



# Analyser, interpréter et prédire le comportement des variétés de pommes de terre à travers l'étude des interactions génotypes x environnement x conduite



Arnaud Gauffreteau  
*INRA Grignon*



Hélène Preudhomme-Zub  
*Agro-Transfert Ressources et Territoires*



Jean Michel Gravouelle  
*Arvalis – Institut du Végétale*



Frédérique Arousseau  
*SIPRE/ Comité Nord*



## La caractérisation variétale – un enjeu pour l'agriculture de demain

- Evolution climatique + Réductions des intrants
    - Diversification des milieux de culture + augmentation de l'expression des stress biotiques et abiotiques
    - Nécessité d'une meilleure caractérisation des variétés vis-à-vis de leur réponse aux principaux stress environnementaux
- Amélioration de l'adéquation variété – environnement de culture

# Le manque d'eau : une contrainte sévère pour le rendement en tubercules et la qualité des pommes de terre (Ravenel et al, 2009)

- Forte perte de rendement (Jefferies and MacKerron, 1989 ; Lahlou et al, 2003 ; Seynit et al, 2002)
- Augmentation des défauts de qualités



Gale commune



Repousse, cœur vitreux



Augmentation de la MS,  
Nitrate ...



Invendables

+

Faible prix pour les producteurs



**IRRIGATION**



Augmentation des restrictions d'irrigation

Besoin d'identifier les variétés avec de faibles besoins en eau



ARVALIS – Institut du végétal

# Un réseau pluri-annuel qui permet une diversité des situations rencontrées

**6 à 4 lieux / années sur 3 ans**

Chambre d'Agriculture de la  
Somme – GITEP (80)  
2009-2010



GiteP

Pom' Alliance (28)  
2009-2010-2011



ARVALIS – Institut du végétal (45)  
2009-2010-2011



COMITE NORD  
Plants de pommes de terre (62)  
2009-2010-2011



ARVALIS – Institut du végétal (02)  
2009-2010-2011



Coopérative EXPANDIS (02)  
2009-2010



**2 itinéraires techniques sur chaque lieu**

IRRIGUEES durant tout le cycle  
NON IRRIGUEES

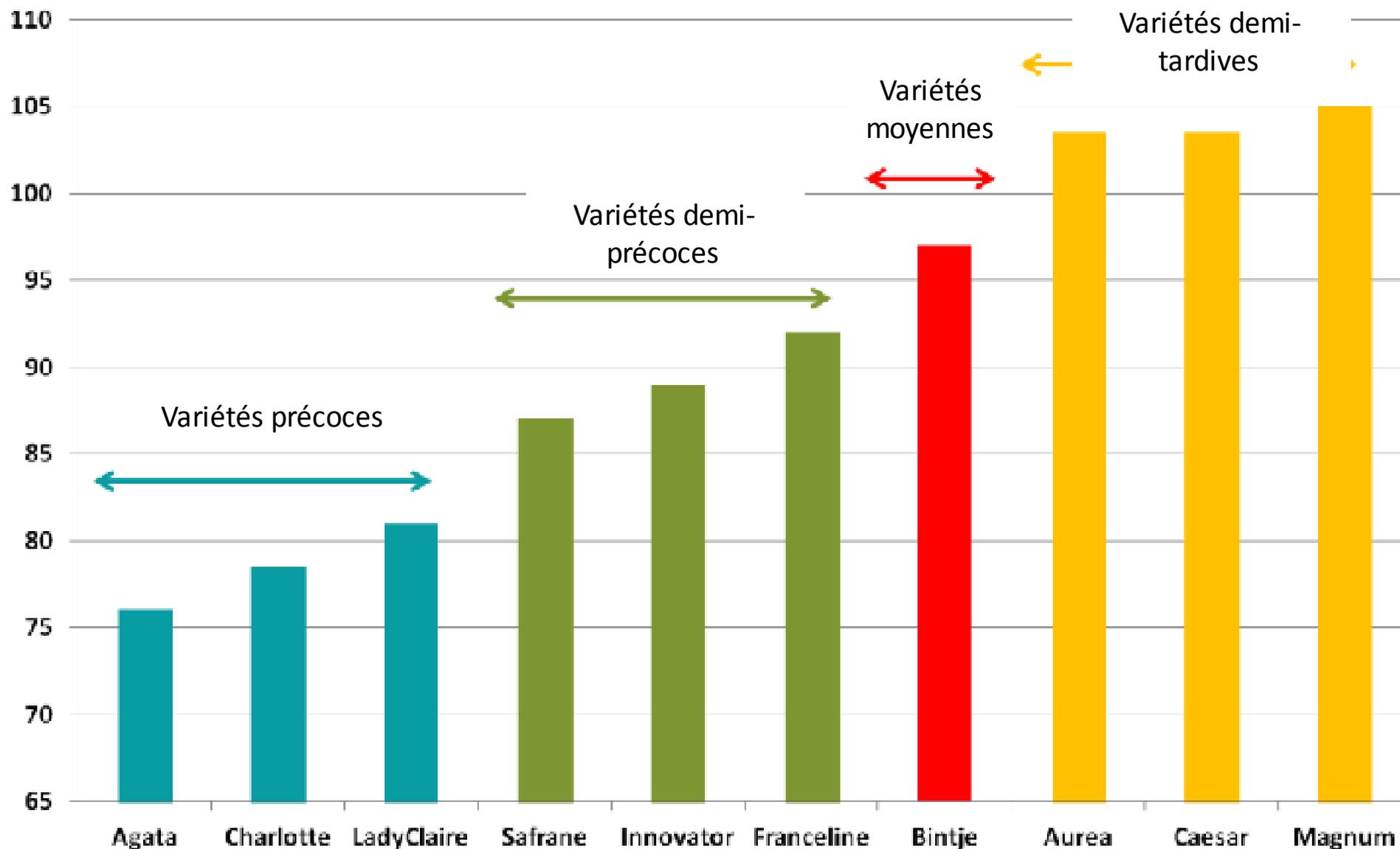
**32 environnements**  
1 environnement = Lieu x Année x ITK



