

Valeur semoulière des blés durs (*Triticum durum* Desf.) : influence de la taille des grains

Par I. LEMPEREUR, M. CHAURAND, J. ABECASSIS et J.C. AUTRAN.*

Résumé

Deux variétés de blé dur (Ardente et Primadur) très différentes par leur masse de 1000 grains ont été tamisées afin d'obtenir 2 lots de taille homogène (gros grains, petits grains). La mouture de ces lots et du lot témoin dans une semoulerie expérimentale (150 kg/h) montre que les rendements semouliers sont plus élevés avec les lots de gros grains sans toutefois supprimer toute différence variétale. La comparaison des teneurs en cendres et en acide férulique montre que la pureté des produits de mouture n'est guère affectée par la taille des grains si ceux-ci sont bien venus. Par contre, avec des petits grains résultant d'un échaudage, la pureté des produits finis est nettement inférieure même pour des semoules issues de l'albumen central. Par ailleurs, il a été montré que l'adaptation du réglage du premier broyeur à la taille des grains permet d'améliorer sensiblement le rendement en mouture.

Mots clés

Valeur semoulière, taille des grains, mouture, pureté.

Introduction

La première transformation des céréales a pour objectif d'isoler l'albumen amylicé sans contamination par

les parties périphériques du grain (enveloppes, couche à aleurone) et par le germe. La quantité de semoule qu'un industriel va pouvoir fabriquer dépend à la fois du réglage des machines et du blé mis en oeuvre. A même réglage, les écarts de rendement vont révéler essentiellement des différences de comportement entre les blés. Si l'on considère qu'une amélioration de 1 % du taux d'extraction des moulins de la CEE représente, en valeur, environ 40 millions d'euros, on mesure combien il est important d'évaluer au mieux l'aptitude à la première transformation des blés.

Hormis les facteurs extrinsèques (teneur en eau, taux d'impuretés) qui peuvent être quantifiés sans grande difficulté, les facteurs intrinsèques de la valeur semoulière restent plus difficiles à appréhender.

Parmi les facteurs intrinsèques de la valeur semoulière (Abecassis, 1993), le rapport albumen sur enveloppes apparaît déterminant. Il doit être aussi élevé que possible et dépend de l'épaisseur des enveloppes, de la forme du grain et du degré d'échaudage.

De nombreux travaux ont essayé d'évaluer le rapport albumen sur enveloppes. Matsuo et Dexter (1980) ont montré que le rendement en semoule est corrélé de façon significative avec le poids de 1000 grains. La détermination de la masse à l'hectolitre a servi de critère réglementaire du taux d'extraction. Bien qu'elle soit soumise à de nombreuses critiques (Nuret et Willm, 1962), cette détermination reste pour le semoulier ou le meunier, un bon outil d'évaluation de

la valeur semoulière ou meunière (Chasseray, 1991).

Par ailleurs, le taux de cendres (facteur réglementaire), influence en grande partie la valeur semoulière d'un lot de blé. Cependant cette méthode reste discutable, d'une part à cause de la forte variabilité du gradient de concentration des matières minérales au sein de l'albumen et d'autre part en raison de la forte influence de la teneur en matières minérales du grain entier sur celle de la semoule totale (Abecassis et Feillet, 1985). Des travaux récents ont montré que l'acide férulique, localisé spécifiquement dans les parois des cellules de la couche à aleurone (Fulcher, 1972), peut être un bon marqueur de la pureté des fractions de mouture en évaluant la quantité d'aleurone, de péricarpe et d'albumen contenue dans une farine ou une semoule (Jensen et al., 1982, Pussayanawin et al., 1988, Symons et Dexter, 1991, Dexter et Symons, 1996).

Une étude a été réalisée dans une semoulerie expérimentale (150 kg/h) pour déterminer l'influence de la taille des grains sur le rendement semoulier à partir de grains de variétés pures de blés durs tamisés pour constituer des lots de taille homogène.

Matériel et méthodes

Deux variétés de blé dur ont été utilisées, l'une de masse de mille grains élevée (Ardente) et l'autre de poids de mille grains faible (Primadur). Ces variétés ont été cultivées

* I.N.R.A (Institut National de la Recherche Agronomique)
Unité de Technologie des Céréales
2, place Viala 34030 Montpellier France.

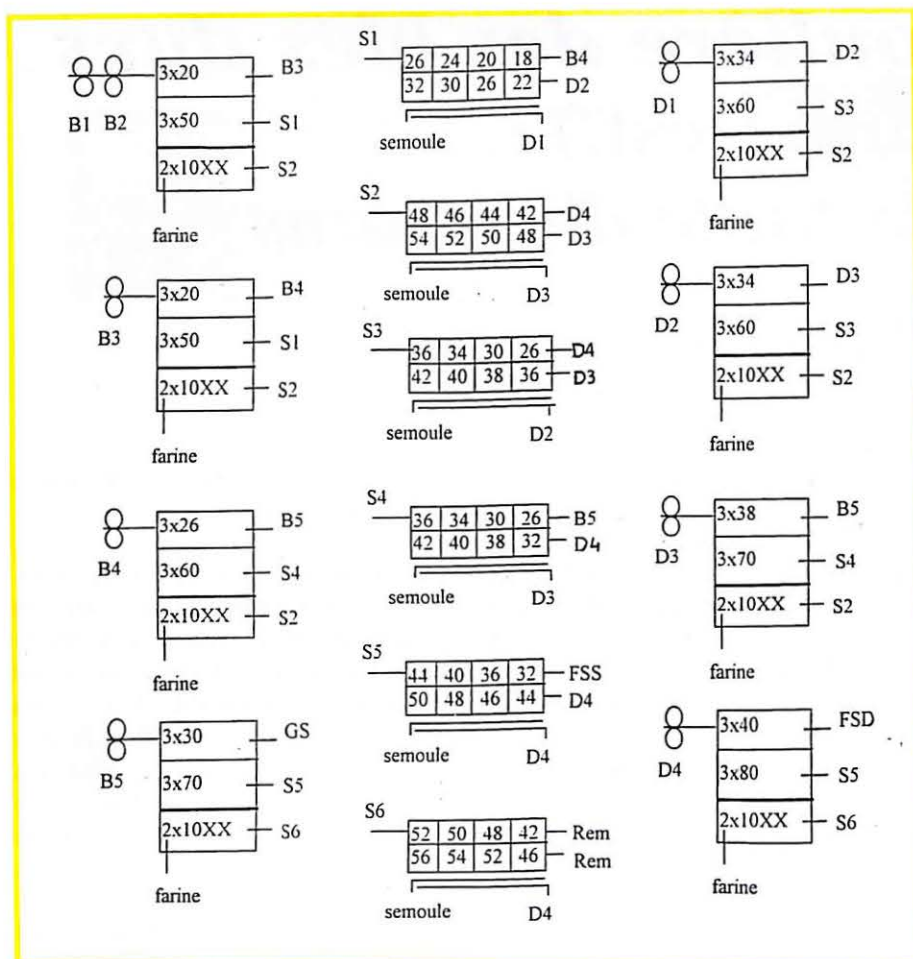


Fig. 1. Diagramme de mouture de la semoulerie semi-industrielle du laboratoire de l'I.N.R.A. de Montpellier.

