



FSOV

JEUDI 8 JANVIER 2015

VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE POUR L'ABSORPTION D'AZOTE POST-FLORAISON

Le Gouis Jacques

INRA : Jacques Le Gouis, Vincent Allard, Jean-Louis Joseph, Frédéric Henry, François Taulemesse, Emmanuel Heumez

Arvalis – Institut du végétal : Katia Beauchêne, David Gouache, Jean-Charles Deswarte

CETAC : Sylvie Dutriez - **Caussade Semences**, Volker Lein - **Saaten Union Recherche**, Pascal Giraudeau - **SECOBRA Recherches**, Philippe Momont, Stephen Sunderwirth – **Momont**, Jean-Michel Delhaye - **Lemaire-Defontaine**

Limagrain Europe : Franck Lacoudre, Céline Duque, Jérémy Deroy

RAGT R2n : Laure Duchalais, Frédéric Minard, Christophe Michelet, Laurent Guerreiro,

Unisigma : Philippe Lerebour, Clément Debiton



CONTEXTE

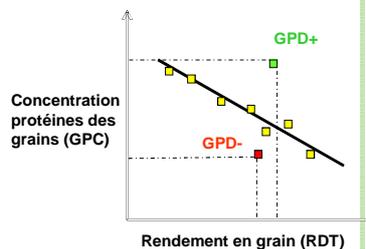
- Corrélation génétique négative rendement (RDT) / concentration en protéines (GPC)

Pente moyenne : ↗ 10 q/ha RDT ⇒ ↘ 1% GPC (Oury et al 2003)

- Il existe des variétés possédant un écart positif/négatif à la relation RDT-GPC (Monaghan et al. 2001) : Grain Protein Deviation (GPD)

- Le GPD est sous contrôle génétique (Oury et al 2003, Oury et Godin 2007)

- Bonification à l'inscription des variétés significativement GPD+ (2007): 21 variétés inscrites avec un simple ou double bonus.



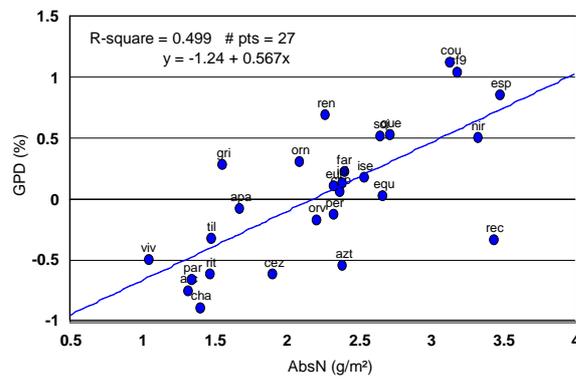
Rencontre Scientifique 8 Janvier 2015





UNE HYPOTHÈSE MAJEURE

La déviation à la relation négative entre rendement et teneur en protéine est en grande partie expliquée par l'absorption post-floraison (FSOV 2004-2007)



(Bogard et al 2010)

Milieu	r ²
ml04N-	0.05
ml04Np	0.15*
ms04D-	0.37***
ms04Ir	0.34***
ms04N-	0.12
ms04Np	0.21**
ms05D-	0.54***
ms05N+	0.17*
ms05N-	0.22**
ms05Np	0.19*
ml05N-	0.19**
ml05Np	0.48***

Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

3

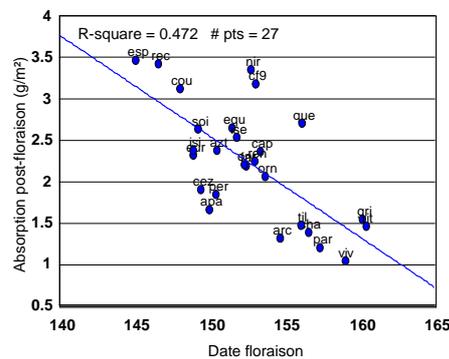


INTERACTION AVEC LA PRÉCOCITÉ

Relation entre absorption post-floraison et précocité (FSOV 2004-2007)

Biais dû ?

