

NOUVELLES POSSIBILITES D'IDENTIFICATION  
DES VARIETES DE CEREALES DANS LES LOTS COMMERCIAUX  
PAR ELECTROPHORESE DES PROLAMINES DU GRAIN

par Dr J.C.AUTRAN  
Laboratoire de Recherches sur la Qualité des Blés  
I N R A, 16 rue Nicolas Fortin - 75013 PARIS

INTRODUCTION

Depuis la récente apparition sur le marché européen de plusieurs blés à haute productivité (Maris Huntsman, Clément, ...) qui remettent en cause la notion de classement utilisée jusqu'ici notamment en France, la meunerie et les autres industries céréalières attachent un grand intérêt à l'aspect variétal des blés qu'elles transforment. En dépit des fluctuations inhérentes aux facteurs agro-climatiques, le critère variétal est, en effet, le seul susceptible de garantir un niveau de qualité technologique donné et, par là-même, de différencier les blés panifiables des blés fourragers.

L'idée selon laquelle les relations producteurs-stockeurs et stockeurs-meuniers peuvent être fondées sur la déclaration de la ou des variétés constituant le lot de blé livré semble donc actuellement admise. Ces déclarations entraînant des différences de prix doivent évidemment pouvoir être contrôlées afin d'obtenir toute garantie d'authenticité. D'où l'actuelle nécessité de disposer de tests efficaces permettant un contrôle variétal dans les lots de blés commerciaux.

Le problème apparaît d'autant plus important que, depuis l'ouverture des échanges au niveau de la C E E, la liste des semences pouvant être commercialisées en France n'est plus désormais limitée au seul Catalogue Français (70 variétés environ, pour ce qui est du blé), mais peut s'étendre à tous les blés communautaires (au moins 200 variétés).

INSUFFISANCE DES ANCIENNES METHODES

La reconnaissance des variétés n'est cependant pas un problème nouveau car différentes tentatives pour le résoudre ont été rapportées depuis plusieurs dizaines d'années. Les anciennes méthodes font ainsi appel soit à des caractères botaniques, soit à des caractères physiologiques (coloration du coléoptile, réponse de la plante à certains fongicides), soit à des caractères morphologiques ou chimiques du grain (coloration à l'acide phénique).

Si la plupart de ces tests demeurent utiles en raison de leur simplicité, pour effectuer un premier classement ou pour donner une idée de la pureté variétale des semences (acide phénique), leur faible spécificité les rend nettement insuffisants pour reconnaître individuellement chacune des variétés commercialisées et, à fortiori, les variétés en mélange qui constituent la grande majorité des lots de blés stockés.

Une véritable détermination systématique de la variété à partir de la forme commerciale du blé qu'est le grain, devait donc faire intervenir des critères beaucoup plus spécifiques.

Pour cela, il semblait nécessaire de faire appel aux propriétés physico-chimiques de certains constituants du grain et tout particulièrement des protéines. Celles-ci apparaissent, en effet, étroitement associées au patrimoine héréditaire des blés et leur structure peut constituer, dans certains cas, un véritable marqueur génétique exploitable dans des tests d'identification de genres, espèces ou variétés.

### NOUVELLES POSSIBILITES OFFERTES PAR LES DIAGRAMMES ELECTROPHORETIQUES

Cependant, les différentes protéines du grain ne détiennent pas toutes le même niveau de spécificité génétique. Ainsi, des protéines comme les histones ou les albumines-globulines n'ont qu'une spécificité très faible ou nulle (Figure 1). De même, les protéines enzymatiques ne présentent qu'une spécificité limitée : par exemple (Figure 2), les beta-amylases ne permettent de différencier que quelques types variétaux. La catégorie de protéines dont les diagrammes électrophorétiques présentent, chez les céréales, le polymorphisme variétal le plus élevé reste encore, à l'heure actuelle, celle des prolamines que l'on définit classiquement d'après leur solubilité dans les alcools dilués. Seule cette fraction protéique semble donc offrir une spécificité suffisamment élevée pour permettre une véritable identification variétale (Figure 3).

Il a d'ailleurs été observé depuis près de 15 ans, avec les travaux de COLLSON et SIM, ELTON et EWART, LEE et WRIGLEY, BOURDET et FEILLET, que l'hétérogénéité des gliadines constitue un caractère variétal et n'apparaît ainsi jamais influencée par les facteurs agro-climatiques. Mais il faut reconnaître que, jusqu'à ces dernières années, à l'exception de l'équipe australienne de WRIGLEY et SHEPHERD, nul ne semblait avoir tenté d'utiliser ces données fondamentales à des fins pratiques. En effet, les nombreux fractionnements de prolamines obtenus par différentes équipes américaines, anglaises, allemandes ou soviétiques, en gel d'amidon ou en gel de polyacrylamide, n'ont pas été exploités, à notre connaissance, en vue d'une identification variétale dans les lots commerciaux.

Au contraire, les travaux que nous rapportons ici, ont pour but, grâce à la résolution élevée obtenue dans nos laboratoires par électrophorèse des prolamines en gel d'amidon, de réaliser l'identification de la quasi totalité des variétés françaises et européennes, et cela tant dans les lots variétalement purs que dans les mélanges variétaux commerciaux.

### CONDITIONS EXPERIMENTALES

Les conditions expérimentales retenues sont celles d'une électrophorèse classique, et comprennent les deux phases suivantes : extraction de la fraction gliadine à partir du grain, fractionnement électrophorétique proprement dit.

On réalise l'extraction de la fraction gliadine directement à partir de grain broyé ou de farine, par simple contact durant une heure dans le solvant éthanol 60 p.100 (ou encore Chloro-2-éthanol 25 p.100). On travaille généralement sur un gramme de matériel avec 3 ml de solvant; mais l'extraction peut être miniaturisée en opérant sur un seul grain, avec 150  $\mu$ l. Cela permet en particulier d'analyser grain à grain les gliadines d'un micro-échantillon prélevé dans un mélange variétal (Figure 4).

Les protéines ainsi solubilisées sont fractionnées par électrophorèse classique en gel d'amidon 10 p.100, tampon lactate d'aluminium 3,2, 0,005. La solution protéique est introduite dans le gel au moyen de rectangles de papier filtre insérés dans des fentes (Figure 5). La migration des protéines a lieu durant 4 h 30 sous 8 volts/cm, après 2 h de précourse. Le gel est ensuite découpé dans son épaisseur,

la partie supérieure est éliminée et on révèle les bandes sur la partie inférieure au moyen du colorant nigresine-acide trichloracétique. Sur une distance de migration de 15 cm environ, une vingtaine de composants sont révélés (Figure 6).

#### COMMENT RETROUVER L'IDENTITE D'UNE VARIÉTÉ À PARTIR DE L'ELECTROPHOREGRAMME

La Figure 6 met en évidence de nettes différences, à la fois qualitatives et quantitatives, entre les diagrammes gliadines de plusieurs variétés. Ce type d'observation a bien été effectué maintes fois, mais jusqu'ici les auteurs semblent s'être limités à constater ces différences sans véritablement les utiliser à des fins pratiques. Les tentatives d'exploitation des diagrammes se sont en effet heurtées à plusieurs difficultés.

D'une part, sur le plan expérimental, les conditions retenues dans les divers travaux ne semblaient pas toujours assurer une bonne reproductibilité des fractionnements et conduisaient rarement à de très bonnes résolutions, ce qui a amené à réexaminer les différents paramètres expérimentaux. D'autre part, les diagrammes obtenus apparaissent toujours très complexes, car ils renferment, selon la variété, de dix-sept à vingt-deux composants. Si, pour une variété donnée, il est aisé de repérer chaque bande au moyen de sa mobilité électrophorétique relative, le problème se complique lorsqu'il s'agit de répertorier toutes les bandes présentes dans un ensemble de variétés. La seule technique d'électrophorèse ne permet pas, en effet, de démontrer que des composants de mobilité apparemment identique ou très voisine correspondent à une même espèce moléculaire protéique. Il peut ainsi arriver qu'une seule bande englobe fortuitement plusieurs espèces moléculaires différentes ou, inversement, qu'une même gliadine voie parfois sa mobilité modifiée en raison d'associations partielles avec des polyholosides ou des lipides.