en 1994 dans le sud-est de la France. Chaque variété a subi une séparation granulométrique, par tamisage sur des toiles métalliques, pour donner 3 lots homogènes :

- un lot témoin (TE), échantillon représentatif de la variété de départ ;
- une fraction constituée des grains traversant un tamis de 2,75 mm (PG) ;
- une fraction constituée de grains de taille supérieure à 3,00 mm (GG).

La mouture de ces lots a été réalisée à la semoulerie expérimentale de l'Unité de Technologie des Céréales (U.T.C.) de l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.) de Montpellier (France) suivant le diagramme présenté sur la **figure 1**.

La préparation a été la même pour l'ensemble des échantillons : un premier mouillage des grains pour les porter à 15 % m.h.* suivi d'un temps

de repos de 15 heures, puis un second mouillage à 17 % m.h., 3 heures avant la mouture.

La mouture est effectuée sur 9 appareils à cylindres cannelés, dont 5 broyeurs (B1 à B5) et 4 désagrégateurs (D1 à D4). Les cylindres (longueur 200 mm et diamètre 150 mm) tournent à 415 rpm avec un rapport de vitesse de 1 à 2,25. Les cannelures sont en position tranchant sur tranchant sauf pour le B1 et le D4 où elles sont en position dos sur tranchant. Les écartements entre les cylindres sont maintenus constants pendant toute l'expérimentation.

Le blutage est assuré par 3 plansichters formant 8 compartiments de blutage. Le dégommage des tamis est assuré par des tapotins. La surface totale de blutage est de 8,75 m².

La purification des semoules est réalisée par 3 sasseurs doubles à 2 tables superposées, chacune garnie de 4 tamis dégommés par brosse.

La mouture conduit à la production de 18 produits : 6 semoules classées de S1 à S6 selon leur ordre d'extraction, 8 farines, dont 4 farines de broyage (B1/B2 à B5) et 4 de désagrégage (D1 à D4) et 4 issues (gros sons, fins sons de désagrégage, fins sons de sassage et remoulages). L'ensemble des semoules est regroupé pour former la semoule totale et il en est de même pour les farines et les issues.

Les rendements en mouture sont déterminés par pesée sur l'ensemble des produits récupérés pendant un temps de prélèvement de 30 minutes et après 30 minutes de chargement de la semoulerie. Les résultats sont exprimés par rapport à la matière sèche. La plus petite différence significative pour le taux d'extraction est de 0,5 %.

Le dosage des teneurs en cendres, sur chaque fraction de mouture, s'effectue suivant la norme ISO2171-1980 à 900°C pour les fractions à faible teneur en matière minérale et à 550°C pour les issues.

La méthode de dosage par chromatographie haute pression phase liquide des composés phénoliques estérifiés aux arabinosylanes nécessite une phase de délipidation à l'hexane, puis une saponification à la soude (2 N) et enfin une phase d'extraction à l'éther. Cette méthode adaptée de celle de **Scalbert et al. (1985)** est rapportée dans les travaux de **Lempereur et al. (1997)**.

Résultats et discussion

Caractéristiques physico-chimiques des grains

La masse de mille grains des lots témoins des variétés Ardente et Primadur varie du simple au double (**Tableau I**). Le tamisage des grains conduit à une diminution de la différence des poids de 1000 grains entre variétés et à une homogénéisation granulométrique des lots de gros grains et de petits grains.

* m.h. = matière humide

	ARDENTE			PRIMADUR		
	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm
PMG	62.2	56.6	33.6	53.4	32.1	31.8
% de la fraction	78.1	100	6.95	19.6	100	39.6
MVapp	84.5	84.4	78.7	83.7	81.0	79.5
Mit.	20.5	20.8	20.4	18.3	18.4	19.4
Cend.	1.69	1.70	1.75	1.89	1.92	1.95
AF	781.3	830.3	952.5	1191.4	1205.5	1364.9

PMG : poids de mille grains (g m.s.) % de la fraction : % de la fraction de grains (%) MVapp : masse volumique apparente (kg/dm³) Mit. : taux de mitadins (%) Cend. : teneur en cendres (% m.s.) AF : teneur en acide férulique (µg/g m.s.)

Tableau I. Caractéristiques physico-chimiques des grains.

Les gros grains de la variété Ardente ont des caractéristiques physiques proches de celles du lot témoin de la même variété alors que pour la variété Primadur, le lot de petits grains est proche du lot témoin. Cette différence de comportement peut être expliquée par une délimitation des classes granulométriques des grains à l'aide d'un seul tamis. La fraction de grains supérieure à 3,0 mm est plus dispersée dans le cas de la variété Ardente que de la variété Primadur, avec respectivement 86 % et 26,5 % des produits de ces fractions compris entre 3,0 et 3,15 mm (figure 2).

Cependant, on constate aussi une plus forte diminution du poids de 1000 grains entre le lot témoin et les petits grains pour la variété Ardente que pour la variété Primadur. Il semble donc que les petits grains de la variété Ardente soient des grains échaudés alors qu'il s'agit de grains sains mais plus petits dans le cas de la variété Primadur.

Ce résultat est confirmé par les différences de masse volumique apparente (Tableau I). Les petits grains de la variété Ardente présentent une forte diminution de leur masse volumique apparente comparativement au lot témoin.

Le taux de mitadinage ne semble pas être influencé par la taille des grains. Les lots qui ont été retenus pour cette étude possèdent des taux de mitadinage très proches (Tableau I).

