



**HAL**  
open science

## Variabilité génétique pour l'absorption d'azote

Jacques Le Gouis, Vincent Allard, Jean-Louis J.-L. Joseph, Frédéric Henry,  
François Taulemesse, Emmanuel E. Heumez, Katia Beauchêne, David  
Gouache, Volker Lein, Pascal Giraudeau, et al.

► **To cite this version:**

Jacques Le Gouis, Vincent Allard, Jean-Louis J.-L. Joseph, Frédéric Henry, François Taulemesse, et al.. Variabilité génétique pour l'absorption d'azote. 4. Rencontre Scientifique du FSOV, Jan 2015, Paris, France. hal-02741966

**HAL Id: hal-02741966**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02741966v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# 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-Deffontaines**

**Limagrain Europe** : Franck Lacoudre, Céline Duque, Jérémy Derory

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

**Unisigma** : Philippe Lerebour, Clément Debiton

# CONTEXTE

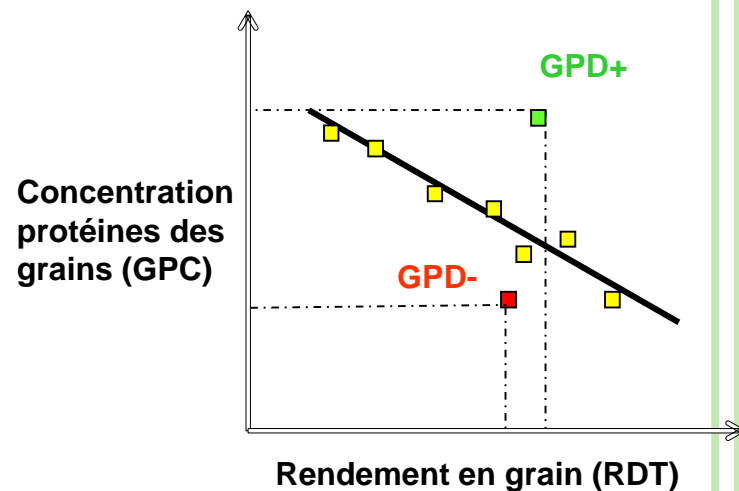
- Corrélation génétique négative rendement (RDT) / concentration en protéines (GPC)

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)

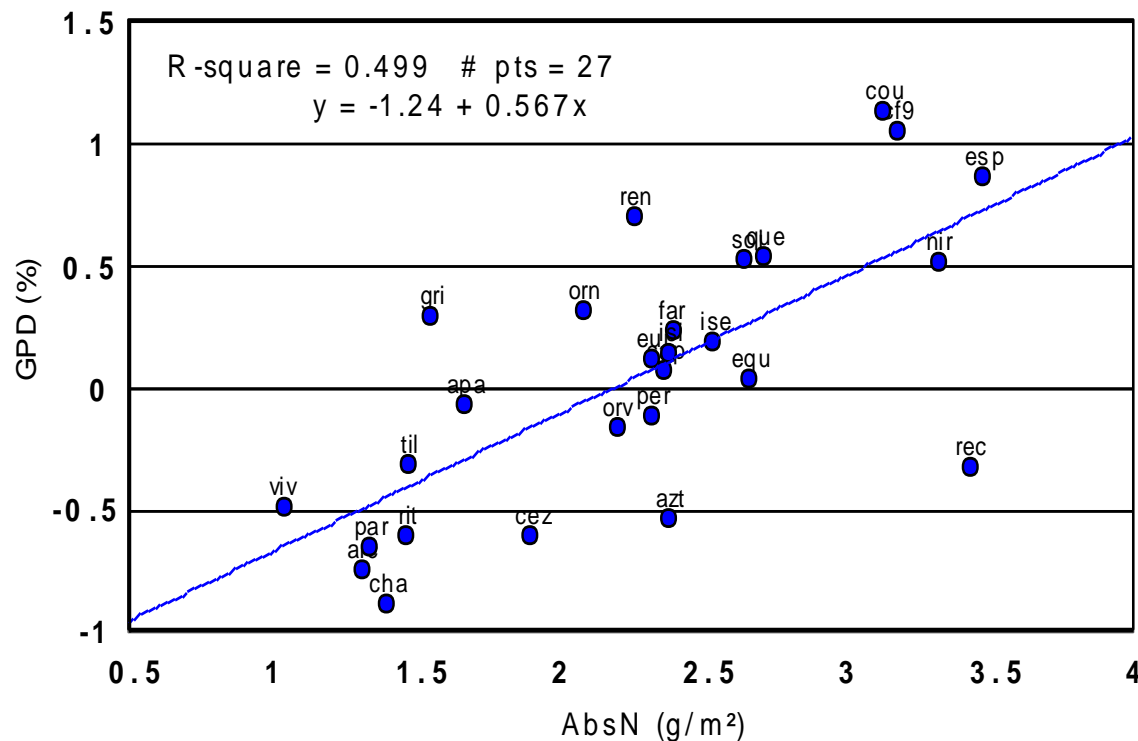
- Le GPD est sous contrôle génétique (Oury et al 2003, Oury et Godin 2007)

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



# 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 <sup>2</sup>
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***

