



**HAL**  
open science

# **Amélioration de la qualité pastière du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des relations entre les diagrammes électrophorétiques des gliadines et certaines caractéristiques technologiques**

Philippe Monneveux, J. C. Merle, J. F. Blanc

## **► To cite this version:**

Philippe Monneveux, J. C. Merle, J. F. Blanc. Amélioration de la qualité pastière du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des relations entre les diagrammes électrophorétiques des gliadines et certaines caractéristiques technologiques. *Agronomie*, 1984, 4 (1), pp.1-10. <hal-00884606>

**HAL Id: hal-00884606**

**<https://hal.science/hal-00884606v1>**

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Amélioration de la qualité pastière du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des relations entre les diagrammes électrophorétiques des gliadines et certaines caractéristiques technologiques.

Philippe MONNEVEUX

avec la collaboration de J. C. MERLE & J. F. BLANC

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, E.N.S.A., 9, place Viala, F 34060 Montpellier Cedex

## RÉSUMÉ

Le fractionnement électrophorétique, sur gel de polyacrylamide, des gliadines de blé dur permet de distinguer plusieurs groupes de génotypes. L'observation de la zone des  $\gamma$  gliadines conduit en particulier à la mise en évidence de 3 types : 42 (ou  $\gamma$ -I), 44 (ou  $\gamma$ -II) et 45 (ou  $\gamma$ -III).

Les caractéristiques technologiques des 2 groupes principaux (42 et 45) ont été comparées :

— les volumes moyens de sédimentation des types 42 et 45 sont significativement différents ; l'histogramme de fréquence obtenu pour chacun de ces 2 types est de forme bimodale ;

— les notes moyennes de viscoélasticité du gluten des 2 types sont significativement différentes ;

— il existe une corrélation hautement significative ( $r^2=0,76$ ) entre les notes de viscoélasticité du gluten et les résultats du test de sédimentation ; il n'y a pas de relation entre les résultats de ces 2 tests et la teneur en protéines du grain ;

— entre les groupes de génotypes définis sur la base de leurs caractéristiques électrophorétiques, on ne note pas de différence significative quant à la viscoélasticité de la pâte.

L'ensemble des résultats obtenus conduit à proposer au sélectionneur de blé dur un ensemble de tests variétaux pour l'appréciation de la qualité pastière.

**Mots clés additionnels :** *Electrophorèse des gliadines, sédimentation en milieu sodium dodécylsulfate, viscoélasticité du gluten, viscoélasticité de la pâte.*

## SUMMARY

*Improvement of the paste value of durum wheat (Triticum durum Desf.) : Study of the relations between the electrophoretic diagram of gliadins and some technical characteristics.*

Polyacrylamide gel electrophoresis of durum wheat gliadins makes a clear distinction between several groups of genotypes. In particular observation of the  $\gamma$  gliadin zone allows one to distinguish three types : 42 (or  $\gamma$ -I), 44 (or  $\gamma$ -II), and 45 (or  $\gamma$ -III). The technological characteristics of both the main types (42 and 45) were compared as follows : 1) the mean sedimentation values were significantly different for types 42 and 45 ; for both types the histogram frequencies were of bimodal form ; 2) the mean values of gluten viscoelasticity were significantly different between them ; 3) there was a highly significant correlation ( $r^2=0.76$ ) between the gluten viscoelasticity scores and the results of the sedimentation test ; there was no relationship between the results of these previous tests and the protein content of the grain ; 4) no significant differences could be noticed between the viscoelasticity of paste from the groups of genotypes as defined on the basis of their electrophoretic characteristics. In conclusion, a series of tests for breeding durum wheats for paste value is proposed.

**Additional key words :** *Gliadin electrophoresis, sodium dodecylsulfate sedimentation, gluten viscoelasticity, viscoelasticity of paste.*

## I. INTRODUCTION

Les gliadines constituent, avec les gluténines, les protéines de réserve du grain de blé, chacune des 2 fractions représentant environ 40 p. 100 des protéines du grain.

Insolubles dans l'eau et les solutions salées neutres, solubles dans l'éthanol, les gliadines se présentent à l'état hydraté comme une masse visqueuse, extensible mais peu élastique.

Les techniques de fractionnement basées sur la méthode

d'électrophorèse ont permis de mettre en évidence, au sein de la fraction gliadine, un assez grand nombre de composants ou sous-unités, qui peuvent être caractérisés par divers paramètres physicochimiques : mobilité électrophorétique, charge électrique, encombrement moléculaire, composition en acides aminés...

Le nombre de composants ainsi révélé varie avec l'espèce étudiée et la technique employée : chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide permet de mettre en évidence 25 à 30 composants (DAMIDAUX, 1979). Les électrophorégrammes ou diagrammes électrophorétiques obtenus par les différentes techniques (électrophorèses sur gel d'amidon, sur gel de polyacrylamide, sur gel de polyacrylamide en milieu sodium dodécylsulfate) manifestent un grand polymorphisme variétal (BUSHUK & ZILLMAN, 1978) et une grande indépendance vis-à-vis des facteurs du milieu (FEILLET & BOURDET, 1967).

Les méthodes électrophorétiques ont connu ces dernières années un grand développement, tant dans le cadre de l'étude phylogénétique du genre *Triticum* (AUTRAN *et al.*, 1974) ou de l'identification variétale (AUTRAN & BOURDET, 1975), que pour le « marquage » des génotypes en cours de sélection (ROUSSET, 1977) ou pour l'étude de la variabilité de complexes protéiques consécutive à l'hybridation (BAKER & BUSHUK, 1979 ; DAMIDAUX, 1979).

Dans le cas du blé dur, les méthodes électrophorétiques sont de plus en plus utilisées dans la détermination de la qualité pastière, à la suite des travaux de DAMIDAUX (1979) : cet auteur, après avoir montré que les propriétés viscoélastiques du gluten thermoformé pouvaient rendre compte de manière satisfaisante de la qualité culinaire de la pâte, a mis en évidence l'existence d'une étroite relation entre les propriétés viscoélastiques du gluten et la présence de certaines bandes caractéristiques sur les diagrammes électrophorétiques des gliadines. DAMIDAUX, exprimant les mobilités relatives des différentes bandes par référence à la bande 51 présente sur la quasi-totalité des diagrammes (conformément à la nomenclature utilisée chez le blé tendre par AUTRAN *et al.*, 1979), montre que :

— parmi les diagrammes caractérisés par la présence de la bande 42 et l'absence de la bande 45, 98 p. 100 correspondent à des génotypes ayant un gluten dont la recouvrance absolue moyenne, mesurée par la méthode de FEILLET *et al.* (1977), est inférieure à 1,2 mm, ce qui indique une mauvaise résistance à la surcuisson des pâtes ;

— parmi les diagrammes caractérisés par la présence de la bande 45 et l'absence de la bande 42, 90 p. 100 correspondent à des génotypes ayant un gluten dont la recouvrance absolue moyenne est supérieure à 1,2 mm (bonne résistance à la surcuisson des pâtes).