Le classement granulométrique se traduit par une forte variation des teneurs en cendres et en acide férulique qui augmentent respectivement de 0,06 % m.s. et de 170 µg/g m.s. en passant des gros grains aux petits grains pour les deux variétés étudiées. Les différences observées en fonction de la taille des grains restent toutefois inférieures aux différences entre variétés.

Influence de la taille des grains sur le rendement semoulier

La mise en mouture des différents lots de grains dans des conditions de réglage identiques (écartement au B1 égal 0,70 mm) conduit à des résultats différents suivant les variétés.

	ARDENTE			PRIMADUR		
	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm
Semoule	76,9	77,2	74,8	76,4	74,0	73,3
Farine	7,8	7,8	7,3	6,9	6,9	7,2
Issues	15,3	15,0	17,6	16,7	19,0	19,5

Tableau II. Taux d'extraction en semoule, en farine et en issues en fonction de la taille des grains et de la variété.

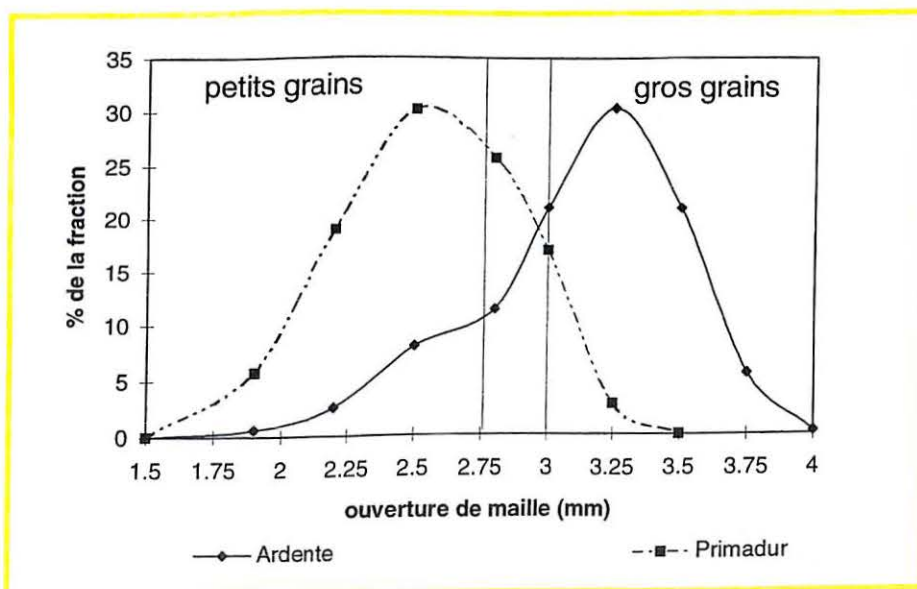


Fig. 2. Courbe de composition en grosseur des blés des variétés Ardente et Primadur.

Lorsque l'on ne pratique aucune correction par rapport au taux de cendres, on constate que les gros grains de la variété Ardente ne conduisent pas à une augmentation significative de la production de semoule par rapport au lot témoin (**Tableau II**). En revanche, les petits grains pénalisent fortement (- 2,4 %) la production de semoule et plus spécialement la production de grosses semoules en tête de mouture (- 5,1 %).

Pour la variété Primadur, nous assistons à une augmentation (+ 2,4 %) de la production de semoule par rapport au lot témoin avec la fraction à gros grains tandis que la différence entre le lot témoin et les petits grains est très faible (- 0,7 %). La production de grosses semoules suit les mêmes orientations : une augmentation de 4,1 % avec les gros grains et seulement 0,2 % de diminution avec les petits grains. La production de semoule totale semble être conditionnée en partie par la production de grosses semoules en tête de mouture.

La production de farine n'est pas affectée par le classement granulométrique appliqué. Les différences existantes sont à la limite de la significativité. Toutefois, les grains de la variété Ardente fournissent davantage de farine (**Tableau II**).

La production d'issues totales est influencée à la fois par la taille des grains et par la variété. Ainsi, la variété Ardente conduit à une production d'issues plus faible que la variété Primadur avec respectivement 15,0 % et 19,0 % pour les lots témoins. Les lots de petits grains ont une plus forte production en issues que le lot témoin dans le cas de la variété Ardente (+ 2,6 %) que pour la variété Primadur (+ 0,5 %) confirmant ainsi le plus fort degré d'échaudage des petits grains d'Ardente. A l'intérieur des issues, les gros sons représentent la fraction la plus importante. Cette fraction est plus importante avec la variété Primadur qu'avec la variété Ardente. Le rapport gros son sur fin son est plus élevé avec la variété

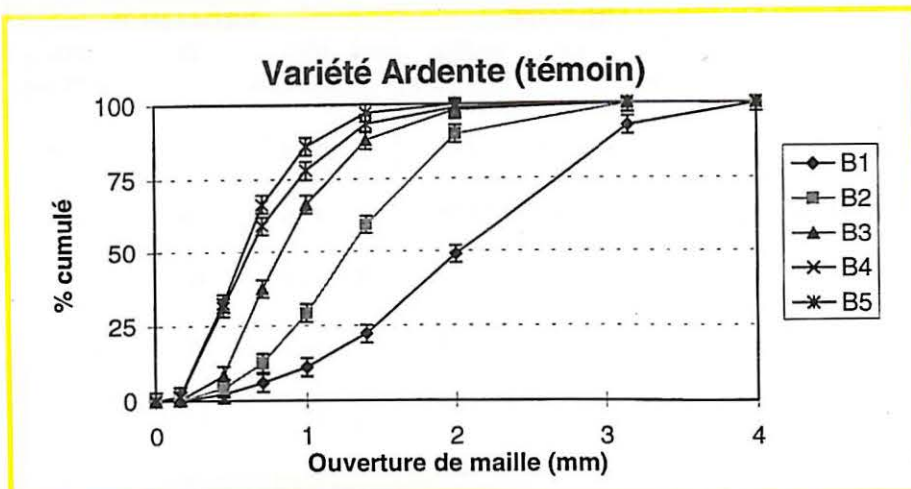


Fig. 3. Courbes de granulométrie des broyats des passages de B1, B2, B3, B4 et B5 pour un écartement au B1 de 0,70 mm, variété Ardente lot témoin.