On sait d'ailleurs qu'en combinant électrophorèse et électrofocalisation en gradient de pH, plus de quarante composants gliadines peuvent être séparés dans une même variété, mais que, même dans ces conditions, la limite d'hétérogénéité des gliadines est loin d'être atteinte, car toutes les différences portant sur des acides aminés non chargés ne peuvent pas être détectées par ces techniques.

Il est donc apparu fondamentalement impossible de construire un répertoire exhaustif des composants gliadines présents dans un ensemble de variétés, de sorte qu'on s'est orienté vers une interprétation ayant purement valeur d'application. Comme, d'une part, on avait intérêt à retenir un nombre aussi grand que possible de composants afin d'intégrer un maximum de différences variétales, mais que, d'autre part, la présence de composants de mobilités trop voisines pouvait conduire à des difficultés ou à des erreurs de repérage, le répertoire adopté a été limité aux seuls composants significativement différenciables sur les diagrammes. Au niveau de l'ensemble des blés français, quarante-trois composants ont ainsi été retenus et chaque variété a pu alors être caractérisée par un ensemble limité et bien défini de bandes appartenant au répertoire précédent.

Certaines données quantitatives ont ainsi été utilisées. Ainsi, l'analyse des diagrammes au moyen d'un densitomètre intégrateur (Figure 7) a permis de déterminer les concentrations relatives de chacun des composants, ce qui a conduit à un diagramme type variétal comportant à la fois la mobilité et la concentration des bandes. Cependant, compte-tenu de la précision limitée de toute densitométrie en gel d'amidon et afin de faciliter un traitement informatique des données, on a schématisé les diagrammes types en exprimant simplement les concentrations au moyen de l'échelle suivante : 0, traces, +, ++, +++.

Une telle présentation des résultats permet alors des comparaisons variétales simples et rapides. En outre, pour tenir compte des écarts expérimentaux, on a prévu une marge de sécurité en convenant de considérer qu'une différence n'est significative que lorsque l'écart dans l'échelle des concentrations d'un composant donné est d'au moins 2 unités; par exemple : 0 et +, tr. et ++ en + et +++.

Une analyse comparée des variétés se fonde ainsi sur des différences assurément significatives et que l'on peut même quantifier grâce à un indice de similarité des diagrammes (Figure 8). Cela a permis d'observer que les similitudes de diagrammes ne sont que le reflet d'une certaine parenté génétique des blés. Ainsi, des variétés d'origines génétiques éloignées comme Magali et Clément n'ont que 40 % de similarité dans leurs diagrammes, tandis que d'autres, génétiquement plus proches comme Top et Mardi ont 80 % de similarité et que certaines, comme les 3 lignées sœurs Capitale-Moisson-Splendeur ont même des diagrammes identiques (similarité 100 %).

Enfin, outre ces conclusions d'ordre phylogénique, il est devenu possible, en s'appuyant sur les seules différences significatives, de retrouver le nom d'une variété non identifiée à partir de son diagramme gliadine.

On a conçu pour cela un tableau chimiotaxonomique qui, à l'image d'une flore, comporte des clés de détermination fondées sur certaines caractéristiques qualitatives ou quantitatives des diagrammes. Un tel tableau est actuellement opérationnel pour l'ensemble des blés français et des principaux blés européens (plus de 160 variétés). La Figure 9 montre un fragment de ce tableau, limité, pour des raisons d'encombrement, à quelques variétés.

Pour identifier une variété inconnue, il suffit alors de déterminer les mobilités de quelques composants clés de l'électrophorégramme, par simple comparaison avec un échantillon témoin dont les composants sont déjà connus, puis de suivre l'analyse dichotomique du tableau. La plupart des variétés actuelles de blé tendre et de blé dur peuvent être identifiées par ce procédé et le cas de blés présentant des diagrammes non différenciables ne concerne guère que 5 % de l'ensemble des variétés. On observe notamment que les variétés de type Maris Huntsman et Clément peuvent être reconnues sans ambiguïté (Figure 10).

Signalons enfin que le même principe de détermination a été étendu aux prolamines d'autres céréales : actuellement seigle, triticale et orges. Bien que les possibilités de différenciation apparaissent généralement plus limitées que chez le blé, il apparaît désormais possible (Figure 11) de reconnaître un grand nombre de variétés d'orge, même à partir de malt.

#### APPLICATION AU CONTRÔLE VARIÉTAL DANS LES LOTS DE BLE COMMERCIAUX

Dans le domaine de l'application, la technique d'électrophorèse des gliadines semble donc constituer un test efficace de contrôle de l'identité d'une variété à partir du grain.

Pour le cas de lots variétalement purs, il est devenu possible, dans un délai de 24 heures, de contrôler l'identité d'une variété présumée, par simple comparaison de l'électrophorégramme de l'échantillon avec celui d'un témoin de collection et même d'identifier la variété d'un blé inconnu grâce au tableau de détermination chimiotaxonomique, y compris dans le cas des variétés à haut rendement et dites imperforables.

Dans le cas de mélanges variétaux, comme l'analyse des gliadines d'une mouture globale est généralement indinterprétable en raison de l'additivité des bandes provenant de différents diagrammes variétaux déjà complexes par eux-mêmes, on a recouru à une version miniaturisée de la technique. Cette version (Figure 12) consiste en une détermination

grain par grain de la variété sur un microéchantillon représentatif du lot. Elle permet, dans la limite d'intervalles de confiance (comme pour toute autre analyse de population) de donner une idée du pourcentage de chacune des variétés présentes. C'est actuellement le seul procédé qui permette une détermination spécifique de la composition variétale qualitative et quantitative dans un mélange commercial de grains.

Une spécificité très élevée, une totale indépendance vis - vis des facteurs agro-climatiques et une miniaturisation autorisant des analyses grain par grain font que cette technique offre des possibilités nettement supérieures à tout ce qui existait jusqu'ici en matière d'identification variétale. L'électrophorèse des gliadines pourrait donc, dans l'avenir, associée à certains critères d'appréciation de la qualité, être retenue par la législation en matière de contrôle des blés commerciaux et, d'ores et déjà, le groupement de la Meunerie Européenne la considère comme méthode de référence.

Il est cependant évident que, pour l'instant, cette méthode reste du domaine du laboratoire spécialisé et qu'elle ne peut pas être appliquée systématiquement à tous les niveaux des circuits de contrôle. Son temps de réponse de 24 heures, inévitablement lié à sa spécificité élevée, empêche, par ailleurs de l'utiliser dans les organismes stockeurs lors de la collecte des blés. L'électrophorèse des gliadines restera donc essentiellement un test à posteriori et pourra constituer une méthode absolue en cas de litige important.

Signalons également que des travaux de simplification et d'automatisation de la technique ont été entrepris en relation avec la firme TECHNICON laquelle prévoit, par ailleurs, de multiplier les possibilités d'analyse journalière actuelle (48 échantillons par jour) par un facteur 15 à 20.

Que ce soit sous sa forme artisanale actuelle ou sous sa forme automatisée future, une telle méthode paraît susceptible, notamment par son effet dissuasif, d'offrir une solution efficace au problème grave que pose pour la meunerie et pour l'avenir des productions européennes, la récente introduction des variétés à haut rendement mais non panifiables qui viennent remettre en cause les critères de classement préconisés jusqu'ici. Il deviendrait alors possible aux utilisateurs de s'approvisionner auprès des organismes stockeurs en lots de caractéristiques variétales (et donc technologiques) définies, capables de satisfaire au mieux les besoins des diverses industries utilisatrices.