Comme conséquence de ces résultats, obtenus à partir de 122 variétés fixées d'origines différentes, DAMIDAUX (1979) émet l'hypothèse selon laquelle les bandes de mobilités relatives 42 et 45 correspondraient à 2 allèles codominants d'un même gène et propose l'utilisation du caractère présence-absence des bandes 42 et 45, jugé représentatif des qualités viscoélastiques du gluten, comme critère précoce de sélection pour la résistance à la surcuisson de la pâte.

Des travaux ultérieurs, effectués par MONNEVEUX & GRIGNAC (1980) sur 592 échantillons correspondant à des variétés fixées, de provenances diverses, et à des lignées en cours de sélection (F4 à F12) cultivées en un même lieu, amènent à reprendre et à compléter les résultats précédents :

— l'observation des diagrammes électrophorétiques permet de classer les génotypes en 3 groupes ou types principaux, caractérisés chacun par la présence d'une des bandes 42, 44 et 45 ;

— une proportion notable des diagrammes possède à la fois 2 des 3 bandes : on ne rencontre toutefois aucun diagramme de ce type au-delà de la F6, ce qui laisse penser qu'ils correspondent à des lignées non fixées pour ce caractère ;

— la présence d'un nombre important de diagrammes de type 44 peut être notée ; ces diagrammes correspondent à des génotypes issus pour la plupart de croisements très différents ; ce résultat conduit à une remise en cause de l'hypothèse émise par DAMIDAUX (1979) selon laquelle les bandes 42 et 45 correspondraient à 2 allèles d'un même gène dont l'hérédité serait de type codominant.

Ces mêmes auteurs ont, sur 77 échantillons, étudié la relation entre les caractéristiques électrophorétiques des gliadines et les mesures de viscoélasticité de la pâte cuite : cette dernière mesure, plus facile à effectuer que la mesure de viscoélasticité du gluten, est actuellement retenue par les industriels utilisateurs comme un critère important de la qualité et est prise en considération lors de l'inscription au catalogue d'une nouvelle variété.

Or aucune relation significative n'a été obtenue entre les caractéristiques électrophorétiques des gliadines et les mesures de viscoélasticité de la pâte cuite. Ce résultat n'est pas surprenant lorsque l'on sait que la viscoélasticité de la pâte est largement influencée par la teneur en protéines du grain (MONNEVEUX & GRIGNAC, 1980) et par les conditions de culture.

Le travail présenté ici se propose de vérifier l'absence de relation entre les diagrammes électrophorétiques et la viscoélasticité de la pâte cuite, de compléter l'étude des caractéristiques électrophorétiques des gliadines du blé dur et enfin de juger de l'intérêt éventuel de la méthode de sédimentation en milieu acide lactique — sodium dodécylsulfate ou « test SDS », proposée par QUICK & DONNELLY (1980) pour l'appréciation de la qualité pastière.

Cette méthode, mise au point initialement par Mc DERMOTT & REDMAN (1977) est aujourd'hui couramment utilisée dans de nombreux pays pour juger de la valeur d'utilisation du blé tendre (N.I.A.B., 1981) : la hauteur de sédimentation est très étroitement corrélée au volume du pain (PAYNE *et al.*, 1980) ; les valeurs obtenues par cette méthode exprimenteraient la force du gluten.

Le test a été ultérieurement étendu au blé dur par QUICK & DONNELLY (1980) qui trouvent une corrélation hautement significative ( $r^2=0,82$ ) entre le volume de sédimentation et les valeurs obtenues au mixographe qui reflètent la force du gluten. DEXTER *et al.* (1981), en appliquant cette méthode à un grand nombre de variétés de blé dur et de blé tendre, obtiennent les résultats suivants :

— si les blés durs sont considérés séparément, il existe une corrélation hautement significative entre les valeurs du test et les notes d'appréciation de la qualité après cuisson et surcuisson ( $r^2 = 0,53$  et  $r^2 = 0,67$  respectivement) ;

— si les blés tendres et les blés durs sont considérés ensemble, il n'y a pas de corrélation entre le test SDS et la qualité après cuisson.

Nous avons cherché, dans le cadre de ce travail, à comparer les résultats obtenus par cette méthode aux mesures de viscoélasticité et aux caractéristiques électrophorétiques des gliadines.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

## A. Fractionnement électrophorétique des gliadines. Analyse densitométrique des gels

Le fractionnement électrophorétique des gliadines a été effectué sur 12 échantillons correspondant à des variétés fixées ou à des génotypes en cours de sélection (F4 à F12), tous cultivés en un même lieu ; il a été réalisé suivant la méthode de BUSHUK & ZILLMAN (1978) : les gliadines sont extraites à partir d'un broyat de 3 demi-grains dans une solution contenant de la pyronine et du chloro-2-éthanol. L'électrophorèse est effectuée sur gel de polyacrylamide en milieu lactate d'aluminium à pH 3,1 (tension 400 v, intensité 70 mA, durée de migration 5 h) ; la lecture du diagramme a lieu après trempage du gel pendant 48 h dans une solution contenant du bleu de Coomassie. A chaque bande révélée sur le diagramme est attribuée une valeur de mobilité relative, conformément à la nomenclature retenue par AUTRAN *et al.* (1979) et reprise par DAMIDAUX (1979).

Les bandes observées sur les diagrammes ont été subdivisées en 4 groupes de mobilité, conformément à la nomenclature proposée par BUSHUK & ZILLMAN (1978) : gliadines  $\omega$  (bandes 20 à 39), gliadines  $\gamma$  (bandes 40 à 53), gliadines  $\beta$  (bandes 54 à 70), gliadines  $\alpha$  (bandes 71 à 100).

A chaque bande est attribuée une « note d'intensité » de la coloration, selon l'échelle adoptée par AUTRAN & BOURDET, 1975 : 0, tr (traces), +, ++, et +++.

Une analyse densitométrique des gels a été effectuée à l'aide d'un densitomètre intégrateur SEBIA cellomatic 2. La longueur de lecture des gels permise par cet appareil n'étant que de 10 cm, nous avons été contraints au choix suivant :

— soit diminuer la longueur de migration des composants gliadines (en diminuant la tension ou le temps de migration) pour obtenir des gels « courts », de 10 cm : les bandes sont alors très groupées et la lecture densitométrique moins précise ;

— soit nous limiter à l'analyse densitométrique des groupes de bandes  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\omega$ , en excluant l'analyse du groupe  $\alpha$ , où la révélation des bandes est moins bonne. La nécessité dans laquelle nous nous trouvons d'obtenir une excellente résolution des bandes nous a amené à choisir la 2<sup>e</sup> solution.