## 10 variétés testées sur chaque lieu pendant 3 ans

Observation de la maturité sur le réseau pour les conditions irriguées

Nombres de jours entre émergence et 50 % de sénescence

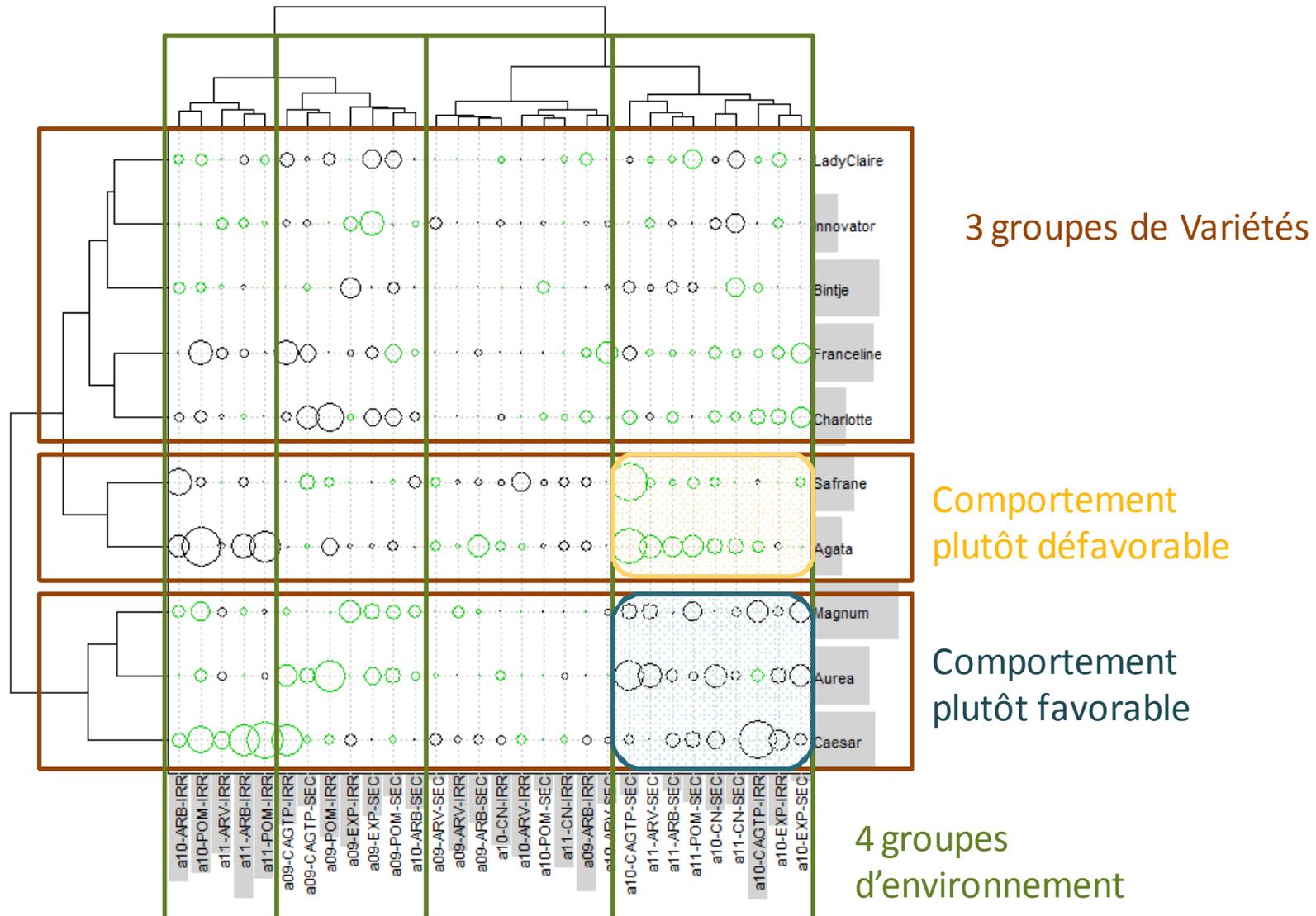




# La pré-analyse de la base de données – BdD équilibrée

mise au point dans le cadre du Gis HP2E

- Représentation de la matrice d'interaction



# DiagVar – une méthode pour caractériser les variétés face aux facteurs limitants



**DIAGVAR = Diagnostic AGronomique & caractérisation VARIétale**  
une méthode d'analyse des résultats d'essais variétaux développée par Lecomte (2005)  