Primadur qu'avec la variété Ardente et ce, quelle que soit la taille des grains. Ceci traduit un comportement en mouture différent entre les 2 variétés.

Analyse granulométrique des produits de broyage

Le **figure 3** montre l'évolution de la granulométrie des produits de mouture en fonction des passages de mouture. Le réglage des écartements entre les cylindres a été maintenu constant.

En tête de broyage (B1, B2), la réduction de la granulométrie moyenne (D50) des produits est très rapide (diminution de 50 %). A partir du B3, cette variation ralentit montrant que la destruction des grains est surtout réalisée sur les 2 premiers passages de mouture. Dans le même temps, on note une diminution de la dispersion granulométrique des produits en passant du B1 au B5 avec respectivement 1,2 mm et 0,5 mm.

Dans la première partie de la mouture (B1 et B2), on réalise une fragmentation des grains conduisant à des produits hétérogènes avec une dispersion moyenne (calculée par différence entre la D75 et la D25) de 1,1 mm au B1 et de 0,8 mm au B2.

Le tamisage opéré après le B2 permet d'extraire une partie des gros fragments d'albumen pour les diriger vers les sasseurs. Les grosses semoules de tête de broyage conditionnent en

grande partie la production de semoule totale et donc la valeur semoulière d'un lot de grains. Les passages suivants (B3, B4 et B5) donnent des produits de granulométrie plus homogène avec de faibles valeurs de dispersion (0,6 mm) ce qui se traduit par une pente plus élevée des courbes de composition en grosseur.

En fonction de la taille des grains, le comportement en mouture est différent. Au B1, les gros grains donnent des courbes de granulométrie avec des pentes plus faibles, signe de produits plus fragmentés (D50 = 2,0 mm) alors que les fragments issus des petits grains sont plus homogènes et de granulométrie moyenne plus élevée (D50 = 2,3 mm). Dans les deux cas, la mouture est rééquilibrée dès le B3 et on ne constate plus de différences entre la courbe de composition en grosseur des différents broyats (**figure 4**).

A taille de grain égale, les gros grains de la variété Ardente donnent en tête de broyage des fragments plus petits que la variété Primadur. Cette différence n'est plus visible dès le B3 où les courbes des deux variétés sont confondues.

En ce qui concerne les petits grains, il apparaît peu de différence entre les courbes de granulométrie en fonction des variétés mises en œuvres. A l'exception de la tête de mouture, l'influence de la variété et de la taille

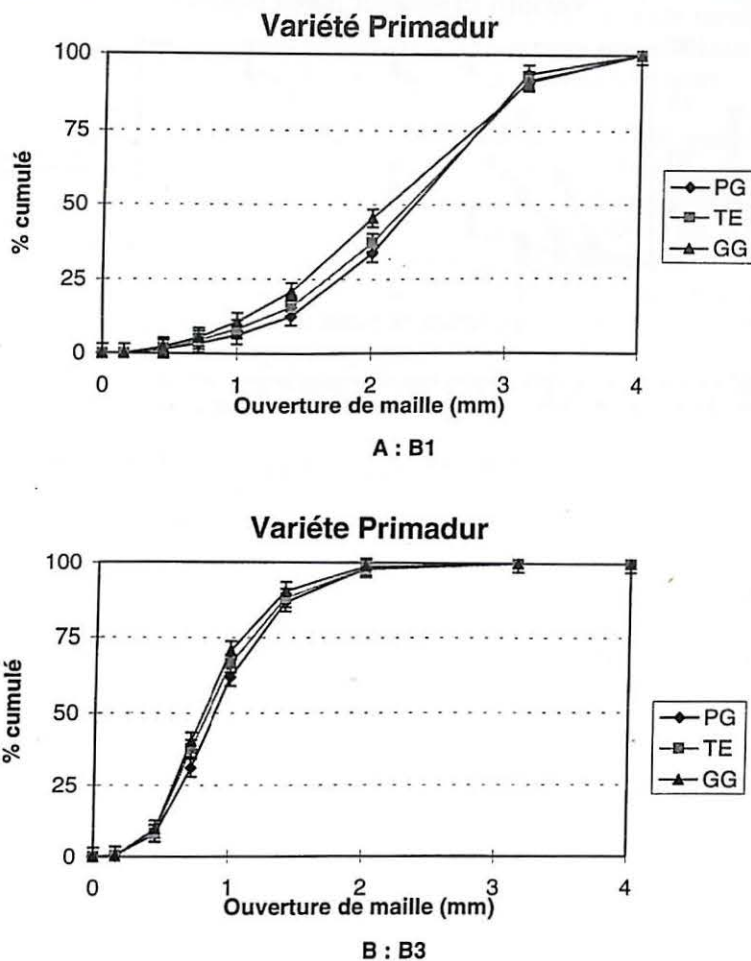


Fig. 4. Courbes cumulées en fonction de l'ouverture de maille, en fonction de la taille des grains. A : premier broyeur (B1) et B : troisième broyeur (B3).

des grains n'est pas visible sur les courbes de granulométrie des passages de broyage. Le rôle de rééquilibrage de la mouture du B3, aussi bien au niveau de la granulométrie moyenne que de la dispersion des produits, est à souligner. Ceci montre que la valeur semoulière des lots de blés s'exprime surtout en tête de mouture, la queue de mouture ne rendant compte que des étapes précédentes.

Influence du réglage du premier broyeur

A réglage identique des appareils à cylindres, les différences observées pourraient être dues à une intensité du serrage différent en fonction de la taille des grains. C'est pourquoi des essais de modification de l'écartement du premier broyeur en fonction de la taille des grains ont été menés. L'objectif était d'avoir des granulométries de broyat identiques à l'entrée du deuxième broyeur. Pour ce faire,

l'écartement des cylindres pour les lots de petits grains a été ramené de 0,70 à 0,65 mm et augmenté de 0,70 à 0,75 mm pour les lots de gros grains.