- Apports d'azote à la même date
- Facteurs climatiques
- Cycle de l'azote du sol
- Effet génétique



(Bogard et al 2010)

Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

4





OBJECTIFS DU PROJET

Quatre volets

- 1- Analyser les interactions Climat x Stratégies de fertilisation x Précocité variétale
- 2- Quantifier finement la dynamique d'absorption d'azote post-floraison
- 3- Analyser la variabilité génétique pour l'absorption post-floraison
- 4- Identifier le déterminisme génétique du GPD

Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

5



LE GPD DÛ À L'ENVIRONNEMENT EST-IL RELIÉ AUX MÊMES MÉCANISMES QUE LE GPD DÛ AUX GÉNOTYPES ?

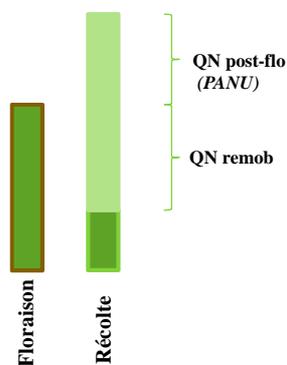
Calcul d'un GPD dû à l'environnement

Jeu de données: observatoire Arvalis « PMOD ».

- Apache, Caphorn, Charger, Soissons
- Années 1997 à 2011
- 16 régions administratives
- Exclusion des fertilisations basses

→ 373 essais, >1000 données

- À floraison:
 - biomasse et %N (INN)
- À la récolte:
 - Grain: rendement et protéines
 - Pailles: biomasse et %N



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

6



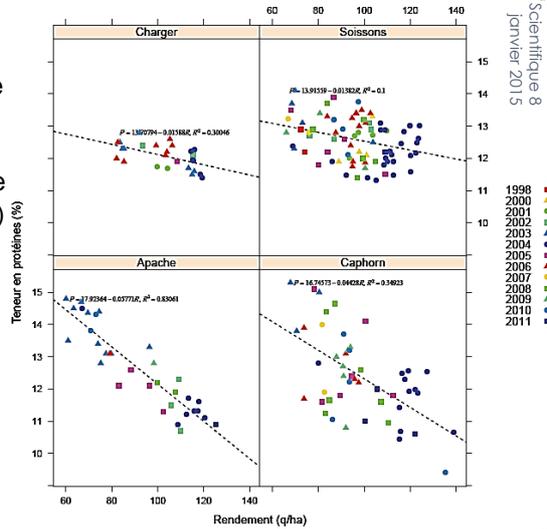
Volet 1



CALCUL PAR VARIÉTÉ D'UN GPD DÛ À L'ENVIRONNEMENT

- Élimination des situations en carence azotée marquée (INNflo < 0.8)
- Détermination de la droite de régression par procédure itérative (Oury et Godin, 2007)
- Calcul d'un GPD sur l'ensemble des données

Corrélation RDT-GPC significative pour les 4 variétés



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

- 1998
- 2000
- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005
- 2006
- 2007
- 2008
- 2009
- 2010
- 2011

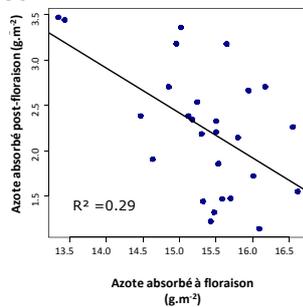
Volet 1

7

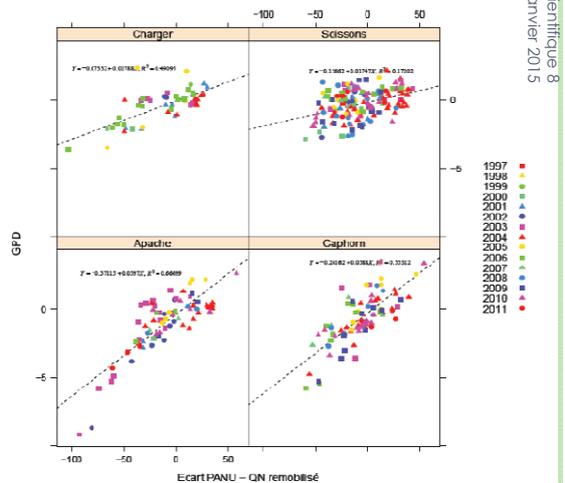


LE GPD DÛ À L'ENVIRONNEMENT EST LIÉ À L'ABSORPTION POST-FLORAISON

Un écart PANU-QN remob positif conduit à un GPD positif



(Bogard et al 2010)