en concertation avec les acteurs de l'évaluation variétale (Prost, 2008)  
et en pleine évolution aujourd'hui sur les méthodes d'évaluation

**1. Caractérisation des milieux**  
*(Identification et quantification des facteurs limitants)*

**Diagnostic agronomique sur des géotypes révélateurs**

Identification des facteurs limitants ayant le plus impactés le fonctionnement des témoins révélateurs sur le réseau d'essais et quantifier leur impact

**2. Explication des variations de comportement des variétés**

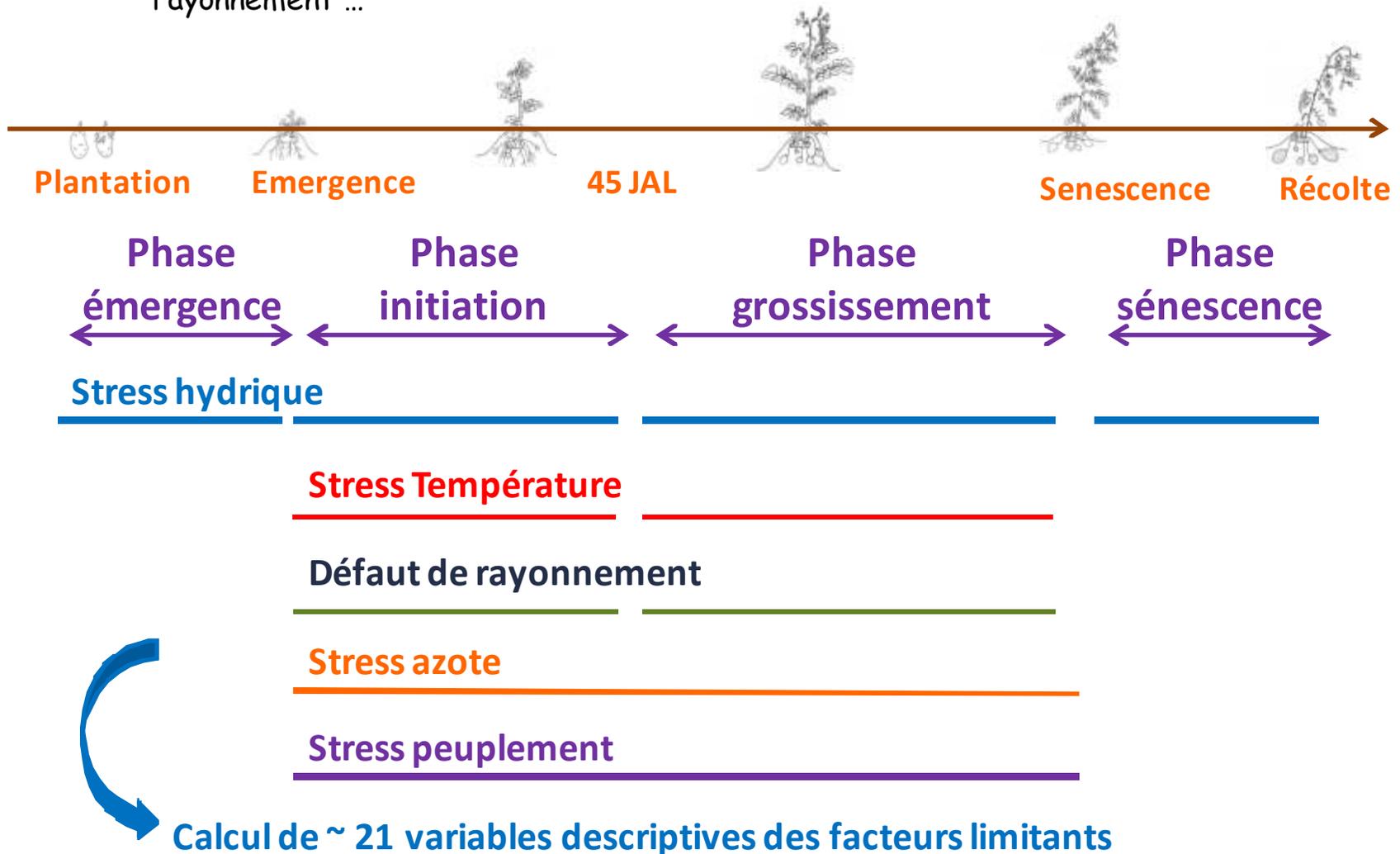
**Analyse de l'interaction géotype x milieu x conduite sur l'ensemble des variétés**

