

**AFPP – 8eme CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 5 ET 6 DECEMBRE 2006**

**INFLUENCE DE LA PROTECTION FONGICIDE, DE LA VARIETE ET DE LA DATE DE
SEMIS SUR LES CARACTERISTIQUES ET LES PROPRIETES DE L'AMIDON DE BLE .**

B. BODSON⁽¹⁾, C. MASSAUX⁽²⁾, J. LENARTZ⁽³⁾, F. VANCUTSEM⁽¹⁾, G. SINNAEVE⁽³⁾,
P. DARDENNE⁽³⁾, C. DEROANNE⁽²⁾, A. FALISSE⁽¹⁾ et M. SINDIC⁽²⁾

⁽¹⁾ Phytotechnie des Régions tempérées, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, 2
Passage des Déportés, B – 5030 Gembloux, Belgique, Phytot@fsagx.ac.be

⁽²⁾ Technologie des Industries agro-alimentaires, Faculté univ. des Sciences agronomiques,
2, Passage des Déportés, B – 5030 Gembloux, Belgique, Technoalim@fsagx.ac.be

⁽³⁾ Dpt Qualité des productions agricoles, Centre wallon de recherches agronomiques, 24
Chaussée de Namur, B – 5030 Gembloux, Belgique, Dptqual@cra.wallonie.be

RESUME

Deux essais de type split plot ont été conduits en 2002 puis 2003 afin d'étudier l'impact de paramètres agronomiques (variété et date de semis) ainsi que l'influence de la protection fongicides sur les caractéristiques et les propriétés de l'amidon du blé. Les résultats obtenus montrent que si le rendement et le poids de mille grain varie avec la protection fongicide, les caractéristiques et les propriétés de l'amidon des grains de blé , contrairement à nos attentes, sont peu influencées par l'apport d'une protection fongicide sur la culture. Elles sont principalement liées à la variété et à la date de semis.

Mots-clés : Blé tendre, amidon, fongicide, variétés, date de semis

SUMMARY

**INFLUENCE OF FUNGICIDE PROTECTION, VARIETY AND DATE OF SOWING ON
WHEAT STARCH CHARACTERISTICS AND PROPERTIES.**

Starch characteristics and properties of wheat grains are slightly influenced by fungicide protection application on the crop but are mainly linked to the variety and date of sowing.

Key-words :Soft Wheat, starch, fungicide, varieties, date of sowing

INTRODUCTION

L'amidon du blé tendre est devenu au cours de la dernière décennie une matière première de plus en plus prisée tant pour ses applications dans le domaine alimentaire « food » que non alimentaire « non-food ». Le développement de la filière blé pour la production de bio-éthanol vient encore renforcer la demande. Les critères habituels de qualité retenus pour apprécier la valeur technologique du blé tendre portent essentiellement sur la fraction protéinique du grain ; seul le niveau d'activité des enzymes amylolytiques, estimé par le temps de chute de Hagberg, a trait à la fraction amylacée.

Depuis 2002, une équipe pluridisciplinaire de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques et du Centre Wallon de Recherches Agronomiques de Gembloux (Belgique) étudie l'influence de la variété et des modalités de culture sur les caractéristiques intrinsèques et sur les propriétés de l'amidon de blé. Ces recherches ont clairement mis en évidence, pour bon nombre de paramètres mesurés, une variabilité assez étendue, suffisamment importante que pour influencer de manière significative sur les processus industriels de transformation des céréales. Les rôles respectifs de la variété et de la date de semis ont pu être clairement mis en évidence.

Les résultats présentés dans cet article, obtenus sur base des analyses des récoltes 2002 et 2003, ont pour objectif de préciser l'influence de la protection fongicide sur la qualité de l'amidon.

MATERIEL ET METHODES

Les échantillons de grains sur lesquels les différentes analyses et mesures ont été effectuées proviennent d'essais réalisés au cours des saisons culturales 2001-2002 et 2002-2003 dans le cadre de la plate forme expérimentale de Loncée (Gembloux) mise en place chaque année par l'Unité de Phytotechnie de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux.

