

## VARIABILITE DE LA VISCOSITE DE L'EXTRAIT AQUEUX DES LOTS DE BLE FRANCAIS UTILISES DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES

F. Grosjean<sup>1</sup>, L. Saulnier<sup>2</sup>, M. Magnin<sup>3</sup>, M. Flatres<sup>3</sup>, P. Le Pavec<sup>4</sup>,  
C. Victoire<sup>5</sup>, P. Maupetit<sup>1</sup>, M.F. Beaux<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ITCF, 8 avenue du Président Wilson, 75116 Paris

<sup>2</sup> INRA, LBTG, BP 1627, 44316 Nantes Cedex

<sup>3</sup> UNICOPA, BP. 12, 56440 Languidic

<sup>4</sup> UFAC, 95450 Vigny

<sup>5</sup> SANDERS, 17 quai de l'Industrie, 91200 Athis Mons

\* avec la collaboration de F. Berthelot<sup>1</sup>, I. Bouchot<sup>1</sup>, R. Anquetin<sup>1</sup> et I. Brunet<sup>1</sup>

### Résumé

La viscosité relative d'extrait aqueux de 491 échantillons de blé tendre varie de 1,2 à 2,5. Les extraits aqueux de blé sont donc un peu plus visqueux que ceux du maïs ou du sorgho, à peine moins visqueux que ceux de triticale mais beaucoup moins que la plupart des extraits d'orges. Parmi les causes de variation de la viscosité relative du blé, la génétique (variétés) semble la plus importante. L'effet 'milieu de culture' est moindre et semble s'expliquer par l'alimentation hydrique. Les techniques culturales autres que l'irrigation (protection fongique, fertilisation azotée, date de semis) tout comme la germination ou la conservation semblent ne pas avoir d'effet.

### Abstract

#### Variability of water extract viscosity of French wheats used in poultry feeds.

The study involves 491 wheat samples. Relative viscosity of wheat water extract ranges from 1.2 to 2.5. Water extract viscosity is therefore higher in wheat than in maize and sorghum, slightly lower than in triticale but much lower than in most barley. Variability of results may be explained mainly by genetics (varieties). The effect of 'place of production' is less and seems to be explained by drought. The techniques of production other than irrigation (crop protection, nitrogen fertilization, date of sowing) or sprouting or storing seem to have no effect.

### Introduction

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) occupe une place de plus en plus importante dans l'alimentation des volailles en France. Ces dernières années, il a même tendance à remplacer le maïs. Or de nombreuses études ont montré que l'utilisation de cette céréale peut conduire à la formation de 'gel' dans l'intestin des oiseaux (Carré, 1992) dû à la présence d'arabinoxylanes solubles provenant des membranes des cellules de l'endosperme des grains. Ces 'gels' peuvent perturber la digestion et conduire à des fientes collantes qui dégradent les conditions sanitaires des élevages et la qualité des produits (sauté des carcasses et des oeufs).

Nous avons mis au point une méthode de mesure de viscosité d'extrait aqueux de blé (Saulnier et al., 1995) dont les résultats sont corrélés à la teneur en arabinoxylanes solubles des extraits et également corrélés aux mesures de viscosité jéjunale chez les poulets de 27 jours (Barrier-Guillot et al., 1995 ; Grosjean et al., 1997). Nous avons utilisé cette méthode, après standardisation entre plusieurs laboratoires, pour rechercher l'étendue de la variabilité de la viscosité de l'extrait aqueux des blés et en identifier les facteurs de variation.

### 1. Description de la méthode de mesure de viscosité in vitro

#### 1. 1. Réception et broyage des grains

Chaque échantillon de grains, est nettoyé (élimination des reste de paille, de glumes et de graines étrangères) en passant sur des grilles de 4 et de 2 mm. Il est ensuite divisé au diviseur pour constituer un échantillon d'environ 30 g. Ce dernier est broyé avec un broyeur à couteaux équipé d'une grille de 0,5 mm. La mouture peut être conservée plusieurs semaines au réfrigérateur avant analyse.

#### 1. 2. Préparation des extraits aqueux

Les opérations doivent s'enchaîner sans arrêt. De plus, pour les orges et les avoines, la température de la salle doit être comprise entre 20 et 25 °C.

- Peser exactement 2,500 g de grains broyés dans un tube en polypropylène de 30 ml bouchable et utilisable en centrifugeuse.