J.C.A.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUTRAN J.C., 1973 - L'identification des variétés de blé. Bull. Anc. Elèves ENSMIC, 256, 163-169.
- AUTRAN J.C., 1975 - Nouvelles possibilités d'identification des variétés françaises de blé par électrophorèse des gliadines du grain. Indus. Agric. Alim., 9-10, 1075-1094.
- AUTRAN J.C., 1975 - Identification des principales variétés françaises de blé tendre par électrophorèse des gliadines du grain. Bull. Anc. Elèves ENSMIC, 270, 316-324.
- AUTRAN J.C., BOURDET A., 1973 - Nouvelles données permettant l'exploitation de l'hétérogénéité électrophorétique des gliadines du grain en vue d'une identification variétale. C.R. Acad. Sci. Paris, 277, Série D, 2081-2084.
- AUTRAN J.C., BOURDET A., 1975 a. L'identification des variétés de blé : établissement d'un tableau général de détermination fondé sur le diagramme électrophorétique des gliadines du grain. Ann. Amélior. Plantes, 23, 3, 277-301.
- AUTRAN J.C., BOURDET A., 1975 b. - Nouvelles possibilités d'un contrôle variétal qualitatif dans les lots de blé commerciaux. Techniques des Industries Céréalières, 180, 7-13.
- AUTRAN J.C., BOURDET A., 1975 c. - Possibilités d'un contrôle variétal qualitatif et quantitatif dans les lots de blés commerciaux. C.R. Acad. Agric., Séance du 11.6.75 (sous presse).
- BOURDET A., FEILLET P., METTAVANT F., 1963 - Sur le comportement électrophorétique des prolamines du blé en gel d'amidon. C.R. Acad. Sci. Paris, 256, Série D, 4517-4520.
- COULSON C.B., SIM A.K., 1961 - Starch gel electrophoresis of isolated wheat gluten. Biochem. J., 80, 46-47.
- DOEKES G.J., 1966 - Comparison of wheat varieties by starch gel electrophoresis of their grain proteins. J. Sci. Food Agric., 19, 169-176.
- ELTON G.A.M., EWART J.A.D., 1962 - Starch gel electrophoresis of cereal proteins. J. Sci. Food Agric., 13, 62-72.
- FEILLET P., 1965 - Contribution à l'étude des protéines du blé. Influence des facteurs génétiques, agronomiques et technologiques. Ann. Technol. Agric., 14, H.S. 1, 1-94.
- FEILLET P., BOURDET A., 1967 - Composition protéique et caractéristiques génétiques des blés. Bull. Soc. Chim. Biol., 49, 10, 1273-1283.
- WRIGLEY C.W., SHEPHERD K.W., 1974 - Identification of Australian wheat cultivars by laboratory procedures : examination of pure samples of grain. Aust. J. Exp. Agric. Animal Husbandry, 14, 796-804.
- WRIGLEY C.W., BAXTER R.I., 1974 - Identification of Australian wheat cultivars by laboratory procedures : grain samples containing a mixture of cultivars. Aust. J. Exp. Agric. Animal Husbandry, 14, 805-810.

## RESUME

Les problèmes posés par l'ouverture des échanges commerciaux au niveau de la C.E.M. et par l'apparition sur le marché de blés à haut rendement mais considérés comme impanifiables (Maris Huntsman, Clément) rendent nécessaire la mise en oeuvre de tests efficaces permettant la reconnaissance exacte des variétés.

Contrairement aux autres tests classiques de caractérisation, tels que la coloration à l'acide phénique, le diagramme électrophorétique des prolamines du grain présente une spécificité très élevée et se trouve totalement indépendant des facteurs agro-climatiques. Il constitue donc un marqueur biochimique génétiquement stable de chacune des variétés.

L'utilisation de conditions expérimentales améliorées et une analyse limitée aux seules différences significatives permettent désormais une exploitation objective des données qualitatives et quantitatives des diagrammes obtenus. On définit ainsi, d'une part, des indices de similarité dont l'intérêt est de quantifier l'analogie des électrophorogrammes variétaux et d'exprimer indirectement une forme de parenté génétique des blés. On fournit, d'autre part, un exemple de tableau chimiotaxonomique, construit uniquement à partir des données des électrophorogrammes gliadines et qui permet d'identifier environ 95 % des blés français et communautaires.

Il est rappelé que cette technique d'électrophorèse est d'ores et déjà en cours de vulgarisation en France et qu'elle a été adoptée comme méthode de référence par la Communauté Européenne. Le procédé est par ailleurs en cours de simplification et d'automatisation.

Le principe de l'exploitation des électrophorogrammes pour identifier les variétés est également en cours d'extension au niveau des prolamines d'autres céréales: seigle, triticale, orge.

L'électrophorèse des prolamines est donc utilisable à la fois pour contrôler l'identité d'une variété présumée et pour identifier une variété inconnue. Comme l'analyse est réalisable à partir d'un seul grain, le contrôle qualitatif et quantitatif des mélanges variétaux commerciaux est devenu possible.

## ABSTRACT

The opening of free trades on a level of E.E.C. and the growth of wheats with high yields but held to have a bad baking value (Maris Huntsman, Clement) carry different problems which make necessary to put in activity efficient tests of varietal recognition.

On the contrary to old tests of characterization, such as phenic acid colouring, the electrophoretic pattern of grain prolamins shows a very high specificity and a total independence of growing conditions. It thus can be considered as a genetically steady biochemical marker of each variety.

The use of improved experimental conditions and an analysis limited to the significant differences alone permits the objective utilization of the qualitative and quantitative data of the patterns. On the one hand, similarity indices are defined, the advantage of which is to quantify the analogy of varietal electrophoregrams and to show indirectly a form of genetic relationship between wheats. On the other hand, a chemotaxonomic table is supplied, built up solely from the analysis of the electrophoretic patterns of prolamins. About 95 per cent of the wheats grown in France and in E.E.C. can be identified by this mean.

It is recalled that the electrophoretic method is here and now going to be popularized in France and that European Millers considered it as the european standard method. In other respects, the procedure is going to be automatized and simplified.

The principle of the use of electrophoregrams in order to identify varieties has been enlarged to the prolamins of other cereals: rye, triticale, barley.

The electrophoresis of prolamins is therefore available in the control of the identity of an assumed variety and in the identification of an unknown variety. As the analysis can be performed by checking of individual grains, it becomes possible to obtain an estimate of varietal distribution in any commercial sample.

---

J. C. Autran  
Paris/France

**NEW POSSIBILITIES OF IDENTIFICATION VARIETIES  
OF WHEAT IN COMMERCIAL LOTS  
BY ELECTROPHORESIS OF GRAIN PROLAMINE**

The opening of free trades on a level of E.E.C. and the growth of wheats with high yields but held to have a bad baking value (*Maris Huntsman, Clement*) carry different problems which make necessary to put in activity efficient tests of varietal recognition.

On the contrary to old tests of characterization, such as phenic acid colouring, the electrophoretic pattern of grain prolamins shows a very high specificity and a total independence of growing conditions. It thus can be considered as a genetically steady biochemical marker of each variety.

The use of improved experimental conditions and an analysis limited to the significant differences alone permits the objective utilization of the qualitative and quantitative data of the patterns. On the one hand, similarity indices are defined, the advantage of which is to quantify the analogy of varietal electrophoregrams and to show indirectly a form of genetic relationship between wheats. On the other hand, a chemotaxonomic table is supplied, built up solely from the analysis of the electrophoretic patterns of prolamins. About 95 per cent of the wheats grown in France and in E.E.C. can be identified by this mean.

It is recalled that the electrophoretic method is here and now going to be popularized in France and that European Millers considered it as the European standard method. In other respects, the procedure is going to be automatized and simplified.