Ces essais, réalisés en petites parcelles de 14,4 m² et avec quatre répétitions selon un dispositif en split-split-plot, sont destinés à comparer les résultats de 3 variétés semées en octobre, conduites respectivement avec et sans traitement fongicide en 2002. En 2003, le facteur de variation date de semis est ajouté, avec deux dates: octobre et décembre, et 5 variétés sont comparées au lieu de 3. Le troisième facteur étudié «traitement fongicide » est maintenue (Tableau I). Toutes les analyses, excepté le poids de mille grains, ont été menées sur un mélange, en proportion égale, des grains récoltés des 4 répétitions.

Tableau I. Dates de semis et traitements fongicides appliqués dans les différents essais.
Sowing dates and fungicides treatments applied in the différents trials.

<i>Essai</i>	<i>Date de semis</i>	<i>Protection fongicide</i>		
		<i>Stade</i>	<i>Substance active</i>	<i>dose/ha</i>
<i>FH02-01</i>	12-oct-01	G.S. 32	époxyconazole	125 g
		G.S.59	azoxystrobine metconazole	250 g 60 g
<i>FH03-01</i>	11-oct-02	G.S. 59	pyraclostrobine époxyconazole	133 g 50 g
<i>FH03-03</i>	18-déc-02	G.S. 59	pyraclostrobine époxyconazole	133 g 50 g

Détermination du poids de mille grains (PMG) : le PMG moyen de chaque échantillon correspond à la moyenne des PMG des 4 parcelles mise en œuvre. Il est déterminé par comptage du nombre de grains d'une prise d'essai de 20 g de grains entiers. Les valeurs sont ensuite ramenées en unité de masse pour mille grains (g/1000 grai

Teneur en amidon des grains : 50 g de grains de chaque échantillon sont broyés au moulin Cyclotec (grille de 1 mm) (Foss, Danemark). Les mesures de teneur en amidon sont ensuite réalisées sur les moutures intégrales selon la méthode de Ewers (ISO 10 520 :1997), dont le principe se base sur une double détermination. Une première portion de l'échantillon est traitée à chaud par HCl dilué. Après défécation et filtration, le pouvoir rotatoire de la solution est mesuré par polarimétrie. Une seconde portion de l'échantillon est extraite par l'éthanol 40%. Après acidification du filtrat par HCl, défécation et filtration, le pouvoir rotatoire est également mesuré. La différence entre les deux valeurs, multipliée par un facteur fonction du pouvoir rotatoire spécifique de l'amidon de blé, donne la teneur en amidon de l'échantillon.

Mouture et analyses sur farines blanches : Pour chaque échantillon, 8 kg de grains sont nettoyés et humidifiés à 15,5%. La mouture est réalisée au moulin Quadrumat senior Brabender (Duisburg, Allemagne). Le taux d'humidité des farines est déterminé selon la méthode ISO712:1998. La capacité d'absorption en eau des farines est mesurée au moyen d'un farinographe Brabender (Duisburg, Allemagne) selon la norme ICC n°115. L'endommagement de l'amidon est évalué à l'aide du doseur SD4 Chopin (Villeneuve-la-Garenne, France). Le principe de la méthode repose sur la détermination ampérométrique de la cinétique d'absorption de l'iode par une suspension très diluée de farine.

Extraction de l'amidon : L'amidon est séparé à partir de 2 kg de farine blanche selon un procédé semi-pilote de type Batter (Sindic *et al*, 1993 ; Roels *et al*, 1998). La méthode consiste à former une pâte liquide (« batter ») dans laquelle les particules de gluten sont dispersées. Cette pâte est fortement agitée pour permettre aux particules de gluten de coaguler. La dispersion est ensuite filtrée à travers différents tamis ; les plus grossiers retiennent le gluten tandis que les plus fins recueillent les fibres. L'amidon est récupéré par centrifugation du filtrat et séchage par lyophilisation.

Caractérisation des propriétés techno-fonctionnelles de l'amidon.

La distribution de taille des granules d'amidon est évaluée au granulomètre laser (Malvern, Worcestershire, UK). La méthode se base sur la mesure de la diffraction induite par les particules d'amidon sur un faisceau parallèle de lumière monochromatique.

La teneur en amylose est déterminée par dosage spectrophotométrique du complexe de coloration bleue formé entre l'amylose et l'iode (Morrison et Laignelet, 1983).