## B. Teneur en protéines du grain

Le dosage des protéines a été effectué par réflectance infrarouge (autoanalyseur NEOTECH 51) sur 124 échantillons.

## C. Test de sédimentation SDS

Nous avons repris la méthode de QUICK & DONNELLY (1980) en retenant le temps de 10 mn de repos proposé par ces auteurs. Le test a porté sur les 124 échantillons.

## D. Viscoélasticité du gluten et viscoélasticité de la pâte

Les mesures ont été effectuées par la méthode de FEILLET *et al.* (1977) : les mesures de viscoélasticité de la pâte sur 91 échantillons choisis parmi les 124 échantillons précédents, les mesures de viscoélasticité du gluten sur 19 échantillons seulement en raison de la lourdeur de cette analyse.

## III. RÉSULTATS

## A. Fractionnement électrophorétique des gliadines et lecture densitométrique des gels

Nous avons procédé en premier lieu à une observation visuelle des diagrammes, en considérant respectivement les groupes de bandes  $\gamma$  et  $\omega$ ,  $\beta$  et  $\alpha$ .

1. Composants  $\gamma$  et  $\omega$  gliadines : (fig. 1)

L'observation des diagrammes fait apparaître :

— un type 42, caractérisé par la présence de la bande 42 (+++) et par l'absence des bandes 44 et 45. A ce type (type  $\gamma$ -I) est couramment associée la présence des bandes 33 (+) et 38 (+) (fig. 1a) ;

— un type 44, caractérisé par la présence de la bande 44 (+++) et par l'absence des bandes 42 et 45. A ce type (type  $\gamma$ -II) est couramment associée la présence de la bande 30 (++) (fig. 1b).

— un type 45, caractérisé par la présence de la bande 45 (+++) et par l'absence des bandes 42 et 44. A ce type (type  $\gamma$ -III) est couramment associée la présence de la bande 35 (++) (fig. 1c).

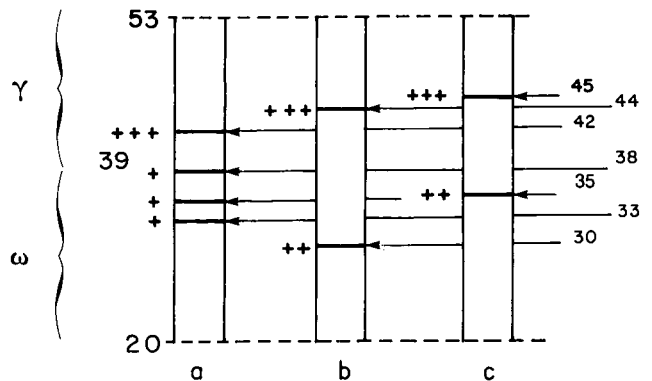


Figure 1

Composants  $\gamma$  et  $\omega$  gliadines. Principaux types observés :

$\gamma$  and  $\omega$  gliadin components. Main observed types :

- Type 42 ou  $\gamma$  I.
- Type 44 ou  $\gamma$  II.
- Type 45 ou  $\gamma$  III.

Les bandes 20 et 23 ( $\omega$  gliadines) sont présentes sur la quasi-totalité des diagrammes ; sur les diagrammes correspondant au type 45 ( $\gamma$ -III), la bande 23 apparaît moins concentrée que sur les types 42 ou 44.

Sur la plupart des diagrammes, on note la présence de la bande 51 ( $\gamma$  gliadine), à une forte concentration (+++) ; cependant, cette bande est parfois remplacée, chez quelques génotypes, par la bande 48 ( $\gamma$  gliadine) ; lorsqu'elle apparaît sur l'un quelconque des types 42, 44 ou 45, la bande 48 est alors associée aux bandes 26 et 29 ( $\omega$  gliadines).

2. Composants  $\beta$  gliadines (fig. 2)

La lecture des diagrammes est ici plus délicate, car 6 ou 7 bandes sont regroupées dans un espace limité. Deux types principaux peuvent toutefois être distingués :

— un type  $\beta$ -I, caractérisé par la présence associée des bandes : 55 (++) , 57 (+++) , 60 (++) et 63 (++) ;

— un type  $\beta$ -II, caractérisé par la présence associée des bandes : 55 (+), 59 (+++), 62 (+) et 65 (++) .

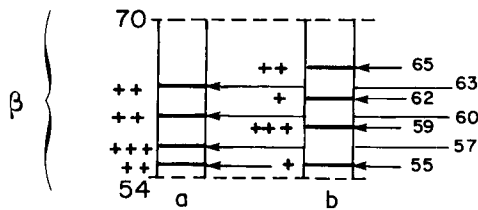


Figure 2

Composants  $\beta$  gliadines. Principaux types observés :

$\beta$  gliadin components. Main observed types :

- Type  $\beta$  I.
- Type  $\beta$  II.

### 3. Composants $\alpha$ gliadines (fig. 3)

Quatre types peuvent être distingués :

— type  $\alpha$ -I, avec présence associée des bandes 73 (+++), 78 (+), 80 (++) , 84 (+++) et 88 (+++) (fig. 3a) ;

— type  $\alpha$ -II, avec présence associée des bandes 76 (+++), 78 (+), 80 (+) et 82 (+++) (fig. 3b) ;

— type  $\alpha$ -III, avec présence associée des bandes 75 (+++), 78 (++) , 81 (+++) , 86 (+) et 89 (++) (fig. 3c) ;

— type  $\alpha$ -IV, avec présence associée des bandes 75 (+), 77 (++) , 84 (+++) et 89 (++) (fig. 3d).

Le groupe  $\alpha$ -IV est souvent associé au type  $\gamma$ -II ou type 44.

Le tableau 1 donne l'appartenance de quelques variétés étudiées aux différents types  $\gamma$ ,  $\beta$  et  $\alpha$  et précise, dans

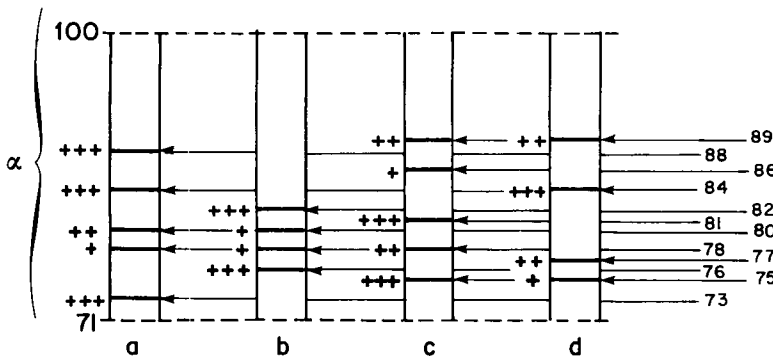


Figure 3

Composants  $\alpha$  gliadines. Principaux types observés :

$\alpha$  gliadin components. Main observed types :

- Type  $\alpha$  I.
- Type  $\alpha$  II.
- Type  $\alpha$  III.
- Type  $\alpha$  IV.