The principle of the use of electrophoregrams in order to identify varieties has been enlarged to the prolamins of other cereals: rye, triticale, barley.

The electrophoresis of prolamins is therefore available in the control of the identity of an assumed variety and in the identification of an unknown variety. As the analysis can be performed by checking of individual grains, it becomes possible to obtain an estimate of varietal distribution in any commercial sample.

*Dr. Jean-Claude Autran*  
Chargé de Recherches  
Laboratoire de Recherches  
sur la qualité des blés  
Ecole Française de Meunerie  
16, Rue Nicolas-Fortin  
Paris XIII<sup>e</sup>, France

J. C. Autran  
Paris/Frankreich

## NEUE MÖGLICHKEITEN ZUR IDENTIFIZIERUNG VON WEIZENSORTEN IN HANDELSMENGEN DURCH GETREIDE-PROLAMIN-ELEKTROPHORESE

Die Eröffnung des freien Handels auf EWG-Niveau und die Züchtung von Weizen mit hohen Erträgen, jedoch schlechtem Backwert (*Maris Huntsman*, *Clement*), beinhalten verschiedene Probleme, die den Einsatz von wirksamen, vielseitig anerkannten Untersuchungsmethoden erfordern.

Im Gegensatz zu den alten Untersuchungsmethoden, wie z. B. Phenolsäurefärbung, zeigt die Elektrophorese von Getreideprolaminen hohe spezifische Wirksamkeit und totale Unabhängigkeit von Wachstumsbedingungen. Sie kann daher als genetisch zuverlässiges biologisches Anzeigenmerkmal (marker) jeder Sorte angesehen werden.

Die Verwendung verbesserter experimenteller Bedingungen und eine Analyse, die nur allein auf die wesentlichen Unterschiede beschränkt ist, erlaubt die objektive Auswertung der qualitativen und quantitativen Daten. Auf der einen Seite werden vergleichbare Kennzahlen bestimmt, deren Vorteil darin besteht, die Analogie verschiedener Elektrophoregramme zu quantifizieren und indirekt eine Form der genetischen Verwandtschaft zwischen Weizenarten zu zeigen. Auf der anderen Seite wird eine chemotaxonomische Tabelle zur Verfügung gestellt, die allein auf der Analyse der Getreideprolamin-Elektrophorese aufgebaut ist. Ungefähr

95 % des in Frankreich und den EWG-Ländern gezüchteten Weizens können dadurch identifiziert werden.

Es wird daran erinnert, daß die elektrophoretische Untersuchungsmethode nun da und dort in Frankreich populär gemacht wird und daß europäische Müller sie als Standardmethode betrachten. Andererseits wird dieses Verfahren zusätzlich automatisiert und vereinfacht.

Das Prinzip der Verwendung des Elektrophoregrammes zur Identifizierung von Sorten wurde auf Prolamine anderer Getreidearten ausgedehnt: Roggen, Triticale, Gerste.

Die Elektrophorese von Prolaminen ist daher bei der Kontrolle der Identität von bekannten Sorten und zur Identifizierung unbekannter Sorten verwendbar. Da die Analyse zur Überprüfung von besonderen Getreidearten durchgeführt werden kann, wird es möglich sein, eine Beurteilung von Sortenmustern in jeder kommerziellen Probe zu erhalten.

*Dr. Jean-Claude Autran*  
Chargé de Recherches  
Laboratoire de Recherches sur la Qualité des blés  
Ecole Française de Meunerie  
16, Rue Nicolas-Fortin  
Paris XIIIe, Frankreich

Ж. С. Отран  
Париж  
Франция

## **НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОРТОВ В ТОРГОВЫХ КОЛИЧЕСТВАХ ПШЕНИЦЫ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА ПРОЛАМИНОВ ЗЕРНА**

Свободная торговля на уровне ЕВГ и разведение пшеницы с высокой урожайностью, однако плохим качеством выпечки (Марис Гэнтсмэн, Клемен) привели к различным проблемам, требующим применения эффективных, общепризнанных методов исследования.

В отличие к старым методам исследования, как например окраска фенольной кислоты, электрофорез проламинов зерна показывает высокую эффективность и полную независимость от условий выращивания. Поэтому он является генетически надежным биологическим индикатором (маркером) каждого сорта.

Применение улучшенных опытных условий и анализ, ограниченный только на основные различия, разрешают объективное использование качественных и количественных данных. С одной стороны определяются параметры для сравнения, преимущество которых состоит в возможности квантификации аналогичности различных электрофореграмм и показать таким образом посредственно форму генетического сродства между сортами пшеницы. С другой стороны дается в распоряжение хемотаксономическая таблица, основывающаяся только на анализе электрофореза проламинов зерна. Около

95% разводимых во Франции и странах ЭВГ сортов могут идентифицироваться таким образом.

Автор напоминает о том, что метод исследования электрофорезом становится популярным во Франции и что европейские пекарни считают его уже стандартным методом. Кроме того, метод добавочно автоматизируется и упрощается.

Принцип применения электрофореграммы для идентификации сортов распространяется также на проламины других видов зерна: ржи, тритикаля, ячменя.

Электрофорез таким образом применим для контроля известных сортов и для идентификации неизвестных сортов. Так как анализ может проводиться для проверки особых сортов, будет возможным оценка образцов сорта каждой торговой пробы.

Др. Жан-Клод Отран  
Заведующий по исследованиям  
Лаборатория исследования качества зерна  
Французский институт помола  
16, Рю Никола Фортэн  
Париж XIII-ый район  
Франция

J. C. Autran  
Paris/France

## NOUVELLES POSSIBILITES D' IDENTIFICATION DES VARIETES DE CEREALES DANS LES LOTS COMMERCIAUX PAR ELECTROPHORESE DES PROLAMINES DU GRAIN

Les problèmes posés par l'ouverture des échanges commerciaux au niveau de la C.E.E. et par l'apparition sur le marché de blés à haut rendement mais considérés comme impanifiables (*Maris Huntsman, Clément*) rendent nécessaire la mise en œuvre de tests efficaces permettant la reconnaissance exacte des variétés.

Contrairement aux autres tests classiques de caractérisation, tels que la coloration à l'acide phénique, le diagramme électrophorétique des prolamines du grain présente une spécificité très élevée et se trouve totalement indépendant des facteurs agro-climatiques. Il constitue donc un marqueur biochimique génétiquement stable de chacune des variétés.

L'utilisation de conditions expérimentales améliorées et une analyse limitée aux seules différences significatives permettent désormais une exploitation objective des données qualitatives et quantitatives des diagrammes obtenus. On définit ainsi, d'une part, des indices de similarité dont l'intérêt est de quantifier l'analogie des électrophorégrammes variétaux et d'exprimer indirectement une forme de parenté génétique des blés. On fournit, d'autre part, un exemple de tableau chimio-taxonomique, construit uniquement à partir des données des électrophorégrammes gliadines et qui permet

d'identifier environ 95 % des blés français et communautaires.

Il est rappelé que cette technique d'électrophorèse est d'ores et déjà en cours de vulgarisation en France et qu'elle a été adoptée comme méthode de référence par la Meunerie Européenne. Le procédé est par ailleurs en cours de simplification et d'automatisation.

Le principe de l'exploitation des électrophorégrammes pour identifier les variétés est également en cours d'extension au niveau des prolamines d'autres céréales: seigle, triticale, orge.

L'électrophorèse des prolamines est donc utilisable à la fois pour contrôler l'identité d'une variété presumée et pour identifier une variété inconnue. Comme l'analyse est réalisable à partir d'un seul grain, le contrôle qualitatif et quantitatif des mélanges variétaux commerciaux est devenu possible.