- Ajouter 10 ml d'eau désionisée, boucher. Secouer le tube pour décoller le culot avant de le placer dans un agitateur par retournement. Mettre l'agitateur à tourner à 60 tours par minute pendant 15 minutes.

(remarque : on peut aussi travailler avec 7,500 g de grains broyés dans un erlen de 100 ml dans lequel on rajoute 30 ml d'eau désionisée et un barreau magnétique. Placer ensuite sur un agitateur magnétique qui tournera pendant 15 minutes à 300 tours par minute. Verser, immédiatement après, le contenu dans un tube à centrifuger).

- Placer le tube dans une centrifugeuse, et centrifuger pendant 10 minutes à 5000 g.

- Verser le surnageant dans un verre pyrex muni de bouchon.

- Mettre le tube en verre au bain-marie à 100°C pendant 10 minutes.

- Refroidir dans un bain d'eau courante.

- Verser le contenu dans un tube en polyéthylène de 30 ml muni de bouchon dès la fin du refroidissement.

- Centrifuger pendant 5 minutes à 5 000 g.

- Filtrer le surnageant avec seringue et filtre de 0,45 µm. Recueillir le filtrat dans un tube en plastique de 13 ml muni d'un bouchon, et mettre le tube au réfrigérateur.

### 1.3. Mesure de viscosité au viscosimètre capillaire

- Les mesures sont faites au plus tôt une heure et demie, et au plus tard six heures après la fin de la filtration.

- Sortir l'échantillon du réfrigérateur juste avant la mesure.

- Placer le tube à deux branches de type Ostwald (Schott Geräte 518 10) dans le support baignant dans le bain-marie à 30,0 °C.

(remarque pour les orges : prendre le tube 518 13)

- Prendre précisément 2 ml d'extrait aqueux de blé ou d'eau désionisée à la pipette automatique.

- Introduire ces 2 ml dans la branche non capillaire du tube.

- Programmer 5 minutes de conditionnement pour équilibrer la température du liquide à analyser (eau désionisée ou extrait aqueux des céréales), et 3 mesures de temps de descente dans le tube capillaire. Ce temps peut être mesuré manuellement avec un chronomètre ou automatiquement avec un appareil de type AVS (Schott Geräte).

- Nettoyer le tube deux fois à l'eau désionisée et deux fois à l'acétone entre deux extraits aqueux.

Les valeurs de viscosité sont exprimées en :  
 $\text{viscosité relative (VR)} = \frac{\text{temps d'écoulement de la solution}}{\text{temps d'écoulement du solvant}}$

### 2. Etendue de la plage de variation de la viscosité des extraits aqueux de blé

Nous avons travaillé avec 491 échantillons de blé tendre cultivés en France, récoltés presque exclusivement en 1995 et 1996, représentant 67 variétés, et provenant d'au moins trois lieux. Parmi ces échantillons, 170 appartiennent à 21 variétés classées BPS (blés panifiables supérieurs), 186 appartiennent à 28 variétés classées BPC (blés panifiables courants) et 135 appartiennent à 18 variétés classées BAU (blés pour autres usages). Remarque : aucune variété BAF (blés améliorants ou de force) ne figure dans cette publication car ces variétés n'ont aucune chance de se retrouver sur le marché de l'alimentation animale.