TABLEAU 1

Caractéristiques électrophorétiques de quelques variétés.  
Electrophoretic characteristics of some cultivars.

Variété	Type $\omega$ - $\gamma$	Type $\beta$	Type $\alpha$
Agathe	III	I	II
Blondur	III	I	II
Hedba	III	II	II
Diabolo	III	II	I
Mondur	III	I	I
Valdur	III	I	III
Oued Zcnati	III	II	I
Capeiti	III	II	I
Ranger	III	II	I
Cocorit	III	II	I
Visco Saba	III	55, 59, 62, 65 (+) (++) (+++) (+)	III
Isa I	III, 26, 29, 32, 52 (tr) (+) (+) (++)	59, 61 (++) (++)	II, 75 (+)
Tito	III	II	I
Creso	III	II	I
Valnova	III	55, 57, 60, 63 (+) (+) (+++) (+)	I
Valgerardo	III	55, 57, 60, 63 (+) (+) (+++) (+)	II, 67 (+)
Kid	III	II	I
Trinakria	III	II	I
Lakota	I	I	III, 67 (+)
Durtal	I	I	II
Poinville	I	I	II
Tomclair	I	II	II
Valsacco	I	II	I
Wells	I	II	I
Cando	I	I	II, 67 (+)
Rikita	I	I	II, 67 (+)
Lambro	II	II	IV

certains cas, l'existence de bandes supplémentaires : la variété « ISA I » possède par exemple un diagramme électrophorétique très particulier :

— dans la zone des  $\gamma$  gliadines, on note la présence d'une bande 52 et l'absence des bandes 48 ou 51. La présence de la bande 45 conduit à classer cette variété dans le groupe  $\gamma$ -III ;

— dans la zone des  $\omega$  gliadines, on note l'absence de la bande 35 et la présence des bandes 23 (+), 29 (+) et 32 (+).

Il existe bien entendu d'autres bandes sur les diagrammes, qui ne sont pas regroupées dans un type particulier.

#### 4. Analyses densitométriques

Les figures 4 et 5 montrent les tracés obtenus par lecture densitométrique de la zone des  $\omega$ ,  $\gamma$  et  $\beta$  gliadines (bandes 20 à 70) des diagrammes électrophorétiques de 2 variétés : « Lakota » (type  $\gamma$ -I ou « 42 ») et « Agathe » (type  $\gamma$ -III ou « 45 »). La répétition des tracés semble montrer :

— la bonne reproductibilité de l'emplacement des pics sur le tracé, donc de l'emplacement des bandes sur le diagramme ;

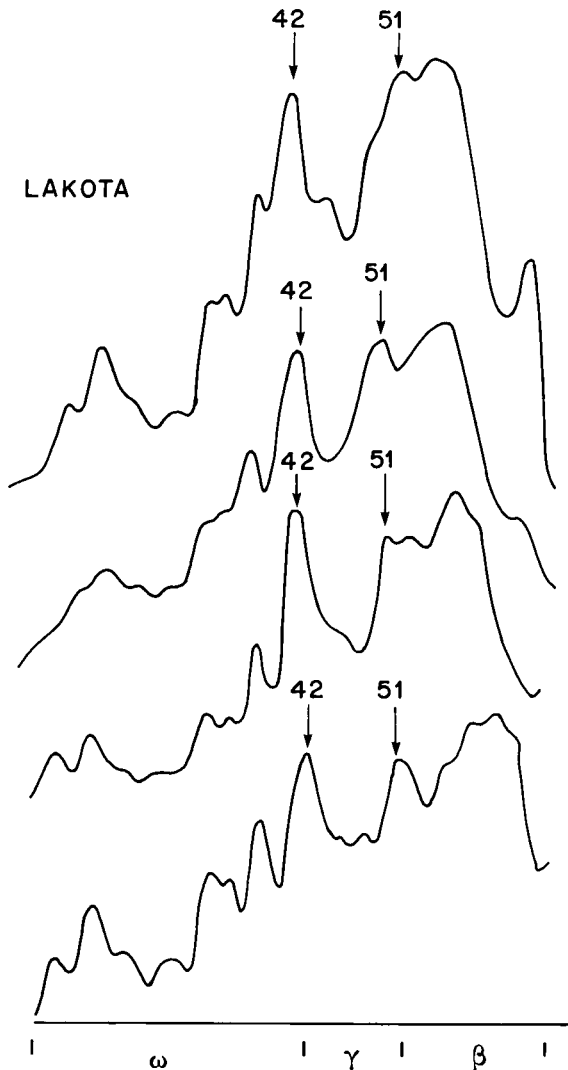


Figure 4  
Lectures densitométriques de diagrammes électrophorétiques de la variété « Lakota » (type  $\gamma$ -I ou 42).  
Densitometric readings of electrophoretic diagrams for cv. « Lakota » (type  $\gamma$ -I or 42).