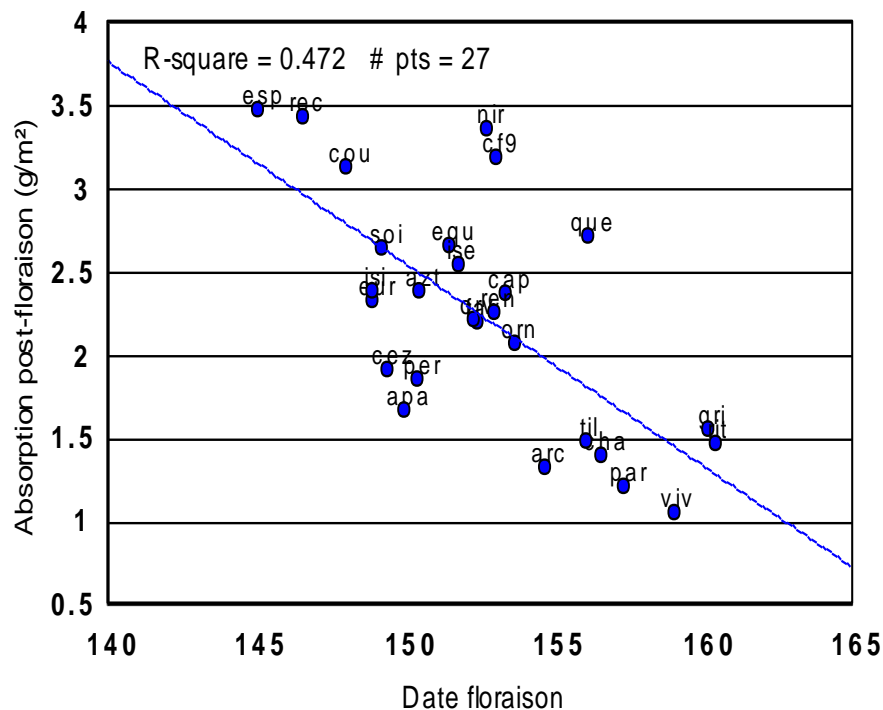


# INTERACTION AVEC LA PRÉCOCITÉ

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)



# 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

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

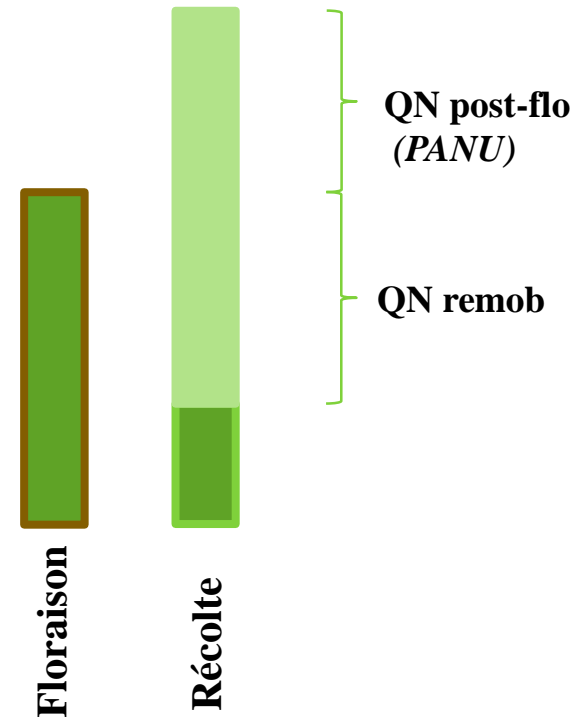
## Calcul d'un GPD dû à l'environnement

Jeu de données: observatoire Arvalis « PMOD ».

- Apache, Caphorn, Charger, Soissons
- Années 1997 à 2011
- 16 régions administratives

→ 373 essais, >1000 données

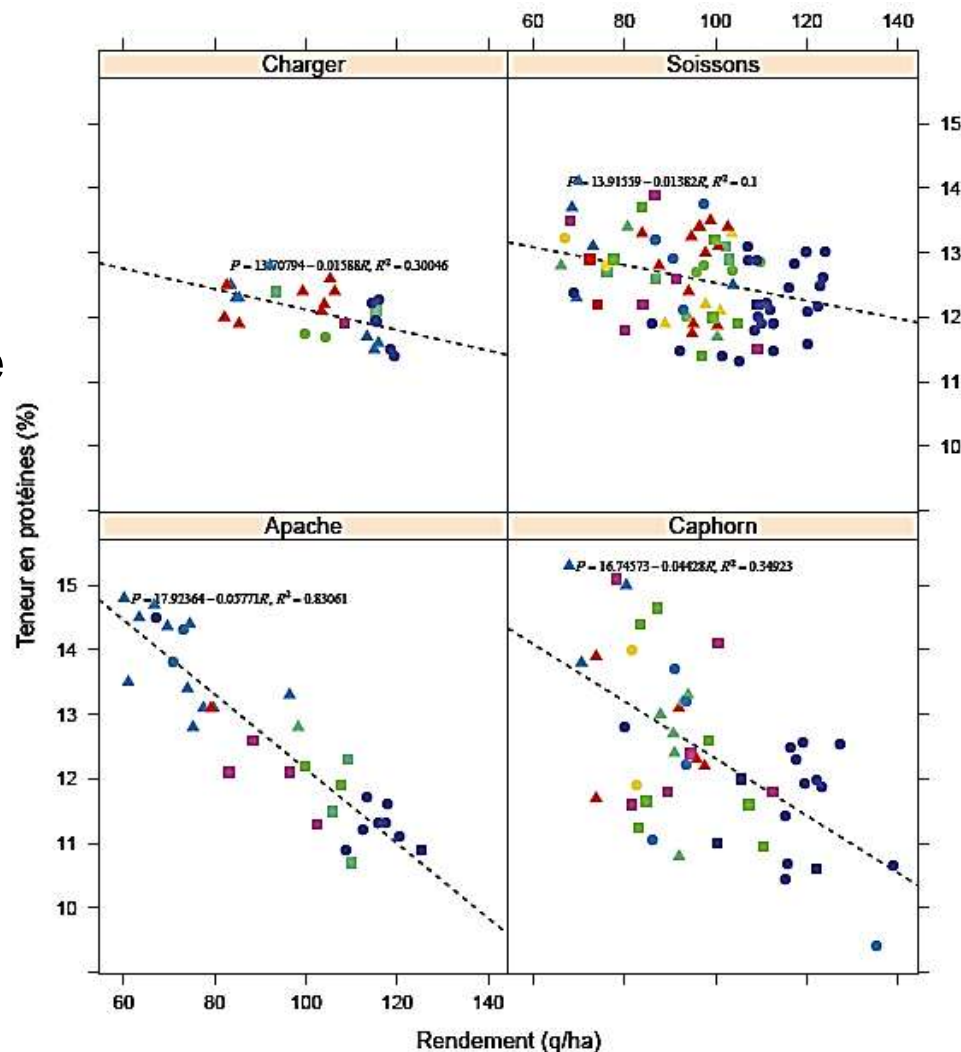
- À floraison:
  - biomasse et %N (INN)
- À la récolte:
  - Grain: rendement et protéines
  - Pailles: biomasse et %N