La figure 5 illustre les résultats obtenus avec la variété Primadur. La modification du réglage que nous avons opéré pour les petits grains n'induit pas de modifications significatives des courbes de granulométrie. En revanche, la modification du réglage du B1 pour les lots de gros grains donne des fragments de granulométrie moyenne plus élevée pour les produits issus de la tête de broyage (B1). Dès le B2, les courbes ne sont plus significativement différentes pour se confondre au B3. Cette adaptation du réglage du premier broyeur à la taille des grains s'est accompagnée d'une augmentation de la production de semoule de 0,7 % pour les petits grains et de 0,5 % pour les gros grains pour la variété Primadur (Tableau III). Le B1 et le B2 jouent donc un rôle fondamental dans la mouture. Le pre-

mier réduit la granulométrie des produits induisant une grande hétérogénéité et le second réduit les écarts granulométriques. La perturbation de la granulométrie induite par la modification de l'écartement au B1 n'est plus visible au B2. La modification du réglage pour s'adapter à la taille des grains peut s'opérer au B1; elle induit un gain de production de semoule et n'implique pas de déséquilibre dans la mouture.

Influence de la taille des grains sur la pureté des fractions de mouture

La pureté des fractions de mouture a été évaluée par la teneur en cendres (marqueur réglementaire) et par la teneur en acide férulique des différents produits de mouture. Les teneurs cumulées en cendres et en acide férulique en fonction du taux d'extraction nous permettent d'évaluer le rapport amande sur enveloppes et d'une certaine façon le potentiel semoulier d'un lot de grains.

Marqueur réglementaire de la pureté : teneur en cendres

A taux de cendres des produits finis constant (1,00 % m.s.), il apparaît des différences de taux d'extraction très importantes entre les lots des 2 variétés examinées et en fonction de la taille des grains. Des écarts de 15,6 points sont observés entre les gros grains et les petits grains de la variété Ardente et de 6 points pour la variété Primadur et entre les lots témoins des deux variétés étudiées, une différence de 4 points en faveur de la variété Ardente. Influencés par une teneur en cendres des grains moins élevée, les produits obtenus avec la variété Ardente sont moins minéralisés que ceux de la variété Primadur. On observe également un accroissement du taux d'extraction pour une teneur en matières minérales de 1,00 % m.s. avec la taille des grains par rapport au taux d'extraction en semoule, de 6,9 % m.s. pour la variété Ardente et de 3,2 % m.s. pour la variété Primadur (Tableau IV), ce qui correspond à une partie

des farines de tête de mouture dont la teneur en matière minérale est faible.

Le rapport de minéralisation entre la semoule totale et le grain entier permet de marquer le passage de l'albumen amylicé vers les enveloppes périphériques, uniquement si le marqueur est localisé spécifiquement dans les enveloppes. Pour la variété Primadur, le rapport de minéralisation entre la semoule totale et le grain est constant quelle que soit la taille des grains (0,52). Ce rapport est inférieur à celui obtenu avec la variété Ardente (0,58), qui croît avec la diminution de la taille des grains (0,62). Les petits grains des 2 variétés étudiées n'ont pas le même comportement. Dans le cas de la variété Primadur, les petits grains sont des grains normaux de taille réduite, leur rapport de minéralisation est proche de celui du lot témoin. Pour la variété Ardente, les petits grains sont des grains échaudés ce qui conduit à une semoule très minéralisée, vraisemblablement, à cause d'une teneur intrinsèque en matières minérales de l'albumen plus élevée ou à un nombre de cellules de l'albumen différent. Nous ne pouvons pas éloigner l'hypothèse d'une différence de friabilité des enveloppes due à une fixation différente des matières minérales ou à une architecture pariétale moins résistante.

Marqueur spécifique de la pureté : teneur en acide férulique

L'acide férulique (acide 4-hydroxy-3-méthoxycinnamique) est l'acide phénolique le plus présent dans les parois cellulaires des monocotylédones (Smith et Hartley, 1983). Il est présent en forte concentration dans les parois des cellules de l'aleurone, dans le péricarpe et l'embryon de blé, mais ne figure qu'à l'état de trace dans l'albumen amylicé du grain. Sa responsabilité dans l'autofluorescence de la couche à aleurone sous lumière bleue, a été à l'origine de plusieurs méthodes rapides et non destructives d'évaluation de la pureté des fractions de mouture (Jensen et al., 1982 ; Pussayanawin et al., 1988 ; Symons et Dexter, 1991 ; Dexter et Symons, 1996)

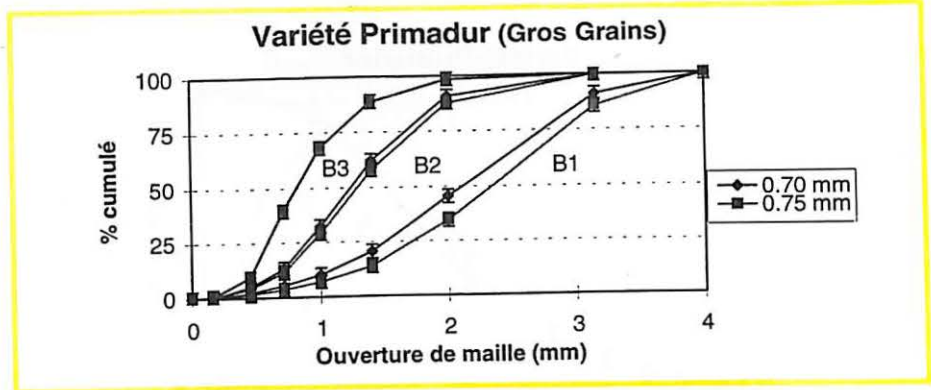


Fig. 5. Influence de la modification du réglage de premier broyeur sur les courbes de composition en grosseur des trois premiers broyeurs (B1, B2 et B3). Lots de gros grains de la variété Primadur.

	ARDENTE			PRIMADUR		
	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm
Semoule						
0,70 mm	76,9	77,2	74,8	76,4	74,0	73,3
0,75 mm	77,4	-	-	76,9	-	-
0,65 mm	-	-	-	-	-	73,7
Farine						
0,70 mm	7,8	7,8	7,3	6,9	6,9	7,2
0,75 mm	7,8	-	-	6,9	-	-
0,65 mm	-	-	-	-	-	7,6
Issues						
0,70 mm	15,3	15,0	17,6	16,7	19,0	19,5
0,75 mm	14,8	-	-	16,2	-	-
0,65 mm	-	-	-	-	-	18,7

Tableau III. Influence de l'écartement (0,65 et 0,75 mm) au premier broyeur (B1) sur les rendements en semoule, farine et issues (% m.s.).