Les propriétés de viscosité de l'amidon sont caractérisées au moyen du micro visco-amylographe Brabender (Duisburg, Allemagne). Une suspension diluée d'amidon (10% p/v) est soumise à un profil de température programmé : chauffage de 30 à 95°C en 10 min et maintien à 95°C pendant 10 min, refroidissement à 50°C en 10 min et maintien à 50°C pendant 5 min. Les mesures sont réalisées en présence de 2 mM AgNO₃ (Abdel-Aal *et al*, 2002 ; Lenartz *et al*, 2006) pour inhiber l'activité *alpha*-amylasique et permettre des comparaisons entre variétés sans interférence enzymatique.

RESULTATS

Influence sur le rendement et le poids des grains

Tableau II : Rendements, différences de rendements (en kg/ha), poids de mille grains et différences de poids de mille grains (en g) entre parcelles avec et sans fongicides observés pour différentes variétés et dates de semis.

Yields, yield differences (in kg/ha), thousand grains weights and thousand grains weights differences (in g) between crops with or without fungicides observed for different varieties and dates of sowing.

Essai	Variété	RDT (kg/ha)			PMG (g)		
		Fong (1)	Non fong (2)	Diff (1-2)	Fong (1)	Non fong (2)	Diff (1-2)
2002 Oct	Ordéal	9315	8577	738	49.8	47.7	2.1
	Mercury	10331	9033	1292	50.8	46.9	3.9
	Meunier	9399	6650	2749	47.5	36.9	10.6
2003 Oct	Corvus	10195	8715	1480	44.9	39.8	5.1
	Folio	9412	8531	881	45.5	44.3	1.2
	Ordéal	10072	9332	740	45.6	44.4	1.2
	Mercury	10949	9951	998	49.1	44.7	4.4
	Meunier	9021	7786	1235	43.1	39.1	4.0
2003 Déc	Corvus	9875	7138	2737	43.9	35.1	8.8
	Folio	10418	9437	981	45.3	42.0	3.3
	Ordéal	10219	9650	569	45.3	42.8	2.5
	Mercury	11121	9785	1336	48.1	42.5	5.6
	Meunier	9504	7350	2154	42.1	34.7	7.4

Au cours des deux saisons culturales, *Septoria tritici* (septoriose) et surtout *Puccinia recondita* (rouille brune) ont été très présents sur les cultures implantées sur le site expérimental ; la rouille brune s'est particulièrement développée sur les variétés très sensibles comme Corvus et Meunier ou moyennement sensibles comme Mercury. Les pertes de rendement consécutives à l'absence de protection fongicide ont dès lors été conséquentes pour ces variétés, dépassant même les deux tonnes à l'hectare pour les semis de décembre en 2003. Ces baisses de rendements sont principalement la cause d'un remplissage nettement moindre des grains comme l'attestent les diminutions importantes de poids de mille grains. Pour les variétés Ordéal et Folio, résistantes à la rouille brune et peu sensibles à la septoriose, la réponse aux traitements fongicides est nettement moindre tant au niveau des rendements que du poids de mille grains (Tableau II).

La teneur en amidon des farines intégrales

La teneur en amidon des grains dépend pour une faible part de la variété. Entre les récoltes 2002 et 2003, les différences observées sont de l'ordre d'un pourcent en faveur de la seconde année, la date de semis ne semble modifier ni le niveau ni le classement des variétés. La protection fongicide permet d'augmenter d'un à trois pourcent les teneurs en amidon des grains (Figures 1 et 2).

Figure 1 : Teneurs en amidon (en % de M.S.) des grains de trois variétés traités ou non avec fongicides dans des semis d'octobre (récolte 2002).

Grains starch contents (in % of D.M.) of three varieties treated or not with fungicides in october drill (harvest 2002).