# 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

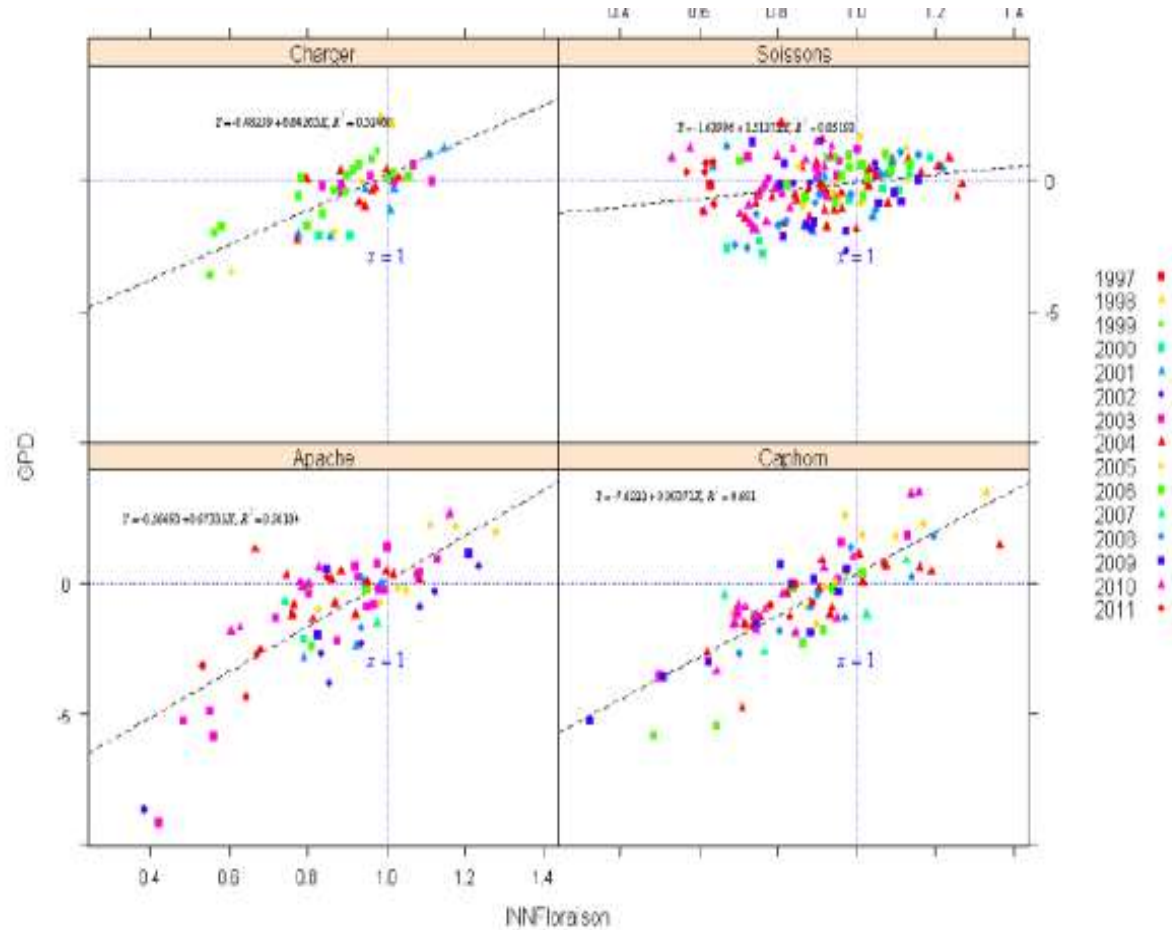
**Corrélation RDT-GPC  
significative pour les 4  
variétés**