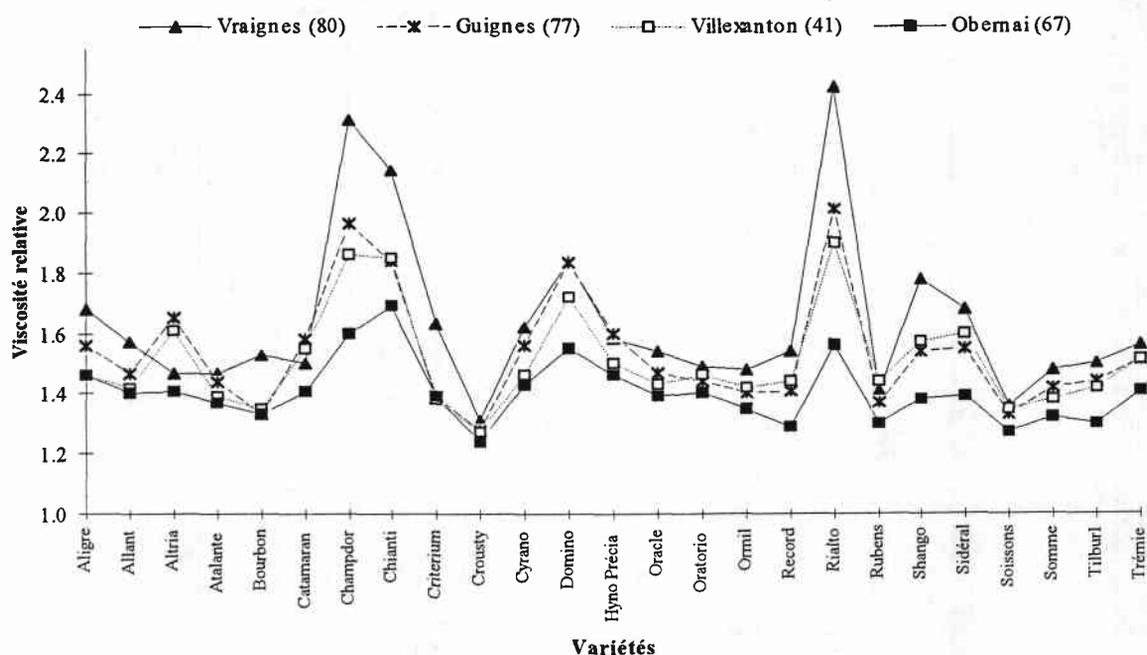
La variation de la viscosité relative des 491 échantillons va de 1,2 à 2,5 avec une valeur moyenne de 1,6 et un écart-type de 0,2. Ces résultats permettent de situer le blé tendre parmi les autres céréales. Les 491 valeurs sont toutes supérieures aux valeurs de viscosité relative trouvées par ailleurs sur 9 maïs et 3 sorghos (TABLEAU 1). Les valeurs inférieures sont voisines des valeurs observées sur 21 échantillons de blé dur qui varient de 1,2 à 1,5. Les 491 valeurs sont à peine inférieures aux valeurs de viscosité des lots de triticales qui vont de 1,5 à 3,2. Enfin, elles sont en général inférieures aux valeurs de viscosité des lots d'orge et d'avoine.

Nos résultats de viscosité relative des différentes céréales se positionnent sensiblement dans la même hiérarchie que les valeurs de viscosité potentielle utile de Carré et al. (1994).

**TABLEAU 1** : Viscosité relative des céréales (Grosjean et Barrier-Guillot, 1996 ; et résultats ITCF non publiés)

	n	moy	et	min	max
maïs	9	1,1	0,0	1,1	1,1
sorgho	3	1,1	0,0	1,1	1,1
blé tendre	491	1,6	0,2	1,2	2,5
blé dur	21	1,3	0,1	1,2	1,5
triticale	36	2,0	0,4	1,4	3,2
avoine	7	1,9	0,2	1,6	2,2
orges	58	3,4	1,3	1,3	7,0

FIGURE 1 : Viscosité d'extraits aqueux de 25 variétés de blé cultivées dans 4 lieux en 1996



### 3. Effet de la variété et du milieu

Parmi les lots analysés, certains ont permis de constituer des dispositifs factoriels variétés x lieux. La figure 1 représente une étude réalisée en 1996 sur 4 lieux avec 25 variétés cultivées avec des techniques classiques. En faisant abstraction d'une légère interaction variétés x lieux causée par quelques lots, l'effet variété et l'effet lieu sont significatifs, et l'effet variétal est primordial. Ces résultats confirment ceux trouvés en 1995 (Grosjean et Barrier-Guillot, 1996).

Cet effet variétal est confirmé d'autre part par le fait que le classement des variétés selon leur viscosité relative se retrouve dans d'autres travaux sur grains (Veldman et Vahl, 1994 ; Saulnier et al., 1995 ; Barrier-Guillot et al., 1995 ; van der Klis et al., 1995) ou sur farine (Cleemput et al., 1993). Cet effet variétal ne permet pas cependant de relier la viscosité à d'autres critères que l'on sait liés à la génétique : en particulier, il n'y a pas de relation entre le niveau de viscosité et le caractère hard ou soft des blés, et pas de relation entre le niveau de viscosité et le caractère relatif à la panification des blés (BAU, BPC ou BPS).

