



FsoV JEUDI 8 JANVIER 2015

**IDENTIFICATION DES DÉTERMINISMES
GÉNÉTIQUES PERMETTANT UNE ÉLABORATION
OPTIMALE DU RENDEMENT SOUS
CONTRAINTES (CLIMATIQUE, AZOTE ET
MALADIES)**

Laure DUCHALAIS



CONTEXTES ET OBJECTIFS

« Produire plus et produire mieux » → Objectif d'économie d'intrants → Adaptation à des situations de contraintes multiples (température, disponibilité en eau, nutrition azotée, pression maladies...)	Développement d'outils → Génotypage haut-débit → Développement d'outils statistiques tels que la génétique d'association
--	---



Mise en évidence des facteurs génétiques impliqués dans l'élaboration du rendement
 (avec ou sous contraintes de stress hydrique, azoté ou maladies)

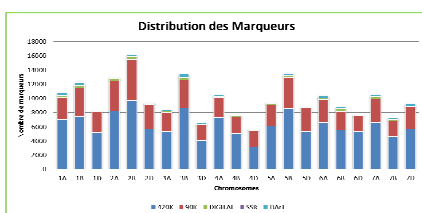




MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel végétal

- Panel de 206 lignées
 - 148 variétés issues d'un panel «élite» Arvalis
 - 58 lignées issues des programmes de sélection Bioplante et R2N



Génotypage

- 1572 marqueurs DArT (Triticarte Pty Ltd)
- 439 marqueurs SSR (INRA GDEC)
- 1 734 SNPs issus du projet Digital (INRA GDEC)
- 35 867 SNPs issus de la puce 90K (Infinium Illumina)
- 104 727 SNPs issus de la puce TaBW420 développée dans le cadre du projet Breedwheat (INRA GDEC)



MATÉRIEL ET MÉTHODES - PHÉNOTYPAGE

- 2 années de phénotypage: 2011 et 2012
- Evaluation en parcelles d'essai
- 2 répétitions par essai et par modalité
- Divers caractères mesurés (épiaison, hauteur, composantes de rendement, rendement, teneur en protéines, poids spécifique...)



Contrainte hydrique

- 2 modalités IRR et SEC
- Site de Gréoux-les-Bains (04)

Contrainte azotée et faible pression maladies

- 2 modalités N+F+ et N-F-
- 2 sites/an:
 - Prémesques (59) et Louville la Chenard (28) en 2011
 - Cappelle (59) et Louville la Chenard (28) en 2012





MATÉRIEL ET MÉTHODES ANALYSE DES DONNÉES

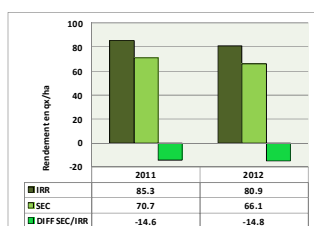
- Ajustement des données phénotypiques
 - Utilisation d'un modèle mixte linéaire pour estimer et corriger les effets terrains + répétitions
- Traitement des données de génotypage
 - Suppression des allèles rares (MAF < 5%)
 - Suppression des marqueurs ayant plus de 20% de données manquantes
- Analyses de génétique d'association
 - Utilisation d'un modèle mixte linéaire type K+Q avec introduction d'une matrice kinship et d'une matrice structure
 - Introduction de l'épiaison en covariable pour les caractères présentant une forte interaction avec la précocité



RÉSULTATS – CONTRAINTES HYDRIQUE

Evaluation phénotypique du matériel végétal

Rendements moyens obtenus pour les essais « contrainte hydrique »:



→ Potentiels de rendement et différentiels de rendement équivalents pour les 2 années

Coefficients de corrélation entre les différentes années et modalités pour le rendement:

	SEC_11GRE	IRR_11GRE	SEC_12GRE	IRR_12GRE
SEC_11GRE	1.000			
IRR_11GRE	0.292	1.000		
SEC_12GRE	0.009	0.024	1.000	
IRR_12GRE	0.263	0.370	0.412	1.000

→ Faibles corrélations entre les années
→ Très faibles corrélations entre les 2 modalités