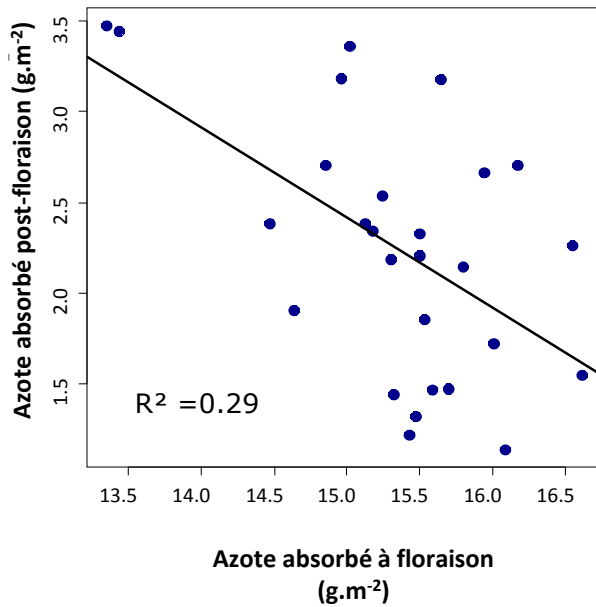


# LE GPD DÛ À L'ENVIRONNEMENT EST LIÉ À L'INN FLORAISON

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

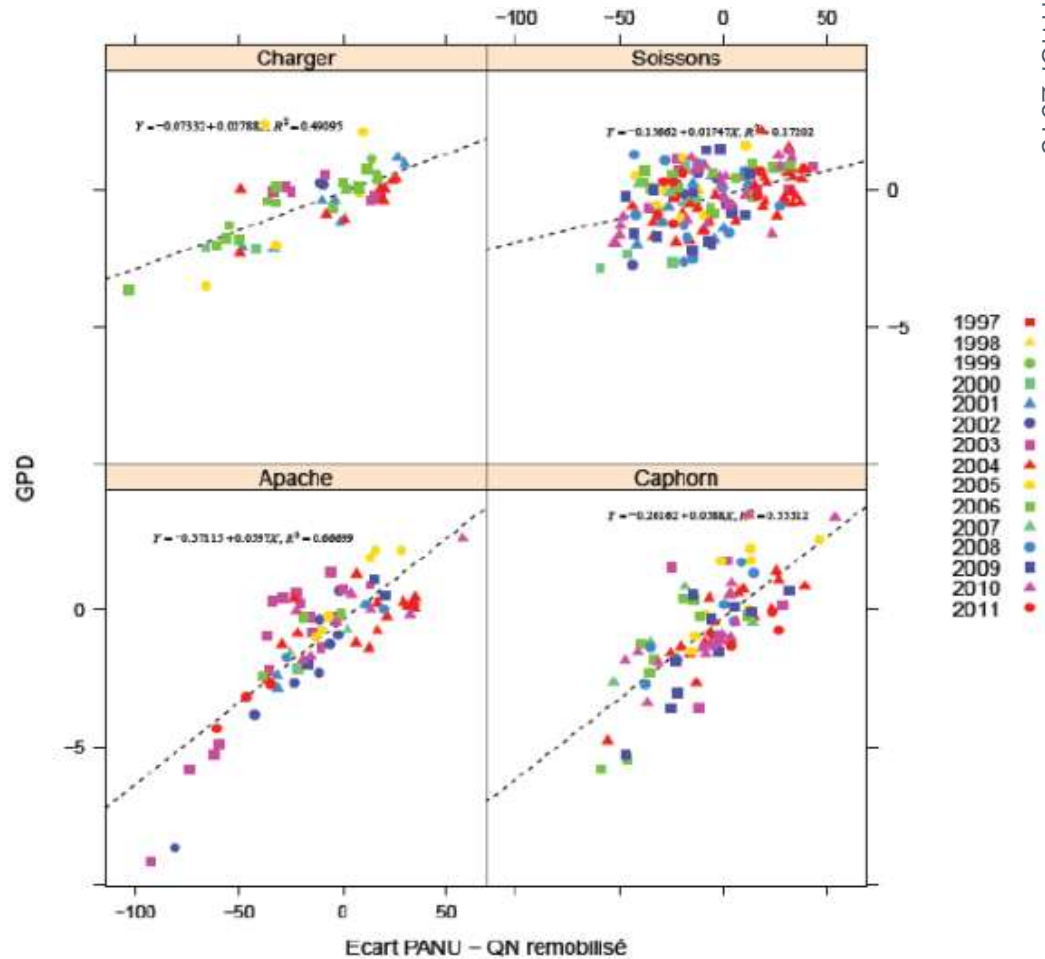


# LE GPD DÛ À L'ENVIRONNEMENT EST LIÉ À L'ABSORPTION POST-FLORAISON



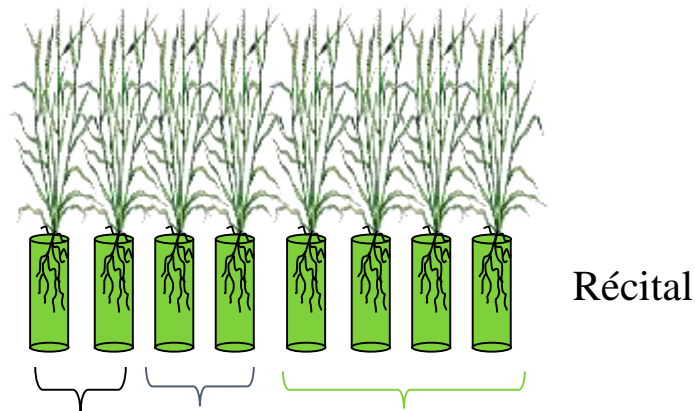
(Bogard et al 2010)

