter que des travaux de recherche ont porté il y a quelques années sur la mise sur le marché de variétés de gazon hypoallergéniques (la tonte du gazon ayant comme effet de présenter les allergènes en « aérosol », les rendant donc particulièrement agressifs. Ce type « d'allergie à la tonte » représente près de 30% des « rhumes de foin »). A l'époque, ces variétés (de dactyles, notamment) n'ont intéressé personne et les semences n'ont donc pas été multipliées.

# LES ALLERGIES A LA FARINE DE BLE ET L'INTOLERANCE AU GLUTEN

**Sandra Denery**

*Unité BIA, INRA Nantes*

**Michel Laurière**

*UMR INRA-INAPG de Chimie Biologique, Grignon*

Le blé est la cause de différentes réactions d'hypersensibilité :

La plus connue est l'allergie respiratoire ou asthme du boulanger, pathologie professionnelle fréquente parmi les travailleurs de la farine.

L'allergie alimentaire à la farine de blé (AAFB) est en progression depuis 10 ans. Chez l'enfant, le symptôme le plus fréquent est le syndrome d'eczéma/dermatite atopique alors que chez l'adulte on observe le plus souvent des réactions sévères et persistantes de type urticaire chronique ou anaphylaxie induite par l'effort.

La maladie cœliaque ou intolérance au gluten est une pathologie de l'intestin grêle qui provoque une atrophie des villosités. Cette atrophie entraîne classiquement un syndrome de malabsorption qui peut se traduire par un retard de croissance chez l'enfant, des troubles digestifs mais qui peut aussi entraîner des symptômes plus diffus (anémie, asthénie...). Une étude épidémiologique réalisée dans quatre pays européens a montré que l'intolérance au gluten touchait environ 1% de la population.

Les personnes souffrant d'AAFB ou d'intolérance au gluten doivent suivre un régime strict d'éviction de tous les produits à base de farine de blé et de céréales apparentées (seigle et orge), qui est souvent très contraignant. Dans le cas de la maladie cœliaque, toutes les protéines du gluten (gliadines et gluténines) semblent sources d'épitopes actifs. Les protéines du gluten ont une importance technologique capitale et leur élimination fait perdre à la farine toute aptitude à la panification. Contrairement à la maladie cœliaque, les réponses des anticorps de type IgE des patients souffrant d'AAFB avec l'eczéma sont dirigées majoritairement contre des allergènes (encore non identifiés) de la fraction albumines/globulines du blé et celles des patients souffrant d'AAFB avec de l'urticaire, une anaphylaxie semblent en grande majorité très spécifiques de gliadines particulières.

## QUESTIONS A MICHEL LAURIERE

**Q1 : L'utilisation d'isolats de blé (donc pas uniquement dans le cadre de l'alimentation) ne fait qu'empirer la situation des allergies vis-à-vis du blé. On peut ne pas être allergique au blé et l'être uniquement à ces isolats.**

**R1 :** En effet ; les isolats de blé sont de plus en plus présents dans notre environnement et nous y sommes donc de plus en plus « exposés ». Une allergie spécifique à ce type de produit peut donc apparaître, d'autant plus que les usages de ces dérivés de blé sont nombreux et pas toujours indiqués dans la composition des produits que nous utilisons au quotidien (ex : cosmétique).

**Q2 : Les problèmes d'intolérance totale au gluten ne touchent peut-être qu'une part infime de la population, mais il s'agit tout de même sur le fond d'un problème de santé publique majeur, en particulier chez les enfants autistes, pour lesquels ces intolérances se manifestent vis-à-vis de toutes les céréales, avoine comprise.**

**R2 :** Il y a des observations qui montreraient en effet des liens possibles entre l'autisme et les allergies au blé et au lait, voire avec la maladie cœliaque. De même, on constate que des régimes sans gluten ont tendance à entraîner des effets positifs sur l'état de ces malades. Mais ces observations ne s'appuient sur aucune étude épidémiologique.

**Q3 : Les pistes d'amélioration et de sélection génétiques des variétés de blé ne sont évoquées que dans la cadre de la sélection en lignées pures. Cela semble surprenant d'autant plus que les allergies sont liées à de très nombreux facteurs, que l'approche des phénomènes est complexe et qu'il semble indispensable de traiter ces problèmes de la façon la plus globale possible, y compris en intégrant les effets potentiellement positifs de la biodiversité génétique. Ce qui va à l'encontre de la démarche de sélection « en lignée pure »...**

**R3 :** Le but de la sélection en lignée pure est de disposer de « matériel génétique » constant et parfaitement identifié. C'est à partir de cette stabilité génétique que l'on peut connaître et identifier les facteurs liés à l'allergie [et donc pouvoir intervenir dessus].

# ALLERGENICITE DES FARINES ET DIVERSITE DES BLES : OBJECTIFS DE SELECTION ET PERSPECTIVES D'AVENIR

**Gérard Branlard**

*UMR INRA ASP-UBP - 234 Av. du Brezet - 63100 Clermont Ferrand*

**M Laurière**

*UMR INRA INA-PG - Lab. Chimie-Biologique - Centre de Recherche de Grignon 78850  
Thiverval-Grignon*

**S Denery**

*INRA –BIA - rue de la Géraudière – BP 71627 – 44316 Nantes cedex 03*

## **1 L'ALLERGENICITE DELAISSEE PAR LA SELECTION**

L'amélioration génétique des céréales et notamment du blé fut jusqu'ici largement orientée vers l'accroissement de la productivité, de la résistance aux adversités biotiques et abiotiques et vers l'augmentation de la qualité technologique. En revanche, aucun programme de sélection développé, tant dans le secteur privé que public, pour les espèces blé, triticale et seigle, n'a pris en compte à ce jour, les caractéristiques d'allergénicité de certains constituants du grain ou de la farine. Le blé est à l'origine de différentes formes de pathologies, parmi lesquelles la maladie cœliaque et différentes allergies respiratoires, alimentaires et cutanées. Or dans l'ensemble des cultivars de blé tendre inscrits au Catalogue Officiel des Variétés, aucun n'a été spécifiquement sélectionné dans le but d'améliorer la sécurité alimentaire. Des recherches en génétique du blé sont donc nécessaires en vue d'identifier et d'analyser la diversité des facteurs biochimiques impliqués dans les incompatibilités et les maladies professionnelles (asthme, rhinites, urticaire, allergies) occasionnées par les farines.

## **2 LA MALADIE COELIAQUE**

La maladie cœliaque qui se caractérise par une dégradation des cellules épithéliales de l'intestin grêle après ingestion des protéines du gluten (principalement  $\alpha/\beta$ ,  $\gamma$ -gliadines) présente en Europe une prévalence de 1/130 à 1/300 habitants). Plusieurs séquences ont été associées à la toxicité de ces protéines qui interagissent avec les transglutaminases (autoantigène) de sujets génétiquement prédisposés (qui possèdent des hétéro-dimères aux systèmes HLA-DQ2 et /ou DQ8). La multiplicité de ces séquences et la complexité des loci impliqués empêchent de sélectionner un type de blé dépourvu de la totalité de ces protéines sans risquer de bouleverser les propriétés technologiques de la farine obtenue. L'éviction des produits à base de farine de blé et des produits dérivés (gluten, amidon, hydrolysats) et de céréales apparentées (seigle et orge), classiquement employée pour les patients atteints de cette maladie est encore à ce jour la réponse la plus appropriée.

## **3 L'ASTHME DU BOULANGER**

L'asthme du boulanger est la première maladie liée à une profession en Europe (20 % des maladies professionnelles). Les allergènes mis en évidence dans cette pathologie appartiennent à la fraction des albumines-globulines, protéines solubles de la farine. Ce sont des enzymes telles que l'acyl-CoA oxydase, des peroxydases, des inhibiteurs d'alpha-amylase. L'ensemble des allergènes associés à cette pathologie n'est pas encore totalement connu. Leur multiplicité va impliquer un effort considérable de recherche pour tout d'abord caractériser les épitopes en cause et pour ensuite identifier dans les collections de blé des variants alléliques codant pour des isoformes dépourvus de ces séquences allergéniques. Le pyramidage des allèles, non ou moins allergènes, pourra alors être entrepris.

#### **4 PREVALENCE DES ALLERGIES DUES A LA CONSOMMATION DE BLE**

Différentes manifestations digestives, respiratoires ou cutanées, selon les individus peuvent être associées à un allergène alimentaire. La prévalence des allergies dues à la consommation de blé a été en France récemment estimée (Moneret-Vautrin *et al.*, en préparation) à 11,6 % des enfants et 25 % des adultes, dans une population de patients présentant une allergie alimentaire. Le nombre de personnes souffrant d'allergie alimentaire à la farine de blé est estimé proche de 0.5% de la population générale. Chez l'enfant le syndrome d'eczéma/dermatite atopique est le principal symptôme associé à l'allergie alimentaire à la farine de blé. Des protéines appartenant à la fraction des albumines globulines et aux protéines de réserve ont été décrites comme associées à des dermatoses atopiques. Chez l'adulte les symptômes sont plus persistants - tels que des urticaires- ou plus sévères : cas des chocs anaphylactiques. L'un des symptômes les plus fréquents est l'anaphylaxie induite par l'effort physique ('wheat dependant exercise induced anaphylaxis' WDEIA) ; observée spécifiquement après une consommation à base de blé. Plusieurs études (Palosuo, Morita, Matsuo, Battais) ont montré que tous les patients souffrant de WDEIA réagissaient vis à vis des  $\omega$ 5-gliadines et nous avons montré l'implication de ces protéines dans certains cas d'urticaires et de chocs anaphylactiques. Les travaux conduits à l'INRA ont récemment permis d'aboutir à une identification génétique des  $\omega$ -gliadines impliquées dans cette anaphylaxie induite par l'effort. La création d'un blé dépourvu de ces protéines est envisagée.

Le blé est susceptible d'induire des réactions d'hypersensibilité chez des sujets prédisposés. Des immunoglobulines de type E (IgE) anti-gliadines sont exprimées chez les patients présentant une hypersensibilité par contact dermique aux hydrolysats de gluten. Des travaux sont en cours à l'INRA pour identifier ces protéines et l'on peut espérer des progrès permettant un jour d'aboutir à la sélection de variétés moins allergiques pour ces patients.

#### **5 LES VARIETES D'AUJOURD'HUI POSSEDENT-ELLES PLUS D'ALLERGENES ?**

Dans les pays développés, les allergies (alimentaires, respiratoires, par contacts) sont, d'une manière générale depuis quelques années, en augmentation. De nombreux facteurs peuvent être avancés pour expliquer ce phénomène. Certaines observations tendraient à montrer que le blé également n'échapperait pas à cette constatation. Dès lors on peut se poser la question de savoir si les variétés d'aujourd'hui possèderaient, ou non, plus de facteurs allergènes que les blés sélectionnés autrefois. L'amélioration de la qualité technologique des blés en effet n'a pas été sans conséquences sur la composition protéinique du grain. Ce point sera discuté. La coopération entre les Instituts de génétique des plantes et les Centres de recherche médicale sur les allergies n'en est qu'à ses débuts. Les approches d'analyse protéomique et métabolomique devraient nous donner demain des réponses génétiques plus complètes et dans tous les cas constituer un outil indispensable pour concevoir une qualité d'usage des blés qui soit plus satisfaisante pour la santé des consommateurs.

## Allergénicité des farines et diversité génétique des blés

G Branlard, M Laurière, S. Denery



## Incompatibilité aux protéines du blé

- Quelques rappels sur les allergies
- Toxicité : maladie cœliaque
  - Symptômes
  - Facteurs associés
  - Conséquences pour la sélection



## Incompatibilité aux protéines du blé

- Quelques rappels sur les allergies
- Toxicité : maladie cœliaque
  - Symptômes
  - Facteurs associés
  - Conséquences pour la sélection
- Allergénicité
  - L'asthme du boulanger
  - L'allergie alimentaire



Maladie cœliaque

## La maladie cœliaque

- **Caractéristiques :**
  - Entéropathie associée au CMH (HLA DQ2, DQ8), mortelle
  - Provoquée par l'ingestion de protéines de blé, seigle, triticale, orge.
- **Tableau clinique :**
  - Diarrhées, perte de poids, affections cutanées et neurologiques
  - Atrophie des villosités, infiltration lymphocytaire de l'intestin
  - Réaction immunitaire à médiation cellulaire et humorale (auto-immune)
- **Fréquence :** Cas aiguë 1/3000 présence IgA anti-gliad 1/100
- **Traitement :** Régime sans gluten strict, à vie

M. Laurière, Module de toxicologie alimentaire, 2001



Quelques rappels

## Allergies alimentaires en France

Origine des produits	CICBAA 2002		Réseau All. Vigil. 2002-2003
	Enfants	Adultes	
	1379 allergies	418 allergies	192 allergies graves
Animale	52%	14.40%	31.20%
Graines	40.70%	34.50%	47.40%
Arachides	26.00 %	5.20%	12.50%
Céréales	2.40%	6.00 %	5.70%
Fruits	3.00 %	33.20%	8.80%
Légumes	0.40%	12.20%	7.30%
Autres	3.90%	6.00%	1.60%

D'après: Lemerdy et al. 2003 Allim'Inter 8(1) : 5-8, Moriorisset et al. 2003, Allim'Inter : 9(2) : 68-72



Maladie cœliaque

## Manifestations de la maladie cœliaque



Paroi intestinale, plis et valvules conniventes



Aspect normal (A) et pathologique (B, C) de la paroi intestinale

M. Laurière, I. Bouchez-Mahiou ECRIN 22 oct. 2003



## Les protéines du blé responsables de la maladie cœliaque

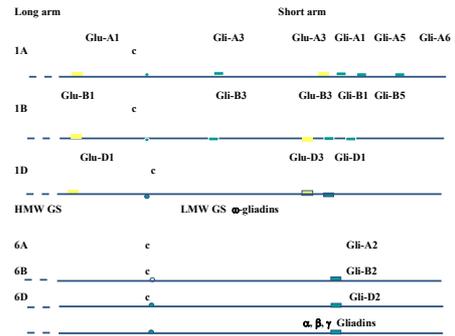
Pathologie Fractions protéiques

Maladie cœliaque - Prolamines (gluten)  
- Gliadines ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\omega$ -gli)  
- gluténines (HM<sub>1</sub>-GS, LM<sub>1</sub>-GS)

Toxicité prépondérante des  $\alpha$ -gliadines  
fortes variations dans la sévérité des symptômes et l'âge d'apparition



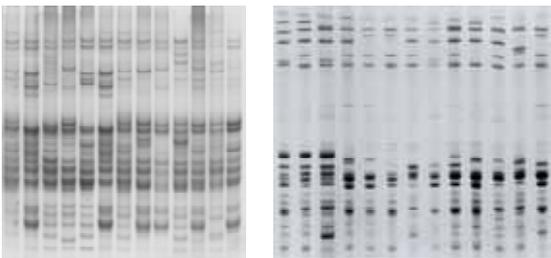
## Principaux locus impliqués dans la synthèse des protéines de réserve



## Diversité des protéines de réserve du grain

Gliadines

Gluténines



## Les protéines de réserve sont codées par des familles complexes de gènes en clusters

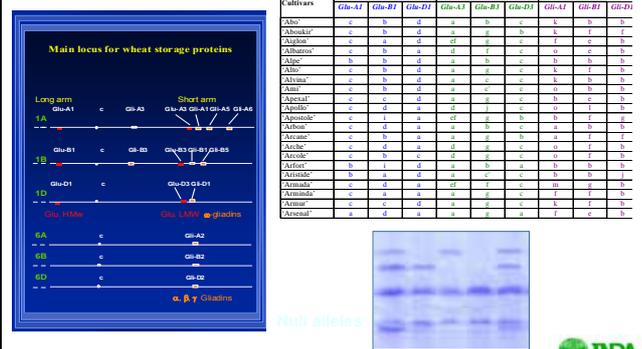


## Epitopes peptidiques mis en évidence par test de prolifération des lymphocytes T

Référence bibliographique	Origine du peptide	Peptide stimulant	Restriction des L <sub>T</sub>
VAN DE WAL <i>et al.</i> , 1998	$\alpha$ -gliadine	206-217 : SGQGSFQPSQQN [E208, E216 améliore l'activité]	DQ8
SJÖSTRÖM <i>et al.</i> , 1998	$\gamma$ -gliadine	141-150 : QPQQSFQQQ [E148 nécessaire]	DQ2
VAN DE WAL <i>et al.</i> , 1999	Gluténine HPM	724-734 : QGYPTSPQQS [désamidation diminue l'activité]	DQ8
ARENTZ-HANSEN <i>et al.</i> , 2000	$\alpha$ 9-gliadine $\alpha$ 2-gliadine	60-68 : PFPQPQLPY [E65 nécessaire] 62-70 : PQQPLPYQ [E65 nécessaire]	DQ2
ARENTZ-HANSEN <i>et al.</i> , 2002	$\alpha$ 2-gliadine	67-75 : PYPQPQLPY [E72 nécessaire]	
	$\gamma$ 5-gliadine	102-113 : FSQPQQFPQPQ [E106, E108 néc.]	
	$\gamma$ 5-gliadine	60-79 : LQPQPFPQPQPYPQPQ	
	$\gamma$ 5-gliadine	66-78 : FPQPQPYPQPQ [E68, E71 néc.]	