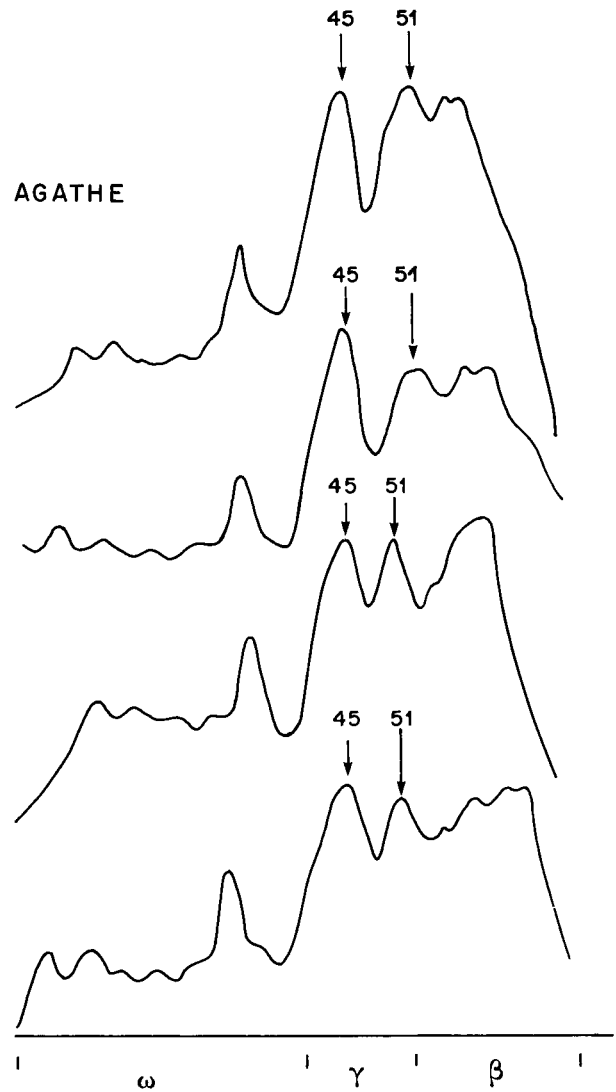


Figure 5  
Lectures densitométriques de diagrammes électrophorétiques de la variété « Agathe » (type  $\gamma$ -III ou 45).  
Densitometric readings of electrophoretic diagrams for cv. « Agathe » (type  $\gamma$ -III or 45).

— la bonne reproductibilité de l'amplitude des pics, donc de la concentration de coloration des bandes, dans la zone des  $\omega$  et  $\gamma$  gliadines ;

— la reproductibilité médiocre de l'amplitude des pics, dans la zone des  $\beta$  gliadines.

Il serait toutefois nécessaire de recourir à un densitomètre de meilleure précision permettant une analyse statistique de concentration pour conclure sur ces points.

#### B. Test de sédimentation en milieu SDS. Relation entre les résultats du test et certaines caractéristiques électrophorétiques des gliadines.

Les volumes de sédimentation obtenus sur les 124 échantillons varient entre 11 et 49 ml. Le tableau 2 donne les valeurs obtenues dans le cas des variétés fixées.

L'histogramme de fréquence obtenu à partir de l'ensemble des échantillons analysés est représenté par la figure 6a : on note sur l'histogramme la présence de 3 maxima, correspondant à des volumes de sédimentation de 15, 24 et 37-39 ml respectivement.

TABLEAU 2

Volumes de sédimentation obtenus dans le cas des variétés fixées.  
Sedimentation values obtained in the case of fixed cultivars.

Variété	Type $\gamma$	Volume de sédimentation (ml)
Agathe	III	35
Blondur	III	25
Hedba	III	30
Diabolo	III	30
Mondur	III	34
Valdur	III	33
Oued Zenati	III	28
Capeiti	III	23
Ranger	III	48
Cocorit	III	29
Visco Saba	III	34
Isa 1	III	27
Tito	III	37
Creso	III	37
Valnova	III	40
Valgerardo	III	40
Kid	III	37
Trinakria	III	37
Lakota	I	25
Durtal	I	26
Poinville	I	27
Tomclair	I	13
Valsacco	I	17
Wells	I	16
Cando	I	24
Rikita	I	24
Lambro	II	21

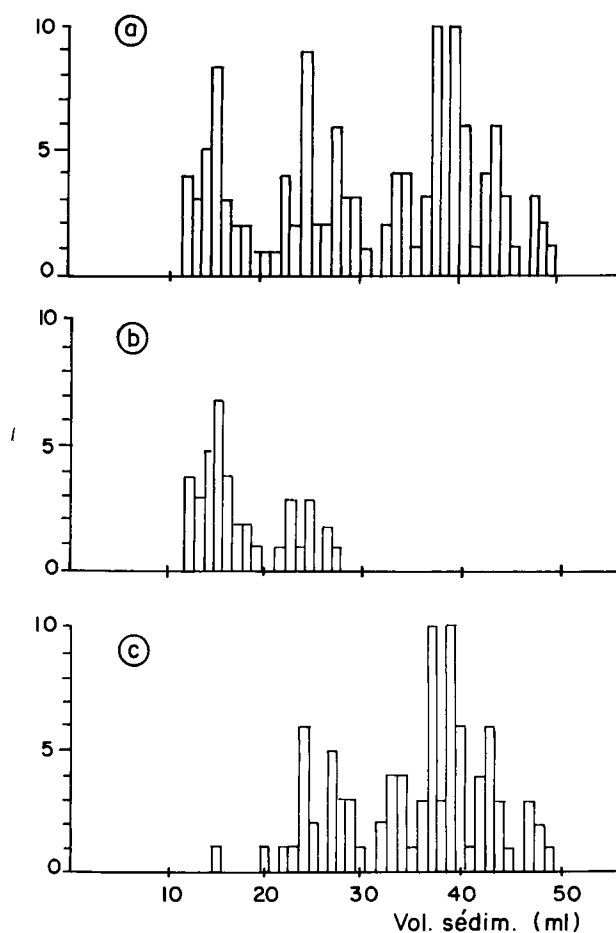


Figure 6

Histogrammes de fréquences des volumes de sédimentation en milieu SDS.

Histogram frequencies of SDS-sedimentation values.

a) Tous génotypes confondus.

All genotypes together.

b) Type  $\gamma$  I.

c) Type  $\gamma$  III.

Connaissant la répartition des échantillons au sein de différents groupes  $\gamma$ -gliadines, nous avons calculé les valeurs moyennes de sédimentation des 2 types principaux,  $\gamma$ -I et  $\gamma$ -III : elles sont de 14,0 pour le type  $\gamma$ -I et de 36,3 pour le type  $\gamma$ -III ; ces 2 moyennes sont significativement différentes.

Des histogrammes séparés ont par ailleurs été tracés pour les types  $\gamma$ -I (fig. 6b) et  $\gamma$ -III (fig. 6c) : les 2 courbes de fréquence sont chacune de type bimodal avec, dans le 1<sup>er</sup> cas, des pics à 14 et 22-24 ml et, dans le 2<sup>e</sup>, des pics à 24 et 37-39 ml.

### C. Corrélations entre les différents tests

Le tableau 3 donne, pour les 18 échantillons sur lesquels ont été effectués les tests de viscoélasticité du gluten, les notes de viscoélasticité du gluten et de la pâte et le volume

TABLEAU 3

Notes moyennes de viscoélasticité du gluten et de la pâte, et volumes moyens de sédimentations. Comparaison des types  $\gamma$ -I et  $\gamma$ -III.

VG : Viscoélasticité du gluten.

VP : Viscoélasticité de la pâte.

SDS : Volume de sédimentation en milieu SDS.

(Les chiffres indiqués entre parenthèses donnent les intervalles de confiance calculés aux seuils de 5 p. 100 et 1 p. 100 respectivement.)

Mean values for gluten and pasta viscoelasticity, and for sedimentation volumes. Comparison of  $\gamma$ -I and  $\gamma$ -III types.