	ARDENTE			PRIMADUR		
	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm	GG >3.0 mm	TE	PG <2.75 mm
Semoule	76,9	77,2	74,8	76,4	74,0	73,3
Cend.*	0,85	0,99	1,08	0,99	1,00	1,03
TE 1,00% cen**	84,9	78,0	69,3	77,2	74,0	71,2
Csem/Cgr***	0,50	0,58	0,62	0,52	0,52	0,53

semoule : taux d'extraction en semoules

* : teneur en cendres de la semoule totale (% m.s.)

** : taux d'extraction à 1,00% m.s. de teneur en cendres

*** : rapport cendres de la semoule totale sur cendres du grain.

Tableau IV. Évolution du taux d'extraction des semoules (%m.s.), de la teneur en cendres des semoules (%m.s.), du taux d'extraction (%m.s.) à 1,00 % (m.s.) de teneur en cendres et du rapport cendres de la semoule sur cendres du grain entier dans les différents lots de grain des variétés

Les courbes cumulées de l'acide férulique et des cendres en fonction du taux d'extraction présentent des allures générales semblables, à savoir un plateau plus ou moins horizontal suivi d'une phase d'accroissement (figure 6). On note que le changement

de pente sur les courbes d'acide férulique est brusque, ce point marque le passage de l'albumen amylicé à la couche à aleurone et donc le potentiel semoulier d'un lot de grains. De plus, tout accroissement de la teneur en acide férulique de la partie horizon-

tales de la courbe, c'est-à-dire, entre une semoule issue de l'albumen central et la semoule totale est dû à l'apport d'acide férulique par des fragments d'enveloppes. Une variation de la teneur en acide férulique en fonction du taux d'extraction permet d'une part d'évaluer le pourcentage d'albumen amyliacé par l'abscisse du point de rupture de pente entre la demi-droite horizontale et la demi-droite verticale et d'autre part, comme le suggèrent **Kelfkens et Hamer (1994)**, de quantifier la friabi-

lité des enveloppes par la différence entre la teneur en acide férulique de la semoule issue de l'albumen central et celle de la semoule totale.

Dans l'albumen central (jusqu'à environ 50 % de taux d'extraction), on ne note pas de différence significative de teneur entre les petits grains et les gros grains pour la variété Primadur (200 $\mu\text{g/g}$ m.s.). En revanche, pour la variété Ardente, dès les faibles taux d'extraction les gros grains (140 $\mu\text{g/g}$ m.s.) ont une teneur significativement plus faible

que les petits grains (170 $\mu\text{g/g}$ m.s.) (**figures 7a et 7b**).

Le potentiel semoulier, déterminé par l'abscisse de l'intersection entre la demi-droite horizontale de la courbe et la tangente à la demi-droite verticale, est sensiblement plus élevé pour la variété Ardente que celui de la variété Primadur avec en moyenne respectivement 83,2 et 82,9 %. De plus, les gros grains donnent un potentiel semoulier plus élevé que les petits grains.

La couche à aleurone et les enveloppes correspondent à la zone de fort accroissement de la teneur en acide férulique. La différence de taille des grains est visualisée par le parallélisme des courbes des gros grains et des petits grains pour un taux d'extraction compris entre 80 et 100 %.

Ces 2 marqueurs mettent en évidence un comportement différent entre les lots de grains des 2 variétés étudiées. On constate que les teneurs en cendres et en acide férulique sont identiques pour les petits grains et les gros grains pour la variété Primadur. En revanche, elles sont plus élevées dans le cas des petits grains pour la variété Ardente. Ce constat est à mettre en relation avec la différence d'échaudage entre les 2 lots. Il existe une variabilité due à la taille des grains entre les variétés et au sein même d'une variété. La taille des grains est conditionnée par le nombre de cellules et le degré de remplissage de celles-ci. Un stress hydrique au cours de stades physiologiques précoces induit une diminution du nombre des cellules pour un remplissage constant. Les grains sont alors de petite taille (cas de la variété Primadur). En revanche, si le stress hydrique se poursuit, la vitesse de remplissage sera elle aussi affectée, induisant alors l'échaudage (grains de petite taille avec un rapport amidon/parois cellulaires défavorables : variété Ardente).

Donc, comme le soulignent **Simmons et Meredith (1979)**, la taille des grains peut être une indication du potentiel meunier ou semoulier dans le cas de grains bien venus, mais la présence de grains échaudés par le froid ou par stress hydrique ne répond pas au modèle précédemment établi.

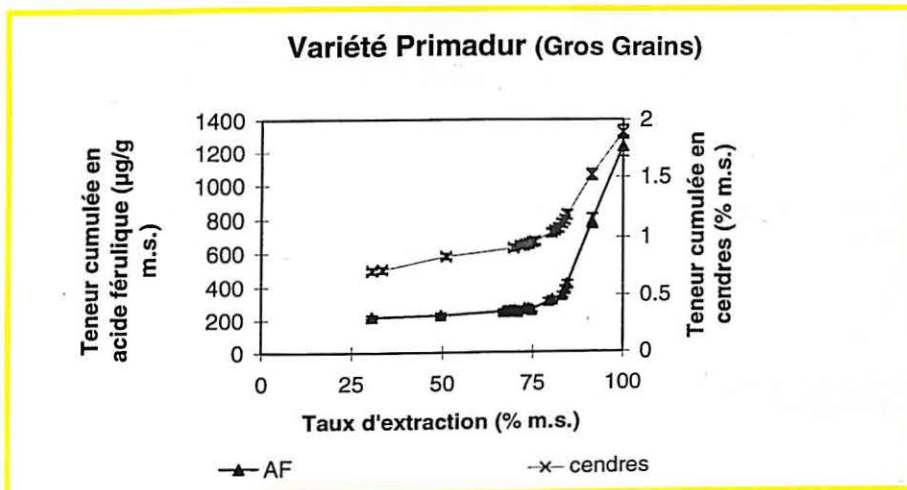


Fig. 6. Variation des teneurs cumulées en cendres (% m.s.) et en acide férulique ($\mu\text{g/g}$ m.s.) en fonction du taux d'extraction (% m.s.) : variété Primadur, lot de gros grains.