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



# 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

#### Séparation

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

#### Mesures plantes entières

- Assimilation de CO<sub>2</sub>
- Absorption <sup>15</sup>N

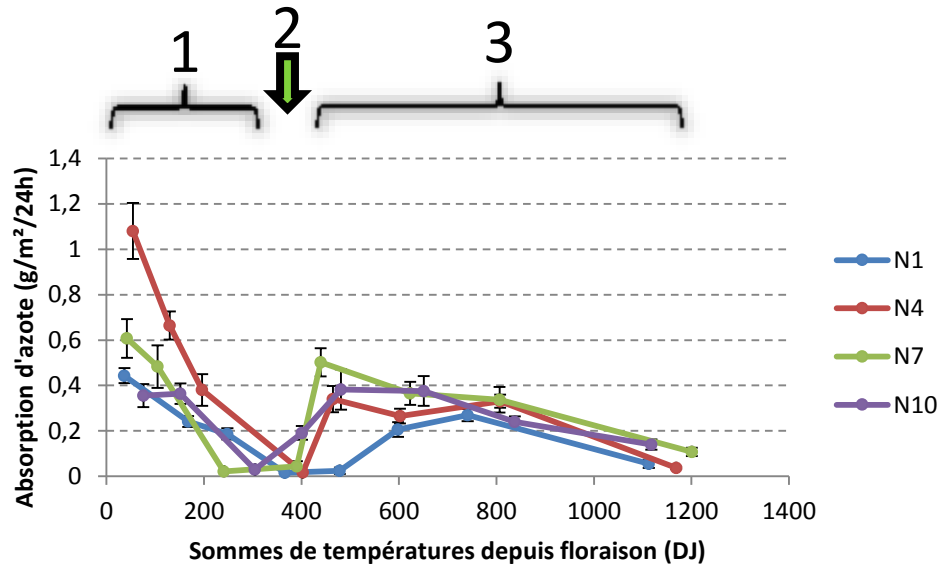
#### Mesures

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

#### Analyses

- Transcriptomique
- Métabolomique

# LA DYNAMIQUE D'ABSORPTION D'AZOTE POST-FLORAISON



- Absorption post-floraison non linéaire

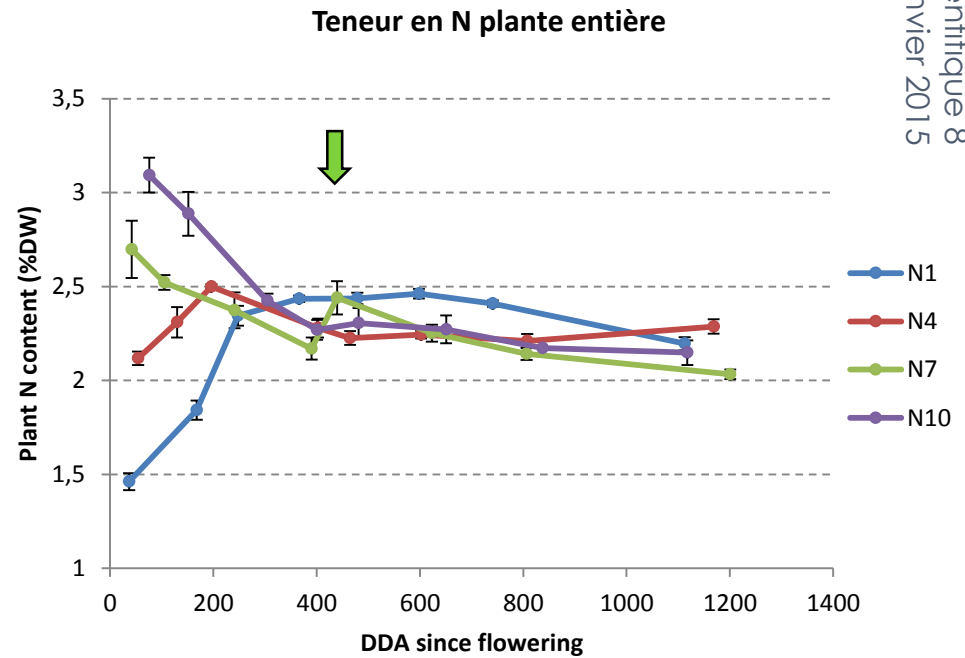
## Manifestement régulée

- 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