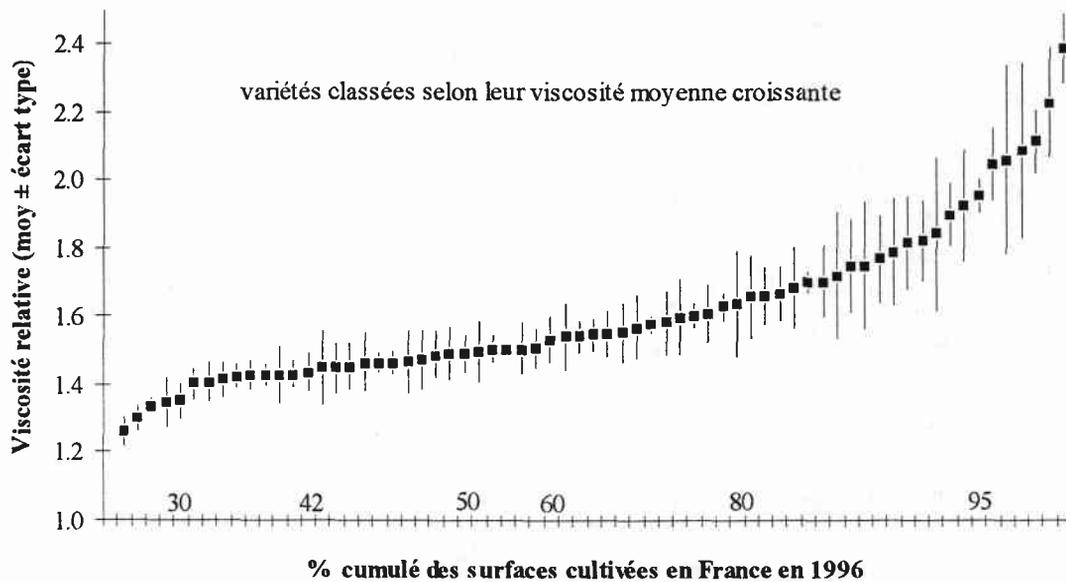
Les résultats de viscosité des 67 variétés sont présentés dans la FIGURE 2. Ces résultats représentent plus le potentiel de variabilité de viscosité du blé que la variabilité que peuvent trouver les fabricants d'aliments sur le marché. En effet, de nombreuses variétés sont peu cultivées et d'autres ne se retrouvent pas en alimentation animale. Afin d'appréhender le risque de trouver des lots à forte viscosité, nous avons rapporté dans

le TABLEAU 2 la proportion des surfaces emblavées avec les principales variétés en 1996, et indiqué sur l'axe horizontal de la FIGURE 2 le pourcentage cumulé des surfaces occupées par les différentes variétés en liaison avec leur viscosité moyenne. Il apparaît que la viscosité des blés présents sur le marché de l'alimentation animale est généralement peu élevée du fait de l'importance de la variété Soissons et des deux premières variétés BAU (Ritmo et Trémie).

TABLEAU 2 : Principales variétés de blé cultivées en France en 1996 (\*ONIC)

	type	% surface emblavée*	viscosité relative moyenne
Soissons	BPS	28,2	1,35
Sidéral	BPS	13,6	1,74
Trémie	BAU	10,7	1,58
Ritmo	BAU	7,1	1,43
Texel	BPC	3,4	1,50
Récital	BPS	3,2	1,63
Thésée	BPC	2,2	1,50
Vivant	BAU	2,1	1,54
Scipion	BPC	2,1	1,49
Forby	BPC	2,0	1,72
Rossini	BPC	1,8	1,65
Bourbon	BPC	1,7	1,44
Rialto	BPC	1,6	2,08
Orqual	BPS	1,5	1,45
Apollo	BAU	1,4	1,75
Charly	BPC	0,9	1,68
total		83,5	

**FIGURE 2 :** Viscosité des extraits aqueux de 67 variétés de blés (moyenne et écart-type) cultivées en France dans au moins 3 lieux en 1996