Estimation des tolérances variétales aux facteurs limitants

# La caractérisation des environnement par le calcul des indicateurs de facteurs limitants



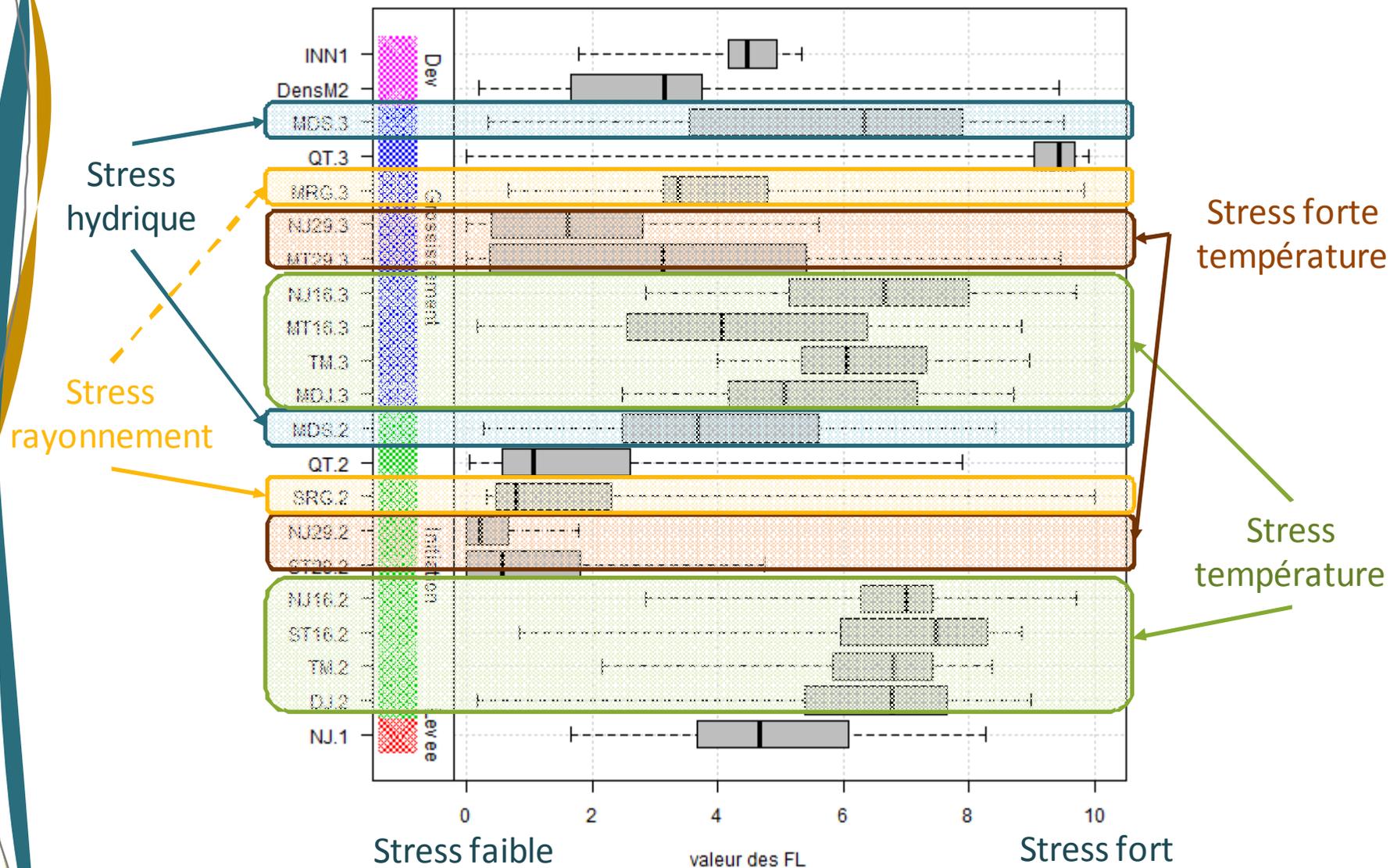
T°, humidité, précipitations,  
rayonnement ...



