

## Les objectifs

Le blé se caractérise par une grande capacité d'adaptation à diverses conditions environnementales. Son rythme de développement, qui dépend des conditions de milieu et du génotype, peut permettre à la plante d'échapper à des stress biotiques et abiotiques.

Au cours de ce projet, nous avons essayé :

- de mieux comprendre la variabilité de la précocité, au sein d'un ensemble de lignées adaptées aux conditions de l'agriculture française.
- d'étudier l'effet de certains gènes ou combinaisons de gènes dans le contrôle de ces mécanismes d'adaptation environnementale du blé tendre.

## Matériel et méthodes

Une large collection de génotypes (126 lignées et variétés fournies par les différents partenaires du projet) a été étudiée au cours des campagnes 2008-2009 et 2009-2010 :

- des pépinières et des essais micro-parcelles ont permis d'évaluer la précocité à la montaison (stade épi 1cm) et la précocité à l'épiaison.
- des pépinières à semis décalés (2 dates de semis au printemps) ont permis d'évaluer les besoins en vernalisation.
- la serre photopériodique de l'INRA de Mons a été utilisée pour évaluer la sensibilité à la photopériode (plantes vernalisées conduites en jours courts), et la précocité intrinsèque (plantes vernalisées conduites en jours longs).

- la diversité allélique pour des gènes impliqués dans le rythme de développement a été étudiée: le marquage moléculaire a porté sur le gène de sensibilité à la photopériode *Ppd-1* (chromosome 2D), et les gènes *Vrn-1* (chromosomes 5A, 5B et 5D) et *FT* (= *Vrn-3*; chromosomes 7A et 7D) impliqués dans les besoins en vernalisation.

Pépinière	Essai micro-parcelles	Pépinière semis décalés	Serre photopériodique
CF 2009	CF 2009	CF 2009	EM 2009
EM 2009	EM 2009	EM 2009	
LM 2009	LM 2009	AO 2009	EM 2010
MH 2009	AR 2009	AR 2010	
UNI 2009	L VH 2009	AR 2010	
CF 2010	CF 2010	CF 2010	
EM 2010	EM 2010	EM 2010	
CAU 2010	CAU 2010	AO 2010	
MAU 2010	AR 2010	AR 2010	
LOU 2010			

Tableau 1: expérimentations réalisées au cours des campagnes 2008-2009 et 2009-2010.

CF=Clermont; EM=Mons; LM=LeMoulon; MH=Allones; UNI=Fröissy; AO=LaMinière; AR=Villiers; LH=Montroy; CAU=Caussade; MAU=Maule; LOU=Louville

Marqueur	Chromosome	Frequences Alléliques
<i>Ppd-D1</i>	2D	1 = 75 2 = 51
<i>Vrn-1A<sub>prom</sub></i>	5A	1 = 3 2 = 109 + (4) 3 = 10 + (1) 4 = (2) 5 = 2
<i>Vrn-1A<sub>ex7</sub></i>	5A	1 = 101 + (6) 2 = 19 + (6)
<i>Vrn-1B<sub>ex1</sub></i>	5B	1 = 123 2 = 3
<i>Vrn-1D<sub>ex1</sub></i>	5D	1 = 126 2 = 0
<i>FT</i>	7A	1 = 46 2 = 78 NA = 2
<i>FT</i>	7D	1 = 112 + (1) 2 = 5 + (1) NA = 7

Tableau 2: résultats du marquage moléculaire.

## Résultats

### 1 Etude des composantes de la précocité

Par segmentation sur les allèles des gènes *Vrn-1*, *Ppd-1* et *FT*, on obtient une réduction de 77% de la déviance totale : la dichotomie sur les allèles 1 et 2 de *Ppd1-2D* absorbe, à elle seule, 73% de cette déviance totale.

EPIAISON serre EM (JC-JL): réduction de déviance = 76.8 %

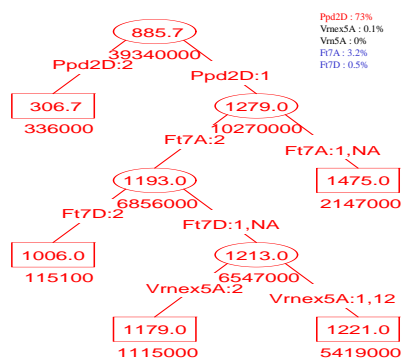


Figure 1: arbre de segmentation pour la sensibilité à la photopériode.

Il y a plus de 400°C.jour entre les 2 lignées intrinsèquement les plus précoces (QUALITY et ESPERIA), et les 2 lignées intrinsèquement les plus tardives (LIMES et CAPHORN).

La précocité intrinsèque étant par définition indépendante des besoins en vernalisation et en photopériode, on ne met en évidence aucun effet des gènes *Vrn-1*, *Ppd-1* et *FT*.

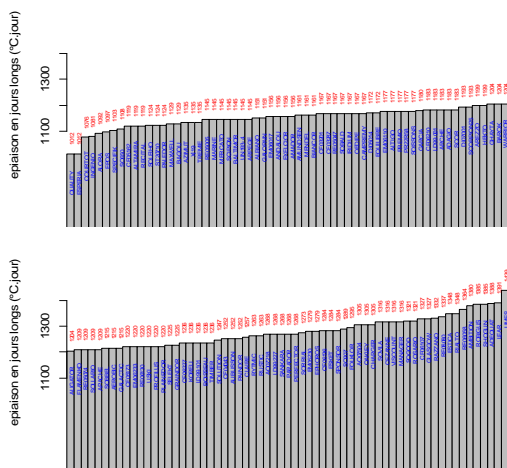


Figure 2: précocité intrinsèque des 126 génotypes.