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

- 1997
- 1998
- 1999
- 2000
- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005
- 2006
- 2007
- 2008
- 2009
- 2010
- 2011

Volet 1

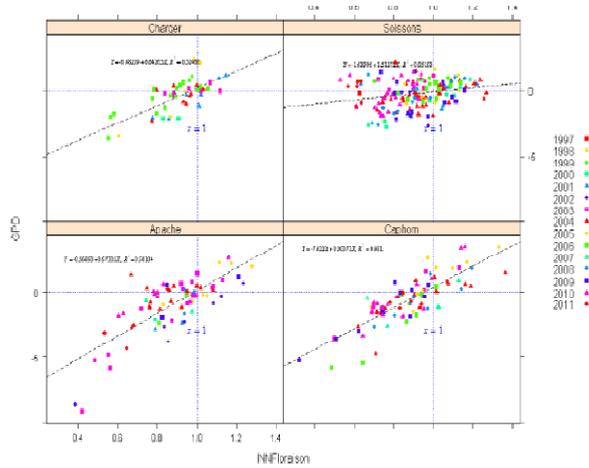
8





LE GPD DÙ À L'ENVIRONNEMENT EST LIÉ À L'INN FLORAISON

Un INNflo supérieur à 1 à floraison conduit à un GPD positif



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

Volet 1

9



QUELLE EST LA DYNAMIQUE D'ABSORPTION D'AZOTE POST-FLORAISON ?

Expérimentation en conditions contrôlées



Condition pré-floraison

- 1mM
- 4mM
- 7mM
- 10mM

Condition post-floraison

- 10mM



Récital

Séparation

- Epis (Grains, Balles)
- Feuilles
- Tiges
- Racines

Mesures plantes entières

- Assimilation de CO₂
- Absorption ¹⁵N

Mesures

- Masses sèches
- Nombres de grains
- Surface foliaire
- Teneur en N

Analyses

- Transcriptomique
- Métabolomique

Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

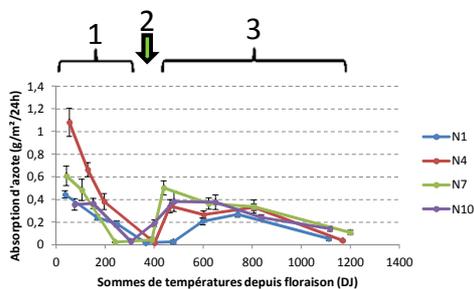
Volet 1

10





LA DYNAMIQUE D'ABSORPTION D'AZOTE POST-FLORAISON



- Absorption post-floraison non linéaire

Manifestement régulée

- Trois phases dans la dynamique d'absorption post-floraison
 - ✓ Phase 1: baisse d'absorption _ coïncidence réduction des puits
 - ✓ Phase 2: arrêt temporaire d'absorption _ coïncidence absence de puits d'azote
 - ✓ Phase 3: reprise d'absorption _ coïncidence développement du grain

Régulation par la demande / rythme de croissance de la plante

Volet 1

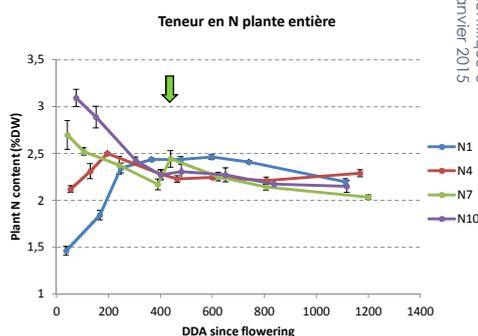
11



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

INFLUENCE DU STATUT AZOTÉ PRÉ-FLORAISON

Coïncidence entre homogénéisation de l'absorption et homogénéisation de la teneur en azote de la plante



Absorption influencée par le statut azoté

Volet 1

12



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015



QUELLE EST LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE INDÉPENDAMMENT DE LA PRÉCOCITÉ ?