# INFLUENCE DU STATUT AZOTÉ PRÉ-FLORAISON

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



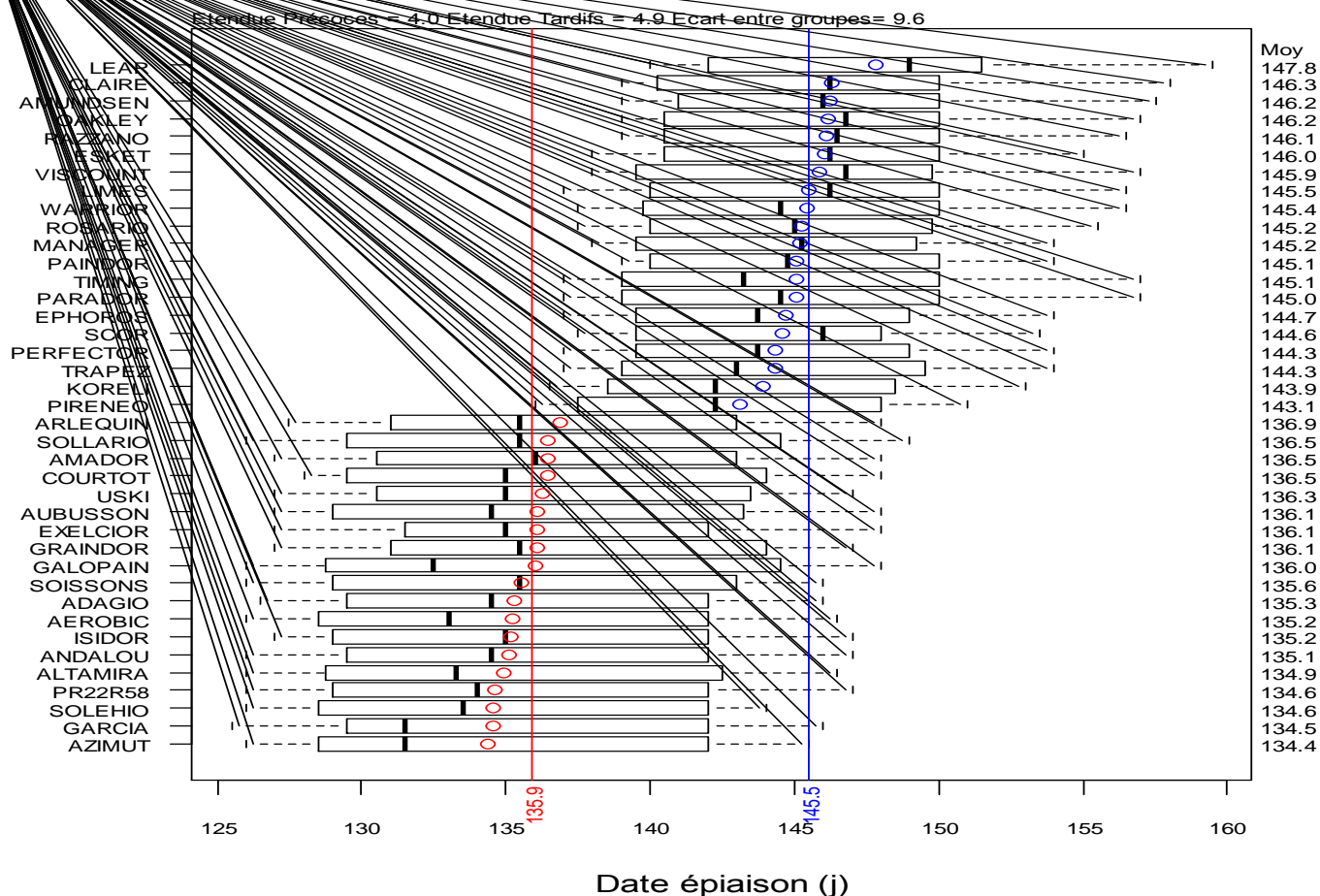
Absorption influencée par le statut azoté

# 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  $^{15}\text{N}$  au champ pour estimer l'absorption post-floraison

# VALIDATION DES GROUPES DE PRÉCOCITÉ

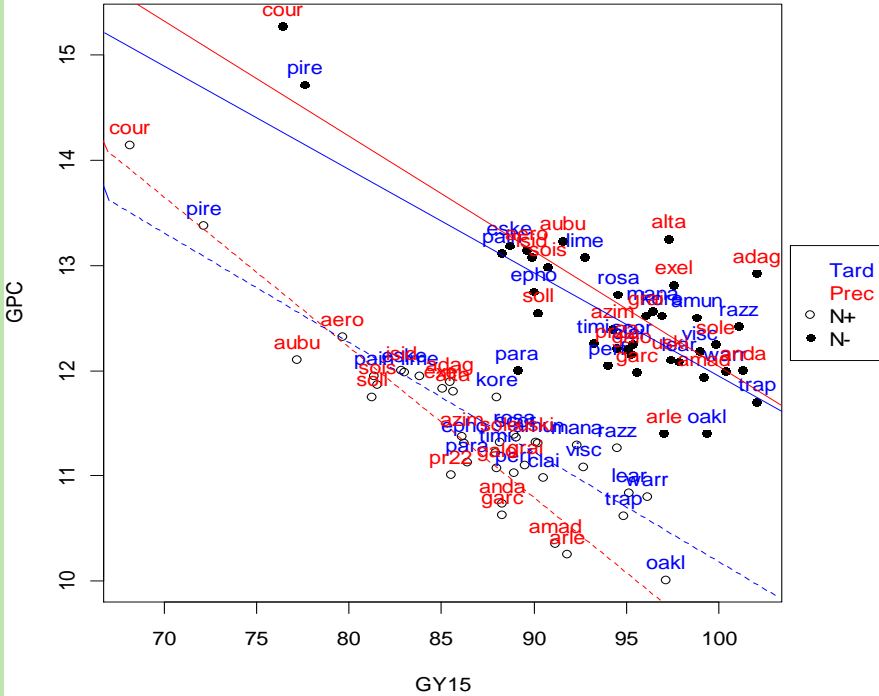


Choix basé sur le FSOV 2008 « Caractérisation du rythme de développement du blé tendre pour des variétés adaptées aux risques climatiques » coordonné par Michel Rousset (INRA UMR GV Moulon)