*Dr Jean-Claude Autran*  
Chargé de Recherches  
Laboratoire de Recherches sur la Qualité des Blés  
Ecole Française de Meunerie  
16, Rue Nicolas-Fortin  
Paris XIII, France

**TEILNEHMERLISTE  
LIST OF PARTICIPANTS  
LISTE DES PARTICIPANTS  
ПЕРЕЧЕНЬ УЧАСТНИКОВ**

AL FARISI, Mr. B.  
Grain Board

Baghdad / Iraq

ALTROGGE, Mr. L.  
Leopold Altroge Mühlenwerke

Langestr. 40  
4937 Lage / Lippe / Federal Rep. of Germany

AUERSWALD, Prof. Dr. W.  
Vorstand des Physiologischen Instituts  
der Universität Wien  
Österreichische Gesellschaft für Ernährungsforschung

Schwarzspanierstr. 17  
1090 Wien / Austria

AUGSTEIN, Mrs. E.  
Institut Fresenius

Niederneu 40  
6000 Frankfurt / Federal Rep. of Germany

AUTRAN, Dr J. C.  
INRA

16, rue Nicolas-Fortin  
75013 Paris / France

AUTRAN, Mrs. A.

AWERKIEVA, Mrs.  
All-Union Research Institute for Cereals and  
Cereal Products

Dmitrovskoye-Chaussee 11  
127434 Moscow / U.S.S.R.

BAYZER, Dr. H.  
Chemie Linz AG  
Entwicklung Sparte Agrarchemikalien

Welserstr. 42  
4020 Linz / Austria

BEAUX, Dr Y., Dir.  
Lab. Central I. T. C. F.

46, rue de la Clef  
75005 Paris / France

BELOHLAWEK, Dr. L.  
DIAMALT AG

Friedrichstr. 18  
8 München 40 / Federal Rep. of Germany

BERTAGNOLI, Mr. I.  
Vereinigte Schälmmühlen

Herzogenburg / Austria

BLOCH, Mr. F.

Taborstr. 11  
1020 Wien / Austria

BLOKSMA, Dr. A. H.  
Instituut voor Graan, Meel en Brood, TNO

Lawickse Allee 15  
6140 Wageningen / Netherlands

BOGATIEREVA, Mrs.  
All-Union Research Institute for Cereals

Dmitrovskoye-Chaussee 11  
127434 Moscow U.S.S.R.

BOND, Mr. E. E., Dir.  
Bread Research Institute of Australia

Private Bag, Post Office  
North Ryde, N.S.W. 2113 / Australia



**9.**

**CONGRESS  
CONGRÈS  
KONGRESS  
Конгресс**

**1976**

# notes techniques

## Compte rendu du 9<sup>ème</sup> Congrès de l'Association Internationale de Chimie Céréalière

(I.C.C.)

Vienne 12-15 mai 1976

L'I.C.C., fondée en 1955, a pour but d'étudier les problèmes concernant la recherche en matière de chimie céréalière, l'unification et la standardisation des méthodes d'analyse et l'établissement de relations entre la recherche et les industries de production ou de transformation des céréales. Cette année étaient réunis environ 200 participants parmi lesquels prédominent l'Autriche (15 % des participants), les différents pays de l'Est (13 %), la France (10 %), l'Allema-

gne de l'Ouest (10 %), le Royaume-Uni (9 %), les Pays-Bas (5 %), etc.

La session, qui était précédée les 10 et 11 mai, par les réunions du Comité Technique et du Comité Exécutif, ainsi que par un symposium restreint consacré au sorgho et aux millets, était organisée cette année sous la forme de trois symposia :

- Structure et analyse des protéines.
- Apport des composants de la

farine de froment à la panification.

— Rhéologie des pâtes.

Des spécialistes français de ces problèmes font ci-dessous un compte rendu de ces trois symposia et le Professeur Jean Buré, ancien Président de l'I.C.C., présente le prochain Congrès du Pain et des Céréales (1).

(1) Exposés présentés lors de la journée organisée par le Groupe Céréales et Amylacés de l'A.C.I.A., le 17 juin 1976.

---

### Symposium " structure et analyse des protéines "

par J.-C. AUTRAN

Laboratoire de Recherches sur la qualité des blés

Ce symposium regroupait 7 communications de chercheurs respectivement soviétiques, français, canadiens, hongrois et belges. Ces auteurs ont chacun abordé le thème de la structure et de l'analyse des protéines sous des angles très différents mais en relation souvent étroite avec les problèmes de biochimie des composants du gluten : gliadines et gluténines.

Nous avons retenu tout d'abord l'excellente mise au point du Pr. Bushuk (Canada) sur la structure, l'importance et l'origine de la gluténine.

L'auteur a ainsi fourni les données les plus récentes sur les propriétés physico-chimiques des gluténines (poids moléculaires, sous-unités trouvées après réduction, composition en acides aminés, liai-

son entre sous-unités) et a rappelé les principales hypothèses émises pour la structure macro-moléculaire en précisant qu'aucune d'entre elles n'est idéale et ne permet encore de rendre compte de l'ensemble des propriétés (ténacité et résistance à l'étirement) dont on rend la gluténine responsable. Une partie des propriétés des pâtes durant le malaxage pourrait cependant être reliée à une dépolymérisation des gluténines au cours de cette phase, ce qui permet de souligner l'importance de la mesure du taux de gluténines solubles pour apprécier la qualité. Enfin, la localisation génomique et chromosomique de plusieurs sous-unités gluténines a pu être précisée (comme cela a déjà été fait pour les gliadines) grâce à l'analyse de nombreuses lignées aneuploïdes du blé.

La communication que nous avons ensuite présentée s'est attachée à souligner l'importance, dans le contexte ouest-européen de la reconnaissance exacte des variétés de céréales. Ayant constaté la faible spécificité et donc l'insuffisance des anciennes méthodes (morphologiques, physiologiques, chimiques) d'identification, nous avons insisté sur la nécessité de recourir à des tests physico-chimiques et tout particulièrement aux diagrammes électrophorétiques des gliadines du grain, caractérisés par leur haute spécificité et leur totale indépendance à l'égard des facteurs agro-climatiques. Ayant ensuite décrit la technique et son mode d'interprétation, nous avons montré qu'elle permettait, dans la pratique, de contrôler la nature d'une variété présumée, d'identifier une variété

inconnue et même, grâce à l'analyse grain par grain de micro-échantillons, de préciser la composition variétale qualitative et quantitative des lots commerciaux. D'où une véritable méthode de référence en cas de litige, pouvant, par ailleurs, grâce à son effet dissuasif, offrir une solution au problème grave posé à la meunerie par l'introduction des nouvelles variétés à haut rendement, mais non panifiables.

Au cours des autres exposés présentés, nous avons été intéressés, en outre, par les points suivants :

— Possibilités d'application aux protéines du blé de la technique d'isoélectrofocalisation (Professeur Deschreider, Bruxelles).

— Composition des gliadines après hydrolyse et hypothèses émises en conséquence sur leur struc-

ture macro-moléculaire (Pr. Lasztity, Budapest).

— Rapports entre gliadines, gluténines et lipides au cours du pétrissage et de la panification (Pr. Nechev, lu par Dr. Palankova, Moscou).

— Origine génotypique de la structure primaire des protéines du gluten, et origine phénotypique des structures tertiaire et quaternaire (Pr. Vakaar, lu par Dr. Golenkov, Moscou).

## Groupe d'études 12 A - Nomenclature des protéines du blé

L'objectif initial de ce groupe était d'étudier la possibilité de développer une nomenclature des protéines de la farine de blé susceptible d'aider aux développements de la chimie des protéines et acceptable par les divers chercheurs travaillant dans ce domaine. Y ont été depuis inclus le développement et l'étude de méthodes standard.

Ce groupe de travail, animé par le Dr Bushuk (Canada), rassemble les principaux spécialistes de différents pays : Australie, Belgique, Canada, Espagne, France, Grande-Bretagne, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, U.S.A. et U.R.S.S.