#### 4. Effet des techniques culturales

Des lots de même variété mais ayant eu une différence dans leur itinéraire de culture ont été analysés. Il s'avère que l'irrigation peut diminuer la viscosité des blés lorsque ceux-ci souffrent de sécheresse comme ce fut le cas en 1996 (FIGURE 3). Cet effet est en accord avec des différences de teneurs en arabinoxylanes solubles de différents blés notées par Hong et al. (1989). Cet effet est similaire à ce qui est observé sur orge en matière de viscosité (nous avons noté sur deux orges de 1996 récoltées dans la région de Toulouse une viscosité relative de 5,9 et 3,7 en irrigué contre 6,9 et 4,1 en sec), et de teneur en  $\beta$ -glucanes (Perez-Vendrell et al. 1993). L'amplitude de cet effet est limitée puisqu'elle ne dépasse pas 0,3 point de viscosité relative avec les variétés de blé travaillées. De plus, l'effet de l'irrigation ne concerne que la sécheresse après épiaison, comme le montre la comparaison de conduites d'irrigation sur deux variétés et sur deux lieux situés en Charente Maritime, en 1996 : les viscosités des blés ayant été irrigués en permanence et des blés irrigués seulement après floraison sont semblables et sont inférieures à celles de blés n'ayant jamais été irrigués ou irrigués seulement avant floraison (FIGURE 4). Enfin cet effet de l'irrigation semble associé avec la capacité de rétention du sol comme le montre la FIGURE 4 : la profondeur de sol à Bois Joly étant beaucoup plus faible qu'au Magneraud - le type de sol étant le même, et les sites le même climat.

Par contre, nous n'avons pas mis en évidence d'effet de la date de semis, pas d'effet de l'apport d'azote (que soit de la quantité d'azote apportée ou du fractionnement de la quantité d'azote apportée), pas plus que d'effet dû à la protection des cultures par des fongicides. A ce sujet, il faut noter que, bien que ces techniques influent sur le poids de 1000 grains, nous n'avons pas noté de relation entre le poids de 1000 grains et la viscosité relative.

#### 5. Evolution des lots de blé dans le temps

Nous n'avons pas mis en évidence d'évolution de la viscosité de lots de blé récoltés en 1995 et 1996, ni immédiatement après récolte, ni lors de leur conservation sur plusieurs mois, voire plus d'un an.

#### 6. Effet de la germination du blé

La viscosité d'extrait aqueux de 3 lots de blé (à 'faible', 'moyenne' et 'forte' viscosité) et d'une orge à viscosité 'moyenne' a été suivie au cours de leur germination contrôlée (sur papier imbibé d'eau pendant plusieurs jours, à 20°C). La viscosité des blés évolue peu alors que celle de l'orge chute rapidement, dès les 24 premières heures de la germination (FIGURE 5). Ces résultats sont en accord avec les travaux de Fengler et al. (1990). Nous en déduisons que l'activité 'arabinoxylanase' dans le blé est faible, alors que l'activité  $\beta$  glucanase dans l'orge est élevée lors de la germination.