# La caractérisation de l'environnement



Agata



# Le diagnostic agronomique

Identification des Stress majeurs et quantification de leur impact

- Expliquer les variations de rendement (**Rdt**) observées sur chaque géotype révélateur par les niveau des indicateurs de FL (**IndFL**) calculés dans chaque milieu.

$$\text{Rdt}_j = \mu + \alpha_1 \cdot \text{IndFL}_{1j} + \alpha_2 \cdot \text{IndFL}_{2j} + \dots + \alpha_n \cdot \text{IndFL}_{nj} + \varepsilon_j$$

**Différentes méthodes statistiques :**

Régression stepwise, Mélange de modèles, Régression PLS

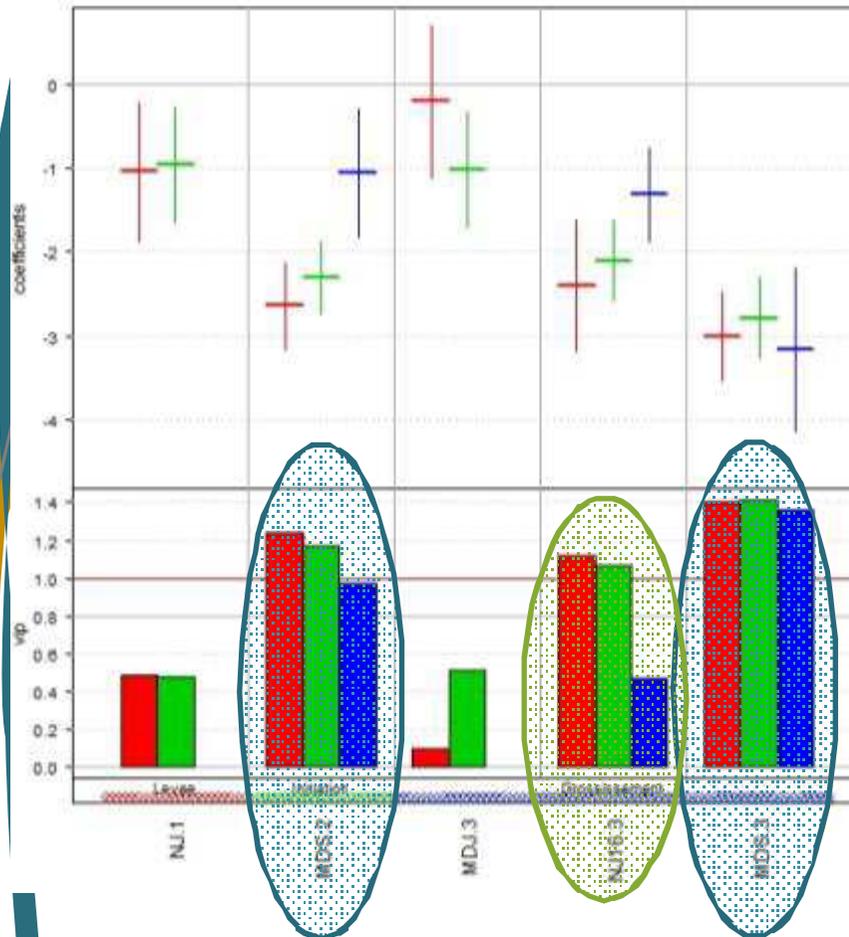
≈ 21 variables  
descriptives  
des facteurs  
limitants

