Résumé de la présentation de Philippe GATE,

nouveau membre correspondant,

Section productions végétales

le 27 janvier 2016

1. **Résumé de la carrière de Philippe GATE**

Fonction actuelle

Philippe GATE est actuellement le Directeur Scientifique d'ARVALIS – Institut du végétal, Institut qualifié par le Ministère à la fois Institut Technique Agricole (ITA) et Institut Technique Agro-Industriel, de 400 collaborateurs, essentiellement financé par les producteurs.

Sa fonction principale est d'assurer l'excellence scientifique et technique des activités menées par l'institut, de développer une approche prospective en identifiant les thématiques prioritaires, d'animer et de gérer le programme d'activité, d'identifier les meilleurs partenariats avec la recherche tant en France qu'à l'étranger, d'animer le Conseil Scientifique et d'éclairer le Conseil d'Administration. Au-delà de ces activités stratégiques pour l'ensemble des activités de l'Institut, sa fonction est aussi l'animation directe une équipe de 40 personnes (modélisation, biométrie, systèmes d'information, NTIC, biotechnologies, excellence méthodologique en expérimentation, et relations internationales).

Principales étapes et réalisation

Depuis 2009

- Contribution forte à la création du RMT Elicitra (sur les éliciteurs), à la création et à la gouvernance de l'UMT CAPTE sur les capteurs de proxidétection pour le pilotage des cultures et le phénotypage à haut débit, au RMT Modelia (modélisation dans le domaine de l'agriculture), à l'UMT PIVERT sur la gestion durable des résistances
- Animation scientifique de l'agro-écologie pour une intégration dans les activités
- Animation des activités relatives à la valorisation des biotechnologies

2005-2009 : Animateur du pôle et de la thématique « Valorisation de l'Ecophysiologie » à ARVALIS

- Travaux sur l'origine du plafonnement des rendements en France sur le blé et le maïs. Recherche de solutions : publications Field Crop Research, projet CLIMATOR, ADAGE
- Couplage modèle de développement et épidémiologique de la Septoriose (se concrétisera par l'outil commercialisé Septolis)

1997-2005 : Ingénieur au Service Techniques de Production puis Conduite et Systèmes de Culture (ITCF)

Mises au point d'outils d'aide à la décision (OAD) tactiques pour optimiser les techniques de culture en cours d'année : prévision de l'ensemble des stades clés du blé (Stadilis), prévision du risque de verse (méthode ECOVERSE), des besoins en azote et de l'ajustement des doses en cours de culture en estimant le statut azoté du peuplement.

Stadi-LIS®
La prévision des stades de développement

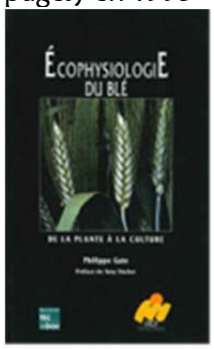
Rédaction d'une brochure sur les stades du blé et du diagnostic des facteurs abiotiques

Travail spécifique pour coupler les données issues de la télédétection aux connaissances en écophysiologie et en agronomie (collaboration avec INRA Avignon, EADS-Matra Marconi Space) ; élaboration du service FARMSTAR outil intégré de pilotage de plusieurs grandes cultures, aujourd'hui l'outil le plus utilisé en France (plus de 800 000 hectares).

Valorisation en temps réel des connaissances et des modèles pour accompagner les coopératives agricoles dans l'ajustement de la conduite, la prédiction de la collecte et de la qualité : « Service Repères conduite » et « Repères collecte » avec 26 coopératives en contrat avec Arvalis.