Impact du stress hydrique sur les composantes de rendement:

	GREUX 2011			GREUX 2012		
	SEC	IRR	DIFF	SEC	IRR	DIFF
Nb d'épis/m²	495	497	-2	479	523	-44**
Nb de grains/épi	40	44	-4***	42	41	1
PMG	36	39.2	-3.2***	33.8	38.2	4.4***

→ PMG fortement impacté par le stress hydrique
→ Stress hydrique qui n'a pas le même impact sur les composantes de rendement pour les 2 années

○ Très fort impact de l'environnement

- Effet année
- Effet du climat sur la gestion et l'impact du stress hydrique



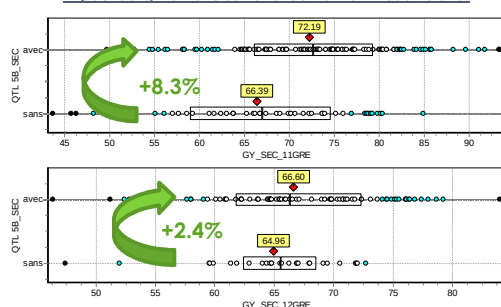


RÉSULTATS – CONTRAINTES HYDRIQUE

Analyses de génétique d'association

- Aucun QTLs rendement détecté dans les 4 environnements testés
- Une multitude de QTLs de rendement « environnement spécifiques » identifiés
- 1 seul QTL identifié sur le chromosome 5B ayant un impact significatif en modalité SEC pour les 2 années de phénotypage

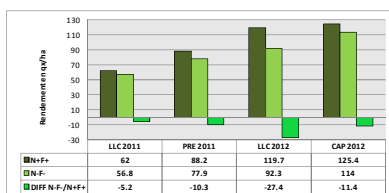
Impact du QTL 5B SEC sur le rendement en modalité SEC:



Le phénotypage réalisé sous contrainte hydrique dans le cadre de ce projet ne permet d'identifier que des QTLs dits « environnement spécifiques »

RÉSULTATS
CONTRAINTES AZOTÉE ET FAIBLE PRESSION MALADIES

Evaluation phénotypique du matériel végétal

Rendements moyens obtenus pour les essais
« contrainte azotée et faible pression maladies »:

→ Potentiels de rendement et différentiels de rendement différents en fonction de l'environnement mais impact toujours significatif du stress sur le rendement

Coefficients de corrélation entre les différentes années et modalités pour le rendement:

	N-F- 11MOY	N-F+ 11MOY	N-F- 12MOY	N-F+ 12MOY
N-F- 11MOY	1.000			
N-F+ 11MOY	0.813	1.000		
N-F- 12MOY	0.645	0.630	1.000	
N-F+ 12MOY	0.508	0.517	0.757	1.000

→ Corrélations relativement élevées entre les 2 modalités
→ Corrélations assez élevées entre les 2 années

Impact du stress azoté sur les composantes de rendement:

	LLC 2011			PRE 2011			LLC 2012			CAP 2012		
	N-F+	N-F-	DIFF	N-F+	N-F-	DIFF	N-F+	N-F-	DIFF	N-F+	N-F-	DIFF
Nb d'épis/m²	328	317	11*	354	342	12*	402	491	111***	628	486	142***
Nb de grains/épi	45	38	7***	47	43	4***	44.4	43.5	0.9	52	57	-5*
Nb de grains/m²	14424	11725	2699***	16332	14462	1870***	26167	20503	5664***	32088	27366	4722***
PMG	43.2	48.8	-5.4***	54.3	54.2	0.1	46.2	45.5	1.7*	39.4	41.9	-2.5**

→ Nb de grains/m² est la composante impactée
→ en 2011: impact sur le nb de grains/épi
→ en 2012: impact sur le nb d'épis/m²

- Effet modéré de l'environnement
- Effet année sur la composante de rendement impactée par le stress