3 à 9 variables  
explicatives selon le  
géotype révélateur

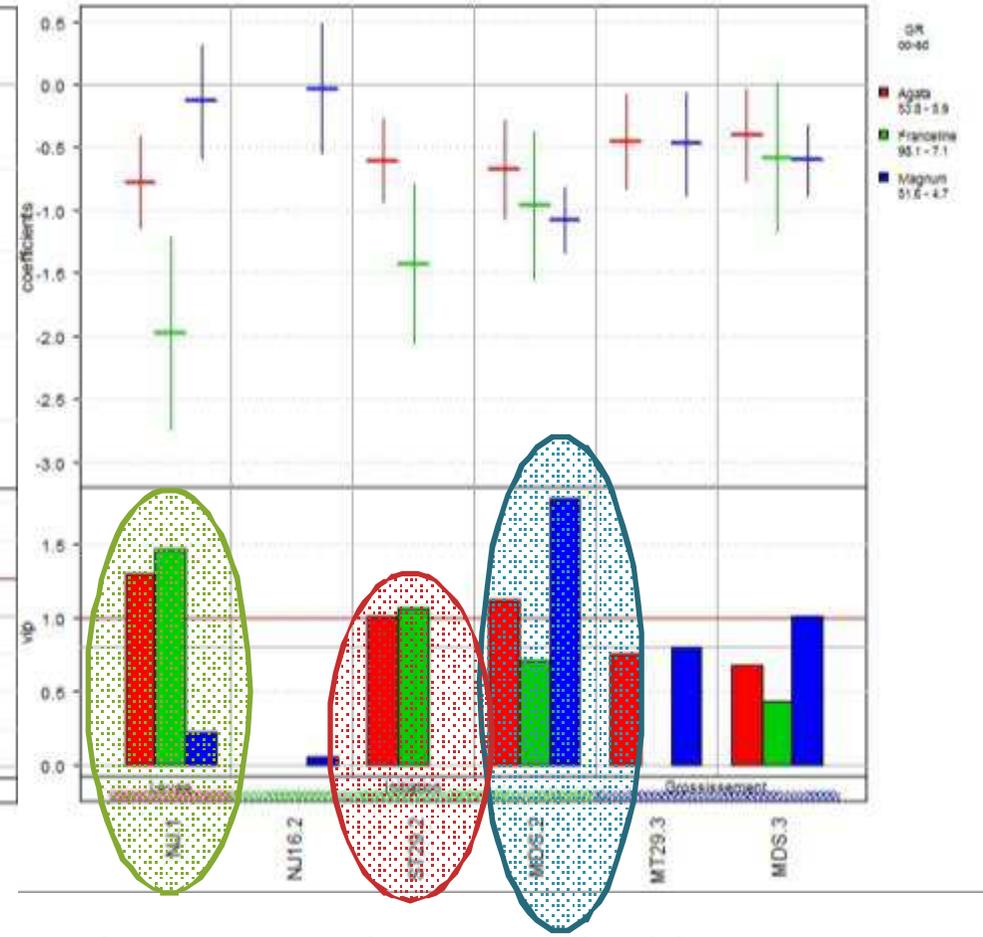
# Exemple de la PLS sélection sur le Q2

Rendement + 15 mm

Nombre de tubercules + 15 mm



Importance des stress hydriques en phase d'initiation et de grossissement  
Stress température en phase de grossissement

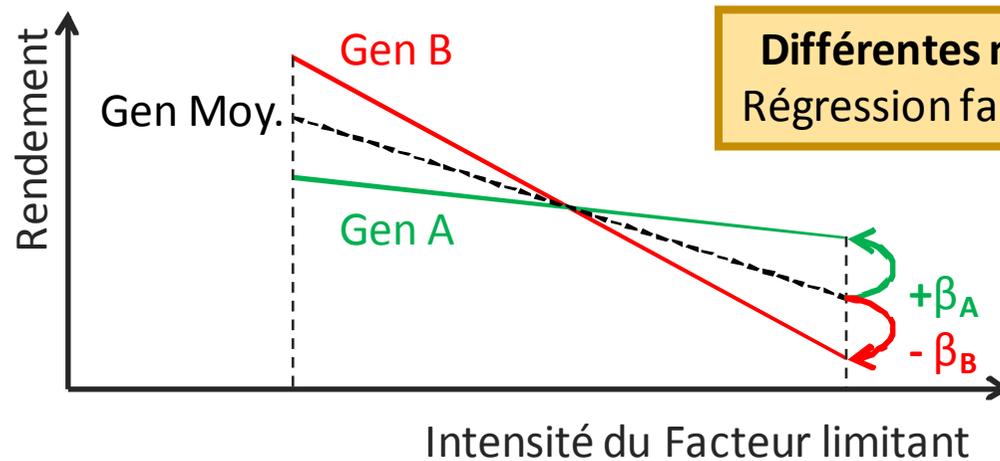


Importance des stress hydriques en phase d'initiation  
Stress haute température en phase de d'initiation et retard à la levée

# La caractérisation variétale

Caractériser le comportement de toutes les variétés par une analyse de l'IGM

Estimer la réponse phénotypique (Rdt, NbTub,...) de chaque variété à chacun des facteurs limitants identifiés par le diagnostic