<u>1983 – 1993 : Ingénieur au Servie Plante Milieu (Institut Technique des Céréales et des Fourrages)</u>

Travaux sur la compréhension du fonctionnement du blé au champ, concrétisés par la rédaction et l'édition d'un ouvrage personnel : « Ecophysiologie du Blé », Lavoisier Editeur (424 pages) en 1995



2. Valoriser les connaissances en écophysiologie au travers de deux exemples

a. FARMSTAR, pour un pilotage précis et à distance des cultures

FARMSTAR permet un pilotage de la fertilisation azotée, de la protection contre la verse, mobilisant des modèles acquis en écophysiologie (stades de développement, croissance, absorption) couplés à des informations données par des capteurs (satellites, avions). Il a été conçu dans le cadre de deux projets de recherche européens (PAAGE et SAAGE) en valorisant notamment tout le savoir-faire d'ARVALIS en écophysiologie, en agronomie, et les modèles de réflectance des couverts bâtis par l'INRA (Sail, Prospect). Les informations élaborées estimées par les capteurs (teneur en chlorophylle,

indice foliaire) sont converties en variables diagnostiques (statut azoté du peuplement, biomasse par hectare), avec des possibilités de projection dynamique dans le temps (pas de temps journalier). Ces variables diagnostiques sont ensuite converties en préconisations d'intervention pour le producteur (doses correctrices avec possibilité de mettre en œuvre une modulation intra-parcellaire). Aujourd'hui, FARMSTAR est le premier outil de pilotage commercialisé en France, sur environ 800 000 ha. Des améliorations sont en cours, notamment en mobilisant de nouveaux capteurs.

b. Evolution des rendements des grandes cultures : du diagnostic aux préconisations

Une analyse de l'évolution des rendements du blé à l'échelle de la France et de ses départements a permis d'identifier et de hiérarchiser les facteurs à l'origine du plafonnement. Cette étude a permis de conclure à une contribution significative de l'évolution de certains paramètres du climat. Elle permet donc de prioriser les axes de recherche : s'agissant par exemple des stress climatiques, de travailler davantage sur la tolérance aux fortes températures au cours du remplissage, fortes températures qui ont augmenté (en moyenne de 25%), en dépit de l'avancée des stades. Cette étude révèle aussi que le changement climatique s'accompagne d'une augmentation de la variabilité interannuelle, avec l'intervention de facteurs pouvant être différents d'une année à l'autre et susceptibles d'affecter le rendement. Ces aléas significatifs et peu prédictibles interrogent sur les approches méthodologiques à développer pour mieux conseiller les producteurs : choix de « bouquets » variétaux, mais aussi systèmes de culture plus résilients face à cette variabilité.

ARVALIS

Institut du végétal

Présentation de Philippe GATE

Nouveau membre correspondant AAF, 2016

ARVALIS
Institut du végétal

Plan proposé

1. Parcours : étapes et fonctions clés
2. Approfondissement autour de 2 exemples
    1. FARMSTAR, outil intégré de pilotage des cultures
    2. Diagnostic de l'évolution des rendements en France et solutions

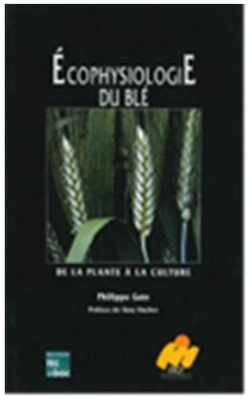
Parcours: étapes et fonctions clés

- Depuis 2009 : Directeur scientifique d'ARVALIS
  - Refonte programme d'activité d'ARVALIS → 10 défis
    - Agro-écologie de performances
  - Recherche participative avec réseaux agriculteurs
  - Valorisation des biotechnologies / capteurs
- 2005 – 2009 Animateur pôle valorisation de l'Ecophysiologie
  - Adaptation CC / diagnostic et solutions (Field C. S. ; CLIMATOR
  - Couplage modèle écophysio-épidémio
- 1995 – 2005 Ingénieur Conduite et Systèmes de Culture