Des premiers échanges de vue, une large majorité s'était dégagée pour adopter le principe d'une classification des protéines du blé fondée sur leur solubilité, en utilisant, avec de légères modifications, le procédé classique d'Osborne.

Un premier bilan avait, d'autre part, été dressé sur les possibilités de classement de chacune des fractions ainsi définies : albumines, globulines, gliadines et gluténines, d'où il apparaissait que les informations les plus nombreuses concernaient les gliadines.

La réunion du groupe dans le cadre du 9<sup>e</sup> Congrès de l'I.C.C. prévoyait d'établir un premier projet de nomenclature à partir des résultats électrophorétiques rassemblés par Konarev (U.R.S.S.) d'une part

en gel de polyacrylamide, par notre laboratoire (Autran-Bourdet) d'autre part en gel d'amidon.

A cet effet, le Dr Bushuk avait préalablement fait parvenir à chaque participant un échantillon de la même variété (Marquis) qui devait être examiné dans les conditions expérimentales propres à chaque laboratoire, les résultats devant être ensuite comparés.

En fait, un très petit nombre de participants au groupe de travail étaient présents à Vienne et la réunion prévue s'est limitée à des échanges de vue individuels. Le Dr Bushuk s'est montré particulièrement intéressé par la qualité des fractionnements que permet notre méthode et l'application au contrôle de la composition variétale des lots commerciaux qui va en être faite en France. L'équipe australienne de North-Dyde, qui utilise un principe similaire mais dans les conditions expérimentales quelque peu différentes, est orientée dans la même voie. Le Dr Bushuk nous a fait part des résultats qu'il a obtenus de son côté en gel d'acrylamide : les fractionnements apparaissent d'excellente qualité mais la résolution des bandes est moins poussée qu'en gel d'amidon. Lui ayant fait part des travaux que nous avons engagés avec Technicon en vue d'une semi-automatisation de la méthode, il envisage de son côté de prendre des contacts

avec les services canadiens de cette firme.

Pour l'immédiat, le Dr Bushuk se propose d'adresser aux divers membres du groupe les résultats préliminaires obtenus par chacun sur la même variété Marquis et de recueillir les avis techniques des spécialistes de l'électrophorèse. Il apparaît d'ores et déjà que la diversité des méthodes constitue un obstacle sérieux à une classification commune des gliadines. L'étude comparée des mêmes variétés de blés soviétiques dans nos conditions expérimentales (gel d'amidon en plaques) et selon celles pratiquées par Konarev (gel d'acrylamide en tubes) révèle par exemple 43 bandes significatives pour le système français contre 29 seulement pour le système soviétique. Compte tenu d'autre part des systèmes de notation adoptés de part et d'autre, aucune correspondance entre les deux systèmes n'apparaît actuellement possible.

Il résulte de ces premières confrontations que le problème de la nomenclature des seules gliadines n'aura de chances de progresser que dans la mesure où les conditions expérimentales seront elles-mêmes uniformisées. C'est ce qu'ont déjà compris les Associations Meunières des pays de la C.E.E. en reconnaissant la nécessité de faire appel à la même méthode commune.

# Symposium : Le rôle des composants de la farine en panification

par Christiane MERCIER

Laboratoire de Biochimie des Aliments au CERDIA 91305 MASSY

Le symposium sur le « Rôle des constituants de la farine en panification » a été organisé par le Professeur Y. Pomeranz, directeur du « Grain Marketing Research Center - Agricultural Research Service » à Manhattan, Kansas, U.S.A.

Le rôle des constituants suivants de la farine :

- Les protéines et protéases, par Dr J.A.D. Ewart, du Flour Milling and Baking Research Association (F.M.B.R.A.) à Chorleywood, U.K.
- L'amidon et les enzymes amylolytiques, par Dr C. Mercier, de l'I.N.R.A., Massy, France.
- Les lipides et les enzymes lipolytiques, par Dr W.R. Morrison de l'Université de Strathclyde, Glasgow, U.K.
- Les réactions d'oxydo-réduction, par Dr A. Graveland du T.N.O., Wageningen, Pays-Bas

a été présenté par des conférenciers des différents pays de la C.E.E., sous la forme d'une revue bibliographique et, pour certains, de travaux personnels, en s'attachant plus particulièrement à émettre les récentes hypothèses formulées en panification.

En conclusion, le Professeur Pomeranz a rapporté les travaux effectués sur la qualité boulangère des blés américains ainsi que le test de panification mis au point dans son Centre de Recherches.

## LES PROTEINES ET PROTEASES

Le Docteur Ewart, après avoir rappelé que les protéines de la farine étaient représentées par 7/8 de gluten et 1/8 de protéines solubles, a insisté sur l'existence d'un facteur qualité boulangère des protéines.

Il a montré que si l'on observe une relation linéaire entre la teneur en protéines de la farine et le volume du pain, cette relation est propre à chaque variété de blé : ce qui implique donc le rôle de la

qualité de la protéine, phénomène d'ailleurs confirmé par les récentes observations des nouvelles variétés de blé Maris-Huntsman et Clément, considérés comme blés non panifiables. La quantité de protéines solubles contrairement au gluten, n'aurait pas de relation avec la valeur boulangère de la farine ; cependant certains auteurs ont avancé l'idée que le rapport albumine

\_\_\_\_\_ doit intervenir dans la globuline qualité boulangère, sans toutefois l'expliquer.

D'après le Dr Ewart, les études fondamentales effectuées sur la structure des protéines n'ont pas permis, jusqu'à présent, de contribuer à établir une relation avec la valeur boulangère. En effet, la composition en acides aminés du gluten de 17 variétés de blé ne varie pas de façon significative. Les glutens de 4 blés différents sont similaires du point de vue de leur comportement immunologique. L'immunoelectrophorèse des protéines solubles de blé de faible et forte valeur boulangère sont identiques. Selon l'auteur, il ne faut pas rechercher une relation directe avec les protéines ; la notion de qualité boulangère de la farine doit surtout faire intervenir les interractions entre les différents constituants de la farine, comme le Dr Graveland l'a montré par la suite.

Les protéases de la farine semblent n'avoir aucune importance significative en panification, au moins pour les farines normales. Dans ce dernier cas bien qu'elles existent en très faible quantité, deux groupes de protéases ont été mis en évidence dont le pH optimum est respectivement de 3,8 et 4,4. Certains auteurs les ont classés en  $\alpha$ -protéinase, enzyme hydrolysant les liaisons peptidiques internes du gluten et en  $\beta$ -protéinase, enzyme réagissant à l'extrémité de la chaîne peptidique. A l'heure actuelle, les protéases de la farine ne joueraient un rôle appréciable sur sa

valeur boulangère que dans des circonstances exceptionnelles.

## L'AMIDON ET ENZYMES AMYLOLYTIQUES

Du fait de différentes technologies panaires en Europe, il est difficile de généraliser le rôle de l'amidon en panification. Le présent auteur a cependant, montré comment les rôles de l'amidon, de l' $\alpha$  et de la  $\beta$ -amylase sont intimement liés en intervenant sur la texture du pain français. Au cours de la préparation de la pâte, les grains d'amidon intacts possèdent la propriété d'absorber une partie de l'eau totale présente, par suite d'un gonflement partiel. Les grains d'amidon endommagés jouent en plus un rôle important durant la fermentation. Sous l'action des  $\alpha$  et  $\beta$ -amylases de la farine et/ou des enzymes ajoutées, l'amidon endommagé est dégradé en glucose, maltose, maltotriose et dextrines de poids moléculaire supérieur. Le maltose, oligoside de la  $\beta$ -amylolyse, est transformé en glucose sous l'action de la maltase de la levure et le glucose, par fermentation, produit le CO<sub>2</sub> nécessaire à l'expansion de la pâte. Un certain équilibre entre la formation d'oligosides par les amylases et la disparition de l'amidon endommagé est nécessaire pour optimiser les propriétés rhéologiques de la pâte.