## Recherche de variants alléliques des protéines de réserve



## Conséquences pour la sélection

- Mise au point d'une stratégie d'extinction des nombreux gènes codant les protéines de réserve
  - RNAi (OGM)
  - Pyramidage des allèles nuls dans un même génotype
- Recherche s'il existe (sinon conception / OGM) de variants alléliques dépourvus des séquences induisant l'intolérance au gluten
- Exploitation d'espèces de la famille des graminées mieux supportées par les patients coéliquaques



## Allergènes du blé identifiés pour l'asthme du boulanger

- a-amylase/trypsine inhibiteur (Fränken *et al.* 1994)
- acyl-coA oxydase (Posch *et al.* 1995)
- peroxydase glycosylée (Sanchez-Monge *et al.* 1997)
- Fructose-2P-aldolase (Weiss *et al.* 1997)
- glyceraldehyde-3PDH, triose-P isomérase, sérine prot. inhibiteur (Sander *et al.* 2001)

M. Laurière, I. Bouchez-Mahout ECRIN 22 oct. 2003



## Incompatibilité aux protéines du blé

- Quelques rappels sur les allergies
- Toxicité : maladie coéliquaque
  - Symptômes
  - Facteurs associés
  - Conséquences pour la sélection
- Les allergies au blé



## Conséquences pour la sélection

- Recherche de variants alléliques pour ces principaux allergènes dont chacun est, chez le blé, codé à plusieurs locus
- Test de leur moindre allergénicité,
- Pyramidage des allèles favorables dans un même génotype
- Apporter une attention à la granulométrie de la farine (les blés very soft et soft donnent davantage de particules de farine pulvérulentes et électrostatiques)  
Blés Medium Hard et Hard



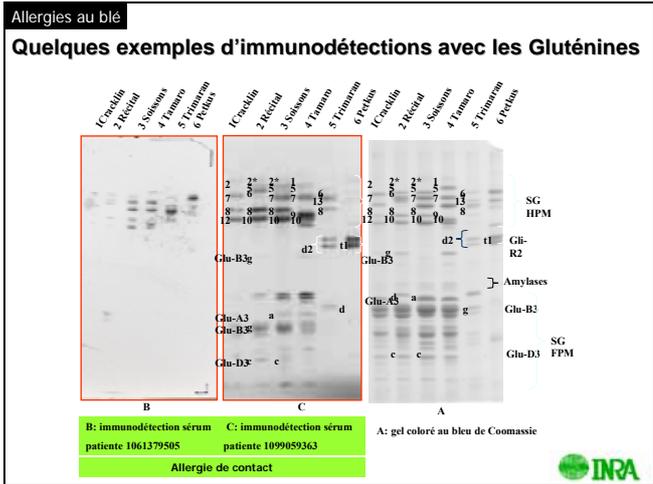
## Les manifestations d'allergies au blé

- Allergies respiratoires (farine) :
  - Rhinite, écoulement lacrymal
  - Asthme du boulanger (20% des maladies professionnelles)
- Allergies de contact (cosmétiques) :
- Allergies alimentaires (aliments) :



## Allergies de contact

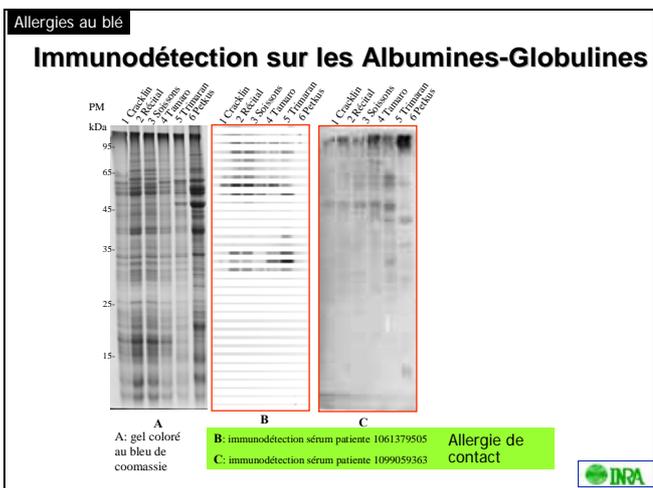
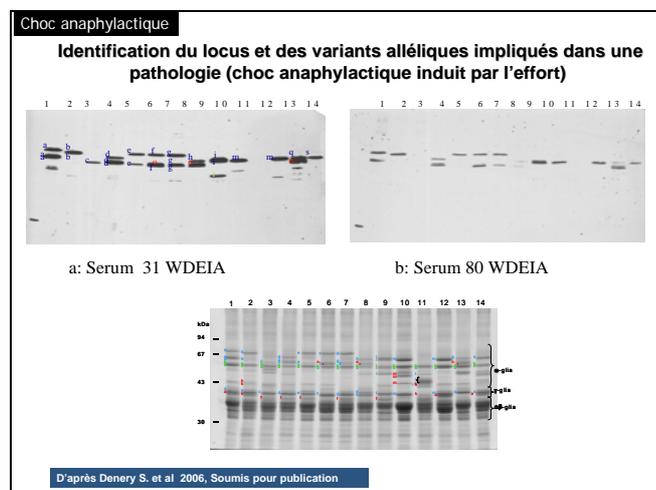
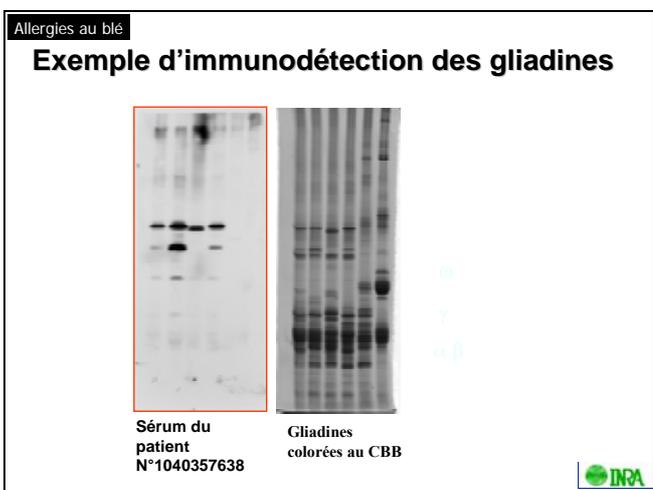
- Allergies de contact (cosmétiques) :
  - Urticaire local, généralisé, eczéma
  - Choc anaphylactique



**Allergies au blé**

## L'allergie alimentaire au blé et à ses produits dérivés

**Allergies alimentaires (aliments) :**  
 Urticaire local, généralisé, dermatite atopique (enfant)  
 Reflux œsophagique douleurs abdominales  
 Asthme,  
 Choc anaphylactique après effort



**Allergie WDEIA**

## Conséquences pour la sélection

- Recherche dans les collections de blé tendre de cultivars ayant un allèle nul au locus impliqué,
- Introgression de cet allèle nul.

## Question:

Les blés d'aujourd'hui sont ils plus allergènes que ceux d'autrefois ?

discussion

### Current status for quality of wheats grown in France



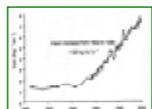
Relative part of the different quality classes of the wheat cultivars grown in France between 1996-2002



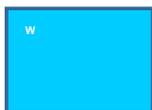
### A brief historical survey on the wheat improvement for yield and quality in France



Wheat breeding efforts over the last century have introduced important genetic modifications for many characters: ex:  
Plant adaptation, height, disease resistance.



Through agronomic practices and continuous breeding, grain yield has been increased up to 500% over the twentieth century.

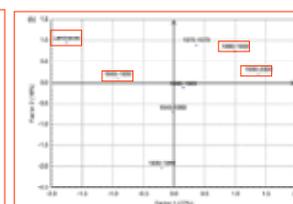
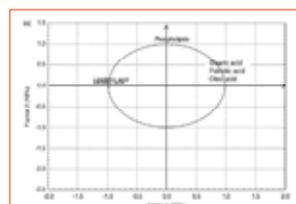


Although breeding efforts for wheat quality have been introduced from the sixties, many quality characteristics are today improved: for exemple up to 300% for W.



discussion

### ACP sur 539 variétés de blé tendre ( cultivées et sélectionnées entre 1800 et 2000) et analysées par 23 variables (NIR) de composition du grain



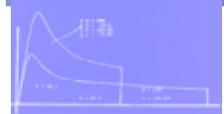
D'après: Roussel, Branlard, Vezine, Bertrand, Balfourier, J. Cereal Sci 2005 42, 193-203.

discussion

### Comparison of alleles effects for phenotypic values of dough strength

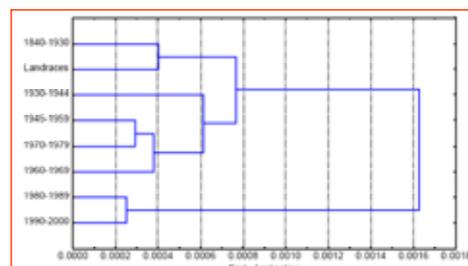
Locus Strength

- GluA1* 2\* = 1 > null
- GluB1* 17-18 ≥ 13-16 ≥ 7-9 = 7-8 ≥ 7 = 6-8
- GluD1* 5-10 ≥ 3-12 = 2-12 ≥ 4-12
- GluA3* a = d = f ≥ e
- GluB3* b' ≥ d = c = c' = b = g > i > f ≥ j
- GluD3* a ≥ b = d = c
- GluA2* t ≥ k = r = f = g = j ≥ l = b = p
- GluB2* m > b ≥ r ≥ h = o = g ≥ ae = l = ac
- GluD2* m = e ≥ a = h = v = g = n

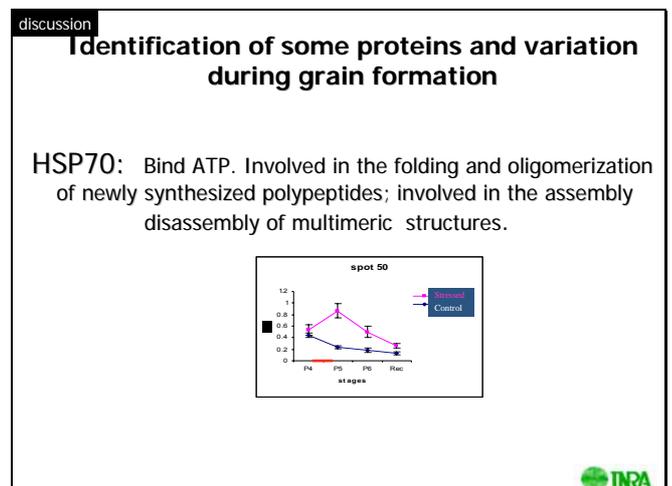
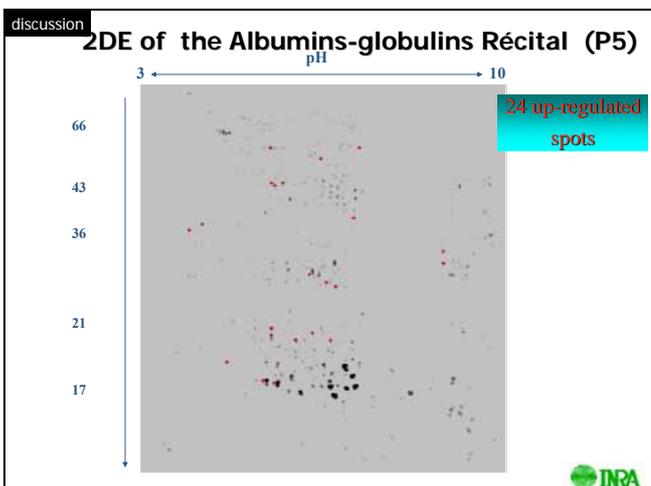
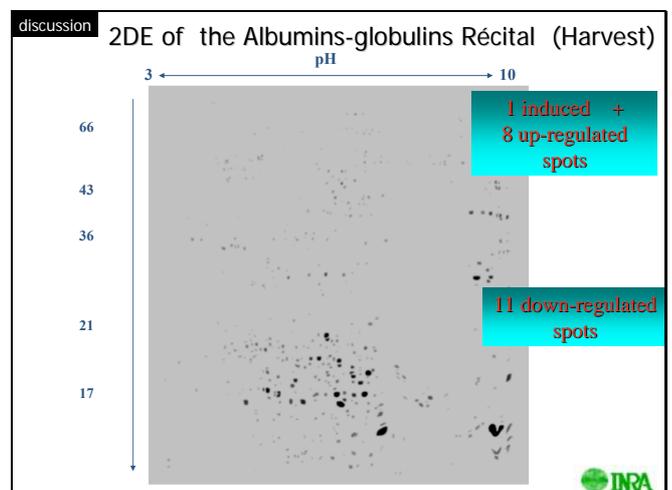
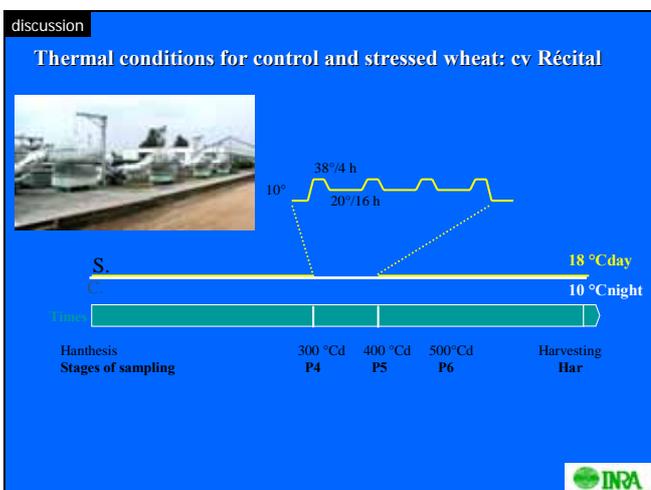
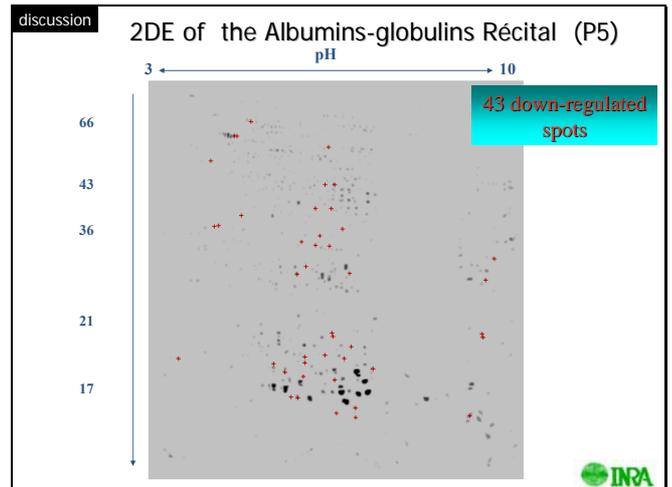
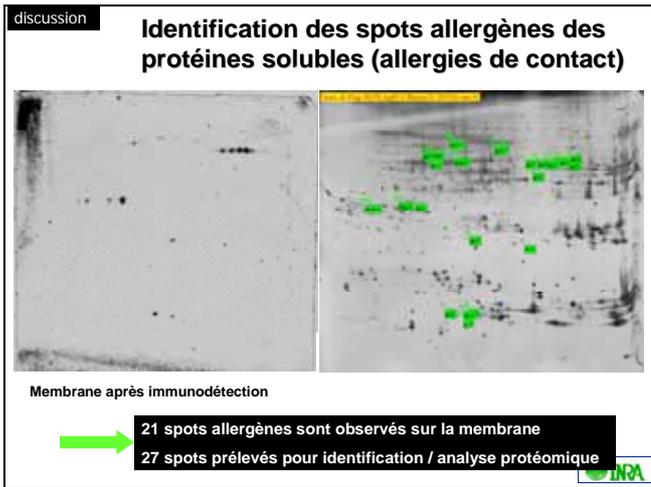


discussion

### Distances euclidiennes entre groupes variétaux, calculées sur les 23 variables de composition du grain

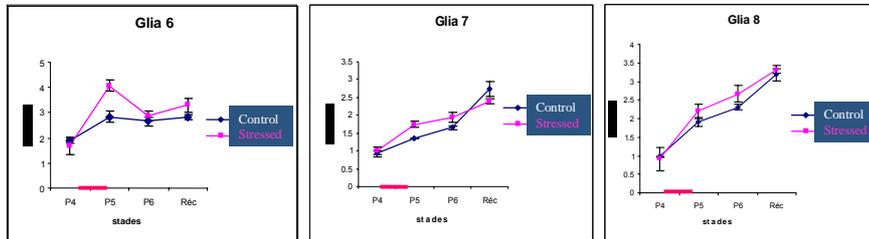


D'après: Roussel, Branlard, Vezine, Bertrand, Balfourier, J. Cereal Sci 2005 42, 193-203.