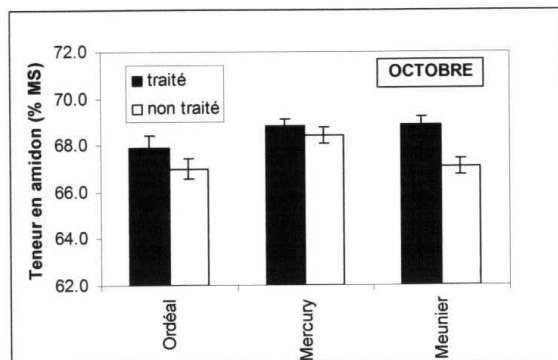
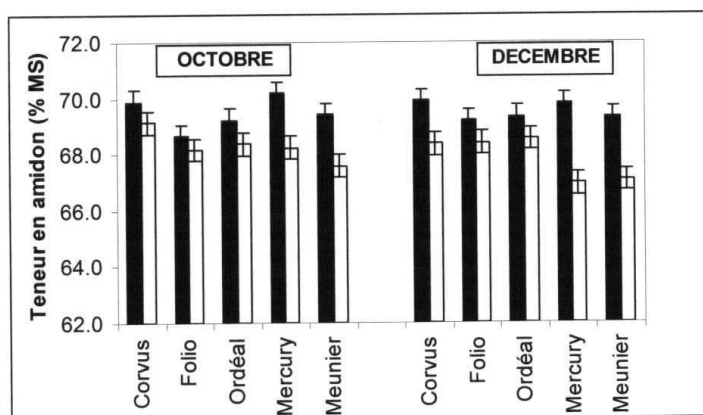


Figure 2 : Teneurs en amidon (en % de M.S.) des grains de cinq variétés traités ou non avec fongicides dans des semis d'octobre et de décembre (récolte 2003).

Grains starch contents (in % of D.M.) of five varieties treated or not with fungicides in october and december drills (harvest 2003).



La distribution de taille des granules d'amidon

L'amidon de blé est caractérisé par la présence de deux types de granules : les granules de type A, largement minoritaires, lenticulaires, d'une taille de 10 à 35 μm , contribuant à environ 70 % du poids de l'amidon et les granules de type B, sphériques, d'une taille comprise entre 1 et 10 μm mais les plus nombreux (Parker et Ring, 2001).

L'évaluation au granulomètre laser de la distribution de taille des granules d'amidon après extraction montre une diversité de taille principalement liée à la variété. La contribution des petits granules au volume total varie en effet de 10% en fonction des variétés de blé, mais aussi des conditions culturales (années, dates de semis). L'influence tantôt positive, tantôt négative de la protection fongicide est par contre souvent assez réduite par rapport aux autres facteurs (Figures 3 et 4).

Figure 3 : Proportion de petits granules dans l'amidon extrait de différentes variétés de blé (récolte 2002, semis d'octobre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Proportion of small granules in starch extracted from different wheat varieties (harvest 2002, october drill) in function of fungicide treatment application.

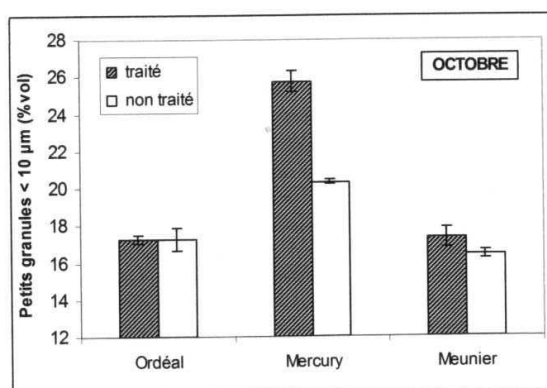
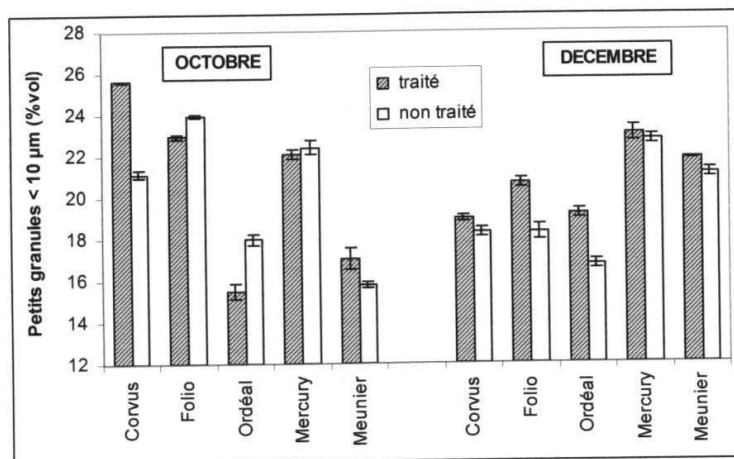


Figure 4 : Proportion de petits granules dans l'amidon extrait de différentes variétés de blé (récolte 2003, semis en octobre et en décembre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Proportion of small granules in starch extracted from different wheat varieties (harvest 2003, october and december drills) in function of fungicide treatment application.