FIGURE 3 : Effet de l'irrigation sur la viscosité d'extraits aqueux de blé

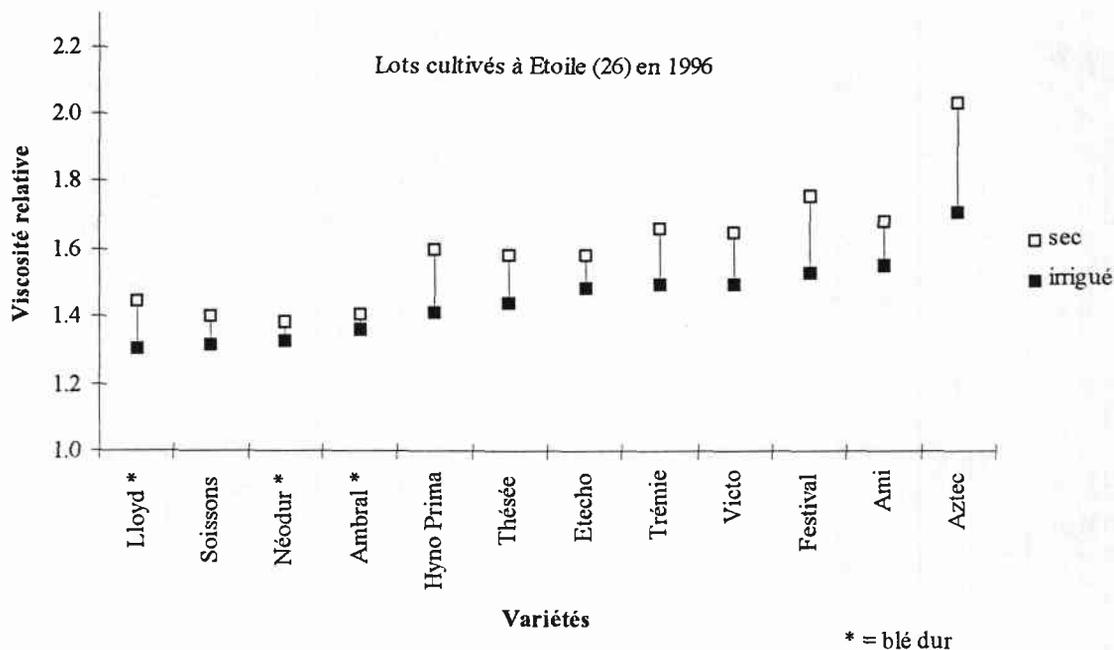
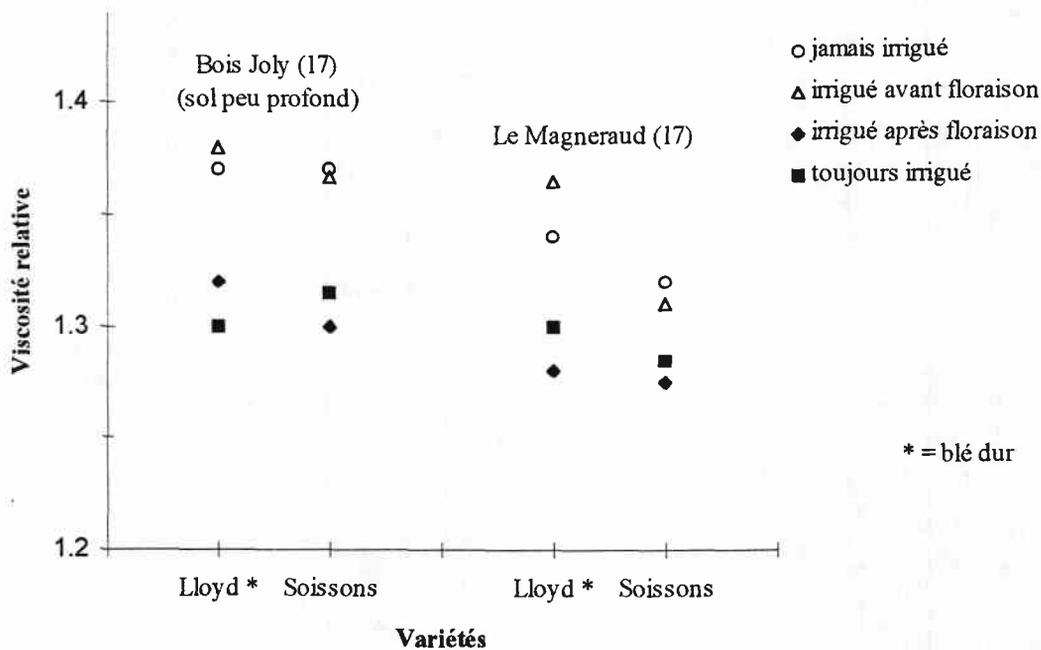


FIGURE 4 : Effet de différents programmes d'irrigation et de la profondeur de sol sur la viscosité des blés