## Identification of some proteins and variation during grain formation (Continuation)

### $\alpha$ -Gliadins



## Conclusion

- 1- Le grain de blé est riche en de très nombreux constituants essentiels pour la santé
- 2- Les allergies au blé sont multifformes et il existe de fortes variations de sensibilité des individus
- 3- Les oméga gliadines codées par *Gli-B1* sont associées au choc anaphylactique après effort
- 4- Il sera demain possible de créer des blés moins allergisants, mais pratiquement irréalisable d'éliminer tous les constituants incriminés sans modifier les propriétés technologiques ou les fonctions vitales.



## QUESTIONS A GERARD BRANLARD

**Q1 : Certaines enzymes présentent des caractéristiques allergisantes. Les enzymes fongiques le sont-elles ?**

**R1 :** A priori, les souches ont été sélectionnées et sont dites non allergisantes. Mais il est clair que les enzymes issues de levures présentent des séquences différentes des enzymes naturelles issues des blés.

**Q2 : Vous avez présenté l'allergénicité des blés uniquement à travers leurs caractéristiques génétiques, mais il n'a pas été question du mode de culture. Le potentiel génétique présenté à travers une « collection de gène » ne correspond pourtant pas à la réalité de la production de blé !**

**R2 :** Il n'a pas été mis en évidence de différences génétiques fondamentales entre les blés, mais il est évident que l'expression des caractères du blé (allergisants ou non) est le résultat de l'interaction entre le génotype et le milieu. Tous les blés présentent le même type de réponses (production de telle ou telle protéine) mais les quantités et les équilibres qualitatifs vont être différents selon les modes de culture. De même, selon les conditions de milieu (et donc de culture), on aura des différences de quantités de grains et de protéines (en valeur absolue et en part relative des unes par rapport aux autres).

**Q3 : Y-a-t-il eu des évolutions de la force boulangère suite aux efforts de sélection ?**

**R3 :** Oui, le W des blés inscrits comme panifiables est passé de 60-80 dans les années 1960 à 180-200 voire 200-220 aujourd'hui (multiplié par 3), du fait de l'introduction et de la conservation de gènes allèles déterminant l'augmentation de la densité du réseau de gluten pour une moindre quantité de protéines. Cette sélection a permis d'augmenter significativement les rendements et de répondre aux attentes de la filière « panification » (amélioration de la qualité technologique). Mais cela s'est fait au détriment du reste de la qualité.

# INTERET DE LA FERMENTATION AU LEVAIN EN MILIEU NATUREL TRES HYDRATE POUR AMELIORER LA QUALITE NUTRITIONNELLE DU PAIN

**Christian Rémésy , Fanny Leenhardt et Delphine Lioger**

*Unité de Nutrition Humaine, INRA de Theix, 63122 St Genès Champanelle*

*Email : remesy@clermont.inra.fr Tél : 04 73 62 42 33*

## INTRODUCTION

Longtemps, le pain blanc a correspondu à une attente des consommateurs à la recherche d'un aliment raffiné, symbole d'abondance et de pureté. L'utilisation de farines blanches enrichies en auxillaires divers et le pétrissage intensif ont contribué à dévaloriser le goût du pain et son intérêt nutritionnel. L'adoption du pain de tradition française a marqué un changement notable vers l'amélioration de la qualité du pain. Cependant, il est encore nécessaire d'améliorer la qualité nutritionnelle du pain courant.

En effet, le pain doit comporter une part suffisante des fibres alimentaires, des vitamines et des minéraux présents dans le grain de blé. Or ce grain a la particularité d'accumuler des fibres, des minéraux et des vitamines dans les enveloppes externes et le germe qui peuvent être entièrement éliminés par les procédés de mouture sur cylindres pour produire la farine blanche (type 55 ou 65). Le classement actuel des farines est pertinent sur le plan technologique mais pas suffisamment valorisé sur le plan nutritionnel. Rappelons que le type 55 signifie que 100 g de farine contiennent environ 0,55 g de minéraux (ou « cendres ») et le type 80, 0,8 g de minéraux par 100 g. L'absence de l'unité de référence (quantité de minéraux par 100 g de farine) rend incompréhensible la valeur du type de farine, qui est souvent assimilé par le public à un indice de granulométrie. Pourtant, le type de farine est intéressant à connaître puisqu'il y a une proportionnalité très forte entre le type et l'ensemble des éléments protecteurs (minéraux mais aussi fibres et vitamines).

Le ministère de la santé dans son Programme National Nutrition Santé (PNNS), de même que l'AFSSA dans son rapport sur Glucides et Santé, recommandent une évolution de l'offre en produits céréaliers et en pain vers des produits plus complets. Cette préconisation vient du fait que les enquêtes épidémiologiques ont montré que la consommation de produits céréaliers plus complets est plus favorable au maintien de la santé (par exemple à la prévention du diabète et des maladies cardio-vasculaires) que celle du pain blanc ou de produits trop raffinés (Lang & Jebb, 2003).

Le but de cet article est de dresser un tour d'horizon des voies d'amélioration de la densité nutritionnelle des farines et de l'intérêt de la fermentation au levain dans la fabrication du pain. Les aliments fermentés bénéficient du métabolisme de certains micro-organismes qui modifient les caractéristiques de l'aliment, en produisant du CO<sub>2</sub> pour assurer la levée de la pâte, en libérant des acides organiques pour l'acidification du milieu, en exerçant de nombreuses transformations enzymatiques, en produisant des exopolysaccharides, en libérant des arômes ou en changeant la texture du milieu (Czerny & Schieberle, 2002).

## **6 LE CHOIX DU TYPE DE FARINE POUR LES FERMENTATIONS AU LEVAIN**

Pour des impératifs nutritionnels et dans l'esprit de la filière biologique, il est souhaitable de disposer de farines d'une densité nutritionnelle élevée. C'est d'ailleurs pour panifier ce type de farines que l'utilisation de levain revêt tout son intérêt.

Dans la mesure où des farines assez complètes sont difficiles à panifier et conduisent à des pains très éloignés des pains blancs habituels au goût des consommateurs, un bon

compromis est d'utiliser en panification des farines de type 80, ce qui correspond à la densité nutritionnelle des farines produites à la meule de pierre.

Avec ce type de mouture, les forces d'écrasement des meules permettent d'incorporer des particules de son et de germe dans la farine, ce qui l'enrichit nettement en minéraux et micronutriments.

Avec les moulins à cylindres, on arrive à récupérer exclusivement l'amande farineuse pour produire les farines blanches couramment utilisées en panification, de type 55 ou 65. Pour suivre les recommandations du PNNS concernant la généralisation des pains de type 80, il est nécessaire d'envisager de nouveaux diagrammes de mouture sur cylindres.

La voie la plus classique consiste à incorporer à la farine blanche des remoulages ou des sons micronisés. En filière biologique, on trouve des farines de type 80 principalement reconstituées à partir de l'addition de remoulages. Lorsque les farines sont de type 110 ou 150, elles comprennent une large partie des sons qui ont subi au préalable une micronisation.

L'utilisation directe du son en panification n'est pas un très bon procédé puisque les fibres du son ont besoin d'être bien hydratées. Il est certes possible de pré-tremper le son la veille, mais peu de boulangers prennent cette précaution.

Afin d'améliorer l'offre de farines bises et de trouver des procédés qui respectent au maximum la structure du grain de blé, nous avons mis au point deux procédés originaux testés sur le terrain :

### **6.1 Incorporation de blé entier concassé**

Une des solutions les plus simples pour accroître la densité nutritionnelle des pains est d'opérer un mélange farine blanche/ farine complète. Cependant si les farines complètes ont été finement divisées, elles sont le siège de diverses oxydations et se conservent mal. Lorsque le diagramme de panification de ce type de farines semi-complètes est assez bref (et si de plus l'hydratation est faible), on obtient des pains de qualité organoleptique et nutritionnelle (par manque d'activités fermentaires) bien moyennes.

Nous avons cherché à résoudre ce problème par l'utilisation de farines grossières, telles qu'une boulangerie issue du 1er broyage sur cylindres (qualifiée de B1) ou de blé concassé à la meule de pierre. A cette fin, il était nécessaire de définir un type de panification adaptée à l'utilisation de blé entier. La méthode qui a été mise au point consiste à conduire une panification en deux temps: Avant la panification classique, une première étape est consacrée à l'hydratation de la boulangerie (1,25 litre par kg de blé), avec un faible ensemencement de pâte fermentée ou de levain liquide; cette préfermentation peut durer de 12 à 20 h et être conduite à température ambiante ou partiellement au froid. Dans la mesure où il faut beaucoup de temps pour hydrater le blé grossièrement broyé, seul un long pointage bac peut dispenser de cette étape de préfermentation.

### **6.2 L'utilisation des « semoules vêtues »**

En France, les blés tendres destinés à la panification sont du type moyennement durs avec un degré de dureté qui peut différer selon les variétés et les conditions de culture. Ceci signifie que l'albumen du blé tendre est naturellement désagrégé en farine et en semoules. Il faut donc mettre en œuvre une deuxième étape de claquage et de convertissage pour réduire les semoules en farine.

Il est bien connu que l'on peut faire du pain avec de la semoule de blé dur, même si le produit obtenu est sensiblement différent de notre baguette de pain blanc. Puisque le pétrissage arrive à former une pâte panifiable avec de la semoule de blé dur, un résultat similaire peut être obtenu avec des semoules de blé tendre qui ont la capacité de se désagréger plus facilement que les particules de blé dur. C'est pourquoi nous avons pensé qu'il était envisageable, pour faire du pain, de ne plus écraser les semoules de blé tendre en farine.

Ceci présente divers avantages :

pour réduire les dépenses d'énergie occasionnées par la réduction des semoules en farine et surtout pour disposer de farines et de pains de meilleure qualité nutritionnelle. En effet, des fragments de téguments externes restent adhérents à certaines semoules dites « vêtues » ce qui augmente leur teneur en fibres, minéraux et vitamines.

Lorsqu'on écrase le blé, en ménageant les semoules (ni claquage, ni convertissage), on obtient pour des mélanges classiques de variétés panifiables, un rendement meunier en farine + semoules proche de 80 % ; Le mélange obtenu est composé d'environ 40 à 45% de farine et 60 à 55 % de semoules. L'ensemble de ces semoules issues des deux premiers broyeurs se répartit environ en 40 % de grosses semoules et 15 % de fines semoules. Il est possible de récupérer 5 % de particules très chargées en fibres en provenance du 3ème broyeur, ce qui augmente d'autant le rendement meunier et accroît très sensiblement le type de farine.

Le mélange de 50% de farine et de 50% de semoules ( 70% de grosses et 30 % de fines semoules) correspond à un type 80. Pour la panification, une première étape d'autolyse semble très utile et la pâte supporte une hydratation de plus de 70 %. La couleur de la mie reste relativement claire et les piqûres d'enveloppes ressortent peu. La valeur boulangère et les qualités organoleptiques correspondent aux impératifs de production d'un pain courant.

La préservation des semoules réduit les oxydations, ce qui est important pour la conservation des vitamines et en particulier de la vitamine E et des caroténoïdes.

Autre avantage évident : la pulvérulence des farines est fortement diminuée ; une particule de semoule de 1 mm pouvant donner théoriquement 1000 particules de farine de 0,1 mm. Ceci devrait avoir une influence favorable sur la prévention de nombreuses maladies professionnelles dues aux poussières de farine.

L'utilisation des semoules vêtues en panification correspond à une perspective de développement très intéressante pour la filière blé-pain. Elle devrait se traduire par une amélioration très sensible de la qualité nutritionnelle du pain et la recherche en amont de variétés adaptées à ce nouveau type de mouture (dureté du grain , richesse en micronutriments et couleur des semoules).

## **7 QUELLES SONT LES ACTIVITES HYDROLYTIQUES QU'IL EST IMPORTANT DE STIMULER EN PANIFICATION?**

En premier, la dégradation de l'acide phytique, il faut rappeler que ce composé, un inositol hexaphosphate, constitue la réserve naturelle de phosphore du grain de blé et qu'il est principalement accumulé dans la couche à aleurone. La dégradation de l'acide phytique est dépendante d'une part de sa solubilisation dans l'eau et des activités des phytases végétales et microbiennes. L'hydratation et la baisse du pH sont deux facteurs très favorables à la solubilisation de l'acide phytique, par ailleurs, l'activité de la phytase végétale de blé est optimale aux alentours de 5,5 et celle des phytases microbiennes principalement issues des bactéries lactiques est maximale à pH 4,5) (Leenhardt et al., 2005). Dans des procédés de fermentation au levain classique avec une hydratation de 0.65L au Kg, les micro-organismes parviennent à baisser le pH jusqu'à 4,5 si le temps de fermentation est suffisamment long, par contre l'hydratation s'avère insuffisante pour obtenir la dégradation maximale de l'acide phytique (Lopez et al., 2001).

On peut attendre également de la fermentation au levain le développement d'autres activités hydrolytiques telles que l'hydrolyse de l'amidon par des amylases, des arabinoxylanes par des xylanases ou de l'hydrolyse du gluten par des enzymes protéolytiques (Mugula et al., 2003). En milieu très hydraté et à pH acide, l'hydrolyse des arabinoxylanes contribue à créer de la viscosité (celle qui est recherché lorsque l'on additionne des xylanases dans la farine blanche) et l'hydrolyse du gluten contribue à liquéfier

la pâte. Ces conditions de fermentation au levain en milieu très hydraté sont donc extrêmement favorables pour la dégradation de l'acide phytique et posent des problèmes technologiques pour la tenue de la pâte. Par contre du point de vue de la tolérance digestive, la dégradation partielle du gluten est très intéressante (Thiele et al., 2004).

De plus, une autre activité métabolique très répandue des bactéries lactiques est la production d'exopolysaccharides (EPS) à partir de sucrose. Pendant le processus de panification, la molécule d'EPS produite par les lactobacilles peut remplacer les additifs habituellement utilisés lors de la fabrication du pain (Korakli et al., 2001; Tieking et al., 2003). En effet la production d'EPS pendant la fermentation au levain a le pouvoir de modifier les propriétés rhéologiques du pain comme le volume, la texture et la conservation.