Stadi-LIS
La prévision des stades de développement

Services « Repères »
27 coopératives

1983 – 1995 Ingénieur Service « Plante Milieu ITCF



FARMSTAR

Vos parcelles vues du ciel

10 ans Farmstar
2002 - 2011

FARMSTAR

Vos parcelles vues du ciel

Bdd SOL | Bdd Variétés | Bdd météo

1551 stations déclarées dont 826 en activités
1 000 000 de données traitées par an
665 stations mises à jour quotidiennement

Modèles de croissance | Modèles stades développement

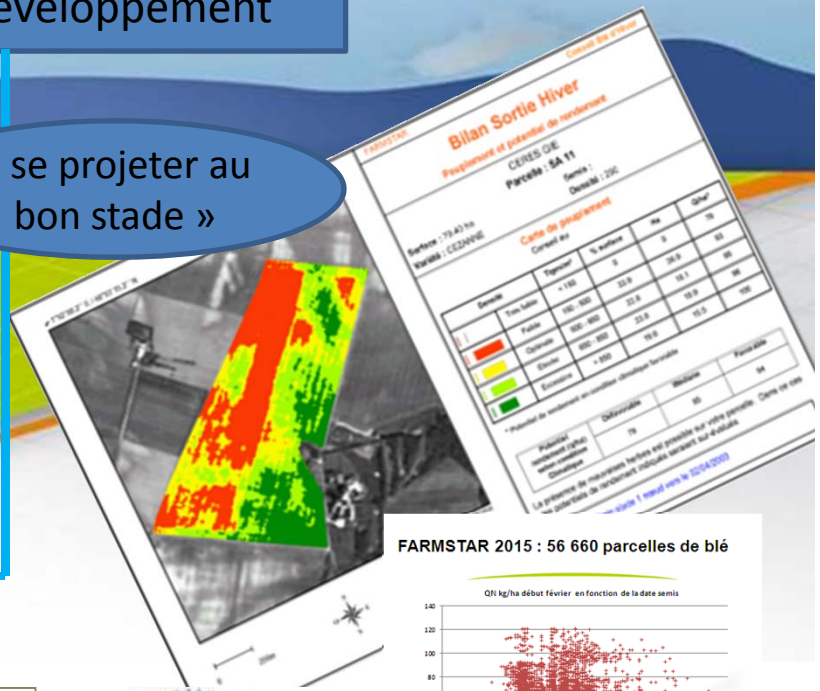
Capteur | Forçage

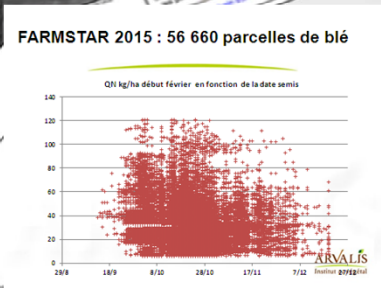
« se projeter au bon stade »

1. Modèle de réflectance → indice foliaire et % chlorophylle à 1 date

Modèle de règles de décision

Dose d'azote, protection contre la verse





ARVALIS Institut du végétal

infoterra

Somme de T°C base 0 modulée par l'action de freins climatiques :

- vernalisation (Fv)
- photopériode (Fp)