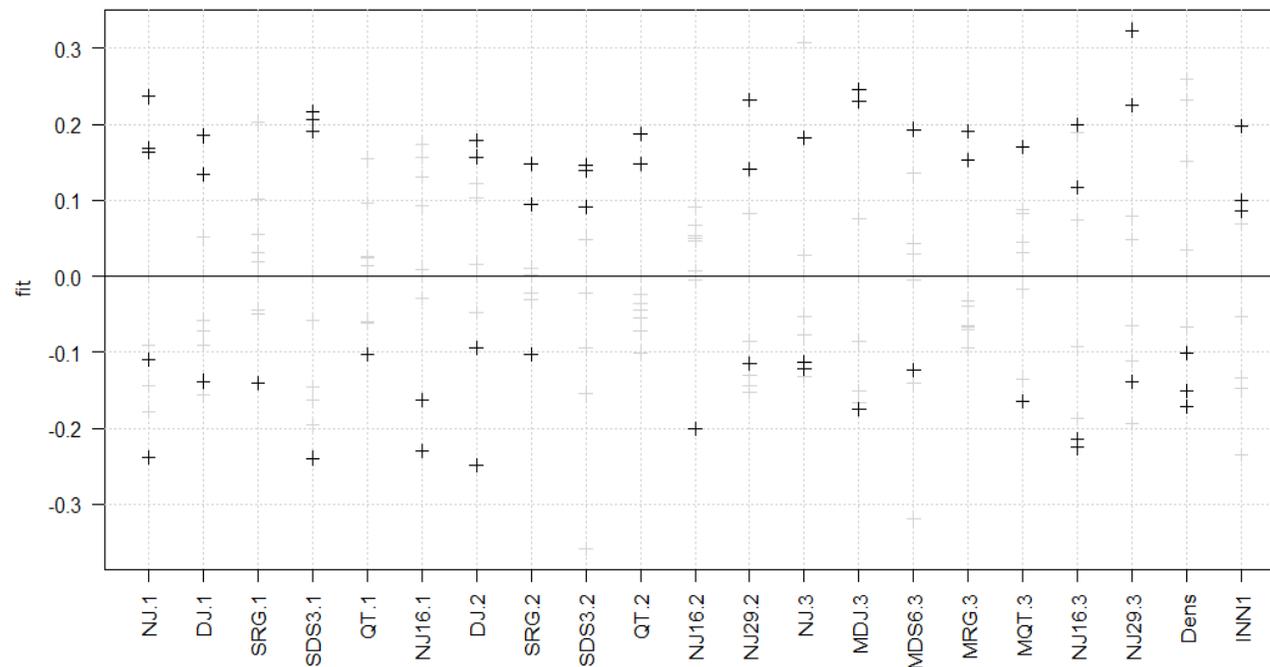
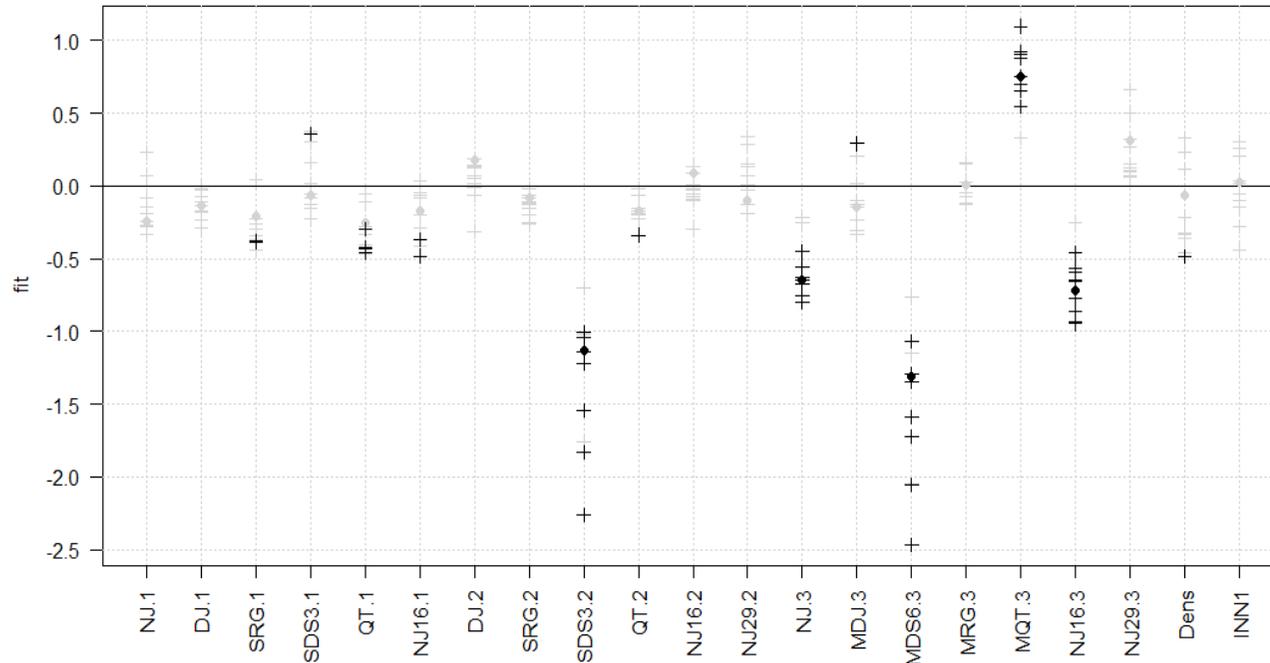
**Différentes méthodes statistiques :**  
Régression factorielle, Régression PLS