RÉSULTATS

CONTRAINTE AZOTÉE ET FAIBLE PRESSION MALADIES

Analyses de génétique d'association

- Une multitude de QTLs de rendement « environnement spécifiques » identifiés
- Une quantité importante de QTLs de rendement identifiés soit pour la modalité N-F- soit pour la modalité N+F+



Identification des QTLs les plus intéressants : ceux qui se sont exprimés dans tous les environnements testés, c'est-à-dire, pour les 2 modalités et dans les quatre « sites » testés

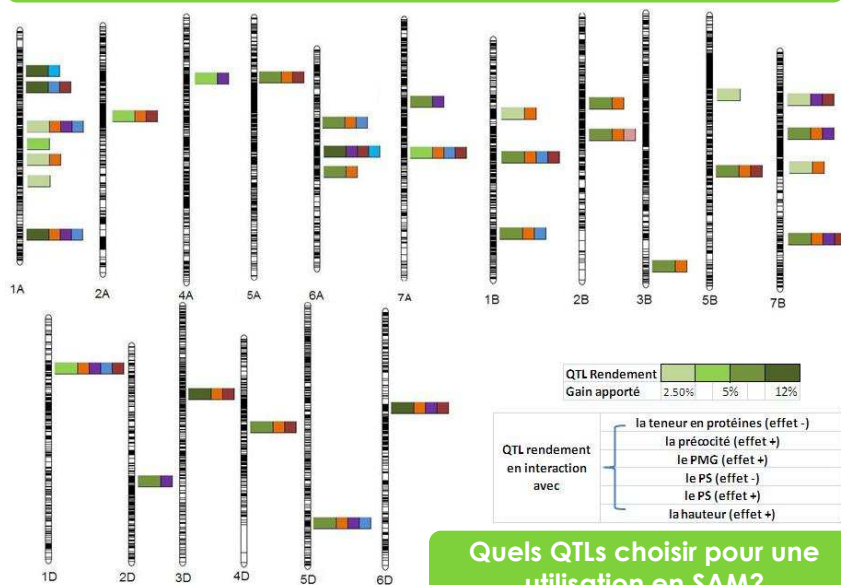


33 QTLs rendement identifiés



RÉSULTATS

Cartographie des QTLs rendement identifiés en conditions optimales ou de stress azoté et de faible pression maladies

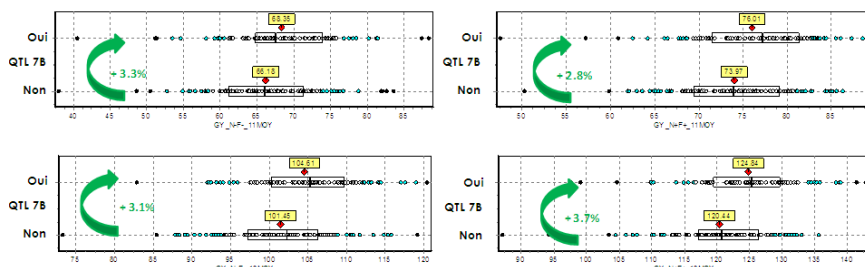




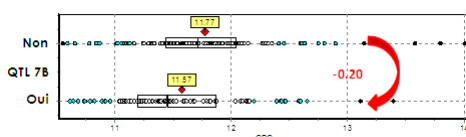
RÉSULTATS – QUELS QTLs CHOISIR POUR UNE UTILISATION EN SAM?

Des QTLs ayant un effet faible sur le rendement avec peu d'interaction avec les autres caractères – Exemple du QTL 7B

Impact du QTL 7B sur la moyenne ajustée du rendement pour les modalités N-F- et N+F+ en 2011 et en 2012