## **8 LA FERMENTATION PANAIRES CLASSIQUE**

La levure de boulanger ou *Saccharomyces cerevisiae* est largement utilisée en panification mais aussi pour la préparation des viennoiseries, des pâtes à pizza voir des pâtes à crêpe. Lorsque la durée de fermentation à la levure est très faible, inférieur à 2 ou 3 heures, l'action de la levure se limite à l'hydrolyse de l'amidon, à la production de CO<sub>2</sub> et d'alcool et à la synthèse d'arômes, le pH de la pâte est très peu abaissé. Si le milieu est peu hydraté, la vitesse d'hydrolyse de l'amidon peut être un facteur limitant pour le métabolisme des levures lorsque les sucres simples de la farine sont épuisés, d'où l'action favorable de l'addition d'amylases ou de maltodextrines. Lorsqu'on prolonge la durée de fermentation à la levure, les modifications métaboliques réalisées au sein de la pâte deviennent plus complexes, le pH s'abaisse à la suite de la prolifération des bactéries présentes dans la farine, diverses activités hydrolytiques se mettent en route (hydrolyse de l'acide phytique, des arabinoxylanes), le milieu peut s'enrichir en vitamines B (Batifoulier, 2005). La production d'exopolysaccharides devient significative, sans doute du fait du métabolisme de la levure mais aussi du développement rapide des bactéries lactiques. Lorsque des fermentations à la levure se prolongent anormalement, une activité protéolytique peut se développer après la mort des levures qui libèrent leurs enzymes dans la pâte.

A la différence des fermentations induites par une addition de levure, la fermentation au levain est réalisée à partir d'une flore naturelle qui se développe dans une pâte hydratée au bout de plusieurs jours. Il existe une très grande diversité de procédés de fabrication des levains. Les plus simples sont élaborés seulement avec de la farine et de l'eau. La farine de préférence de type 80 est fortement hydratée (Poids / Volume). La technique de préparation consiste à rajouter quotidiennement un nouvel apport de farine et d'eau dans les mêmes proportions pendant 3 à 4 jours jusqu'à ce que la densité des micro-organismes soit suffisante pour induire une fermentation active et servir de levain panaires (levain chef). Dans cette phase le nombre de bactéries aérobies et de moisissures s'effondre de même que les bactéries coliformes pathogènes; en parallèle il y a une augmentation des levures sauvages et des bactéries lactiques anaérobies. L'acidification démarre quand les bactéries lactiques prennent le dessus sur les autres organismes. De nouvelles substances sont produites (de l'acide lactique bien sûr, mais aussi des vitamines et d'autres composés). Lorsque la fermentation se prolonge, la multiplication des bactéries lactiques s'arrête à pH inférieur à 4, ensuite le produit évolue et en particulier le profil aromatique (Czerny & Schieberle, 2002).

Dans un nouveau levain, la proportion et la nature des levures sauvages et des bactéries est fortement influencée à la fois par le substrat utilisé et la flore qu'ils contiennent.

Afin d'enrichir le levain initial en levures, dans de nombreux procédés de préparation de levain on inclut du miel ou un jus de fruit fraîchement préparé pour favoriser en particulier la prolifération de levures sauvages.

Il n'existe pas un levain mais des levains, selon leur origine, caractérisés par des profils microbiens et fermentaires qui peuvent être très contrastés. Des études microbiologiques ont permis de caractériser 43 espèces de bactéries lactiques issus principalement du genre *Lactobacillus* et 23 espèces de levures plus particulièrement du genre *Saccharomices* ou *Candida*. Une fois stabilisé le levain est composé d'une association stable entre lactobacilles et levures. En vieillissant la microflore du levain a tendance à

s'appauvrir en terme de diversité microbienne mais les espèces de levures et de levain deviennent davantage complémentaires. La répartition des espèces de bactéries lactiques peut être variable d'un levain à l'autre. *Lactobacillus Sanfranciscensis* prédomine à partir de la fermentation de farine complète. Dans beaucoup d'autres levain on trouve de nombreux autres lactobacilles, par exemple : *L. Frumenti*, *L. Fermentum*, *L. johnsonii*, *L. Panis*, *L. Pontis*, *L. Reuteri*. Cette liste est loin d'être exhaustive. La conduite de la panification au levain a beaucoup évolué au cours du temps. Lorsque la valeur boulangère des blés anciens n'était pas très bonne, il était important de procéder à une préparation du levain en plusieurs étapes de façon à lui donner le maximum de force et de faire lever la pâte même dans des conditions très difficile. Il existe par exemple un diagramme d'une pâte sur 3 levains pour aboutir à un levain final « tout-point » représentant à la fin une forte proportion (environ 1/3) de la pâte finale. En France, avant la généralisation de la panification à la levure à partir de farines type 55 issus des moulins à cylindres, on panifiait des farines bisées de meules de pierre (de type 80) par une panification au levain en plusieurs étapes ou seulement avec le levain précédent lorsque le rythme des fournées était suffisamment rapide.

Dans un esprit de facilité d'utilisation, des levains liquides possédant une flore sélectionnée sont utilisés pour faire une panification en direct beaucoup plus rapide voire pour préparer un levain « tout-point » plus rapidement que par une méthode naturelle. Une autre formule fréquemment utilisée consiste à faire une panification à la levure tout en incorporant un peu de levain liquide pour aciduler légèrement la pâte, apporter des arômes et aboutir à un pain de meilleure qualité gustative.

Dans la législation française, on peut utiliser de faibles doses de levures (< 1%) dans la panification au levain. Curieusement, il est indiqué que la panification au levain doit avoir un pH très bas proche de 4,4, ce qui donne souvent un goût beaucoup trop acide et n'est pas un facteur favorable à la consommation du pain au levain.

## **9 LA PREFERMENTATION DES FRACTIONS CEREALIERES EN LEVAIN LIQUIDE**

Malgré des recherches très diverses, le levain a rarement été utilisé dans des conditions optimales pour bonifier la valeur nutritionnelle des céréales complètes. Les méthodes classiques sont peu adaptées aux farines complètes qui nécessitent une hydratation très importante pour favoriser l'ensemble des étapes enzymatiques et fermentaires. Finalement jusqu'à présent, les conditions optimales pour la fermentation au levain des farines intégrales n'existaient pas en particulier, parce que la panification nécessite un taux d'hydratation relativement faible (0.7L d'eau /kg farine) afin que le pain puisse conserver une tenue au façonnage et à la cuisson. Certes l'utilisation de moules permet de pratiquer une hydratation plus importante, mais ce procédé est jusqu'à présent peu utilisé.

Nous avons montré que l'augmentation de l'hydratation jusqu'à 1.3 L d'eau par kg de farine permettait d'accroître la production totale d'acide lactique et l'activité des phytases. Dans la mesure où une forte hydratation est incompatible avec une panification directe, nous avons résolu cette difficulté en procédant à une panification en deux étapes : une préfermentation en milieu liquide de farines ou d'issues riches en fibres suivi de la mise en route de la panification avec un complément de farine blanche. La méthode préconisée est donc de toujours faire subir une longue préfermentation aux fractions du grain de blé les plus riches en fibres en milieu très hydraté.

Nous avons donc vérifié que la fermentation au levain pouvait être également efficace sur une farine intégrale ou sur du son pourvu que le milieu soit fortement hydraté. (figure 1 A ET B)

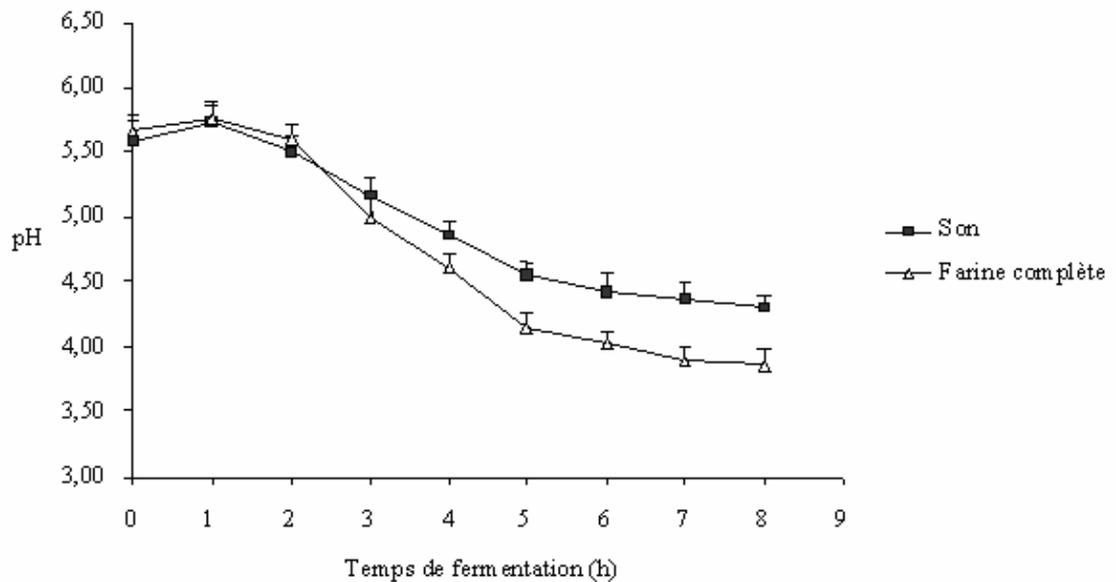


Figure 1A

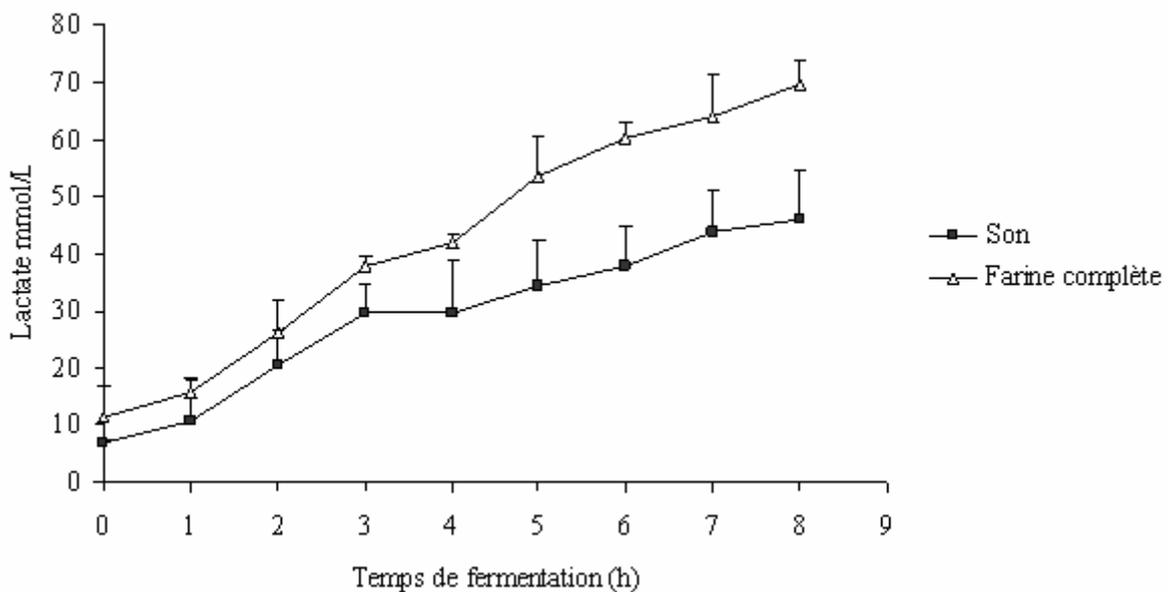


Figure 1B

Figure 1A et 1B : Cinétique d'acidification et de la production d'acide lactique obtenue par la fermentation en milieu très hydraté en présence de levain, d'une farine intégrale et de son. La fermentation de la farine était obtenue en mélangeant les quantités suivantes : 1 poids de farine intégrale/1.25 volume d'eau et 0.25 poids de levain. Pour le son, les proportions étaient de 1 poids de son pour 3.5 volume d'eau et 0.3 poids de levain. La fermentation était réalisée à 27°C pendant 8 heures.

Nous avons mis en évidence que l'acidification était plus rapide en fermentant la farine complète qu'avec du son mais après 4 heures de fermentation le pH du son fermenté avoisine 5, ce qui est déjà très favorable à la dégradation de l'acide phytique. Avec le son, on observe une moindre production d'acide lactique qu'en présence de farine complète, mais

compte tenu de l'inconvénient gustatif d'une trop forte acidification de la pâte par le levain, une moindre production d'acide lactique est sans doute avantageuse (Figure 2).

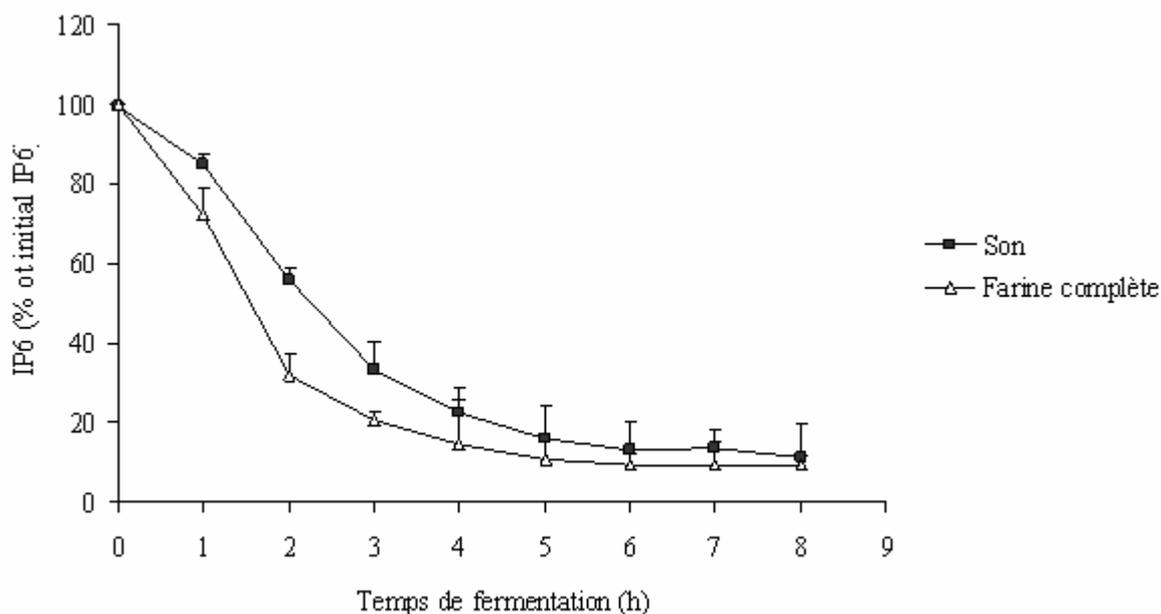


Figure 2

La dégradation de l'acide phytique est également moins rapide en présence de son qu'avec une farine complète, mais après 8 heures de fermentation, elle est quasi-totale pour les deux types de produits riches en fibres. Dans ces conditions, la solubilisation du magnésium est presque totale avec la farine complète, et proche de 80 % avec le son. On observe, par contre, une bien moindre solubilisation du calcium et du zinc avec du son fermenté en comparaison d'une farine complète.

Cette étude montre que le son gagne à subir une fermentation au levain, ce qui permet d'obtenir une acidification et un profil d'acide lactique relativement similaire à ceux d'une farine complète. La moindre acidification du son peut provenir d'un manque de glucides fermentescibles mais aussi de sa richesse en minéraux, susceptibles d'exercer un effet tampon vis-à-vis de l'abaissement du pH. Le résultat essentiel que nous avons obtenu est le fait que la dégradation de l'acide phytique est quasi-totale, même en présence de son, pourvu que le temps de fermentation soit suffisamment long (environ 8 heures).

Concernant la solubilisation des minéraux, le magnésium est toujours apparemment plus soluble et biodisponible que le calcium et le zinc. Cependant, le fait que la fermentation au levain détruit dans tous les cas la majorité de l'acide phytique, laisse supposer que le calcium et le zinc peuvent être solubilisés dans le tractus digestif par l'acidification gastrique et la forte dilution du contenu digestif.