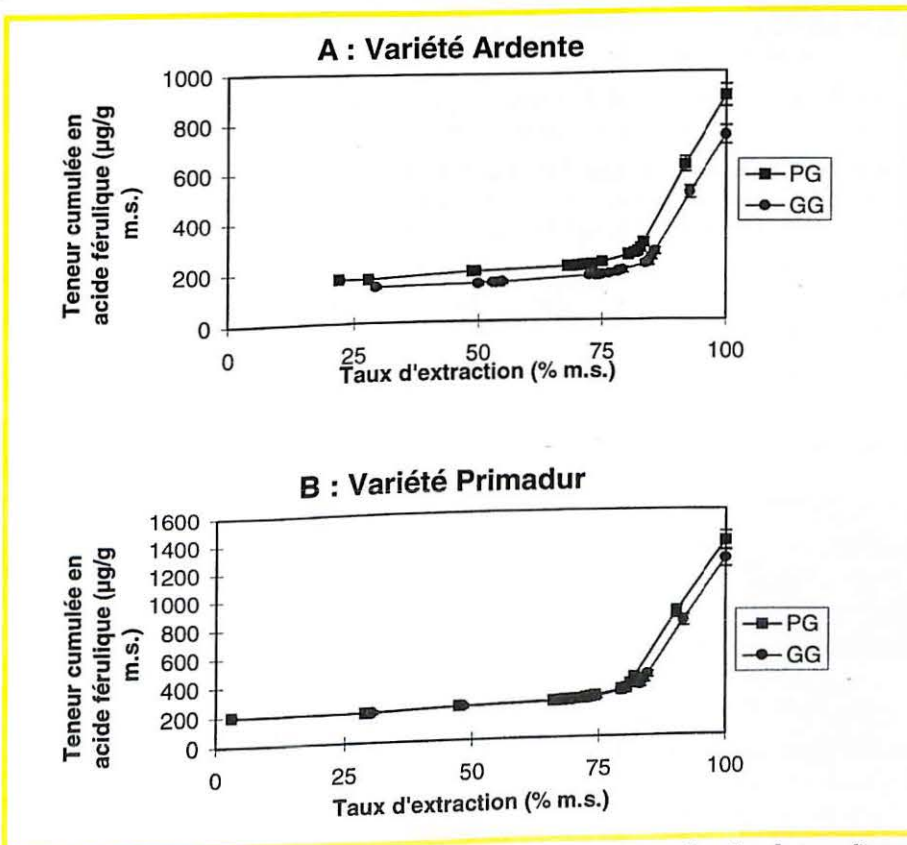


Fig. 7. Variation de la teneur cumulée en acide férulique ($\mu\text{g/g}$ m.s.) en fonction du taux d'extraction (% m.s.) pour les lots de gros grains et de petits grains de la variété Ardente (A) et de la variété Primadur (B).

Conclusion

La taille des grains est considérée comme un facteur important de la valeur semoulière des blés durs. Les variétés à gros grains sont généralement préférées aux variétés à petits grains (**Matsuo et Dexter, 1980**). Cependant aucune étude n'avait été entreprise pour distinguer l'influence réelle de la variété à taille de grains identique.

L'étude entreprise dans la semoulerie expérimentale de l'I.N.R.A. sur des variétés différentes montre que pour un lot donné, les gros grains donnent de meilleurs rendements en semoule. Néanmoins, à taille de grains identique, les variétés à gros grains (Ardente) donnent toujours des rendements semouliers supérieurs à ceux obtenus avec les variétés à petits grains (Primadur). Le classement granulométrique des variétés ne permet donc pas d'effacer l'influence de la variété. En effet, les gros grains de la variété Primadur n'ont pas la même production de semoules que les gros grains de la variété Ardente. Il semble donc que l'on puisse en déduire qu'il existe une large variabilité génétique du rapport amande sur enveloppes chez les blés durs indépendamment de la taille des grains.

La taille des grains semble être un bon indicateur du potentiel semoulier. Cependant, tous les lots de petits grains des variétés étudiées ne donnent pas le même taux d'extraction. Les grains échaudés sont plus pénalisants pour la valeur semoulière que les petits grains bien venus. Pour distinguer les petits grains normaux des grains échaudés, il faut avoir recours à un autre indicateur comme la masse à l'hectolitre des grains. De plus, la notion de taille de grains demande à être affinée en terme de longueur, largeur et épaisseur des grains pour rendre mieux compte du potentiel semoulier (**Simmons et Meredith, 1979**).

La teneur en cendres des produits de mouture dépend trop de celle du blé mis en oeuvre (**Abecassis et Feillet, 1985**). La détermination de la teneur en acide férulique apparaît comme un meilleur indicateur du rapport albumen sur enveloppe, en même temps, qu'un marqueur de la pureté des fractions de mouture en mesurant le degré de contamination des semoules par les enveloppes (**Symons et Dexter, 1996**).

Par ailleurs, cette étude a montré l'intérêt d'adapter le réglage des broyeurs de tête à la taille des grains. Il y a ainsi un réel intérêt à trier, dès le nettoyage, les lots de blé en fonction de leur taille. En ajustant le réglage des premiers broyeurs, on peut limiter la production de fragments fins et obtenir un gain de production significatif et améliorer la pureté des semoules sans crainte pour le degré de finition des issues. On peut donc suggérer une installation qui permettrait d'homogénéiser les boulanges à l'entrée du deuxième broyeur et ainsi de ne pas induire de modifications importantes au niveau du diagramme. ■