Impact du QTL 7B sur la moyenne ajustée de la teneur en protéines

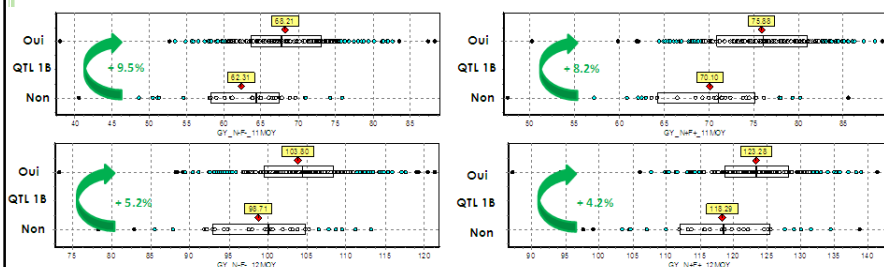


→ Ce QTL permet d'apporter un gain sur le rendement variant de +2.8% à 3.7% quel que soit l'environnement testé en n'apportant qu'une simple petite pénalité sur la teneur en protéines

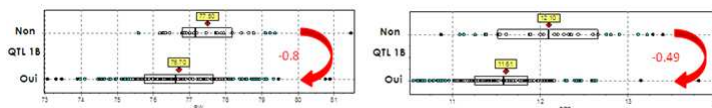
RÉSULTATS – QUELS QTLs CHOISIR POUR UNE UTILISATION EN SAM?

Des QTLs ayant un effet fort sur le rendement avec des interactions avec d'autres caractères – Exemple du QTL 1B

Impact du QTL 1B sur la moyenne ajustée du rendement pour les modalités N-F- et N+F+ en 2011 et en 2012



Impact du QTL 1B sur la moyenne ajustée de la teneur en protéines et le poids spécifique



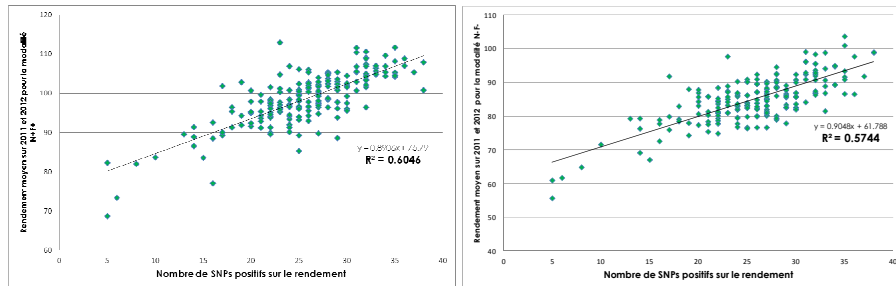
→ Ce QTL permet d'apporter un gain considérable sur le rendement variant de +4.2% à 9.5% quel que soit l'environnement testé **MAIS** il implique également une baisse importante de la teneur en protéines et du poids spécifique



RÉSULTATS – QUELS QTLs CHOISIR POUR UNE UTILISATION EN SAM?

- Comment se comportent-ils en combinaison?

Distribution du rendement moyen pour la modalité N+F+ et N-F- en fonction du nombre de SNPs ayant un impact positif sur le rendement présent dans les lignées du panel étudié



→ Le potentiel de rendement des lignées augmente linéairement en fonction du nombre de SNPs positifs qu'elles possèdent → Part importante de la variabilité génétique expliquée par ces 33 QTLs



→ Il faudrait développer un modèle prédictif prenant en compte les effets de chacun de ces 33 QTLs pour se rapprocher de la valeur moyenne du rendement



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Importance de l'effet de l'environnement dans les travaux de détection de QTLs
- Trente trois QTLs stables de rendement ont pu être identifiés sous conditions optimales ou sous contrainte de stress azoté et de faible pression maladies
- Attention aux interactions entre QTLs de rendement et autres caractères d'intérêt (précocité, hauteur, PS, PMG, teneur en protéines....) rendant leur utilisation en SAM complexe



+ nombre croissant de marqueurs moléculaires disponibles

Le développement de modèles de sélection génomique prenant en compte les interactions avec l'environnement serait intéressant pour améliorer la productivité de nos variétés
→ Nouveau programme FSOV 2014





PARTENAIRES - REMERCIEMENTS



- Ellen GOUDEMAM
- Olivier ROBERT
- Denis BEGHIN



- Delphine HOURCADE
- Xavier LACAZE
- Katia BEAUCHENE
- Stéphane JEZEQUEL



- Christophe MICHELET
- Bruno CLAUSTRES
- Laure DUCHALAI