L'action conjuguée de l'hydratation, des enzymes de la pâte et des ferments microbiens permet d'accroître dans la fraction préfermentée la teneur de nombreux facteurs de croissance (sucres simples, vitamines) pour activer la fermentation finale au moment de la panification en direct. En plus de la production d'amylodextrines, la préfermentation permet également de modifier la solubilité des fibres. Plus besoin d'amylase ou de xylanase, la farine intégrale autolysée fournissant tous ces éléments importants pour la croissance microbienne ou pour la technologie panaire.

La préfermentation qu'elle soit réalisée en présence de levain (ou de levure) permet de panifier avec de très faibles quantités de levure compte tenu de la forte activité des ferments mis en route. Les résultats obtenus au niveau de la qualité de la panification sont

remarquables, qu'il s'agisse de la valeur boulangère ou organoleptique du pain. Le fait de pouvoir incorporer de la farine intégrale sans trop pénaliser le volume du pain a permis de montrer a posteriori que l'essentiel du problème était lié à la lenteur de l'hydratation des fibres.

La préfermentation de farines intégrales ou de fractions riches en fibres (remoulage, son) est très utile pour produire des pains bis et indispensable pour produire du pain dit complet correspondant à des farines de type 150. Il semble donc que jusqu'ici on ait utilisé le levain dans des conditions où il ne peut exercer pleinement sa fonction de prédigestion des fractions céréalières riches en fibres alimentaires.

Certains boulangers sont très attachés à la technique d'un long pointage en bac. Cette technique est également satisfaisante (pourvu que l'hydratation soit forte) parce qu'elle permet une bonne hydratation des fibres et un développement suffisant des activités fermentaires ( cf recettes)

En conclusion la technique de la préfermentation d'une boulange , déjà utilisé dans la filière conventionnelle devrait intéresser la filière bio pour disposer de pains très bien fermentés. Selon nos conseils, des boulangers bios ont déjà pratiqué la fermentation du son avant son incorporation en panification avec d'excellents résultats organoleptiques. Quels bénéfices peut-on attendre de l'optimisation des fermentations au levain ?

## **10 INTERET NUTRITIONNEL DE LA FERMENTATION AU LEVAIN**

### **10.1 Biodisponibilité des minéraux**

Un des bénéfices majeur de la fermentation des céréales complètes avec des ferments naturels type levain concerne donc l'assimilation des minéraux surtout dans les populations qui disposent essentiellement de ressources céréalières. Nous avons montré ci-dessus que la fermentation en milieu liquide était d'une efficacité quasi-totale pour détruire l'acide phytique, ce qui justifie largement a posteriori la validité des techniques traditionnelles de fermentation des céréales sous forme de bouillies de par le monde (Lioger et al 2006).

En milieu très hydraté, on retrouve toujours un meilleur impact du levain que de la levure sur la dégradation de l'acide phytique, toutefois il faut noter que l'action des phytases est largement facilité si bien que même en présence de poolish la destruction de l'acide phytique est relativement efficace (Leenhardt, 2005).

### **10.2 Index glycémique**

L'index glycémique (IG) est un outil permettant de classer les glucides selon leur vitesse d'absorption intestinale après un repas. Un aliment de faible IG diminue la sécrétion d'insuline en phase post-prandiale des sujets sains et permet également d'améliorer le contrôle de la glycémie tant chez les sujets sains que chez les sujets diabétiques. La fermentation au levain pourrait être une alternative possible pour diminuer l'index glycémique du pain dans la mesure où elle aboutit à une production de mie moins aérée (Liljeberg & Bjorck, 1998). De plus, les acides organiques pourraient ralentir la vidange gastrique ; une étude a montré que l'addition de vinaigre à du pain blanc (à des quantités similaires à celles produites par le levain) agit à ce niveau (Liljeberg & Bjorck, 1996). Par ailleurs, des travaux semblent indiquer que l'acide lactique induit des interactions entre l'amidon et le gluten ce qui limiterait la vitesse d'hydrolyse de l'amidon. Ainsi les pains au levain auraient un meilleur index glycémique que des pains à la levure beaucoup plus levés et dépourvus d'acides organiques.

### **10.3 Maladie cœliaque**

En 1953, on a démontré pour la première fois que l'ingestion du gluten de blé pouvait être la cause de la maladie cœliaque (Van de Kamer 1953). Cette maladie génétique touche

une personne sur 300 dans la population européenne (Fasano 2001). Le mécanisme induisant cette maladie est toujours inconnu. Cependant, cette intolérance serait due à certaines gliadines (protéines du gluten) qui entraîneraient une inflammation, puis une nécrose des parois intestinales (les villosités) et une hyperprolifération des entérocytes pouvant aller jusqu'à la mort des nourrissons dans les cas les plus graves. Ces symptômes cliniques sont dues à une malabsorption de calcium, de fer, de folate et de vitamine B12 suivie, dans les cas extrêmes, de phénomènes de malnutrition et, dans certains cas, d'anémie, de diarrhée et de douleurs intestinales. La maladie cœliaque serait provoquée par une réponse immunologique exacerbée à la suite d'une hyper-sensibilité de la muqueuse jéjunale au gluten de blé. Le seul traitement connu à ce jour est l'exclusion de produits contenant les prolamines de blé, de triticale, de seigle et d'orge. Cependant, les tentatives de fabrications de produits de qualité équivalente au pain français ne contenant pas les protéines responsables des réactions d'allergies au gluten n'ont peu abouti commercialement.

Une autre solution serait d'hydrolyser partiellement le gluten par l'activité protéolytique microbienne (Di Cagno et al., 2002). Le rôle respectif des protéases végétales et microbiennes n'a pas été clairement établi, il est certain par contre que l'acidification joue un rôle déterminant dans la protéolyse. Une étude a mis l'accent sur le rôle des bactéries lactiques du levain dans la protéolyse, montrant leur potentialité dans le domaine nutritionnel (Thiele et al., 2004) Les lactobacilles du levain ont la capacité d'hydrolyser des albumines, des globulines, et des gliadines du blé ce qui réduit considérablement l'agglutination de cellules immunitaires d'origine intestinales. Ces résultats seraient en faveur d'une meilleure utilisation du levain pour hydrolyser les peptides gliadine-dérivés, qui sont impliqués dans la maladie cœliaque. Selon Di Cagno, on pourrait concevoir de recourir à de nouveaux modes de panification conduisant à une hydrolyse significative des prolamines par les lactobacilles du levain. Des patients atteints de la maladie cœliaque semblent avoir mieux toléré des pains produits avec le levain que des pains à la levure (Di Cagno et al., 2004; Gobetti, 2006).

Cependant, l'hydrolyse partielle de la gliadine par des bactéries lactiques présente des limites technologiques en induisant un trop fort degré de ramollissement de la pâte. Lorsque la panification est bien maîtrisée, l'effet combiné de la protéolyse et de l'acidification lors de la fermentation au levain peut modifier la structure du gluten et lui conférer des propriétés plus élastiques (Lorenz 1983).

## CONCLUSION

Il existe donc un ensemble de données scientifiques en faveur de l'optimisation de la fermentation des produits céréaliers riches en fibres grâce à une hydratation élevée et l'utilisation de levain lactique. Jusqu'à présent on considérait que la fermentation en milieu très hydraté n'était pas compatible avec la panification. Nous avons mis en évidence au contraire que cela présentait un certains nombres d'avantages sur le plan technologique et nutritionnel. Dans de nombreux produits céréaliers, autres que le pain, les fractions riches en fibres voire les farines grossières gagneraient à être préfermentées avant leur incorporation dans les divers produits céréaliers transformés. Par ailleurs, il existe une nouvelle voie de production de farines bises par la modification des diagrammes de mouture sur cylindres afin de préserver les semoules. Dans ce cas, on peut certainement utiliser des méthodes de panification plus directes sur levain comme pour les farines de meule.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Batifoulier -FV, -M-A; Chanliaud,-E; Remesy,-C; Demigne,-C (2005) Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread. *Journal-of-Cereal-Science* 42(1);, 101-108.

Czerny M & P Schieberle (2002) Important aroma compounds in freshly ground wholemeal and white wheat flour-identification and quantitative changes during sourdough fermentation. *J Agric Food Chem* 50, 6835-6840.

Di Cagno R, M De Angelis, S Auricchio, L Greco, C Clarke, M De Vincenzi, C Giovannini, M D'Archivio, F Landolfo, G Parrilli, F Minervini, E Arendt & M Gobbetti (2004) Sourdough bread made from wheat and nontoxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac sprue patients. *Appl Environ Microbiol* 70, 1088-1096.

Di Cagno R, M De Angelis, P Lavermicocca, M De Vincenzi, C Giovannini, M Faccia & M Gobbetti (2002) Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Appl Environ Microbiol* 68, 623-633.

Gobetti M.(2006) Sourdough Lactobacilli and Celiac Disease. 3rd International Symposium Sourdough, Bari.

Korakli M, A Rossmann, MG Ganzle & RF Vogel (2001) Sucrose metabolism and exopolysaccharide production in wheat and rye sourdoughs by *Lactobacillus sanfranciscensis*. *J Agric Food Chem* 49, 5194-5200.

Lang R & SA Jebb (2003) Who consumes whole grains, and how much? *Proc Nutr Soc* 62, 123-127.

Leenhardt F. 2005. Etude des voies d'amélioration de la densité nutritionnelle du pain

Leenhardt F, MA Levrat-Verny, E Chanliaud & C Remesy (2005) Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity. *J Agric Food Chem* 53, 98-102.

Liljeberg H & I Bjorck (1998) Delayed gastric emptying rate may explain improved glycaemia in healthy subjects to a starchy meal with added vinegar. *Eur J Clin Nutr* 52, 368-371.

Liljeberg HG & IM Bjorck (1996) Delayed gastric emptying rate as a potential mechanism for lowered glycemia after eating sourdough bread: studies in humans and rats using test products with added organic acids or an organic salt. *Am J Clin Nutr* 64, 886-893.

Lioger D. , Leenhardt, F. et Rémésy, C. (2006) Intérêt de la fermentation en milieu très hydraté des produits céréaliers riches en fibres pour améliorer leur valeur nutritionnelle. *Industries des céréales* 149, 14- 22.

Lopez HW, V Krespine, C Guy, A Messenger, C Demigne & C Remesy (2001) Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J Agric Food Chem* 49, 2657-2662.

Thiele C, S Grassl & M Ganzle (2004) Gluten hydrolysis and depolymerization during sourdough fermentation. *J Agric Food Chem* 52, 1307-1314.

Tieking M, M Korakli, MA Ehrmann, MG Ganzle & RF Vogel (2003) In situ production of exopolysaccharides during Sourdough fermentation by cereal and intestinal isolates of lactic acid bacteria. *Appl Environ Microbiol* 69, 945-952.

# ANNEXES

Réalisation des recettes :

Eric Marcheix, Fédération de la Boulangerie du Puy de Dôme

## RECETTE PAIN TRADITION AVEC 25% BLE CONCASSE AU LEVAIN

PREPARATION DU LEVAIN : la veille, 15 à 18h avant le début du pétrissage

- Boulange : 1.250 kg
- Eau : 1.3 L
- Levain liquide : 0.5 kg

TB : 60°C TH : 70%

PANIFICATION :

- Farine tradition : 3.750 kg
- Eau : 2.165 L
- Levain : 3.050 kg
- Sel : 94g
- Levure : 10g

1. Autolyse : 30min
2. Pétrissage : 10min 1ère V + 5min 2ème V (mettre la levure au début du pétrissage , mettre le sel en fin de pétrissage)
3. Pointage : 2h30 avec 2 rabats
4. Détente : 30 min
5. Façonnage : selon les formes désirées
6. Apprêt : 1h
7. Cuisson : 250°C

## RECETTE PAIN TRADITION AVEC 25% BLE CONCASSE EN POINTAGE BAC SUR PATE FERMENTEE

- Farine tradition : 3.750 kg
- Boulange : 1.400 kg
- Eau : 3.600 L
- Sel : 90g
- Levure : 25g
- Pâte fermentée : 1 kg

1. Pétrissage : 2 à 3 min 1ère V + 10 à 14 min 2ème V - T° pâte à 23°C
2. Pointage : en bac 15 à 20h à 6°C
3. Pesé sans serré
4. Détente : 30 min à 20°C
5. Apprêt : 1h à 1h30
8. Cuisson : 240°C

## FERMENTATION AU LEVAIN ET QUALITE NUTRITIONNELLE DU PAIN

Christian REMESY , Fanny LEENHARDT

INRA Clermont-Ferrand / Theix  
Unité De Nutrition Humaine



1

### LA PROBLEMATIQUE GENERALE

#### Disposer de pains de qualité nutritionnelle suffisante

- ⇒ une nécessité en terme de santé publique
- ⇒ une demande croissante des consommateurs
- ⇒ une perspective de développement pour la filière blé- pain

2

### LA PROBLEMATIQUE ACTUELLE

#### Etat des lieux

- Panification majoritaire avec des farines blanches
- Temps de fermentation très bref
- Perte des qualités organoleptiques
  - Teneur en sel plutôt élevée
  - Faible durée de conservation

#### Conséquences

- Valeur nutritionnelle réduite du pain blanc
- Indicateurs négatifs: résultats d'enquêtes épidémiologiques montrant que seuls les produits céréaliers semi-complets ou complets sont efficaces dans la prévention des pathologies majeures

Jacobs et al. Am J Public Health, 1999  
Slavin et al. Proc. Nutr. Soc, 2003

#### Perspectives d'amélioration

- Généralisation du pain de tradition française, confectionné avec des farines classiques de type 80, et/ou
- adoption de nouveaux modes de mouture (semoules vêtues)
- et de panification (préfermentation des fractions riches en fibres)

4

### Le Programme National Nutrition et Santé 2006-2010



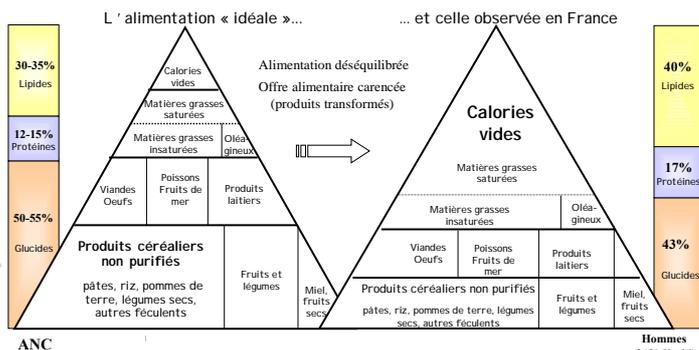
« Promouvoir la consommation de produits céréaliers plus complets: 1 des 9 repères de consommation »

objectif 1 : améliorer le pain courant en terme de qualité nutritionnelle, par ex par la production des pains type 80

objectif 2: inclure le pain type 80 dans le cahier des charges de la restauration collective

objectif 3: chartes d'engagement avec les filières professionnelles

objectif 4: évolution de la réglementation



Rapport AFSSA 2004 « Glucides et santé »  
⇒ Augmentation des apports en glucides complexes

3

### CARACTÉRISTIQUES DE L'OFFRE DE PAINS BIOLOGIQUES

- Bonne image concernant la sécurité sanitaire
- Production courante de farines type 80 (meules de pierre)
- Panification fréquente au levain
- Qualité organoleptique variable
- Valeur boulangère des blés bios et faibles teneurs en protéines

- ⇒ Nécessité d'adapter les procédés de panification
- ⇒ Manque d'information sur la valeur nutritionnelle des pains bios

6

## LES CRITERES DE QUALITE NUTRITIONNELLE

### DENSITE NUTRI TI ONNELLE

Minéraux, vitamines, caroténoïdes et polyphénols  
 ⇒ **Problème de biodisponibilité**

### EFFETS DIGESTIFS ET METABOLIQUES

#### Effets digestifs

- fibres insolubles et TRANSIT INTESTINAL
- fibres solubles fermentescibles: prolifération de la flore bactérienne colique