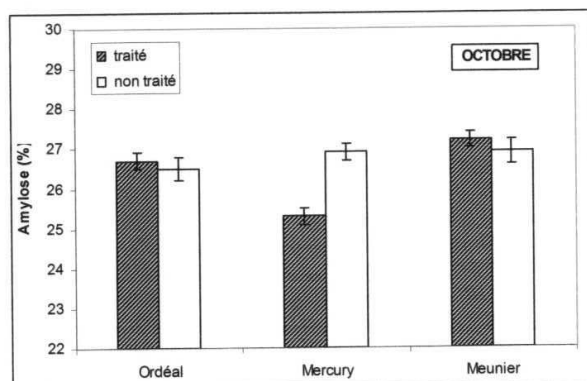


La composition chimique de l'amidon

L'amylose et l'amylopectine sont les deux polymères constitutifs des structures semi-cristallines de l'amidon. Ils ont des structures très différentes, l'amylose est linéaire et l'amylopectine est très ramifiée. La cristallinité des amidons natifs est essentiellement due aux molécules d'amylopectine tandis que les zones amorphes du granule, moins organisées, sont constituées d'amylose (Sasaki *et al*, 2000).

Figure 5 : Teneur en amylose des amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2002, semis d'octobre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

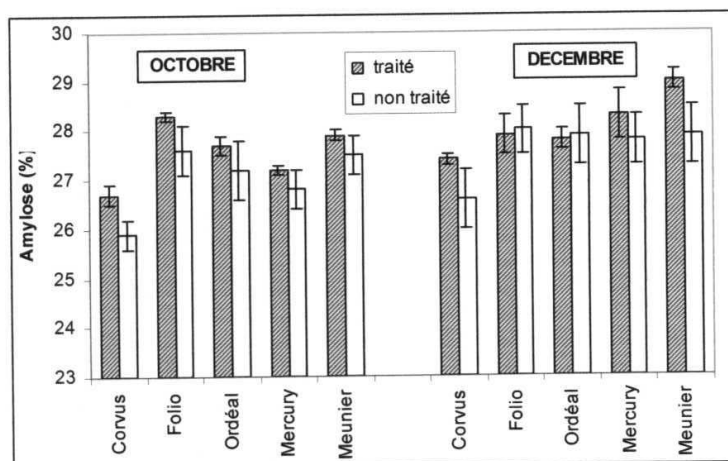
Amylose contents of starch extracted from different wheat varieties (harvest 2002, October drill) in function of fungicide treatment application.



Les teneurs en amylose varient légèrement en fonction des variétés (Figures 5 et 6). Parmi les conditions culturales, des teneurs un peu supérieures en 2003 sont notées par rapport à celles de 2002 ainsi qu'une légère tendance à un accroissement des teneurs pour les semis de décembre par rapport aux semis d'octobre. La protection fongicide semble induire en 2003 un effet positif mais ce dernier est rarement significatif.

Figure 6 : Teneur en amylose des amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2003, semis en octobre et en décembre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Amylose contents of starch extracted from different wheat varieties (harvest 2003, october and december drills) in function of fungicide treatment application.



L'endommagement de l'amidon et la capacité d'absorption en eau des farines

Le taux d'endommagement de l'amidon est fonction à la fois de la structure des grains de blé, ainsi que de la nature et de l'intensité des traitements mécaniques subis lors de la mouture (Feillet, 2000). Les amidons endommagés sont constitués de granules d'amidon ayant perdu leur intégrité et représentent 5 à 10% du total de l'amidon. Ils ont une grande influence sur le pouvoir d'absorption en eau des farines et sur l'activité des alpha-amylases (Viot, 1992 ; Berton *et al*, 2002). Les grains endommagés présentent en effet une capacité d'hydratation et une sensibilité à l'hydrolyse enzymatique supérieures, d'où une incidence importante sur la qualité et la machinabilité de la pâte.

