

## Les objectifs

Les caractéristiques des blés fréquemment sélectionnés en Europe et spécialement en France font souvent apparaître une insuffisance d'extensibilité de la pâte, telle que mesurée à l'Alvéographe. Ces blés ont généralement une pâte très tenace, il en résulte un déséquilibre du rapport P/L souvent préjudiciable à une transformation satisfaisante en panification. Les insuffisances d'extensibilité et le faible volume du pain sont deux défauts qui, s'ils sont présents dans un même cultivar, conduisent à son rejet lors de l'inscription au Catalogue. Les recherches ont été entreprises pour mieux cerner dans les constituants du grain et les propriétés de la farine les variables qu'il convient de prendre en compte pour effectuer une sélection. Les objectifs ont été les suivants :

- 1-Approfondissement des bases biochimiques et moléculaires caractéristiques des blés à gluten extensible;
- 2-Approfondissement des caractéristiques biochimiques et technologiques des blés à pâte extensible;
- 3-Recherche des QTL impliqués dans la distribution des tailles de granules d'amidon;
- 4-Prediction du volume du pain

## Matériel et méthodes

L'étude a été conduite à partir de 40 génotypes par année (Tableau 1) expérimentés en essais randomisés (deux répétitions en mode conventionnel et protection phytosanitaire) dans cinq lieux en France. Trois lieux (1 Club5, 1 CETAC et 1 INRA) ont été retenus, par année, après récolte sur la base des observations en végétation et de variables (protéines, PS, PMG, Hagberg). Les mesures suivantes ont été effectuées :

### Par l'Inra de Clermont Fd :

- Diversité génétique des gluténines de haut et faible poids moléculaire,
- Caractéristiques physiques : PMG, PS, Mesure % protéines et dureté du grain,
- Viscosité des pentosanes (mesure de la viscosité réelle), Temps de chute d'Hagberg,
- Extraction des granules d'amidon et détermination des proportions des types A, B et C,
- Préparation des moutures complètes pour Momont, Arvalis, Chopin et l'IPL Beauvais.

### Par la SARL Adrien Momont et Fils

Extraction et mesure des caractéristiques du gluten au glutomatic.

### Par Arvalis Institut du végétal :

- Teneur en protéines et dureté des grains,
- Détermination des fractions protéiques par HPLC d'exclusion de taille,
- Réalisation des farines (CD1 auto) et sur ces farines réalisation de: l'Alvéographe Chopin, l'analyse du comportement, rhéologique en double contrainte de pétrissage et de chauffe au Mixolab Chopin, la Panification BIPEA.

### Par l'Institut Polytechnique La salle Beauvais

Extraction des protéines et détermination de la distribution de la taille et de la masse des polymères par AFFFF.

### Par Chopin technologies :

Prediction du comportement rhéologique à l'Alvéographe et en panification à l'aide du Mixolab selon un protocole rapide mis au point par la Société, sur deux types de produits (farine préparée par Arvalis, et mouture intégrale préparée par Chopin).

## Resultats

### 1 La diversité technologique fut fortement influencée par le milieu et les génotypes

Les 40 variétés cultivées chaque année avaient été choisies sur la base de leurs aptitudes technologiques: absence de « very soft » et de « very hard » ( soft 12%, Mhard 46% et Hard 42%), ayant un P/L très bas <0.3 à P/L >3 et un volume du pain allant de très faible<1200 à >1800cm<sup>3</sup>. Seulement 13 variétés sont communes aux deux années d'expérimentation. Les 67 variétés présentent une diversité allélique, des sous-unités de haut et de faible poids moléculaires des gluténines, très élevée. Au total 28 allèles sont dénombrés aux six loci des gluténines (Tableau 2) sur ces 67 génotypes dont 90% ont été proposés par les 11 établissements privés de sélection participant à cette étude.

Les caractéristiques des grains et des farines ont été mesurées à l'aide de 14 tests apportant au total 95 variables physicochimiques et technologiques mesurées sur les 240 échantillons des deux années de récolte. Les valeurs phénotypiques observées révèlent une très grande variation pour la totalité des paramètres; par exemple: %protéines de 9.0 à 14.9, gluten index de 8,9 à 99,5, W de 64 à 400, ténacité P de 33 à 156, gonflement G de 14,1 à 31,1 P/L de 0,22 à 3,68, volume du pain de 1024 à 1941. Les mesures sur la plupart des paramètres ont été significativement influencées par les lieux et l'année de l'essai mais aussi par les génotypes (Tableau 3). L'héritabilité calculée sur les essais de chaque année fait effectivement ressortir plusieurs paramètres nettement influencés par la diversité génétique, comme la dureté du grain, la viscosité des pentosanes, fraction HPLC F2, Mixolab C2. Le P/L est relativement bien héritable mais il n'en est pas de même du volume du pain.