Durant la cuisson de la pâte, la croûte, dans laquelle des grains d'amidon sont encore intacts par observation microscopique, est formée en premier lieu. Puis, se produisent simultanément une dilatation des gaz emprisonnés dans le réseau glutineux et une augmentation de l'activité de la levure et par conséquent de la fermentation. Des modifications irréversibles dans la structure de l'amidon interviennent par suite de l'activation des amylases préalable à leur inactivation en fonction du temps de cuisson. Les dernières réactions de

dextrinisation et de formation de produits de la réaction de Maillard intéressent surtout l'aspect extérieur du produit (couleur et flaveur).

Les changements de texture du pain, observés après la cuisson et connus sous le nom de rassissement sont principalement dus à la réorganisation de l'amidon par suite d'une redistribution de l'eau entre l'amidon et le gluten. Après avoir attribué le rassissement à une réorganisation des chaînes d'amylose de l'amidon gélatinisé au cours de la cuisson du pain, de récents travaux suggèrent que le rassissement correspondrait surtout à la réorganisation de l'amylo-pectine à l'intérieur des grains d'amidon gélatinisés.

### LES LIPIDES ET ENZYMES LIPOLYTIQUES

Après avoir rappelé que la farine contient 2,3 à 2,8 % de lipides, répartis en lipides liés au grain d'amidon (0,75-0,8 %) et en lipides non liés à l'amidon ou lipides libres (1,5-2,0 % principalement glycérides, glycolipides et phospholipides polaires), le Dr Morrison a montré que seuls les lipides libres jouaient un rôle important en panification.

Au cours de la conservation de la farine, dans les meilleures conditions les lipides ne sont pas hydrolysés et par conséquent n'ont pas d'influence sur la valeur boulangère. Par contre, les farines mal conservées, avec développement de microorganismes, subissent une hydrolyse des lipides et la diminution de la valeur boulangère de la farine est due principalement à la perte des lipides polaires.

Durant la préparation de la pâte, la lipoxigénase du blé oxyde les acides gras libres et les monoglycérides et la lipoxigénase du soya (si elle est présente) oxyde tous les autres lipides. Des réactions secondaires couplées affectent à la fois la pâte et les propriétés du pain.

Les graisses à point de fusion élevé améliorent le volume du pain et sa texture à condition qu'elles soient en présence d'un pool suffisant de lipides libres dans la pâte. Le mécanisme d'amélioration semble être un effet purement physique et est obtenu avec des lipides non

polaires dont le point de fusion se situe approximativement dans la gamme de température de 35 à 65° C.

Les lipides non polaires de la farine réduisent le volume du pain alors que les lipides polaires l'améliorent. La valeur boulangère peut être affectée par certaines proportions de ces classes de lipides, le diglycéride de digolactosyl (DGDG) est un très bon améliorant du volume du pain comparé aux autres glycolipides et phospholipides.

Les lipides polaires de la farine (principalement le DGDG) et certains surfactants forment des complexes lipides-protéines dans la pâte, ce qui confèrent à ces derniers la propriété de remplacer les lipides libres de la farine et certains « shortenings » ajoutés. De plus, ils interviennent favorablement sur le volume et la texture de pain préparés à partir de farines autres que celles de blé et supplémentées en gluten.

Durant la cuisson, les lipides et surfactants forment des complexes insolubles avec l'amylose de l'amidon gélatinisé. Cette propriété de complexer l'amylose, qui retarde la rétrogradation de l'amylopectine, entraîne aussi un retard dans le rassissement du pain, propriété très utilisée en panification.

### LES REACTIONS D'OXYDO-REDUCTION DANS LES PATES

Les exposés précédents ont montré combien il est difficile de relier la valeur boulangère de la farine à l'un de ses constituants puisque de nombreuses interrelations entre protéines, amidon et lipides ont été observées.

Toutes les réactions d'oxydo-réduction qui interviennent dans la fabrication de la pâte sont probablement, selon le Dr Graveland, les responsables de la qualité boulangère de la farine. Cet auteur a développé principalement les phénomènes d'oxydation avec les protéines et les lipides.

Ainsi les oxydants, tels que le bromate de K, l'iodate de K, l'acide ascorbique augmentent la machinabilité de la pâte et améliorent la texture de la mie du pain, entre autre son volume. Ils agissent donc sur les qualités rhéologiques de la

pâte et il a été montré que ces changements sont dus à l'oxydation des groupements thioles —SH des protéines. Sous l'action d'oxydants, les groupements —SH sont transformés en ponts disulfure —S—S— entre les macro-molécules de la protéine, conduisant à un réseau protéique renforcé dans la pâte.

Comme les lipides du blé contiennent une forte proportion d'acides gras insaturés, sous l'action de l'oxygène de l'air et en présence de lipoxigénase, la réaction d'oxydation transforme les acides linoléique et linoléique en hydroperoxydes qui réagissent avec les groupements —SH des protéines.

Dans la pâte, le système lipoxigénase-acide linoléique est connu comme ayant un rôle sur la décoloration des caroténoïdes, l'oxydation du gluten — en particulier des groupements —SH — et la diminution de liaisons des lipides, conduisant à l'amélioration du volume et de la qualité du pain.

Il a été récemment suggéré que les groupements —SH localisés dans les petits peptides seraient préférentiellement les responsables de la formation de ponts disulfure —S—S—. Ces interrelations ne peuvent avoir lieu qu'en présence de peptides porteurs de —SH. Ce sont des réactions réversibles et il est probable, selon l'auteur, qu'une petite proportion seulement de liaisons —S—S— interviennent dans ces interrelations.

En conclusion, le Professeur Pomeranz a développé le test de panification américain. Du fait de l'existence d'une relation linéaire entre la teneur en protéine de la farine et le volume du pain, cet auteur a insisté sur la nécessité de connaître les différents constituants de la farine. Pour ce faire, après fractionnement de la farine en protéines, amidon et fractions solubles, isolement par lyophilisation et caractérisation des fractions obtenues, le Centre de Manhattan a mis au point un test de panification, optimisant la qualité du pain par addition, aux constituants de la farine, d'oxydants (acide ascorbique, bromate de K), de sucre, de malt et de « shortening ». Soumises à ce test, les farines reconstituées se sont avérées avoir un comportement très voisin de la fa-

rine originale, ce qui permet à l'auteur de déterminer et comparer la valeur boulangère des blés américains.

La description de ce test de panification a soulevé de nombreuses discussions au sein des experts européens, entre autres anglais et allemands. Les différents exposés

ont bien montré le rôle plus important des interréactions entre les constituants de la farine que des constituants eux-mêmes. Or, la technique de fractionnement des farines, qui modifie à la fois les constituants par lyophilisation et les interréactions, ne semble pas adéquate tout au moins pour les blés

européens. Ce qui est confirmé par les difficultés rencontrées au sein de la C.E.E. à Bruxelles où la recherche d'un « Euro-Essai de Cuisson » n'est pas encore au point, le test de « machinabilité de la pâte » étant le seul adopté à l'heure actuelle pour évaluer la qualité boulangère de la farine.

## Symposium " Rhéologie des pâtes "

par M. DUBOIS

Directeur TRIPETTE et RENAUD/CHOPIN - PARIS

Le symposium « Rhéologie des pâtes » avait lieu le vendredi après-midi sous la présidence et la conduite de l'éminent spécialiste qu'est le Dr. Bloksma, de la Station de Wageningen aux Pays-Bas.

Le lecteur trouvera ci-dessous le programme de celui-ci :

Dr. H.G. Muller, Procter Department of Food and Leather Science University of Leeds. Leeds, Grande-Bretagne.

« Propriétés rhéologiques des pâtes et qualité boulangère ».

Prof. Dr C.T. Greenwood, Director of Research Flour Milling and Baking Research Association, Chorleywood, Grande-Bretagne.