Les mesures indiquent des variations de l'endommagement de l'amidon en fonction des variétés étudiées. Folio présente en effet un endommagement nettement plus élevé. L'influence de l'année de récolte est réduite ; par contre, pour des conditions de culture identiques, le report de la date de semis d'octobre à décembre induit un accroissement très net des valeurs d'endommagement observées. Pour ce paramètre, l'impact de la protection fongicide est également minime.

Figure 7 : Endommagement des amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2002, semis d'octobre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.
Damaged starch in different wheat varieties (harvest 2002, October drill) in function of fungicide treatment application.

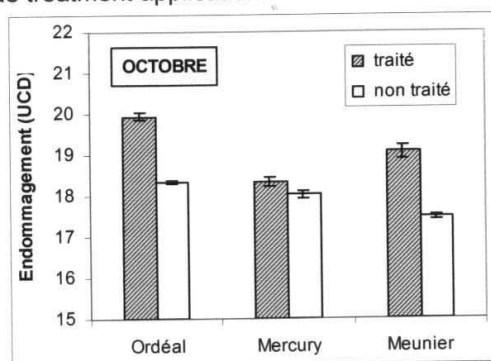
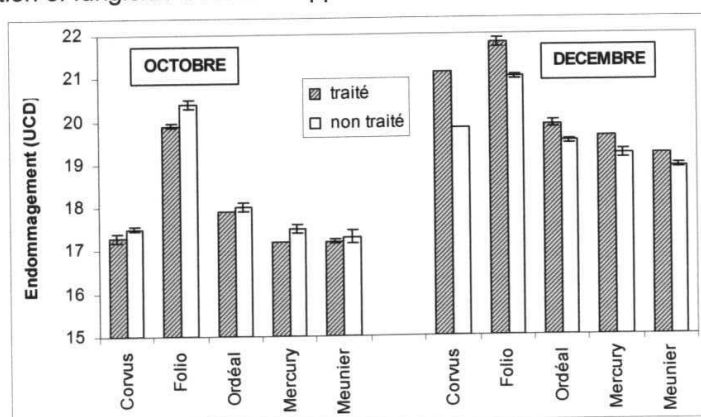


Figure 8 : Endommagement des amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2003, semis en octobre et en décembre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.
Damaged starch in different wheat varieties (harvest 2003, october and december drills) in function of fungicide treatment application.



La variété influence la capacité d'absorption en eau de la farine, qui est souvent corrélée au niveau d'endommagement de l'amidon ; cette relation est illustrée par le comportement de la variété Folio qui se distingue nettement pour cette caractéristique. L'influence des conditions culturales se marque principalement au niveau de l'effet « dates de semis », l'amidon issu des semis de décembre offre une plus grande aptitude à l'absorption d'eau ; l'influence de l'année de récolte est très faible de même que celle résultant des traitements fongicides.

Figure 9 : Capacité d'absorption en eau de différentes farines de blé (récolte 2002, semis d'octobre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Water absorptions of different wheat flours (harvest 2002, October drill) in function of fungicide treatment application.

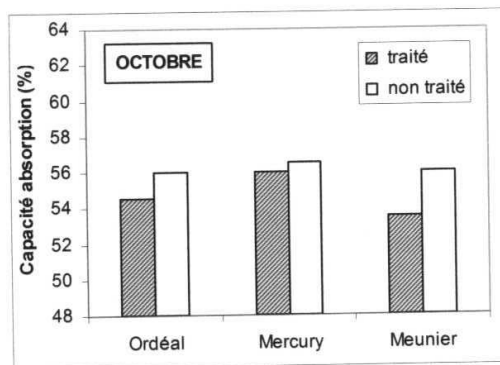
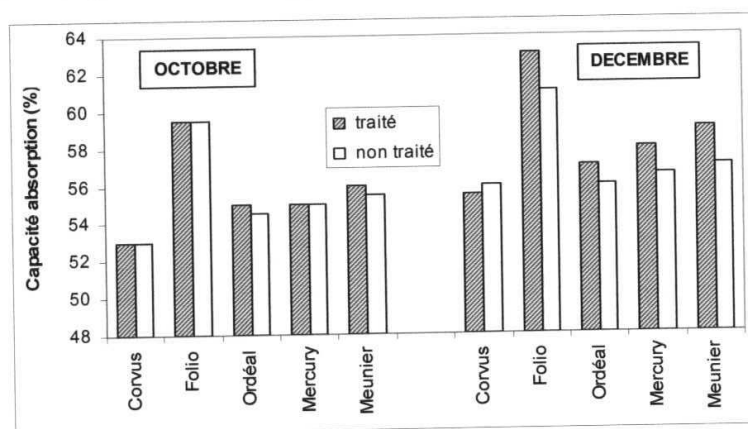