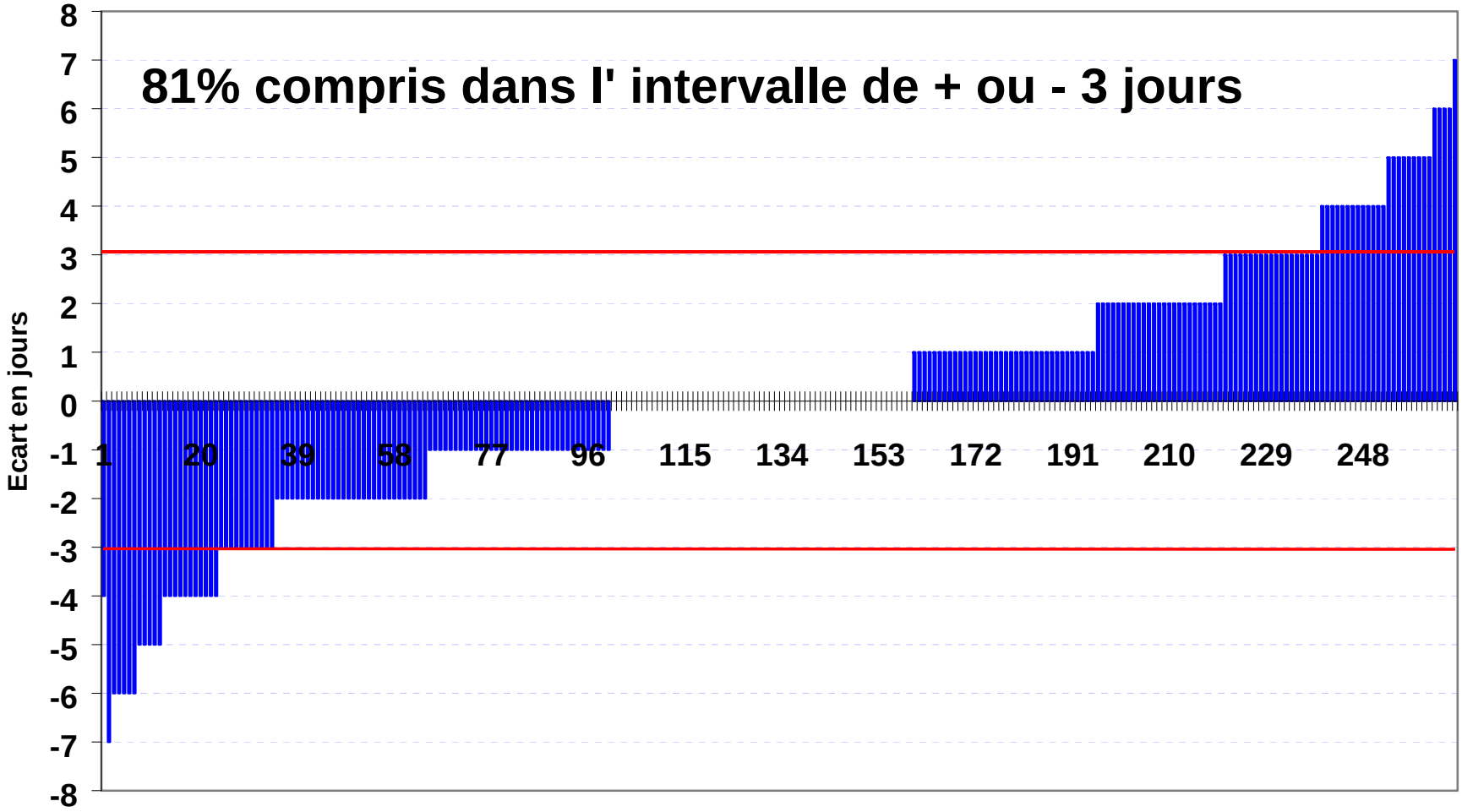
$$SPTv = \Sigma (T_i - T_b) \times F_v \times F_p$$

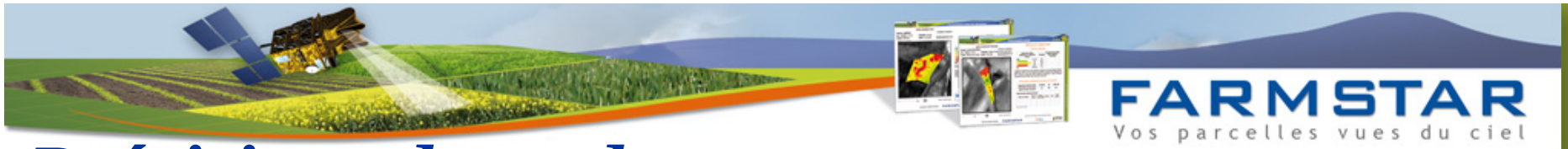
Précision actuelle : E1C < +/- 5 jours ; Epiaison < +/4 jours
Simulation fréquentielle (30 ans)
Prévision à 5 jour intégrée
Modèle d'interpolation (SAFRAN) en cours de test