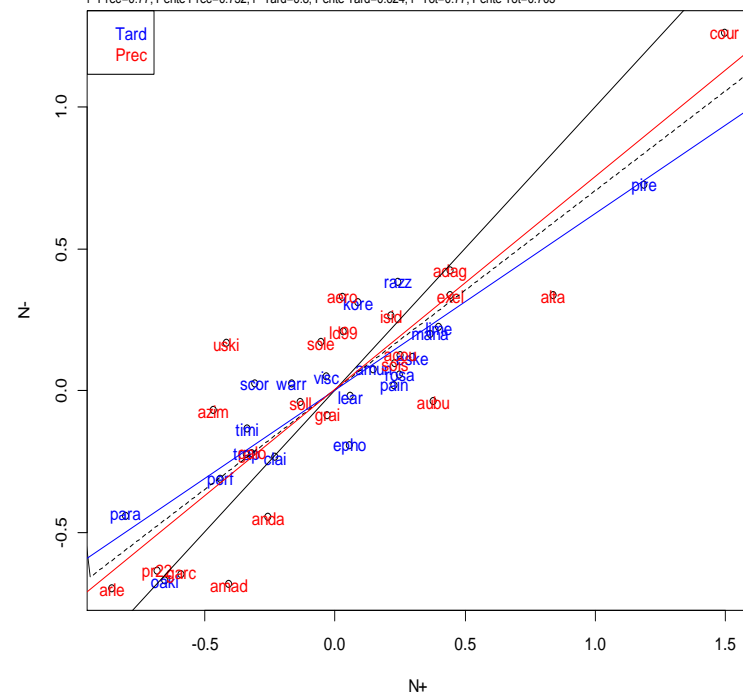
# ANALYSE DU GPD

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



**Corrélation négative du même ordre pour précoces et tardives**

**GPD**  
 $r^2$  Prec=0.77; Pente Prec=0.752;  $r^2$  Tard=0.8; Pente Tard=0.624;  $r^2$  Tot=0.77; Pente Tot=0.703



**Fortes corrélations entre doses d'azote**



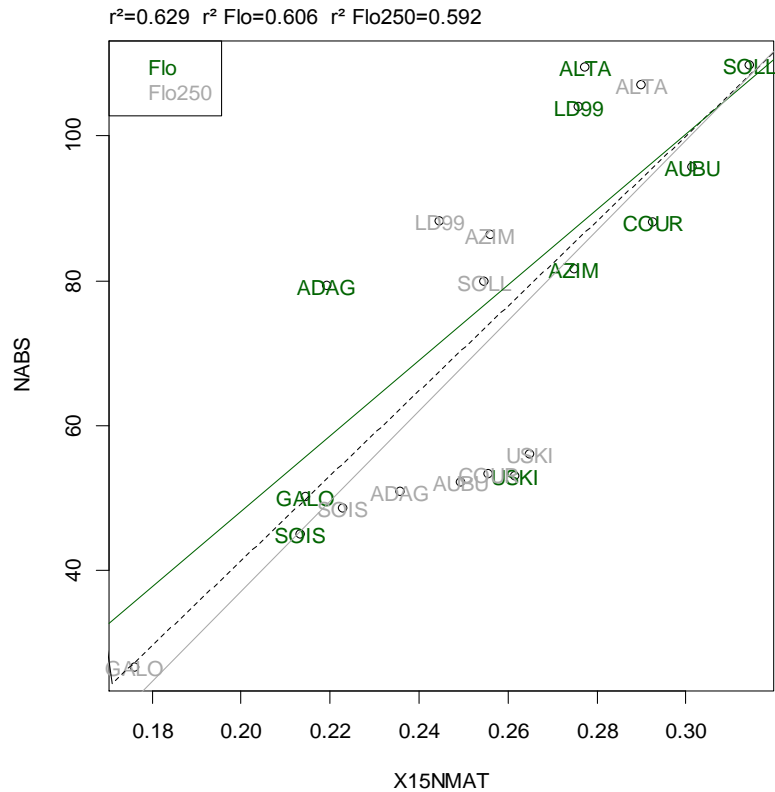
# LE MARQUAGE $^{15}\text{N}$ PERMET-IL ESTIMER L'ABSORPTION POST-FLORAISON ?

## Apport au champ d'engrais marqué

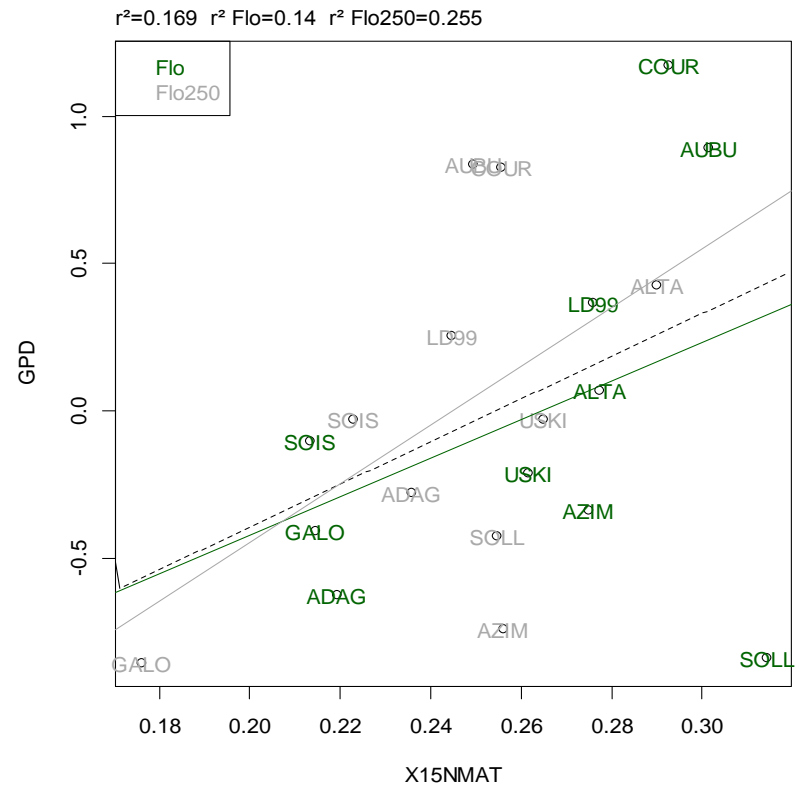
- Apport de 50 kg N / ha (liquide) (1%  $^{15}\text{N}$ )
- A Floraison et Floraison +15 jours (250 °Cj)
- Sur 10 variétés de la série précoce x 2 répétitions