Type électrophorétique	VG	VP	SDS
$\gamma$ -I ou 42 (10 échantillons)	0,81 (0,31 ; 0,44)	5,25 (1,21 ; 1,74)	16,30 (3,05 ; 4,39)
$\gamma$ -III ou 45 (8 échantillons)	1,66 (0,30 ; 0,45)	7,25 (1,26 ; 1,87)	30,5 (6,62 ; 9,81)
Différence	signif.	non signif.	haut. signif.

moyen de sédimentation en milieu SDS, et ce pour les types électrophorétiques  $\gamma$ -I et  $\gamma$ -III. On note l'existence :

- d'une différence significative entre les moyennes des notes de viscoélasticité du gluten des types  $\gamma$ -I et  $\gamma$ -III ;
- d'une différence hautement significative entre les volumes de sédimentation moyens des types  $\gamma$ -I et  $\gamma$ -III.

Il n'y a, par contre, pas de différence significative dans le cas de la viscoélasticité de la pâte.

Le calcul des valeurs moyennes de viscoélasticité de la pâte effectué cette fois sur l'ensemble des échantillons ayant fait l'objet de cette mesure, c'est-à-dire sur 91 échantillons, donne les résultats suivants :

Type  $\gamma$ -I : 5,89 (0,62 ; 0,83).

Type  $\gamma$ -III : 7,82 (0,44 ; 0,57).

Ici encore, on ne note pas de différence significative entre les 2 types.

L'étude des corrélations entre les valeurs de viscoélasticité du gluten et de la pâte et les volumes de sédimentation en milieu SDS (fig. 7) montre qu'il existe une corrélation hautement significative entre les volumes de sédimentation et les notes de viscoélasticité du gluten ; 3 nuages de points peuvent toutefois être distingués : le nuage A, constitué uniquement par des génotypes du groupe  $\gamma$ -I, le nuage B, constitué principalement par des génotypes du groupe  $\gamma$ -III et le nuage C qui n'est constitué que par des génotypes du groupe  $\gamma$ -III. A l'intérieur de chaque nuage, on ne note qu'une très faible variation des volumes de sédimentation.

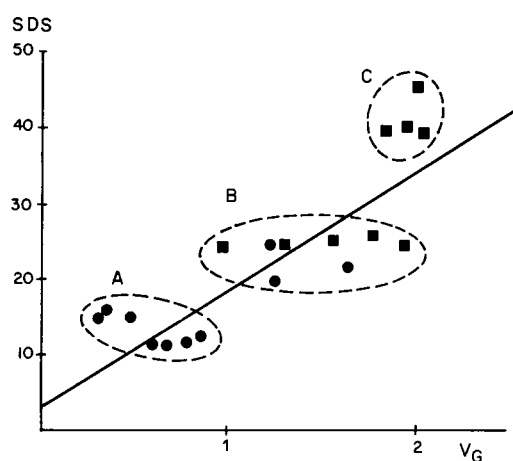


Figure 7

Relation entre la viscoélasticité du gluten ( $V_G$ ) et le volume de sédimentation en milieu SDS (SDS).

Relation between gluten viscoelasticity ( $V_G$ ) and SDS sedimentation values (SDS).

- types  $\gamma$ -III ou 45.
- types  $\gamma$ -I ou 42.

Il n'existe pas de corrélation significative entre les volumes de sédimentation et les notes de viscoélasticité de la pâte.

Il n'existe pas de corrélation entre les volumes de sédimentation en milieu SDS et la teneur en protéines du grain. De même, la viscoélasticité du gluten ne varie pas significativement avec la teneur en protéines.

Par contre, il existe une corrélation positive au seuil de 10 p. 100 entre teneur en protéines du grain et viscoélasticité de la pâte ( $r^2 = 0,18$ ).

#### IV. DISCUSSION

Les résultats obtenus par fractionnement électrophorétique des gliadines du blé dur confirment et complètent ceux obtenus au cours de précédents travaux (MONNEVEUX & GRIGNAC, 1980) ; l'observation de la zone des  $\gamma$ -gliadines permet de distinguer 3 types principaux : 42, 44 et 45. A chacune de ces bandes sont associées d'autres bandes qui apparaissent avec une certaine intensité de coloration : on peut décrire ainsi un certain nombre de « groupes de bandes » :

42 - 33 - 35 - 38, 45 - 35 et 44 - 30.  
(+) (+) (+) (+) (++)

Une transmission « en bloc » de certains constituants a été démontrée par DAMIDAUX *et al.* (1974) sur blé tendre.

L'existence d'un type 44, déjà mis en évidence par MONNEVEUX & GRIGNAC (1980) remet en cause le schéma d'hérédité simple proposé par DAMIDAUX *et al.* (1979).

Différents groupes ont pu être également distingués par l'observation de la zone des  $\beta$  gliadines et celle des  $\alpha$  gliadines.

Les quelques analyses densitométriques des gels effectuées nous ont permis de mettre en évidence :

- une bonne reproductibilité de l'intensité de coloration des bandes, c'est-à-dire de la concentration des constituants correspondants, dans la zone des  $\omega$  et  $\gamma$  gliadines ;

- une mauvaise reproductibilité dans la zone des  $\beta$  gliadines : celle-ci pourrait être due :

- soit à une variation des conditions expérimentales (préparation du gel, dilution des constituants dans le gel) affectant surtout les constituants à migration rapide ;
- soit à une variation de la composition du grain (teneur en protéines et en différentes fractions) ;
- soit à une variation intravariétale, c'est-à-dire à la présence de plusieurs biotypes au sein d'une variété, conformément à l'hypothèse émise par SOZINOV & POPERELLA (1980) dans le cas du blé tendre, cette dernière hypothèse paraissant peu probable dans le cas des variétés anciennes.

Aux 2 types électrophorétiques principaux (42 et 45) correspondent des volumes de sédimentation moyens significativement différents. Ce résultat est conforme à celui obtenu par KOSMOLAK *et al.* (1980) sur 30 variétés de blé dur. Le tracé séparé des histogrammes correspondant aux 2 types fait apparaître des courbes de fréquences bimodales, analogues à celles obtenues par ce même auteur. Le classement des génotypes étudiés sur la base de la « force du gluten » (mesurés par le volume de sédimentation en milieu SDS) fait donc apparaître 3 groupes principaux :

- un 1<sup>er</sup> groupe SDS<sub>1</sub>, à gluten faible, composé uniquement de génotypes 42 ;
- un 2<sup>e</sup> groupe SDS<sub>2</sub>, à gluten moyen, composé de génotypes 42 et 45 ;
- un 3<sup>e</sup> groupe SDS<sub>3</sub>, à gluten fort, composé uniquement de génotypes 45.