Figure 10 : Capacité d'absorption en eau de différentes farines de blé (récolte 2003, semis en octobre et en décembre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Water absorptions of different wheat flours (harvest 2003, october and december drills) in function of fungicide treatment application.



Les propriétés de viscosité des amidons

L'ensemble des caractéristiques intrinsèques de l'amidon évoquées ci avant (proportion petits/gros granules, ratio amylose/amylopectine, endommagement) va influencer ses propriétés techno-fonctionnelles, notamment la viscosité des empois d'amidon. Pour illustrer l'influence des facteurs culturaux étudiés sur ses propriétés de viscosité, des mesures de viscosité à chaud, obtenues en présence d'inhibiteur de l'activité *alpha*-amylasique (2 mM AgNO₃), sont présentées dans les figures 11 et 12. La présence de l'inhibiteur permet d'observer le comportement rhéologique dû aux caractéristiques propres de l'amidon étudié.

Le maximum de viscosité atteint à 95°C reflète la capacité à gonfler librement avant leur rupture physique. Un amidon avec un pouvoir gonflant élevé présente une viscosité maximale élevée.

Figure 11 : Pic de viscosité développé à 95°C, avec inhibiteur *alpha*-amylasique, par les amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2002, semis d'octobre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Viscosity at 95°C, with *alpha*-amylasique inhibitor, of starch extracted from different wheat varieties (harvest 2002, October drill) in function of fungicide treatment application.

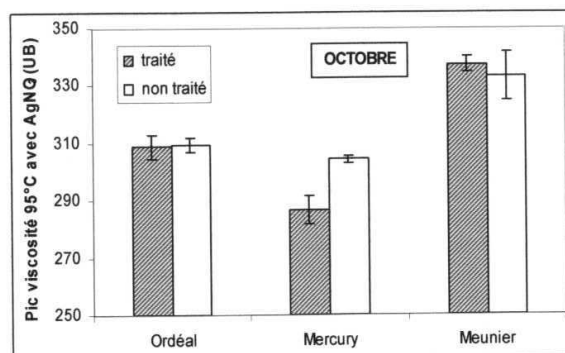
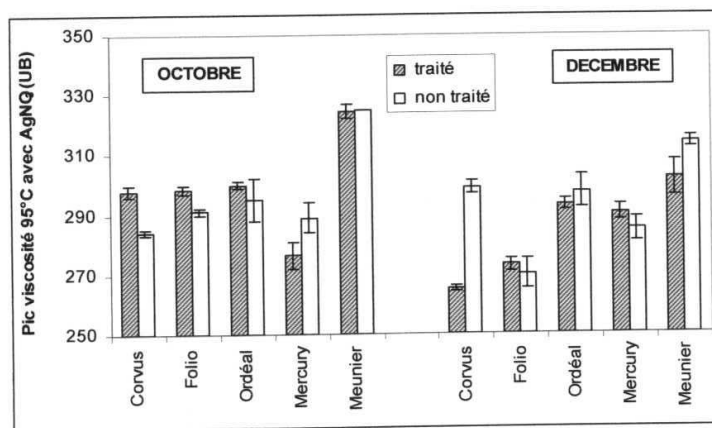


Figure 12 : Pic de viscosité développé à 95°C, avec inhibiteur *alpha*-amylasique, par les amidons extraits de différentes variétés de blé (récolte 2003, semis en octobre et en décembre) en fonction de l'application d'un traitement fongicide.