- 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)

# CORRÉLATION AVEC L'AZOTE ABSORBÉ ET LE GPD



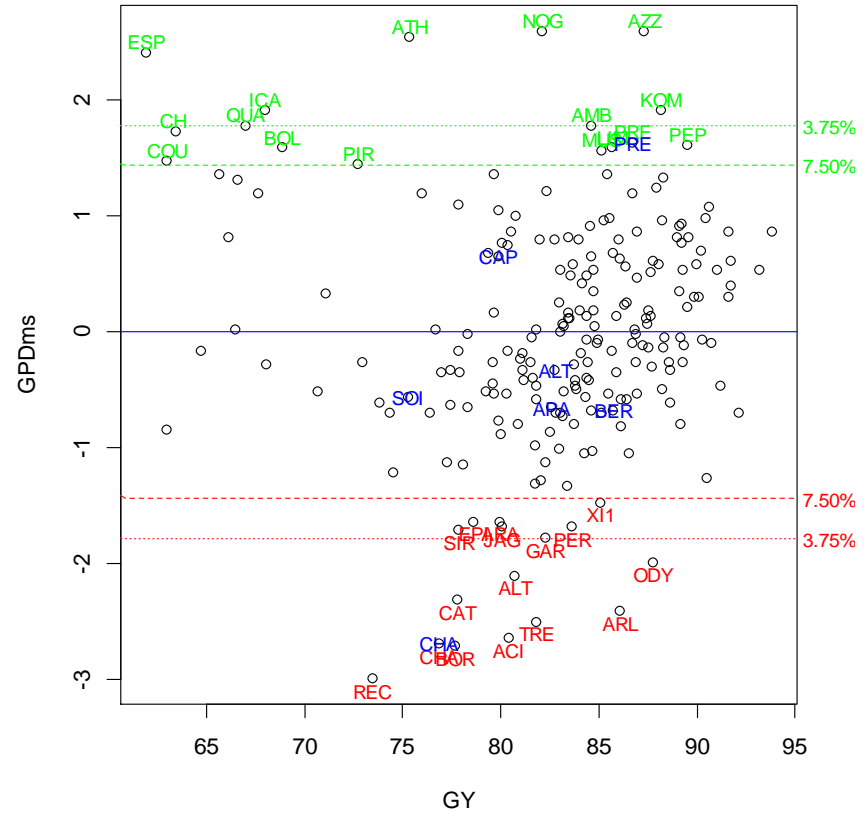
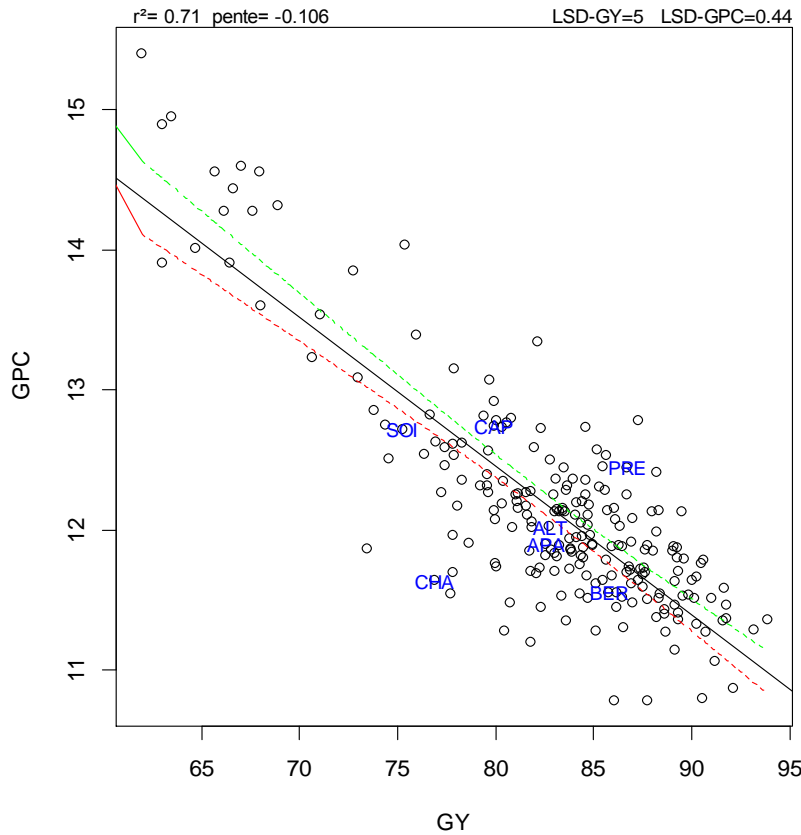
**Bonne corrélation avec l'absorption post-floraison**



**Corrélation significative avec le GPD**

# QUEL EST LE DÉTERMINISME GÉNÉTIQUE DU GPD ?

Onze essais en 2013 sur le panel BreedWheat de 220 variétés



Génétique d'association possible sur ce jeu de données

# 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  $^{15}\text{N}$  corrélé à l'absorption post-floraison
- 4- Identifier le déterminisme génétique du GPD
  - Données phénotypiques disponibles
  - Accès au marquage génétique de BreedWheat

Merci de votre attention