Les génotypes 44 étudiés ne sont qu'au nombre de 4 : ils ont des volumes de sédimentation moyens : (17, 22, 21 et 26 ml) et appartiendraient donc au groupe SDS<sub>2</sub> mais d'autres analyses seraient nécessaires pour conclure sur ce point.

DEXTER *et al.* (1981) ayant par ailleurs établi l'existence, chez le blé dur, d'une corrélation hautement significative entre le test de sédimentation SDS et les indices UCQ (Unit Cooking Quality) et UOQ (Unit Overcooking Quality), tous 2 représentatifs de la qualité à la cuisson, il est donc

vraisemblable que les blés durs du groupe SDS<sub>3</sub>, présentant la bande 45 soient de très bonne qualité pastière.

L'existence d'une relation entre certaines caractéristiques électrophorétiques des gliadines et le test SDS, qui concerne l'aptitude au gonflement des protéines et certaines de leurs caractéristiques (présence d'acides aminés à caractère non polaire) nous amène à envisager l'hypothèse de linkages entre gènes codant pour certaines bandes ou certains « blocs » de constituants gliadines et gènes codant pour certaines caractéristiques stéréochimiques des protéines.

Les notes de viscoélasticité moyennes du gluten des types 42 (γ-I) et 45 (γ-III) présentent des différences significatives, ce qui confirme les résultats de DAMIDAUX (1979) et de MONNEVEUX & GRIGNAC (1980).

Les teneurs en protéines du grain n'ont pas d'influence, ni sur les volumes de sédimentation, ni sur la viscoélasticité du gluten.

L'indépendance de chacun de ces 2 caractères et de la teneur en protéines du grain lorsque celle-ci varie au sein d'une même variété a été vérifiée par DAMIDAUX (1979), dans le cas de la mesure de viscoélasticité du gluten, et par

QUICK & DONNELLY (1980) en ce qui concerne les volumes de sédimentation. Il en résulte que ces 2 méthodes peuvent permettre une mesure de la qualité des protéines indépendamment de leur quantité et, à ce titre, constituer des méthodes de mesure de la qualité intrinsèque de la variété.

L'étude de la relation entre le test SDS et la viscoélasticité du gluten montre l'existence d'une corrélation hautement significative ( $r^2 = 0,76$ ). 3 groupes A, B, C de génotypes peuvent être distingués (fig. 7), correspondant probablement aux groupes SDS<sub>1</sub>, SDS<sub>2</sub> et SDS<sub>3</sub> précédemment décrits : le groupe A (valeur de SDS faible) est constitué uniquement de génotypes 42, le groupe B (valeur de SDS intermédiaire) est constitué à la fois de génotypes 42 et 45, le groupe C (valeur de SDS élevée) est constitué uniquement de génotypes 45.

L'ensemble des résultats obtenus concernant le test SDS, qui corroborent ceux obtenus par AXFORD *et al.* (1979), KOSMOLAK *et al.* (1980) et DEXTER *et al.* (1981) permettent d'envisager l'utilisation de ce test en sélection précoce pour l'amélioration de la qualité à la cuisson du blé dur. Ce test pourrait se substituer avantageusement à la mesure de

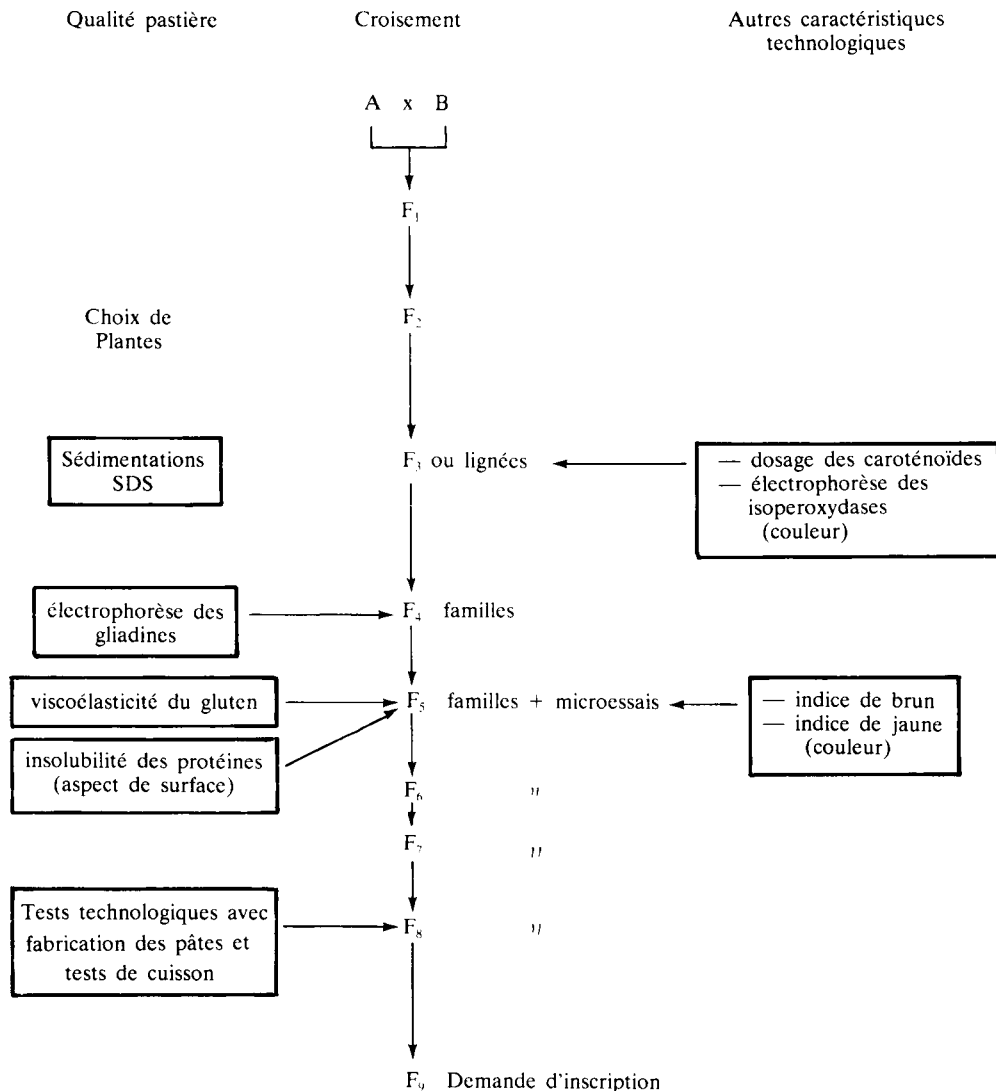


Figure 8

Proposition d'un schéma général de sélection pour la qualité technologique du blé dur.