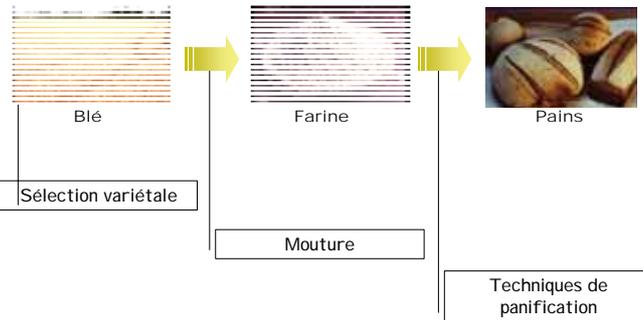
#### Effets métaboliques

- faible INDEX GLYCEMIQUE
- régulation du métabolisme lipidique (homéostasie du cholestérol)

#### ⇒ Effets santé des céréales complètes

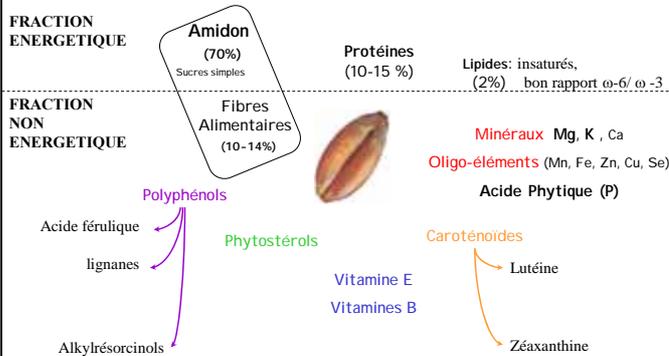
- maladies cardio-vasculaires: Pietinen 1996, Rimm 1996, Liu 1999, Jacobs 2000
- diabète gras: Liljeberg 1999, Meyer 2000, Fung 2002, Pereira 2002
- cancer du côlon: Chatenoud 1999, Hu 1999

## LES VOIES D 'AMÉLIORATION DE LA DENSITÉ NUTRITIONNELLE DU PAIN



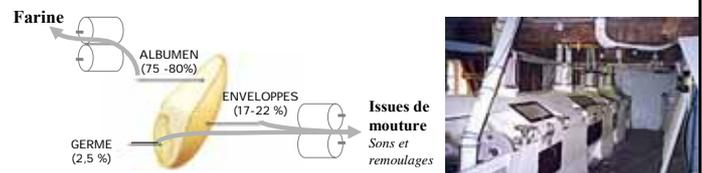
10

## LA COMPOSITION DU GRAIN DE BLÉ



8

## Procédé de mouture sur cylindres



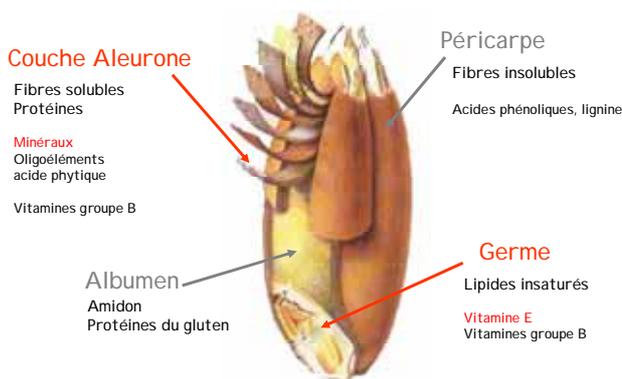
Objectif actuel des meuniers = optimisation du rendement meunier  
 (quantité de farine récupérée par rapport à une quantité de grains)

Type de farine = quantité de minéraux (mg/100g) « contaminant » la farine

Objectif des nutritionnistes = limiter les pertes en minéraux et micronutriments  
 (farines de haute densité nutritionnelle)

11

## LE GRAIN DE BLÉ : UNE STRUCTURE HÉTÉROGÈNE



9

## Amélioration de la densité nutritionnelle des farines

### Par la récupération des issues de mouture

Concentrations minérales des fractions de mouture de blé tendre.

mg/kg	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	K	P
Farine de type 55	189	290	12	11	2	1261	934
Remoulages blancs	615	2426	92	113	9	7095	5884
Remoulages bis	823	3186	120	118	1	9679	6836
<b>Semoules bisées</b>	<b>399</b>	<b>801</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	<b>3,3</b>	<b>1897</b>	<b>1622</b>
Fins sons	944	4415	147	113	11	10214	8638
Gros sons	972	5813	130	102	12	11553	10869

Comparaison des farines issues de moulins à cylindres et de meules de pierre

Mode de culture	Mg	Fe	Zn	Ca	K
<b>Conventionnelle</b>					
Grain entier	1180	46	29		
Farine de cylindres	465	21	13	78	2211
Farine de meules	611	25	18	101	2475
<b>Biologique</b>					
Grain entier	1338	34	32		
Farine de cylindres	538	19	15	93	2427
Farine de meules	697	20	19	112	3216

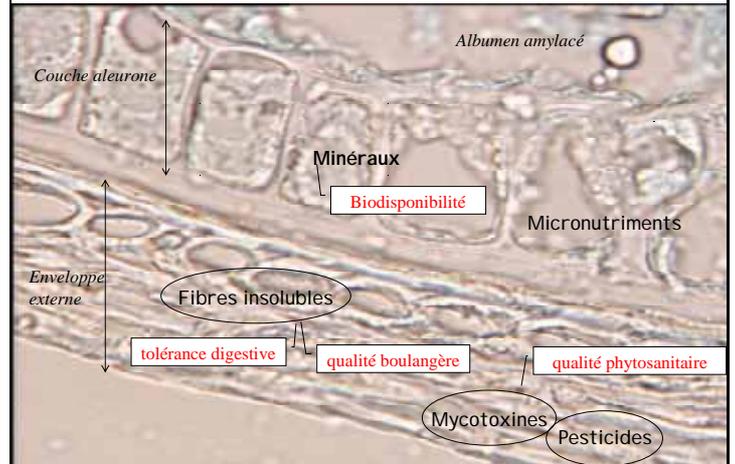
12

## TYPE DE FARINE ET DENSITÉ NUTRITIONNELLE

TYPES DE FARINE	T55	T80	T110	T150
Protéines (g/100g)	11.5	11.8	12	13
Glucides (g/100g)	71	67	65	60
Fibres (g/100g)	4.2	5	6.5	11.5
Acide phytique (mg)	180	480	610	950
Phosphore (mg)	120	175	208	320
Magnésium (mg)	30	50	70	110
Calcium (mg)	15	20	24	35
Fer (mg)	1.2	1.8	2.3	3.9
Zinc (mg)	0.9	1.6	1.9	2.9
Vit. E (µg)	340	615	950	1400
Vit. B1 (µg)	140	260	330	580
Vit. B2 (µg)	48	60	70	95
Vit. B6 (µg)	45	243	350	460
Folates (µg)	16	22	45	87

Le Type de farine est un bon indice de la densité des farines en micronutriments

## PROBLÈMES LIÉS À LA RÉCUPÉRATION DES ENVELOPPES DU GRAIN



## LA GAMME DES PAINS TYPE 80

**Objectif général:** Généralisation des farines de type 80/90: pour un pain...

- de couleur gris -crème
- moins aéré, avec un meilleur index glycémique
- suffisamment riche en fibres pour exercer un impact favorable sur le transit digestif
- avec une faible teneur en sel

**Mode de production des farines de type 80:**

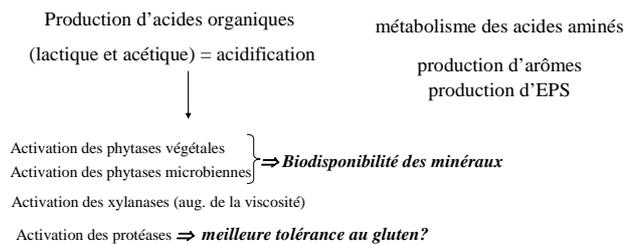
1. Production directe de farine type 80 (meules de pierre ou cylindres), problème de la récupération du germe souvent mal résolu
2. Mélange farine blanche + remoulages
3. Mélange farine blanche + boulange (broyeur B1)
4. Mélange farine blanche + semoules vêtues
5. Confection de pain avec incorporation différents types de céréales complètes ou semi-complètes

**AVEC PREFERMANTATION des fractions riches en fibres**

14

## Impact de la fermentation au levain

Fermentation par des bactéries lactiques et des levures sauvages



⇒ Amélioration de l'index glycémique ?

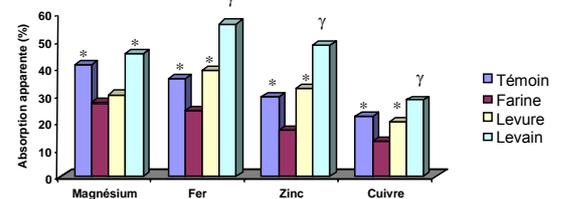
17

## Confection des farines pour les « pains type 80 »

(% d'incorporation)	TYPE 55	TYPE 65
<b>Blé entier</b>		
15	71	79
20	76	84
25	81	89
<b>Remoulages</b>		
7,5	≈ 80	≈ 90
10	80-90	> 90
<b>Semoules bises</b>		
30	60-70	65-80
50	70-80	75-90

15

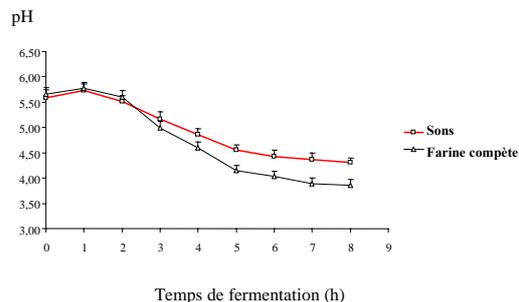
## AMÉLIORATION DE LA BIODISPONIBILITÉ DES MINÉRAUX



Lopez et al (2001)

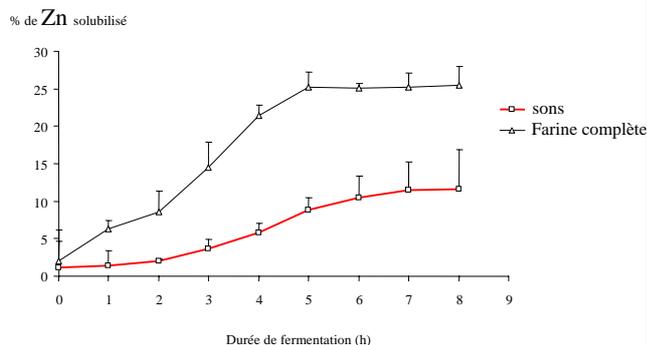
18

## Impact du levain sur l'acidification



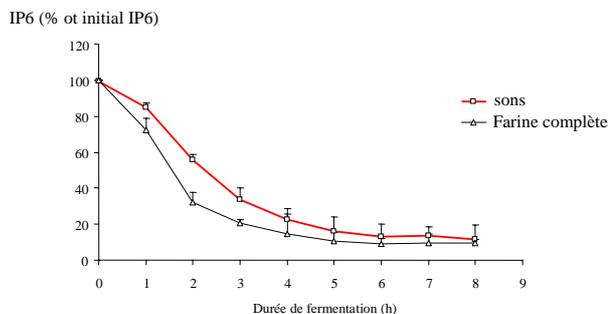
19

## Impact du levain sur la solubilité du Zinc



22

## Impact du levain sur la dégradation de l'acide phytique



20

## TECHNIQUE DE PRÉFERMENTATION: UN NOUVEAU MODE DE PANIFICATION

### un mélange de farines

25% de fractions riches en fibres et en micronutriments: sous forme de boulange de blé tendre  
possibilité d'utilisation d'autres céréales concassées

+ 75% de farine blanche

### une panification en 2 temps

1. fermentation préalable d'environ 20 heures de la farine complète, avec une forte hydratation sous forme de poolish ou avec du levain liquide

2. incorporation de la farine blanche

suivie des étapes classiques de la panification

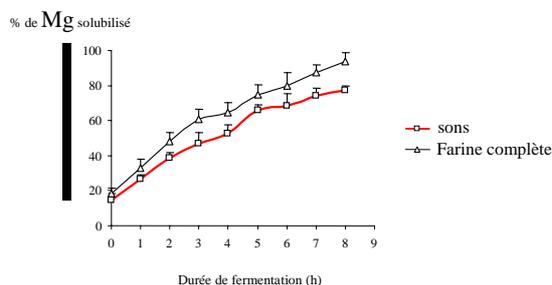
### Avantages

- Hydratation optimale des fibres
- Activités fermentaires et enzymatiques maximales
- Assure une bonne assimilation des minéraux et des vitamines

⇒ un pain bis d'excellente qualité organoleptique

23

## Impact du levain sur la solubilité du Mg



21

## RECETTE PAIN TRADITION AVEC 25% BLE CONCASSE AU LEVAIN

### PREPARATION DU LEVAIN

la veille, 15 à 18h avant le début du pétrissage

- Boulange : 1.250 kg
- Eau : 1.3 L
- Levain liquide: 0.5 kg

### PANIFICATION :

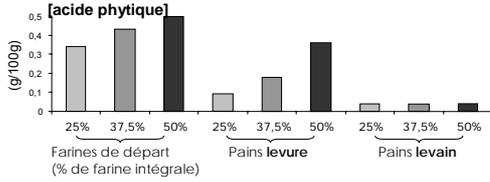
- Farine tradition : 3.750 kg
- Eau : 2.165 L
- Levain : 3.050 kg
- Sel : 94g
- Levure : 10g

- Autolyse : 30min
- Pétrissage : 10min 1ère V + 5min 2ème V (mettre la levure au début du pétrissage , mettre le sel en fin de pétrissage)
- Pointage : 2h30 avec 2 rabats
- Détente : 30 min
- Façonnage : selon les formes désirées
- Apprêt : 1h
- Cuisson : 250°C

24

### PRE-FERMENTATION des fractions riches en fibres

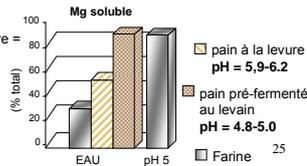
- Mélange farine blanche + (25/ 37,5/ 50%) farine intégrale = farine bise
- Pré-fermentation farine intégrale levain + milieu très hydraté



#### Test de « bioaccessibilité » des minéraux

- comparaison de l'efficacité de la fermentation panitaire = solubilité du Mg des pains dans eau

- comparaison des farines dans une perspective de panification = solubilité du Mg des farines à pH 5



### PRISE EN COMPTE DES CRITÈRES NUTRITIONNELS PAR LA FILIÈRE BLÉ-PAIN

Une implication COLLECTIVE de tous les acteurs de la filière dans une démarche de « boulangerie équitable »

#### FACTEURS DE BLOCAGES

dévalorisation de l'offre

#### POSSIBILITES D'EVOLUTION

cibler la demande



### Index glycémique des pains blancs, bis ou complets

#### •Problématique:

Dans les grains entiers de céréales ou de légumes secs, le réseau fibreux protège l'amidon, ce qui améliore très fortement l'index glycémique.

- ➔ Dans la farine (après destructuration du grain) les fibres n'exercent plus cet effet de protection

#### •Variation de l'index glycémique:

- Pain blanc très aéré ➔ IG proche de 90
- Pain tradition française ➔ IG proche de 70
- Pain complet très brassé avec des adjuvants ➔ IG >70
- Pain bis ou complet au levain ➔ IG proche ou inférieur à 70



20% blé entier concassé (farine issue du broyeur B1)

préfermenté

+

80% Farine T80

= mouture sur cylindres préservant les semoules

soit 40% grosses semoules vêtues + 15% fines semoules vêtues + 45% farine restante

ou = mouture sur meules de pierre

**PAIN TYPE 110**  
DE TRES HAUTE VALEUR NUTRITIONNELLE,  
naturellement riche en fibres et en magnésium  
à teneur réduite en sodium

## QUESTIONS A CHRISTIAN REMESY

### **Q1 : Que se passe-t-il vis-à-vis des protéines pendant la fermentation au levain ?**

**R1 :** Si on laisse le phénomène aller à son terme (hydrolyse), on aboutit à la dégradation totale de toutes les protéines. Il y a donc un optimum nutritionnel à rechercher, en faisant travailler les bactéries (mais pas trop) et en maîtrisant le pH (acidification du milieu, mais pas trop non plus, car l'acidité n'est pas forcément bien acceptée par la population). Des études montrent que la fermentation au levain permettrait de mieux « maîtriser » ou limiter les phénomènes allergiques (retarder la sensibilisation d'une personne), mais sans les faire disparaître complètement.