### 2 Principaux facteurs impliqués dans la variation du P, du G, du P/L et du volume

L'analyse de l'ensemble des données technologiques produites à partir des 240 échantillons de blé incluant l'identification des allèles des gluténines à la mesure des masses de polymères fait ressortir plusieurs points importants que l'on présente brièvement comme suit:

**La ténacité P** augmente avec la dureté du grain, le PS et le PMG mais peu avec la teneur en protéines. La mesure du Gluten Index et aussi l'utilisation du Mixolab permettent de bien approcher la ténacité P. Celle-ci est aussi significativement influencée par plusieurs allèles des gluténines HPM et FPM (Figure 1A). L'indice Mw/Mn2 de poly-dispersité des polymères du gluten influence la ténacité.

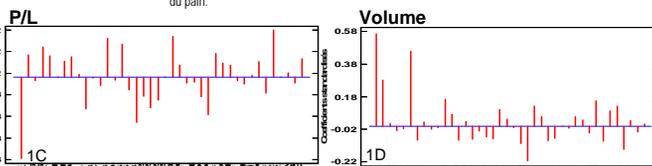
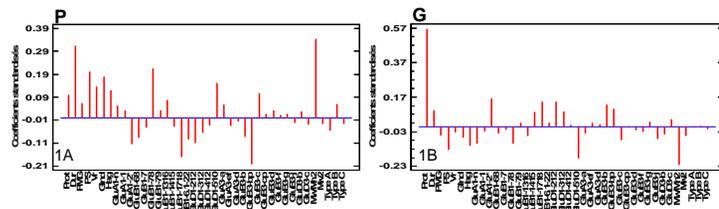


Figure 1 Coefficients obtenus par l'analyse PLS de la ténacité (1A), du gonflement G (1B), du P/L (1C) et du volume du pain (1D).

**Le P/L équilibré** (voisin de 0.7) est plus facilement obtenu avec une teneur en protéines relativement élevée, des valeurs moyennes en PS, et viscosité des pentosanes, une dureté entre Soft et MH, avec les allèles des gluténines associés à l'extensibilité et un faible indice de polydispersité des polymères (Fig.1C).

**Le volume** est favorisé non seulement lorsque le P/L est équilibré mais aussi lorsque la masse des polymères est faible. De plus les allèles des gluténines négativement associés à la force et à l'extensibilité ressortent favorables au volume. L'analyse de ces observations nous révèle que la polymérisation des protéines atteint aujourd'hui des valeurs particulièrement élevées.

Cette étude nous a fait apparaître plusieurs variables importantes qu'il convient de prendre en compte pour améliorer la valeur en panification du blé tendre. Elle nous révèle que les polymères des protéines de réserve sont à prendre en considération dans l'analyse du comportement en panification.

Année 1: 2008-2009										Année 2: 2009-2010									
IDM	Variété	P/L	Cl	Clas	Verbeine	IDM	Variété	P/L	Cl	Clas	Verbeine								
1	FR SOLLARIO	0.22	1	1	1	1	FR SOLLARIO	0.22	1	1	1								
2	FR CAPADON	0.22	1	1	1	2	FR CAPADON	0.22	1	1	1								
3	FR ENCELENDOR	0.22	1	1	1	3	FR DOBEL	0.22	1	1	1								
4	FR ANZECO	0.22	1	1	1	4	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
5	FR ANGAZOU	0.22	1	1	1	5	FR ALBIANO	0.22	1	1	1								
6	FR PREMIO	0.22	1	1	1	6	FR SOCCREPERT	0.22	1	1	1								
7	FR LOMORDO	0.22	1	1	1	7	FR SALTSTAR	0.22	1	1	1								
8	FR SOLINDO	0.22	1	1	1	8	FR PEXON	0.22	1	1	1								
9	FR SORDAL	0.22	1	1	1	9	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
10	FR SINDORO	0.22	1	1	1	10	FR SINDORO	0.22	1	1	1								
11	FR CAMPENO	0.22	1	1	1	11	FR ADAGIO	0.22	1	1	1								
12	FR SELEST	0.22	1	1	1	12	FR SAZZANO	0.22	1	1	1								
13	FR APACHE	0.22	1	1	1	13	FR APACHE	0.22	1	1	1								
14	FR SORDAL	0.22	1	1	1	14	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
15	FR SORDAL	0.22	1	1	1	15	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
16	FR SORDAL	0.22	1	1	1	16	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
17	FR SORDAL	0.22	1	1	1	17	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
18	FR SORDAL	0.22	1	1	1	18	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
19	FR SORDAL	0.22	1	1	1	19	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
20	FR SORDAL	0.22	1	1	1	20	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
21	FR SORDAL	0.22	1	1	1	21	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
22	FR SORDAL	0.22	1	1	1	22	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
23	FR SORDAL	0.22	1	1	1	23	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
24	FR SORDAL	0.22	1	1	1	24	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
25	FR SORDAL	0.22	1	1	1	25	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
26	FR SORDAL	0.22	1	1	1	26	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
27	FR SORDAL	0.22	1	1	1	27	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
28	FR SORDAL	0.22	1	1	1	28	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
29	FR SORDAL	0.22	1	1	1	29	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
30	FR SORDAL	0.22	1	1	1	30	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
31	FR SORDAL	0.22	1	1	1	31	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
32	FR SORDAL	0.22	1	1	1	32	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
33	FR SORDAL	0.22	1	1	1	33	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
34	FR SORDAL	0.22	1	1	1	34	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
35	FR SORDAL	0.22	1	1	1	35	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
36	FR SORDAL	0.22	1	1	1	36	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
37	FR SORDAL	0.22	1	1	1	37	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
38	FR SORDAL	0.22	1	1	1	38	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
39	FR SORDAL	0.22	1	1	1	39	FR SORDAL	0.22	1	1	1								
40	FR SORDAL	0.22	1	1	1	40	FR SORDAL	0.22	1	1	1								