Les flèches indiquent le numéro de la génération à partir de laquelle peut s'effectuer la sélection sur la base des caractéristiques technologiques indiquées.

Proposal for a general breeding scheme for technical quality in durum wheat.

(The arrows indicate the generation number from which the selection can be made on the basis of the indicated technical characteristics).

viscoélasticité du gluten ; il peut permettre une sélection plus drastique (si on ne retient que le groupe SDS<sub>3</sub> par exemple), il est plus rapide.

Par ailleurs, ne demandant que 5 g de mouture, cette méthode peut être utilisée plus précocement en cours de sélection que la méthode de mesure de la viscoélasticité du gluten. Elle ne permet toutefois pas, en l'état actuel des recherches, de présager de « l'état de surface des pâtes » pour lequel il n'existe actuellement pas de test biochimique précoce.

## V. CONCLUSION

L'étude des caractéristiques électrophorétiques des gliadines et l'observation des zones  $\omega$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  et  $\alpha$  gliadines permettent de définir plusieurs types au sein de l'espèce *Triticum durum* Desf. Certaines de ces caractéristiques sont reliées aux propriétés technologiques du grain, comme l'ont montré précédemment DAMIDAUX (1979), KOSMOLAK *et al.* (1980) et MONNEVEUX & GRIGNAC (1980) ; en particulier, les types  $\gamma$ -III (ou types 45) se révèlent supérieurs aux types  $\gamma$ -I (type 42) du point de vue de la tenue à la cuisson appréciée soit par la viscoélasticité du gluten, soit par le volume de sédimentation en milieu sodium dodécyl sulfate (ces 2 méthodes étant par ailleurs bien corrélées entre elles).

L'ensemble de ces résultats nous amènent à proposer au sélectionneur de blé dur un ensemble de tests variétaux permettant une bonne appréciation de la tenue à la cuisson, ensemble qui peut s'intégrer dans un schéma général de sélection (fig. 8) comprenant :

— l'électrophorèse des gliadines, test biochimique permettant, à partir de l'analyse de quelques grains, d'effectuer un test précoce (dès la F<sub>4</sub>, voire la F<sub>3</sub>) ;

— le test de sédimentation en milieu SDS, test technologique simple et rapide, permettant de travailler sur des petites quantités de mouture (5 g) ;

— le test de viscoélasticité du gluten, test technologique permettant de vérifier, en fin de sélection, la validité des choix opérés.

Reçu le 16 juin 1982.

Accepté le 19 juillet 1983.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. J. C. AUTRAN, Directeur du Laboratoire de Technologie des Céréales, I.N.R.A., Montpellier, et le personnel de son laboratoire pour avoir bien voulu prendre en charge les mesures de viscoélasticité du gluten et de la pâte, ainsi que M. P. GRIGNAC, Professeur de Phytotechnie, pour la lecture du manuscrit.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Autran J. C., Bourdet A., 1975. 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*, **25** (3), 277-301.
- Autran J. C., Bushuk W., Wrigley C. W., Zillman R. R., 1979. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams IV. International comparison of electrophoretic methods. *Cereal Foods World*, **24** (9), 471-475.
- Autran J. C., Fleury B., Joudrier P., Bourdet A., 1974. Blés hexaploïdes, blés tétraploïdes et espèces sauvages. Etude comparée de leur composition protéique et de l'hétérogénéité électrophorétique de certaines fractions. *Coll. franco-soviétique*, Montpellier, 35-46.
- Axford D. W. E., Mc Dermott E. E., Redman D. G., 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality : comparison with Pelshenke and Zelemy tests. *Cereal Chem.*, **56**, 582-585.
- Baker R. J., Bushuk W., 1979. Inheritance of differences in gliadin electrophoregrams in the progeny of Neepawa and Pitic 62 wheats. *Can. J. Plant Sci.*, **58**, 325-329.
- Bushuk W., Zillman R. R., 1978. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams I. Apparatus, method and nomenclature. *Can. J. Plant Sci.*, **58**, 505-515.
- Damidaux R., 1979. *Nouveaux critères de sélection pour l'amélioration de la qualité culinaire du blé dur*. Thèse, Montpellier, 65 p.
- Damidaux R., Autran J. C., Grignac P., Feillet P., 1978. Mise en évidence de relations applicables en sélection entre l'électrophorogramme des gliadines et les propriétés viscoélastiques du gluten de *Triticum durum* Desf. *C.R. Acad. Sc. Paris*, **287**, série D, 701-704.
- Dexter J. E., Matsuo R. R., Preston K. R., Kilborn R. H., 1981. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality and spaghetti quality of some Canadian durum and common wheats. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **14** (2), 108-111.
- Feillet P., Abecassis J., Alary R., 1977. Description d'un nouvel appareil pour mesurer des propriétés viscoélastiques des produits céréaliers. Application à l'appréciation de la qualité du gluten, des pâtes alimentaires et du riz. *Bull. ENSMIC*, **278**, 97-101.
- Feillet P., Bourdet A., 1967. Composition protéique et caractéristiques génétiques des blés. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **49** (10), 1273-1283.
- Kosmolak F. G., Dexter J. E., Matsuo R. R., Leisle D., Marchylo B. O., 1980. A relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams. *Can. J. Plant Sci.*, **60**, 427-432.
- Mc Dermott E. E., Redman D. G., 1977. Small-scale tests of breadmaking quality. *FMBRA Bull.*, n° 6, 200-213.
- Monneveux P., Grignac P., 1980. Etude des caractéristiques électrophorétiques des gliadines et de leurs relations avec certaines caractéristiques technologiques chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Coll. franco-soviétique*, Clermont-Ferrand.
- N.I.A.B., 1981. Notes on wheat quality. *Chemistry and quality Assessment Branch. National Institute of Agricultural Botany*, Cambridge, 4 p.
- Payne P. I., Harris P. A., Law C. N., Blackman J. A., 1980. The high molecular-weight subunits of glutenin : structure, genetics and relationship to breadmaking quality. *Ann. Technol. Agric.*, **29** (2), 309-320.
- Quick J. J., Donnelly B. J., 1980. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. *Crop Sci.*, **20**, 816-818.
- Rousset M., 1977. Breeding for improvement of utilization value of bread wheat. *Cereal Research Communications*, **5** (2), 139-144.
- Sozinov A. A., Poperella F. A., 1980. Genetic classification of prolamins and its use for plant breeding. *Ann. Technol. Agric.*, **29** (2), 229-245.
- Sozinov A. A., Poperella F. A., Stakhanova A. I., 1974. Application du fractionnement électrophorétique des gliadines à la sélection. *Coll. franco-soviétique*, Montpellier, 1974.