« Normalisation des tests physiques concernant les pâtes et les suspensions de farine ».

Prof. Dr. W. Bushuk, Department of Plant Science the University of Manitoba, Winnipeg, Canada.

« Application des méthodes physiques d'étude des pâtes à la sélection de nouvelles lignées de blé ».

Prof. Dr. H. Bolling, Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Detmold, R.F.A.

« Caractère collant des pâtes et qualité boulangère ».

Dr. L. Wassermann, Ulmer Spatz, Ulm, R.F.A.

« Mesure des propriétés rhéologiques des pâtes de farine de seigle ».

Dr. P.J. Frazier, Research and Technology Center Spillers Ltd., Cambridge, Grande-Bretagne.

« Critère de développement optimum des pâtes ».

### Conférence Dr. H. G. Muller

Nous retrouvons dans son exposé, une grande partie de sa publication dans *Cereal Chemistry* « Rheology of wheat products » de mai-juin 1975 sous le titre de « Rheology and the conventional bread and biscuit making process », notamment en ce qui concerne la revue historique des premiers appareils ayant été imaginés dès la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (Boland et Jago) et celle des appareils empiriques plus récents utilisés actuellement.

Le Dr. Muller, qui a la vertu selon Dr. Bloksma de pouvoir rendre accessible la rhéologie sans avoir recours aux mathématiques, différencie ensuite deux conceptions de l'état rhéologique de la pâte et deux classes correspondantes d'appareils :

— pâte considérée comme liquide visqueux : viscosimètres, pénétromètres...

— pâte considérée comme milieu liquide-solide : extensographe, extensomètre, alvéographe...

Sa conclusion est que les appareils empiriques, ne se justifient que si les résultats fournis par ceux-ci ont un degré de corrélation suffisant avec les essais de panification.

### Conférence Prof. C. T. Greenwood

La conférence est en fait présentée par Dr. Dodds, Président du Groupe d'Etudes de Normalisation en Rhéologie à l'I.C.C., adjoint du Prof. Greenwood.

Celui-ci indique notamment que le travail de normalisation ICC du

Farinographe et de l'Extensographe Brabender est terminé, et que la norme de l'Alvéographe Chopin (adoptée en 1974) et celle de l'Amylographe Brabender (qui doit être adoptée en 1976) doivent être présentées à l'ISO.

Dr. Dodds fait une revue des tests rhéologiques empiriques actuellement utilisés. Deux de ses réflexions me semblent importantes :

— il est important — et ce n'est malheureusement pas toujours le cas — que les utilisateurs et opérateurs suivent strictement les instructions d'emploi des constructeurs ;

— le but de la normalisation est de fixer, avec toute la précision possible, le détail des méthodes, mais celles-ci ne doivent pas être considérées comme immuables et la normalisation doit évoluer régulièrement.

### Conférence Prof. Dr. W. Bushuk

Quoiqu'ayant précisé dès le début que les conditions de mesure des appareils empiriques de rhéologie étaient éloignées des conditions de panification, Dr. Bushuk indique les modalités de sélection des nouvelles lignées de blé au Canada.

— F4 à F8. Utilisation du micro-mixographe (10 g de farine) qui donne des indications sur la durée de pétrissage, la stabilité et l'absorption d'eau.

— F9 à F10. Utilisation du mixographe et du farinographe.

— F11 à F13. Utilisation farinographe, extensographe et amylo-

graphe (les nouvelles variétés ayant une plus grande sensibilité à l'endommagement des grains d'amidon).

Les essais de panification commencent en F9/F10. Deux essais de panification différents dont le Remix (test canadien).

Dr. Bushuk note que les coefficients de corrélation entre les données du mixographe, du farinographe et de l'amylographe et les caractères variétaux restent faibles et que l'essai de panification reste indispensable.

#### Conférence du Prof. H. Bolling,

présentée par Dr. Seibel.

Les pâtes non machinables, humides et collantes se caractérisent par une très grande extensibilité dès la 30<sup>e</sup> seconde de pétrissage et par une élévation rapide de leur température lors de cette opération.

Le faible volume des pains est dû, soit à une résistance ultérieure à l'extension qui apparaît lors du repos des pâtes, soit à l'absence de rétention des gaz.

La corrélation entre teneur en protéines des farines et volume des pains est négative et on ne note aucune amélioration avec la diminution du taux d'extraction.

Il existe une rhéologie spéciale des pâtes à caractère collant. Toutefois, les appareils classiques tel l'extensographe et l'alvéographe restent des moyens très valables pour caractériser les nouvelles variétés.

La difficulté est de définir la limite entre le « collant » et le « non collant ». Il reste d'ailleurs à faire la différence entre le caractère collant des pâtes incriminées et le manque de cohésion de celles-ci. Il semblerait que l'on puisse distinguer deux types de blé :

1<sup>er</sup> groupe : la responsabilité se situe au niveau des protéines, la proportion des protéines solubles est notamment élevée.

2<sup>e</sup> groupe : caractérisé par des activités enzymatiques, notamment  $\alpha$ -amylasique, élevées.

#### Conférence du Dr. L. Wassermann

La mesure de la consistance des pâtes de seigle est primordiale. Les appareils généralement utilisés sont les suivants : farinographe, pénétromètres, consistomètres, viscosimètres à rotation...

L'amylographe peut également permettre une mesure du caractère collant des pâtes de farine de seigle.

A la suite de la conférence de Dr. Wassermann, Dr. Frazier fait part de travaux en cours, au cours desquels il a essayé de chiffrer le caractère collant des pâtes, en faisant la différence entre ce qui est dû au caractère collant lui-même, et ce qui est dû au manque de cohésion interne de telles pâtes, caractéristique qui dépend elle-même de différents facteurs.

#### Conférence Dr. P.J. Frazier

Cette conférence sur le développement optimum mécanique des pâtes au moyen de pétrins développant de hautes énergies constituait certainement une des conférences les plus intéressantes du symposium. Malheureusement sa situation en fin de journée, et le débit verbal excessivement rapide de Dr. Frazier a mis en grande difficulté les traductrices officielles !... et nous à plus forte raison !

Heureusement la teneur de cette conférence se retrouve dans le Cereal Chemistry consacré à la « Rheology of wheat products » de mai-juin 1975.

Un pétrin conçu par le Centre de Recherche de la Compagnie Spillers, le CompuDmixer, pétrin aux multiples possibilités (enregistrement électronique du couple, large gamme de variation de vitesse, dispositif automatique de réglage du niveau de pétrissage), a permis une étude approfondie de l'évolution des différentes caractéristiques rhéologiques des pâtes, notamment en ce qui concerne le temps de relaxation en fonction des énergies au pétrissage (kilo Joule par kg).

Le développement optimum mécanique se situe généralement, d'après les résultats obtenus, dans la zone 150 à 200 kg Joule par kg de pâte.

\*\*

Pour résumer, nous dirons — et nous nous appuyons sur les commentaires, sur place, du Pr. J. Buré pour émettre ce jugement — que rien de fondamentalement nouveau n'est venu alimenter ce symposium. Il faut d'ailleurs reconnaître que l'excellente revue sur la question, publiée par Cereal Chemistry en 1975 pouvait le laisser prévoir.

La rhéologie est une science à évolution lente, nous avons le sentiment toutefois que les caractéristiques si particulières des pâtes issues des blés du type Maris-Huntsmann représentent un nouveau et large champ d'intérêt pour la rhéologie fondamentale, et pour les appareils ou méthodes empiriques de mesure.

Nous ne serions nullement surpris si en compensation aux problèmes graves tant techniques qu'économiques posés par les variétés nouvelles impanifiables, nous n'enregistrons pas dans un futur proche, un avancement plus rapide de nos connaissances rhéologiques et la création de nouveaux moyens pratiques de mesure.