### **Q2 : Une panification au levain sans gluten est-elle possible ?**

**R2 :** Oui. Il y a adaptation du levain au substrat sur lequel il se développe ; sur un support différent, le levain sera différent. A noter qu'il n'existe pas un levain mais des levains, avec multiplication de souches différentes et obtention sur un substrat de populations de bactéries très variées. Selon les substrats, il y aura donc des équilibres différents voire des sélections entre les populations issues des différentes souches, ce qui peut avoir des conséquences sur les facteurs allergènes.

### **Q3 : Pourquoi préconiser de la farine de type T80 et pas moins ?**

**R3 :** La farine T80 correspond au résultat le plus courant en cas de mouture traditionnelle sur meule de pierre. C'est également sur ce type de farine que l'on a le plus de recul historique, en matière d'usage alimentaire et de valeur nutritionnelle.

### **Q4 : Y-a-t-il une augmentation des risques liés au développement de mycotoxines en cas d'années pluvieuses et de mouture fine ?**

**R4-1 :** Les contrôles existent, et une attention particulière et rigoureuse apportée aux conditions de récolte (moissons saines, sans fusariose) permet de limiter considérablement les risques de mycotoxines. Malgré les échos parfois relayés dans la presse, il n'y a pas plus de risques en bio qu'en conventionnel (cf étude AFSSA). Ces risques sont par ailleurs limités du fait de la rotation des cultures. Ces risques sont encore diminués du fait d'une plus large information des professionnels sur les précautions à prendre lors des récoltes et du stockage.

**R4-2 :** Techniquement, les mycotoxines se développent plutôt aux champs que lors du stockage (ce ne sont pas les mêmes), et sont fortement liées aux conditions climatiques en cours de culture (les risques ne sont donc pas directement liés au mode de production). Il existe de plus des « grilles de lecture » et d'appréciation des risques qui permettent de mener un travail préventif en amont (ex : choix des variétés et des itinéraires techniques...). Enfin, les mycotoxines concernent moins de 4% des récoltes ; les risques existent donc certes, mais relativisons-les !

### **Q5 : Quelles sont les conditions d'une bonne fermentation ?**

**R5-1 :** La qualité de l'ensemencement + une température ad hoc + un temps suffisant.

**R5-2 (Témoignage N.Supiot) :** Il est plus difficile techniquement de travailler et pétrir de la farine avec du son fermenté, mais au final le pain est mieux réussi qu'en l'absence de pré-fermentation du son. Observation complémentaire : au delà de 30°C, le levain « coule » (peut-être par accentuation de la protéolyse ?).



# A PROPOS DU BLE MODERNE

**Brigitte FICHAUX**

*Diététicienne*

*Rennes*

Diététicienne exerçant en libéral depuis 10 ans, je reçois environ 500 nouveaux patients par an que je suis pour des problèmes de santé très divers : prise de poids légère ou obésité, troubles du comportement alimentaire, cholestérol, diabète, insuffisance rénale, problèmes de transit (constipation, diarrhées, colites), pathologies digestives lourdes (maladie coeliaque, maladie de Crohn, recto colite hémorragique, cancer du colon), diversification alimentaire chez le nourrisson...

Très attachée à la qualité nutritionnelle des aliments ; j'invite doucement l'ensemble de mes patients à adopter le plus possible des produits issus de l'agriculture biologique : en premier lieu le pain complet ou demi-complet au levain, pour ses apports exceptionnels en protéines, minéraux et vitamines ; ensuite les huiles de première pression à froid pour leurs apports en acides gras essentiels oméga 3 et oméga 6 ; puis les fruits et légumes plus savoureux et pratiquement exempts de résidus phytosanitaires.

## **11 INTERET POUR LES INTOLERANCES AU BLE « MODERNE »**

Suite à la lecture des ouvrages du Dr Jean SEIGNALET je me suis peu à peu intéressée aux intolérances alimentaires et en particulier aux intolérances aux protéines des laits animaux et au blé dit « moderne ».

Ma rencontre avec le « paysan-boulangier » Nicolas SUPIOT de l'association ASPAARI m'ont permis de comprendre que le « blé moderne » même issu de l'agriculture biologique ne convenait plus à la plupart d'entre nous, et ce pour de multiples raisons résumées brièvement :

les hybridations et ou sélections successives qui ont abouti à la création des blés modernes ont profondément modifié le code génétique du blé et par conséquent la structure de ses protéines, le pourcentage de gluten, la qualité des amidons...le blé moderne est plus riche en gluten que les blés anciens, ses protéines et en particulier son gluten sont beaucoup plus allergisantes, ses enveloppes (ou son) sont plus épaisses et irritantes.

Ces modifications ont été très rapides : quelques dizaines d'années, et les enzymes digestives de l'homme n'ont pas pu s'adapter, entraînant une mal-digestion des constituants du blé. Nos intestins de plus malmenés par toutes sortes de molécules xénobiotiques ou « étrangères à la vie » : résidus phytosanitaires, additifs divers...ne jouent plus correctement leur rôle de « barrière » et laissent passer ces molécules mal digérées dans notre organisme qui réagira plus ou moins violemment.

De fait en 10 ans de pratique, j'observe que de plus en plus de mes patients (80 %) souffre de plus en plus de pathologies digestives ou autres, directement liées à leur consommation de pain ou d'aliments à base de blé (pâtes, semoule, pizza, biscuits...) plus ou moins associées à une intolérance aux produits laitiers (« modernes » eux aussi).

## **12 DES SYMPTOMES DIVERS**

Les symptômes de cette intolérance sont très divers.

Le plus souvent (75 %) : brûlures d'estomac, « remontées acides » ou reflux gastrique souvent diagnostiquée « hernie hiatale ».

Dans 75 % des cas : ballonnements, sensation de ventre gonflé et douloureux, gaz très abondants.

Dans 50 % des cas : constipation chronique très ancienne, qu'aucun traitement classique n'a pu enrayer.

Dans 50 % des cas : colites (alternance d'épisodes diarrhées et constipation) avec douleurs abdominales plus ou moins graves, réputées incurables, plus ou moins associés au profil « anxieux » ou « spasmophile ».

Dans 10 % des cas : diarrhées chroniques avec un profil évoquant la maladie coeliaque : maigreur malgré apports nutritionnels normaux ou supérieurs à la normale, troubles de santé liés à la malabsorption des minéraux (spasmophilie, ostéoporose précoce, fatigue chronique, anxiété). Les tests biochimiques et biologiques ne révélant pas l'allergie au gluten.

Dans 10 % des cas : rectocolite hémorragique et maladie de Crohn.

Dans 50 % des cas : hypoglycémies anormales (notamment après ingestion de pains complets ou demi-complets à index glycémiques bas), suivies de compulsions alimentaires pour à nouveau du pain ou des aliments sucrés (entraînant à la longue une prise de poids)

Dans 25 % des cas : pathologies cutanées : acné chez l'adolescent ou rebelle à tout traitement chez des adultes. Eczéma, prurit...

Dans 25 % des cas (plus chez les adultes âgés de plus de 50 ans) : douleurs articulaires, arthrose, polyarthrites, fibromyalgies...

Dans 50 % chez les femmes : œdèmes dans les jambes, sensations de jambes lourdes, cellulite...

Dans 25 % des cas : hypoglycémie, fatigue chronique avec parfois un état dépressif.

### **13 REGIME SANS BLE MODERNE**

Dans 90 % des cas le simple remplacement du blé par l'épeautre, le seigle ou un « blé ancien » associé souvent à une diminution des produits laitiers de vache et une complémentation en oméga 3 a suffit pour voir les symptômes disparaître ou diminuer fortement.

Après un mois d'exclusion mes patients disent aller beaucoup mieux, leurs problèmes digestifs (brûlures, acidité, constipation, diarrhées) ont disparu à 90 %.

Ils se sentent « dégonflés », ont perdu en moyenne 3 à 4 kg sans autre effort, disent ne plus avoir de coup de pompe ou de fringales, se sentent rassasiés. Ils se sentent en meilleure forme, moins fatigués, avec plus d'entrain ; dans les spasmophilies il faudra faire une complémentation en minéraux et vitamines.

Les problèmes de peau se résolvent plus lentement en deux à trois mois.

Les douleurs articulaires, le gonflement des articulations s'estompent en plusieurs mois (il faut associer des traitements complémentaires et du drainage).

Pour confirmer l'intolérance au « blé moderne », je demande à mes patients une exclusion totale pendant 3 mois environ ; je les invite ensuite à le réintroduire très progressivement pour qu'ils puissent évaluer eux même leur propre seuil de tolérance ; tous constatent une réapparition de tous les symptômes à plus ou moins longue échéance.

Dans certains cas (10 %), l'exclusion totale des céréales contenant du gluten s'avérera indispensable pour noter la disparition de tous les symptômes. Cependant après guérison et rétablissement d'une muqueuse intestinale intègre et d'une flore intestinale normale, on peut tenter la réintroduction des céréales avec gluten en commençant par le petit épeautre puis le grand épeautre puis le seigle, le patient observe lui même sa tolérance et décide alors de poursuivre ou non un régime sans gluten strict ou plus large.

### **14 REMARQUES**

Dans de nombreux cas, il faut aussi traiter les parasites intestinaux et les candidoses chroniques à l'origine de la dégradation de la muqueuse et de la flore intestinale ; les troubles digestifs associés sont surtout ballonnements et gaz . les candidoses sont aggravées par l'ingestion des aliments riches en levures ou levains ; l'intolérance au blé est donc associée à l'intolérance aux levures, dans ce cas je remplace le pain par des biscottes ou « cracottes » d'épeautre ou de seigle, par la galette ou crêpe de sarrasin.

J'ai également noté que dans les rectocolites hémorragiques l'intolérance au blé moderne était associée à une intolérance aux pommes de terre (« modernes » ??).

Je n'ai pas pu réellement expérimenté l'introduction des « blés anciens », ayant très peu de patients pouvant se le procurer facilement.

## 15 CONCLUSION

Le blé bien sûr n'est pas le seul aliment concerné, d'autres céréales, le soja, certains fruits et légumes ont eux aussi été fortement hybridés, certains OGMisés ! entraînant une perte de leurs qualités nutritionnelles et une augmentation de leur risque d'allergénicité.

Comment ne pas se révolter devant tant d'inconscience ; ou est l'objectif principal de ceux qui produisent nos aliments ? nourrir les hommes ou leur faire consommer de plus en plus de « produits » pour en retirer de plus en plus de profit ?

Il y a à peine un siècle, le pain pouvait constituer une bonne base alimentaire, surtout pour les plus pauvres ; aujourd'hui, même en faisant le choix du pain complet bio nous ne sommes plus correctement nourris, et pouvons dans certains cas compromettre notre état de santé. N'y a-t-il que les plus riches et les mieux informés qui pourront à l'avenir se nourrir et vivre correctement ?

Pour l'instant je me contente d'informer et de conseiller mes patients « victimes » du blé moderne, mais je soutiens et encourage tous ceux qui travaillent aujourd'hui à réhabiliter les « bons » blés et le bon pain.

## REMARQUES & COMMENTAIRES

C.Rémésy / Nuances à apporter : c'est sans doute une bonne chose que de proposer des modifications diététiques profondes à des personnes venues consulter et qui sont en situation de souffrance, et de faire des recommandations en faveur d'une alimentation plus saine et plus équilibrée. Mais proposer une éviction complète du blé dans l'alimentation est peut-être un peu trop « radical » alors que des solutions moins drastiques sont possibles (dans des cas où il n'y a pas de maladie cœliaque). Cela dit, proposer un tel bouleversement alimentaire constitue un choc qui peut en effet entraîner une amélioration de la situation vécue par les patients. Il ne s'agit pas pour autant de tirer des conclusions ou de faire des interprétations réductrices, en incriminant exclusivement les « blés modernes » comme origine de tous les troubles alimentaires des patients. C'est aussi aux citoyens de « recadrer » les scientifiques pour éviter leurs dérives et/ou délires, et c'est à tous d'être vigilants pour ne pas prendre pour argent comptant des messages réducteurs voire simplificateurs à outrance. Mais attention aussi, on reproche parfois l'immaturité et le manque de rigueur au milieu bio.

N.Supiot / Nuances aux propos précédents : il est nécessaire de distinguer 2 choses : d'une part le témoignage apporté par B.Fichaux et reposant sur des observations et des résultats concrets, et qui ne sont pas contestables. D'autre part, l'interprétation que la diététicienne en fait, en faisant référence à des théories (qui peuvent tout à fait ne pas être partagées) pour expliquer les résultats obtenus. On peut ne pas être d'accord avec ces théories, les observations faites n'en sont pas moins réelles. Par ailleurs, les paysans-boulangers ont pu constater d'autres observations qui vont dans le même sens et se proposent de mener une expérimentation à plus grande échelle (de type étude épidémiologique) avec observation des intolérances et/ou allergies, et proposition de remplacement par des pains au levain issus de variétés anciennes. D'une façon générale, les observations (déjà faites par les paysans-boulangers) indiquent qu'il y a des différences profondes de comportement entre variétés lors de la panification (réseaux de gluten différents sous les doigts lors du pétrissage), et qui se retrouvent aussi à la dégustation des pains (ceux issus de variétés anciennes « fondent » directement dans la bouche par action de la salive).



## EN QUOI L'APPROCHE D'UN PAYSAN BOULANGER PEUT-ELLE CONTRIBUER A OUVRIR LE « CHAMP DE REFLEXION AUTOUR DES ALLERGIES LIEES AU GLUTEN DE BLE » ?

*Jean François Berthelot*  
*Paysan Boulanger*  
*Le roc*  
*44130 Port –Sainte-Marie*

L'observation, la confrontation avec le blé au cours de son cycle d'évolution et de maturation, puis sa conservation et sa transformation lors de la panification naturelle, et ensuite sa dégustation, puis sa distribution auprès de nos clients, m'a ouvert les yeux sur la diversité des blés et de leur constitution.

Après un travail historique sur la redécouverte des variétés anciennes de blé, j'ai pris conscience de l'existence d'une grande diversité, fruit de l'évolution complexe entre milieu plante-agriculteur, ou jadis le végétal finissait par s'adapter au milieu donnant des variétés diverses portant des noms de pays : Blé du Lot, du Jura...

Les avoir cultivés m'a convaincu de leur intérêt. D'abord l'observation montre qu'entre variétés modernes et anciennes, il existe de grandes différences, de couleurs, de hauteur de paille, de barbes, de compacité d'épi, de feuillage...

Avant de les faire « désintégrer », pour approcher la composition biochimique et de tenter de comprendre le fonctionnement interne, je les ai observées, comparées et j'ai laissé libre cours à ma réflexion.

Force est de constater qu'entre une plante naine de 60 cm de haut d'une variété Apache de couleur jaune gris, et une Touzelle Rouge de la Drôme de 1m 60, rouge brillante et lumineuse, le fonctionnement physiologique n'est pas le même. Leur composition biochimique pourrait-elle alors être semblable ?

D'ailleurs, lorsque je compare ces variétés par les valeurs boulangères, qui nous renseignent sur la quantité et la qualité des protéines, je constate des différences. Mais curieusement, les variétés anciennes qui, d'après les tests, ne seront pas panifiables (suivant les critères modernes) le sont lorsque je les panifie de façon naturelle et artisanale, et donnent des pains très parfumés.

Mais surtout, lorsqu'au contact de l'eau dans le pétrin, je regarde la façon dont la pâte « s'agglutine », je constate d'importantes différences dans la « force de cohésion » de cette pâte : indéniablement le gluten des variétés modernes a évolué.

Son élaboration dans une plante naine, à partir de l'azote minéral « chimique », a favorisé la mise en réserves sous formes de protéines particulières (de fort poids moléculaire) et le diagramme de composition de des blés cultivés de cette façon est bien différent de ceux des variétés anciennes cultivées en agriculture biologique.