Expérimentation au champ dans un réseau multilocal

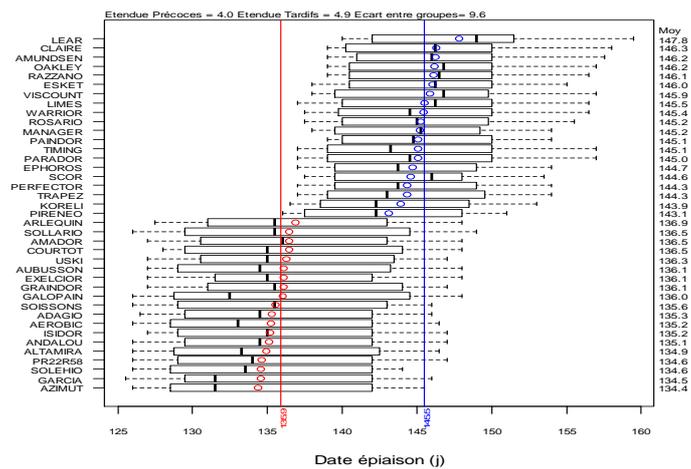
- Séries variétales homogènes pour la précocité pour limiter les interactions stade x date d'apport d'azote
- Expérimentations sur 7 lieux et deux ans
 - 2 lieux INRA, 1 Arvalis, 4 CETAC-Limagrain-RAGT-Unisigma
- Deux apports d'azote différenciés par les apports pré-floraison (X-50, X+50)
- Mesure rendement – teneur en protéines
- Calcul du GPD
- Test du marquage ¹⁵N au champ pour estimer l'absorption post-floraison

Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015

Volet 1



VALIDATION DES GROUPES DE PRÉCOCITÉ



Choix basé sur le FSOV 2008 « Caractérisation du rythme de développement du blé tendre pour des variétés adaptées aux risques climatiques » coordonné par Michel Rousset (INRA UMR GV Moulon)

Volet 1



Rencontre Scientifique 8
Janvier 2015



ANALYSE DU GPD

r^2 Proc N=0.86; Pente Proc N=-0.142; r^2 Tard N=0.84; Pente Tard N=-0.104
 r^2 Proc N=0.59; Pente Proc N=-0.109; r^2 Tard N=0.66; Pente Tard N=-0.098

GPD

r^2 Proc=0.77; Pente Proc=0.702; r^2 Tard=0.8; Pente Tard=0.604; r^2 Tard T=0.77; Pente Tard=0.703

Corrélation négative du même ordre pour précoces et tardives **Fortes corrélations entre doses d'azote**

Rencontre Scientifique 8
janvier 2015

Volet 1

15

LE MARQUAGE ¹⁵N PERMET-IL ESTIMER L'ABSORPTION POST-FLORAISON ?

Apport au champ d'engrais marqué

- Apport de 50 kg N / ha (liquide) (1% ¹⁵N)
- A Flo et Flo+15
- Sur 10 variétés de la série précoce x 2 répétitions

- Avantage : un seul prélèvement pour estimer l'azote absorbé
- Abondance naturelle : 0.3663%
- Tout l'azote ¹⁵ présent (au dessus de l'abondance naturelle) provient de l'engrais
- Suppose absence de discrimination isotopique si on veut estimer la part de l'engrais absorbé
- Ne marque que l'engrais apporté (pas N du sol)

Rencontre Scientifique 8
janvier 2015

Volet 1

16



CONCLUSIONS

- 1- Analyser les interactions Climat x Fertilisation x Précocité variétale
 - Absorption N post-floraison explique aussi les différences environnementales
 - Pas d'interaction majeure avec le climat futur si adaptation de la précocité
- 2- Quantifier finement la dynamique d'absorption d'azote post-floraison
 - Contrôle de l'absorption par (i) le statut azoté à floraison, (ii) la force des puits
- 3- Analyser la variabilité génétique pour l'absorption post-floraison
 - Retrouve conclusions du précédent FSOV dans des séries de précocité homogène
 - Marquage ¹⁵N corrélé à l'absorption post-floraison
- 4- Identifier le déterminisme génétique du GPD
 - Données phénotypiques disponibles
 - Accès au marquage génétique de BreedWheat