Pour les besoins en vernalisation, la segmentation sur les allèles des gènes *Vrn-1*, *Ppd-1* et *FT* permet une réduction de 50% de la déviance totale. Le polymorphisme à l'exon 7 de *Vrn1-5A* absorbe 35% de cette déviance totale, et apparaît déterminant pour la définition des types « hiver » et « printemps » dans le cas du matériel adapté à l'agriculture française.

Il faut noter que lorsqu'on s'intéresse à une collection représentative de la diversité génétique mondiale, cet effet de l'exon7 est complètement masqué par l'effet prépondérant des allèles au promoteur de *Vrn1-5A*.

EPIAISON semis de printemps: réduction de déviance = 50.5 %

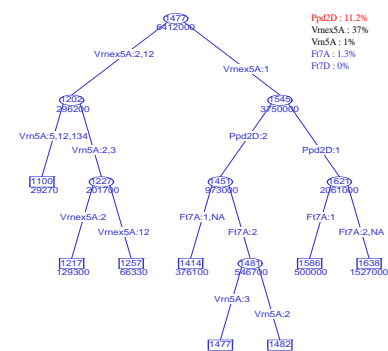


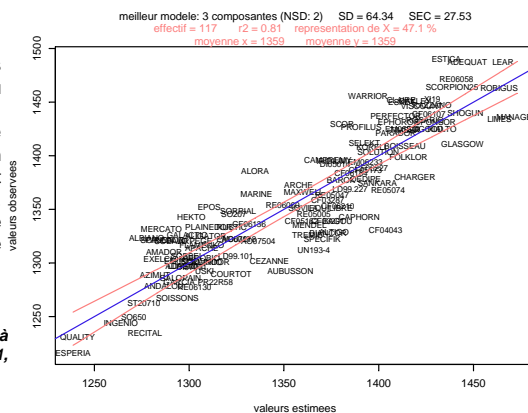
Figure 3: arbre de segmentation pour les besoins en vernalisation.

### 2 Prédiction de la précocité à l'épiaison

Lorsqu'on utilise comme variables explicatives les différents allèles des gènes *Vrn-1*, *Ppd-1* et *FT*, le niveau d'explication du modèle s'avère insuffisant ( $R^2$  de l'ordre de 60%).

Par contre, lorsqu'on rajoute la précocité intrinsèque comme variable explicative (figure 4), on atteint des niveaux d'explication ( $R^2$  de l'ordre de 80%) qui se rapprochent de ce qui serait nécessaire pour avoir des modèles de prédiction intéressants. Malheureusement, la précocité intrinsèque n'est pas un caractère simple à mesurer, et mettre en œuvre des équations de prédiction qui font appel à cette variable n'est donc pas aisé.

Figure 4: régression PLS pour expliquer la précocité à l'épiaison à partir de la composition allélique aux gènes *Vrn1*, *Ppd* et *FT*, et de la précocité intrinsèque.



## Conclusions

- Un faible nombre de marqueurs aux gènes *Ppd-1*, *Vrn-1* et *FT* permet d'expliquer une part importante de la variabilité de 2 composantes de la précocité (sensibilité à la photopériode et besoins en vernalisation).

- le polymorphisme à l'exon 7 de *Vrn1-5A* semble déterminant pour la définition des types « printemps/hiver » pour le matériel adapté à l'agriculture française.

- la précocité intrinsèque est un paramètre important, mais son déterminisme génétique n'est pas connu.

François-Xavier OURY<sup>1</sup>, Michel ROUSSET<sup>2</sup>, Emmanuel HEUMEZ<sup>3</sup>, Jérôme AUZANNEAU<sup>4</sup>, Jean-Michel DELHAYE<sup>5</sup>, Sébastien DESHAYES<sup>6</sup>, Sylvie DUTRIEZ<sup>7</sup>, David GOUACHE<sup>8</sup>, Pascal GIRAUDEAU<sup>9</sup>, Christophe MICHELET<sup>10</sup>, Philippe LEREBOUR<sup>11</sup>, Jayne STRAGLIATI<sup>6</sup>, Stephen SUNDERWIRTH<sup>12</sup>

1 - INRA UMR GDEC, 234 avenue du Brézet, 63100 Clermont-Ferrand  
4 - Agri-Obtentions, Chemin de la petite Minière, 78041 Guyancourt  
10 - R2n, route d'Epiney, 28150 Louville-la-Chenard

2 - INRA UMR GV, Ferme du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette  
5 - Lemaire-Deffontaines, Auchy-les-Orchies, 59310 Orchies  
8 - Arvalis Institut du Végétal, 91190 Gif-sur-Yvette  
11 - Unisigma, 2 rue du petit Sorri, 60480 Froissy

3 - INRA UMR SADV, Estrées-Mons, 80203 Péronne  
6 - Limagrin, 5 rue de l'Égalité, 28130 Chartainvillers  
9 - Secobra Recherches, 78580 Maule  
12 - SARL Adrien Momont, RN154, 28150 Allones