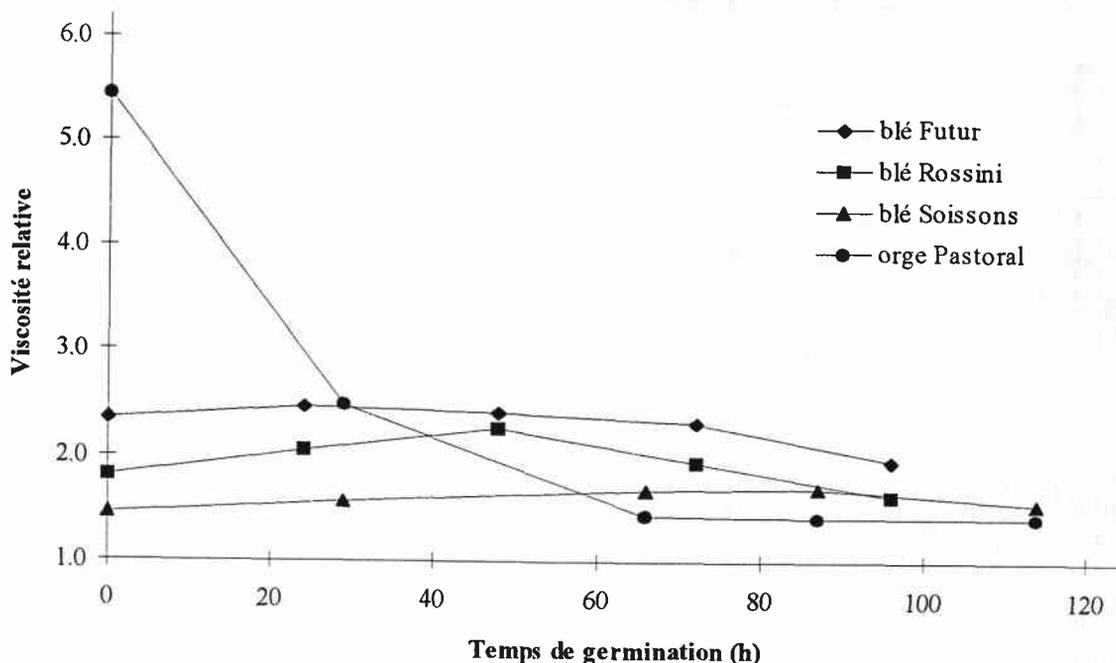


### Conclusion

La viscosité relative des échantillons de blé tendre présente une certaine variabilité, même si les lots à 'forte' viscosité relative sont peu ou pas cultivés. L'origine de cette variabilité paraît principalement génétique. L'effet du milieu de culture semble être lié au climat et à la capacité de rétention d'eau du

sol. Les techniques culturales à l'exception de l'irrigation n'ont pas d'effet. En conséquence, ces résultats peuvent servir en alimentation animale à optimiser l'utilisation des enzymes et aider les sélectionneurs de blé dans l'obtention de variétés correspondant aux souhaits des nutritionnistes.

**FIGURE 5 :** Evolution de la viscosité des extraits aqueux de grains lors de la germination



#### Remerciements

Les auteurs remercient le fonds SYPRAM qui a financé une partie des informations rapportées ci-dessus (programme SYPRAM n° 21 conduit par l'ITCF et le GERNA). Les auteurs remercient également les experts du SYPRAM (madame Juin, messieurs Dromigny, Leloutre et Paruelle) ainsi que monsieur Palisse Roussel pour leur conseils durant le déroulement du programme de recherche.

#### Références

Barrier-Guillot B., Bedford M., Métayer J.P., Grosjean F., Gâtel F., 1995. *Sciences et Techniques Avicoles*, 13, 4-12.  
 Carré B., 1992. Les polysaccharides non amyliques hydrosolubles. In *Les contaminants et facteurs antinutritionnels dans les aliments des volailles : vrais ou faux problèmes*. Conférence WPSA-SIMAVIP du 3 mars 1992. Cahier n°8. WPSA. Paris.  
 Carré B., Gomez J., Melcion, Giboulot B., 1994. *INRA Productions animales*, 7, 369-379.

Cleemput G., Roels S.P., Oort M. van, Grobet P.J., Delcour J.A., 1993. *Cereal Chem.*, 70, 324-329.  
 Fengler A.I., Aherne F.X., Robblee A.R., 1990. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28, 243-253.  
 Grosjean F., Barrier-Guillot B., 1996. *Industries des céréales*, 98, 13-33.  
 Grosjean F., Barrier-Guillot B., Bourdillon A., Rudeaux F., Ferchal E., 1997. Relation entre la viscosité d'extrait aqueux du blé et des données d'élevage de poulets. *Journées Rech. Avicole*, sous presse.  
 Hong B.H., Rubenthaler G.L., Allan R.E., 1989. *Cereal Chem.*, 66, 369-373.  
 Perez-Vendrell A.M., Francesch M., Esteve-Garcia E., Brufau J., 1993.  $\beta$ -glucan content of barleys grown in Spain determined by HPLC. *Proceedings of the first symposium Enzymes in Animal nutrition*. Kartause Ittingen, Switzerland, october 1993, 272-275.  
 Saulnier L., Peneau N., Thibault J-F., 1995. *J. Cereal Sci.*, 22, 259-264.  
 Van der Klis J.D., Kwakernaak C., de Wit C., 1995. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 51, 15-27.  
 Veldman A., Vahl H.A., 1994. *British Poultry Sci.*, 35, 537-550.