**Modèle (régression factorielle, régression PLS1 ou 2):**

$$Rdt_{ijk} = \mu + Gen_i + Env_j + Gen:Env_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\alpha_1 \cdot indFL_{1j} + \dots + \alpha_n \cdot indFL_{nj} + Env'_j$$

$$\beta_{1i} \cdot Gen:indFL_{1ij} + \dots + \beta_{1i} \cdot Gen:indFL_{1ij} + Gen:Env'_{ij}$$



# Petit travail sur le Diagnostic

- PLS1 sur E + IGE : A
- PLS1 sur IGE : B
- ➔ Plus de covariables identifiées dans le cas d'un diagnostic sur VE
- ➔ Faut-il ou non présélectionner les variables par un diagnostic sur le rendement?



# La caractérisation variétale vis-à-vis des stress hydriques

	Rendement >35 mm		Rendement >50 mm	
	Initiation	Grossissement	Initiation	Grossissement
<b>Agata</b>	-3,11	-3,02	-3,23	-3,78
<b>Charlotte</b>	-1,80	-2,12	-0,96	-2,08
<b>Lady Claire</b>	-1,30	-1,96	0,00	-2,05
<b>Safrane</b>	-2,10	-2,90	-1,94	-2,87
<b>Franceline</b>	-2,41	-2,74	-0,91	-2,38
<b>Innovator</b>	-1,41	-1,86	-1,05	-2,54
<b>Bintje</b>	-1,42	-1,83	-1,09	-2,64
<b>Auréa</b>	-0,84	-1,16	-0,54	-2,44
<b>Caesar</b>	-0,56	-1,12	0,22	-2,06
<b>Magnum</b>	-1,00	-2,19	-0,52	-3,16
<b>Sensibilité moyenne</b>	-1,59	-2,09	-1,00	-2,60
	Plus sensible que la moyenne	Même sensibilité que la moyenne	Moins sensible que la moyenne	



# Les modèles produits sont-ils robustes?

## Evaluation de leur qualité prédictive

Capacité des modèles à prévoir le classement des variétés selon :

Leur rendement

Modèles	Moyen	>Additif
Additif	0.59	
Reg. Factorielle	0.60	53%
PLS1	0.65	63%
PLS2	0.66	75%

Leur résistance au stress hydrique

Modèles	Moyen	Négatif	Positif (pc<0.1)
Regression Factorielle	0.54	13%	50%
PLS1	0.44	13%	38%
PLS2	0.53	6%	63%

- Les modèles améliorent les prédictions de classement pour le rendement du simple modèle additif mais dans une proportion moins importante qu'attendue
- Les modèles permettent une amélioration significative de la caractérisation des comportements variétaux face à des stress majeurs du réseau d'essais

## DiagVar : L'outil

- Développé sous le logiciel statistique R (<http://cran.r-project.org>)
- Format de la méthode simplifié
  - Peu de ligne de codes sous R (les fonctions utilisées sont chargées) Export de l'ensemble des tables de résultats et graphiques produits
  - Guide d'utilisation décrivant précisément chaque étape de la démarche



Dans le cadre de l'inscription au catalogue  
Etude prospective dans un premier temps (2015/2016)

- Transfert vers le CTPS
  - Réseau d'essai multi-local et pluri-annuel bien adapté à l'utilisation de la méthode
  - Permettrait une caractérisation plus fine et précoce des variétés nouvellement inscrites vis-à-vis des stress environnementaux
- En pratique ?
  - Commencer par une description du réseau actuel CTPS via le diagnostic agronomique
  - Caractérisation des lieux d'essais par rapport aux stress hydriques notamment – Bilan hydrique ?
  - Quid des témoins CTPS comme Géotypes Révélateurs ?



## Les avantages de la méthode DiagVar pour la sélection et le conseil (Comité Nord-Arvalis)

- Intérêt pour le développement commercial
  - meilleure compréhension de la réponse variétale
    - ➔ Meilleur préconisation variétale
    - ➔ Meilleur conseil de production : Adaptation des stratégies d'irrigations en fonction des spécificités variétales par exemple
- Optimisation des réseaux de sélection et d'évaluation
  - Information plus importante avec autant d'essai –  
Valorisation du Diagnostic agronomique