Remerciements

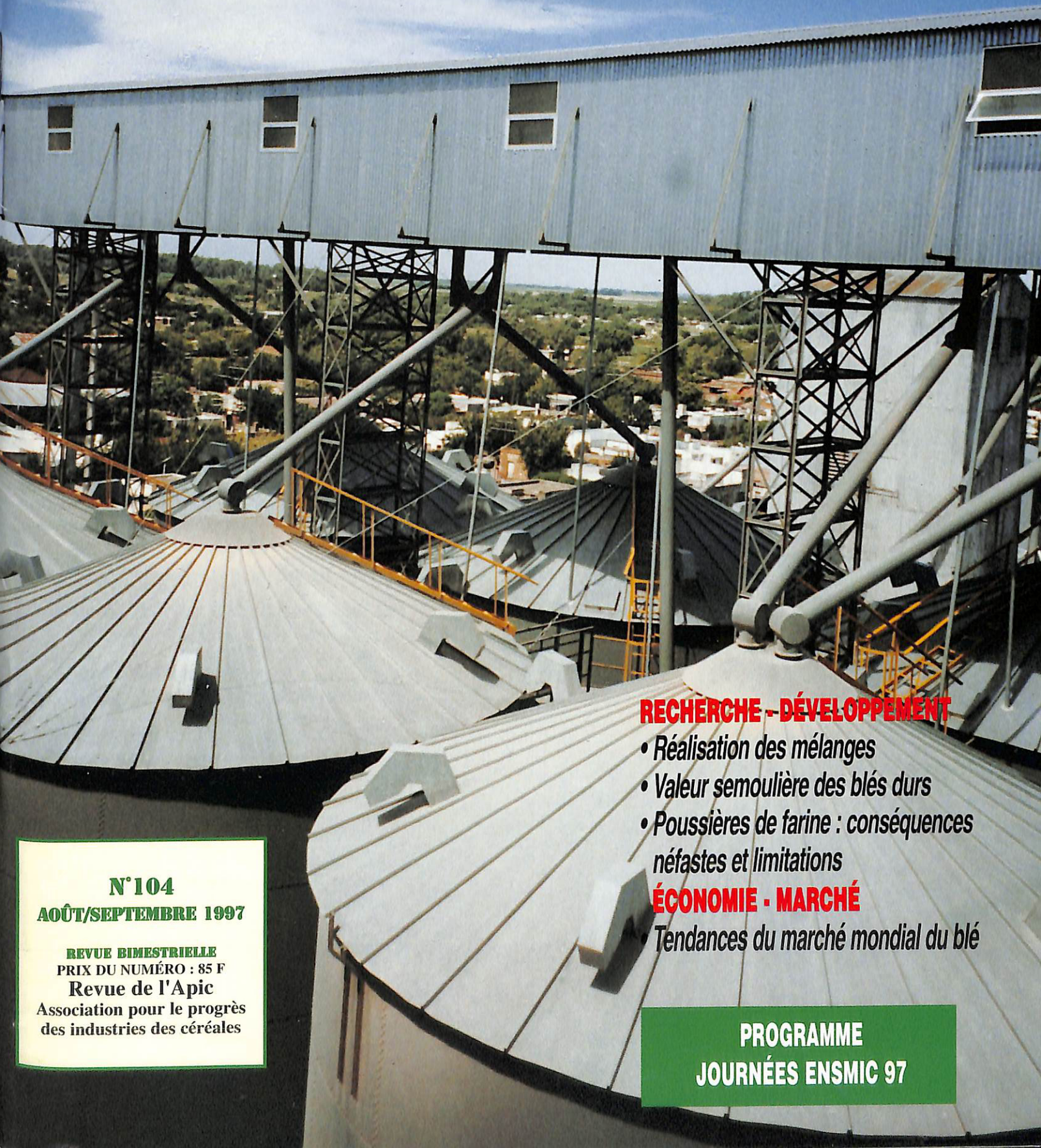
Nous remercions Karin Sandmaier et Pascal Vernoux pour leur aide technique.

Références bibliographiques

- Abecassis, J. and Feillet, P., 1985.** Pureté des semoules de blé dur, taux de cendres et réglemations. *Industries des céréales* 36 : 13-18.
- Abecassis, J. 1991.** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. *Industries des Céréales* : 81 : 25-37.
- Chasseray, P., 1991.** Caractéristiques physiques des grains et de leurs dérivés. in " Les industries de première transformation des céréales ". Ed. Tech Doc Lavoisier. Paris 105-144.
- Dexter, J.E. and Symons, S.J., 1996.** Aleurone and pericarp fluorescence as estimators of mill stream refinement for various Canadian Wheat Classes. *Journal of Cereal Science* 23: 73-83.
- Fulcher, R.G., 1972.** Fluorescence microscopy of cereal. in *Food Microstructure*. Canada, Ottawa 1 : 167-175.
- Jensen, S.V.A., Munck, L. and Martens, H., 1982.** The botanical constituents of wheat and wheat milling fractions. I. Quantification by autofluorescence. *Cereal Chemistry* 59 : 477-484.
- Kelfkens, M. and Hamer, R.J., 1994.** New opportunities to control the quality of wheat flour during milling. Communication I.C.C. Congress 6 juin Lahaye.
- Lempereur, I., Rouau, X. and Abecassis, J., 1997.** Arabinoxylan and ferulic acid variations in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) grain and distributions in mill streams. *Journal of Cereal Science*. Soumis
- Matsuo, R.R. and Dexter, J.E., 1980.** Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. *Canadian Journal of Plant Science* 60 : 49-53.
- Nuret, H. et Willm, C., 1962.** Réflexions sur la valeur meunière. *Bulletin de l'école française de meunerie*. 183 : 75-86.
- Pussayanawin, V., Wetzel, D.L. and Fulcher, R.G., 1988.** Fluorescence detection and measurement of ferulic acid in milling fractions by microscopy and HPLC. *Journal of Agriculture Food and Chemistry* 36 : 515-520.
- Scalbert, A., Monties, B., Lallemand, J.Y., Guittet, E. and Rolando, C., 1985.** Ether linkage phenolic acids and lignin fractions from wheat straw. *Phytochemistry* 24 : 1359-1362.
- Simmons, L. and Meredith, P., 1979.** Width, weight, endosperm, and bran of the wheat grain as determinants of flour milling yield in normal and shrivelled wheats. *New Zealand Journal of Science* 22 : 1-10.
- Smith, M.M. and Hartley, R.D., 1983.** Occurrence and nature of ferulic acid substitution of cell wall polysaccharides in graminaceous plants. *Carbohydrate Research* 118 : 65-80.
- Symons, S.J. and Dexter, J.E., 1991.** Computer analysis of fluorescence for the measurements of flour refinements as determined by flour ash content, flour grade color and tristimulus color measurements. *Cereal Chemistry* 68 : 454-460.

INDUSTRIELLES

des céréales



N°104
AOÛT/SEPTEMBRE 1997

REVUE BIMESTRIELLE
PRIX DU NUMÉRO : 85 F
Revue de l'Apic
Association pour le progrès
des industries des céréales

RECHERCHE - DÉVELOPPEMENT

- Réalisation des mélanges
- Valeur semoulière des blés durs
- Poussières de farine : conséquences néfastes et limitations

ÉCONOMIE - MARCHÉ

- Tendances du marché mondial du blé

PROGRAMME
JOURNÉES ENSMIC 97