Tableau 1: Quelques caractéristiques des variétés expérimentées les deux années en 10 lieux en France

Parametres	Moyenne	Mini	Maxi	F Lieu année	F Variété	R <sup>2</sup>	H <sup>2</sup>
PMG	47.7	36.4	64.9	115.9****	17.4****	88.1	0.67-0.82
PS	79.5	73.4	83.9	62.4****	11.6****	82.1	0.34-0.66
Tps chute	371	188	452	17.1****	6.3****	67.5	0.35-0.67
Dureté	55.9	0.9	112.8	102.6****	28.1****	91.6	0.75-0.89
% Protéines	11.5	9.0	14.9	453.1****	7.32****	90.8	0.21-0.44
Gluten Index	80.4	8.9	99.5	81.3****	4.84****	72.3	0.38-0.54
Amidon Type A	81.3	70.3	93.3	12.3****	7.2****	69.6	0.58-0.66
Visco. Réelle	2.00	1.35	3.18	69.2****	21.4****	89	0.78-0.83
AFFFF Mw2	1.4E+07	5.4E+06	4.9E+07	34.4****	6.2****	70	0.17
W	203.0	64.0	400.0	120.2****	10.1****	83.7	0.40-0.73
G	20.1	14.1	31.1	242.4****	18.5****	90.9	0.54-0.66
P	77.1	33.0	156.0	88.4****	20.6****	89	0.75-0.80
P/L	1.11	0.22	3.68	57.4****	14.2****	84.5	0.60-0.77
volume Pain	1551	1024	1941	20.7****	3.1****	50.8	0.24-0.44
note totale	246	124	281	6.3****	2.6****	38.9	0.20-0.47
Panif							
HPLC % F2	23.8	17.9	27.4	5.8****	12.8****	80.3	0.71-0.90
Mixolab C2	0.53	0.40	0.67	26.4****	11.2****	79.6	0.73-0.86
Mixolab Rapid C2	0.92	0.58	2.41	2.7*	4.1**	51.9	0.69

Tableau 3: Statistiques descriptives sur les 240 mesures, F lieu, F variété et R<sup>2</sup> du modèle de l'ANOVA, et héritabilité générale H<sup>2</sup> pour seulement 18 paramètres étudiés dont le P/L et le volume du pain.

**Le Gonflement G ou Extensibilité L** augmente avec la teneur en protéines mais diminue lorsque croissent le PS, la viscosité des pentosanes et dans une moindre mesure le temps de chute Hagberg. Les valeurs élevées de ténacité ainsi que du gluten index influent négativement le G ou L. La plupart des allèles des gluténines HPM et FPM associés à la ténacité sont donc à proscrire pour augmenter le L. De même on relève qu'un faible indice Mw/Mn2 des protéines polymérisées est favorable à l'extensibilité (Figure1B)

G. Branlard<sup>1</sup>, B. Méléard<sup>2</sup>, F.X. Oury<sup>1</sup>, L.Rhazi<sup>3</sup>, N Boinot<sup>4</sup>, les membres du Club5<sup>5</sup> et du CETAC<sup>6</sup>

(1) INRA UMR 1095 GDEC - UBP, 63039 Clermont-Ferrand, Cedex 03; (2) ARVALIS Institut du Végétal, 91720 Boigneville; (3) Institut Polytechnique La salle Beauvais; (4) Chopin Technologies, 92390 Villeneuve la Garenne; (5) Club5, 83 av. Grande Armée, 75782 Paris Cedex 16; (6) CETAC 7 rue Coq Héron 75030 Paris Cedex 01