Viscosity at 95°C, with *alpha*-amylasique inhibitor, of starch extracted from different wheat varieties (harvest 2003, october and december drills) in function of fungicide treatment application.



Des différences importantes de viscosité à chaud sont observées entre variétés. Meunier et Mercury affichent des comportements opposés se répétant dans les semis d'octobre de 2002 et de 2003. L'effet de la date de semis est aussi marqué, le report de la date de semis en décembre abaisse significativement la hauteur des pics de viscosité chez la plupart des variétés, hormis chez Mercury. L'influence de la protection fongicide est très variable, parfois insignifiante mais parfois aussi importante et dans des sens contradictoires d'une variété ou situation culturale à l'autre.

DISCUSSION -CONCLUSION

Alors que la protection fongicide permet un meilleur remplissage du grain et donc un stockage supplémentaire d'amidon (l'augmentation du poids de mille grains pouvant atteindre 10 grammes dans nos essais), il peut paraître surprenant que les caractéristiques de l'amidon et les propriétés techno-fonctionnelles qui en découlent n'en soient que faiblement affectées. Le plus souvent, les variations observées ne peuvent être mises en relation avec la sensibilité aux maladies ou avec les réponses de la culture à la protection fongicide.

Les résultats de ces recherches, qui se sont poursuivies sur les récoltes 2004 et 2005, mettent clairement en évidence que les caractéristiques de l'amidon des blés produits en Belgique ne sont pas constantes (Massaux *et al*, 2006). Les différences observées ne sont pas principalement dues aux conditions de remplissage du grain (année culturale, niveaux de fertilisation azotée et de protection contre les maladies) ; elles résultent prioritairement de la variété et secondairement de la date d'implantation de la culture. Les gammes de variations observées entre variétés sont plus importantes que celles observées entre les quelques variétés retenues dans les essais initiaux et présentées dans cet article.

Les enseignements actuels de la recherche laissent entrevoir la possibilité de production ciblée de lots de blé en fonction des caractéristiques technologiques recherchées pour l'amidon ou pour la farine.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier la Région wallonne, Direction générale de l'Agriculture, qui subventionne cette recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdel-Aal E.-S.M., Hucl P., Chibbar R.N., Han H.L. and Demeke T, 2002. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal Chem.*, 79, 3, 458-464.
- Berton B., Scher J., Villieras F., Hardy J., 2002. Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. *Powder Technology*, 128, 326-331.
- Feillet, P., 2000. Amidon, pentosanes et lipides. *In* : Le grain de blé. INRA edition, Paris, 91-121.
- Lenartz J., Massaux C., Sinnaeve G., Sindic M., Bodson B., Falisse A., Deroanne C., Dardenne, P., 2006. Rapid visco analyser: influence des caractéristiques intrinsèques de l'amidon et des activités alpha-amylasiques sur les propriétés de gélification des moutures de blé tendre. *Industries des Céréales*, 147, 26-29.
- Massaux C., Bodson B., Lenartz J., Sindic.M., Sinnaeve G., Dardenne P., Falisse A., Deroanne C., 2006. L'amidon natif du grain de blé : un composé naturel à valoriser par la connaissance de ses propriétés techno-fonctionnelles ? *In* : Fumure et protection phytosanitaire des céréales – FUSAGx et CRA-W, Février 2006, Amidon 1-7.
- Morrison, W.R., Laignelet B., 1983. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.*, 1, 9-20.
- Parker, R., Ring, S.G., 2001. Aspects of the physical chemistry of starch. *J. Cereal Sci.* 34, 1-17.
- Roels S.P., Sindic M., Deroanne C., Delcour J.A., 1998. Protein composition and agglomeration tendency of gluten isolated from European wheats (*Triticum aestivum* L.) in a batter system. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 1344-1349.
- Sasaki T., Yasui T., Matsuki J., 2000. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation and pasting properties of starches from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds. *Cereal Chem.*, 77, 1, 58-63.
- Sindic M., Chevalier O., Duculot J., Foucart M., Deroanne C., 1993. Fractionnement du froment d'hiver : influences variétales et phytotechniques. *Industries des Céréales*, 2, 3-7.
- Viot, D., 1992. Amidons endommagés, ni trop, ni trop peu. *Industries des Céréales*, 2, 25-28.