Evoquons aussi le gluten et le devenir de ce réseau glutineux au sein de la pâte, du pain, de son évolution protéolyse, qui sera différente suivant le type de fermentation panaire, la levure ou le levain et qui influencera sa digestibilité.

Mais au niveau du blé, l'outil supplémentaire qui a inscrit cette modification des glutens jusque dans le germe des blés est sans conteste la forte pression de sélection qui s'est opérée depuis plus de cinquante années.

La forte et rapide pression des sélections qui a fait du blé une plante « programmée » pour « emmagasiner » de l'azote chimique pour « élaborer » des protéines aptes à une transformation industrielle, a aussi entraîné des « dégâts collatéraux » quant à la

composition en autres micronutriments. Ainsi la composition en acides gras de bonne qualité est très différente entre variétés modernes et variétés anciennes. Elle est défavorable pour les variétés modernes qui sont moins riches en acides gras insaturés.

Force est de constater que variétés anciennes et variétés modernes ne se ressemblent en rien, lors de la panification et à la dégustation du pain qui en est issu.

Quand on compare le contexte de culture de ces différentes variétés (variétés modernes en système agricole intensif chimique et variétés anciennes en agriculture biologique), on comprend bien que si l'on parle de blé, dans un cas ou dans un autre, il ne s'agit plus de la même chose !

Alors dans ce cas, le fait que le blé en tant qu'aliment ne convienne plus à certaines personnes vous surprend-il ?

Moi non...

Un simple rappel suffit à replacer le débat vis-à-vis du blé dans l'alimentation au cours du temps.

Il y a 100 ans, en France nous consommions 800 gr de pain par jour...

Mais pourtant, lorsque des médecins nutritionnistes font supprimer de l'alimentation le blé à des patients ayant des problèmes de santé récurrents, dont la cause est parfois mal identifiée, beaucoup se portent mieux (voir le témoignage de Brigitte Fichaux). Et lorsqu'on réintroduit auprès de ces personnes des blés anciens cultivés en bio, ils ne connaissent plus les mêmes problèmes de santé (le constat est peut-être difficile à recevoir pour un paysan, mais il paraît encore bien plus difficile à recevoir pour les sélectionneurs qui depuis plus de 50 ans s'obstinent à faire des variétés naines, propices à la culture artificielle, à forte teneur en gluten « tenace » tant demandé par la panification qui s'est industrialisée.

Quant aux tenants d'une agriculture intensive basée sur la chimie, ils ne voient rien venir et ont depuis longtemps oublié qu'ils pouvaient passer par d'autres blés pour leur auto-alimentation.

Face aux problèmes d'allergies de toutes sortes liées aux blés modernes, je n'ai pas de réponse arrêtée et scientifique. Mais de l'endroit où je peux observer et vivre avec le blé et le pain, j'ai pu constater d'énormes différences entre les variétés modernes et les variétés anciennes, surtout entre les variétés modernes cultivées chimiquement et panifiées rapidement par les boulangeries modernes et les variétés anciennes cultivées en agriculture biologique et panifiées lentement de façon naturelle.

Il serait grand temps de faire une expérimentation comparative entre variétés modernes et variétés anciennes, cultivées dans le contexte qui leur est imparti et de soumettre ces différents blés, farines, pains, à une étude épidémiologique sur des patients (étude qui devait intégrer la méthode de panification).

Pourquoi depuis des années, les centres de recherche boudent-ils cette demande lorsqu'elle vient de paysans en recherche de vérité, ne serait-il pas temps de réconcilier les savoirs puisque, semble-t-il, nous sommes tous d'accords : le blé est cultivé pour nourrir les humains, et que nous voulons tous un pain qui nourrit ?

## DEBAT

*Les débats ont été repris de façon synthétique, en regroupant les questions dans des thèmes plus généraux. Merci à Anne Haegelin pour ses prises de notes « légendaires », ainsi qu'à Laurence Fontaine et à Krotoum Konaté.*

### **15.1 Remarques complémentaires sur l'évolution des phénomènes allergiques (G.Branlard)**

- 1) le Petit Epeautre fait partie des espèces les plus anciennes de céréales, et est profondément différente (génétiquement) des autres espèces céréalières. L'évolution des céréales et de leur consommation est profondément liée à l'histoire et aux migrations humaines. Au fil des déplacements de populations et selon leurs objectifs (notamment pour leur alimentation), il y a aussi eu des sélections et donc des évolutions progressives du matériel génétique vers des céréales de  $2n$  à  $4n$  et  $6n$  (Grand Epeautre, Blé tendre...). On peut mettre en parallèle ces « évolutions historiques » liées aux migrations des populations avec les situations épidémiologiques, très différentes d'une zone géographique à l'autre (ex : en Irlande avec zonage très particulier des populations plus touchées par la maladie coéliqua).
- 2) Les nouvelles techniques utilisées en panification (acidification, utilisation d'adjuvants...) ont eu des conséquences directes sur la sélection des blés, ces techniques nécessitant des glutens « plus tenaces » face à une panification plus agressive mais plus courte (objectifs de diminuer la pénibilité et le temps de travail des boulangers, de réduire le temps de cuisson...).
- 3) Il y a de plus en plus utilisation d'auxiliaires technologiques (notamment en amont et dans les terminaux de cuisson, pour les pâtes congelées et cuites ailleurs) qui peuvent tout à fait être issus d'OGM (censés disparaître à la cuisson), ce qui pourrait aussi influencer sur le caractère allergisant des pains.
- 4) Enfin, les besoins technologiques d'aujourd'hui ont influencé directement la qualité des blés via la qualité de leurs protéines, sélectionnées pour « bien se comporter » dans ce type de process (ex : résistance à la chaleur, mise en réseau très rapide du gluten, réseau constitué très dense...)
- 5) Point de sémantique : le Sarrasin est une polygonacée et non une graminée. Le terme « céréale » correspond à des caractéristiques d'utilisation (=plantes ayant la capacité de fournir de la farine) et non pas à un sens botanique. Pourtant, par extension, on considère souvent qu'il n'y a dans les céréales que des graminées (excluant alors le Sarrasin). Attention donc à bien préciser le sens que l'on prend pour le terme « céréale ».

### **15.2 Objectifs de sélection & attentes des consommateurs :**

La sélection a été faite dans l'objectif de répondre à des besoins technologiques d'une part (formulés par l'aval de la filière), et de rendement d'autre part. Les blés sélectionnés présentent donc très peu de sucres simples, puisque l'objectif de production et donc de sélection était de limiter les risques de germination sur pied et d'augmenter les rendements. Cela se traduit (d'un point de vue physiologique dans le grain) par une augmentation des produits de réserve (amidon et protéines de réserve). Il s'agit là de conséquences induites par les principaux objectifs de sélection poursuivis, qui ne visaient pas à répondre à des questions de santé ou d'alimentation (faute de questions formulées explicitement à la recherche dans ce sens). Il s'avère que les objectifs de sélection (issues des questions posées) visaient à fournir une alimentation en quantité suffisante, la logique de production en quantité étant aussi directement liée à l'utilisation importante des engrais azotés. De fait, implicitement, les variétés sélectionnées doivent aussi bien « répondre » aux apports azotés.

Il serait important que la recherche soit sollicitée de façon explicite par d'autres groupes de pression, pour que les questions nutritionnelles soient aussi retenues comme des objectifs prioritaires pour la sélection des variétés de blé.

NB : il est tout de même aberrant de constater que cela ne soit pas évident et qu'il soit nécessaire de se battre et de demander à ce que la sélection vise à donner des aliments pour bien se nourrir ! Sans compter qu'il est difficile de changer les habitudes alimentaires, et que les consommateurs ne sont pas forcément prêts à « faire pression » en masse vu qu'ils ne sont pas forcément prêts à ne plus acheter une baguette industrielle de pain blanc (en caricaturant) ! Après-guerre, les consommateurs ont vivement apprécié de manger du « pain blanc », le « pain noir » étant fortement associé aux années de disette où il y avait largement plus de paille et de déchets divers que de farine dans ce « pain ». Les connotations négatives liées à ce pain noir (et les souvenirs des années d'après-guerre) disparaissent peu à peu mais les habitudes alimentaires restent (et les objectifs de sélection aussi !). Il est donc très important aussi de mieux informer les consommateurs, d'expliquer en quoi le pain complet préconisé aujourd'hui n'a rien à voir avec le « pain noir » de l'époque, de présenter son intérêt nutritionnel et de préciser le « pourquoi » des connotations négatives liés au pain noir (le savoir-faire de l'époque, les matières 1<sup>ères</sup> ...). Il est important que la sélection puisse mieux répondre aux attentes nutritionnelles, et d'accompagner cela par de l'information, par de l'éducation des consommateurs, et par un meilleur usage des procédés de transformation et de panification adéquates.

### **15.3 Allergies & process**

La génétique est peut-être moins importante que les processus de transformation dans la manifestation des allergies alimentaires (ex : on peut être allergique exclusivement aux crevettes crues, et pas cuites, ou inversement). Les allergies sont des manifestations très fines, voire hyper-spécifiques. Or, les variétés (modernes ou non) ont des comportements différents selon les conditions de milieu (bio ou non). On peut se demander s'il y a des liens entre les différents comportements des variétés, autant au champ qu'au pétrin, et les allergies alimentaires constatées chez des personnes sensibles [les observations des paysans boulangers pourraient le laisser penser].

La réponse génétique face aux allergies est de sélectionner des blés qui présentent une moindre allergénicité, ce qui peut sembler difficile vu la complexité des phénomènes allergiques. Une autre réponse possible résiderait au contraire dans la biodiversité. Il est important de rappeler que la vue d'ensemble d'un problème est très différente de la seule somme des différentes parties. Une vision globale est nécessaire pour appréhender les allergies et pour répondre aux objectifs de nutrition. Les allergies sont expliquées en partie (mais en partie seulement) par la dimension génétique du caractère allergisant des blés, mais il faut apprécier le problème dans son ensemble en intégrant les autres volets, comme :

- le mode de panification : rôle et influence sur le gluten, les protéines et les autres nutriments...
- le comportement au champ : rôle et influence du mode de production (bio ou non), du choix des variétés, du comportement physiologique des différentes variétés (différences d'enracinement...) et de leurs réponses aux conditions de milieu...

### **15.4 Addiction**

Le choix des consommateurs peut être biaisé. Il a été évoqué l'impact neurologique de la consommation de pain : le gluten comme la caséine entraîneraient des phénomènes de dépendance, et du coup des comportements semblables à ceux des morphinomanes de la part des consommateurs les plus sensibles.

Il est aussi nécessaire de vérifier les affirmations des consommateurs, car il peut aussi exister une part de subjectivité dans leurs affirmations

## 15.5 Sélection, biodiversité & AB

On constate une baisse générale de la biodiversité des blés depuis 1960, même si elle reste tout de même plus importante en France que dans d'autres pays parce qu'il y a encore beaucoup de sélectionneurs (conservation d'un certain panel de variétés de blé, mais choix devenant tout de même de plus en plus limité). La sélection ne peut répondre qu'à des questions précises, claires et explicitées ; c'est le cas du travail actuel par rapport au problème de santé publique que représente la maladie cœliaque.

Les objectifs de sélection ont visé essentiellement l'augmentation de la production, dans le but d'assurer l'autosuffisance alimentaire, l'idée générale étant que le progrès génétique devait s'accompagner de moyens permettant de « s'affranchir » des conditions limitantes du milieu. Les objectifs de sélection visaient donc une amélioration des variétés en conditions de bonne productivité, peu compatibles avec le mode de production bio. Par ailleurs, il y a aussi un préjugé vis-à-vis de l'AB qui sous-entend que l'AB n'est pas en mesure de produire suffisamment pour « nourrir le monde ». L'amélioration variétale n'a donc pas souhaité répondre à d'éventuelles attentes ou besoins de l'AB, mais a plutôt proposé des variétés adaptées aux modèles de production intensifs (réponse à leurs attentes et dans leurs conditions de production).

*NB 1* : que l'AB ne puisse pas nourrir le monde, cela se discute largement ! Exemple de la Syrie où, par la sélection de variétés-populations d'orge en AB, on a obtenu des niveaux de production 3 fois plus importants qu'en production intensive. De plus, la mise en culture des variétés anciennes (gardées dans les conservatoires) montre que certaines présentent des rendements parfois supérieurs aux variétés modernes, et avec des taux de protéines parfois meilleurs, dans des conditions de production au champ identiques.

*NB 2* : les difficultés des producteurs bio à trouver des variétés adaptées à leurs attentes sont aussi très accentuées par la limitation voire l'interdiction des échanges de semences issues des fermes !

Y-a-t-il des perspectives intéressantes en sélection participative ?

- Exemple en Suède, où les paysans ont indiqué qu'ils préféreraient les blés à paille haute. Interrogés, ils ne constataient pas de problème de verse si les pailles étaient suffisamment solides. Ils observaient aussi une meilleure maturation des grains sur les blés à paille haute, l'alimentation et le remplissage des grains se faisant non seulement par l'alimentation racinaire mais aussi, lors de la maturation, par une migration plus complète des réserves de ces pailles. plus complète liée à un fonctionnement racinaire prolongé dans le temps (moindre stress hydrique du à un système racinaire plus développé).
- Autres témoignages / Hypothèses sur la « qualité » des protéines: l'intolérance au gluten dans le cas des « variétés modernes » pourrait être liée au rythme de maturation et d'élaboration des protéines, notamment en fin de cycle (plus rapide que pour les variétés anciennes, seules les variétés anciennes permettant une maturation plus complète en fin de cycle). Autre hypothèse : les quantités d'eau disponible en fin de végétation [potentiellement, il y aurait un meilleur accès à la ressource en eau en AB (sols plus riches en matières organiques) qu'en conventionnel (, ou du fait d'une plus faible densité, un système racinaire plus développé] auraient une influence sur la capacité de polymérisation des protéines et sur la qualité de remplissage du grain. Remplissage variable selon qu'il y a eu échaudage ou non, mais aussi en fonction de la période de récolte (plus ou moins tardive, ce qui est permis ou non par le choix de la variété) : sans échaudage, il y a tout de même besoin d'attendre suffisamment pour que le remplissage se fasse correctement [en quantité et en qualité de remplissage].

## **15.6 Valeur nutritionnelle & études épidémiologiques**

A quand des études épidémiologiques d'envergure pour « tester » à grande échelle les observations faites par les paysans-boulangers sur l'influence positive des variétés anciennes et du mode de culture bio ?

Ce genre d'étude coûte cher, en effet. Mais si on arrive à trouver des financements pour la recherche sur les aspects génétiques alors qu'ils ne sont qu'un tout petit aspect du problème des allergies et des intolérances, pourquoi ne pas chercher et mobiliser des financements pour valider ces observations qui ouvrent des perspectives intéressantes ?

OK pour initier ce type de recherche : sélection & recherche y compris sur les variétés anciennes, et y compris sur le volet « mode de production et de transformation » (AB, panification au levain...). ***C'est peut-être à l'ITAB de solliciter [officiellement] les organismes de recherche et les autorités publiques pour que ces aspects soient directement abordés dans les programmes de recherche (y compris le travail sur des variétés différentes, se comportant de façon différente au champ et au pétrin indépendamment de leur composition chimique), pour que ces programmes tiennent compte d'études et d'observations phénoménologiques de terrain et que ces aspects soient traités dans le cadre d'une approche globale.***

Nuances à apporter : en matière de santé et d'approches épidémiologiques, il s'agit de phénomènes très multi-factoriels. Attention donc à ne pas tirer de conclusions hâtives ou à faire un lien direct de cause à effet là où il n'y a encore que des observations menées en parallèle. Ne pas oublier non plus que les chercheurs sont eux aussi dans des situations difficiles et disposent de moyens de plus en plus limités. Ils ont (eux aussi) besoin de financements pour mener leurs travaux. Sur certains thèmes de recherche et d'une façon générale, ils peuvent dire « non » mais ils décident peu... Même si c'est difficile à entendre, c'est tout de même des contraintes que ressentent les chercheurs.