ARVALIS
Institut du végétal

Modèle Epiaison

Erreur du modèle épiaison en jours entre l'observation et la dernière prévision





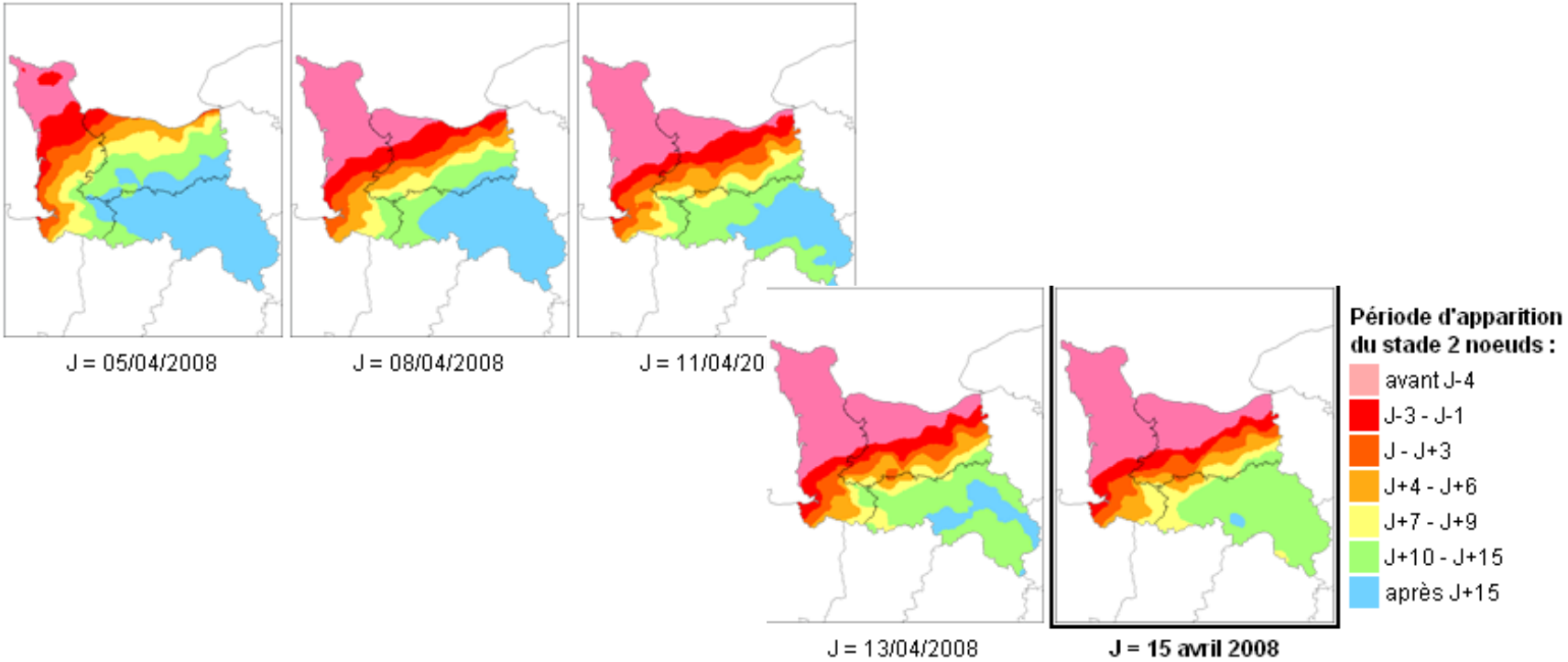
Prévisions de stades

- L'évolution des prévisions sur les 10 derniers jours :

Visualiser les 10 derniers jours

Trier les cartes par : précocité

Variété Dinosor - Semis du 01/10/2007

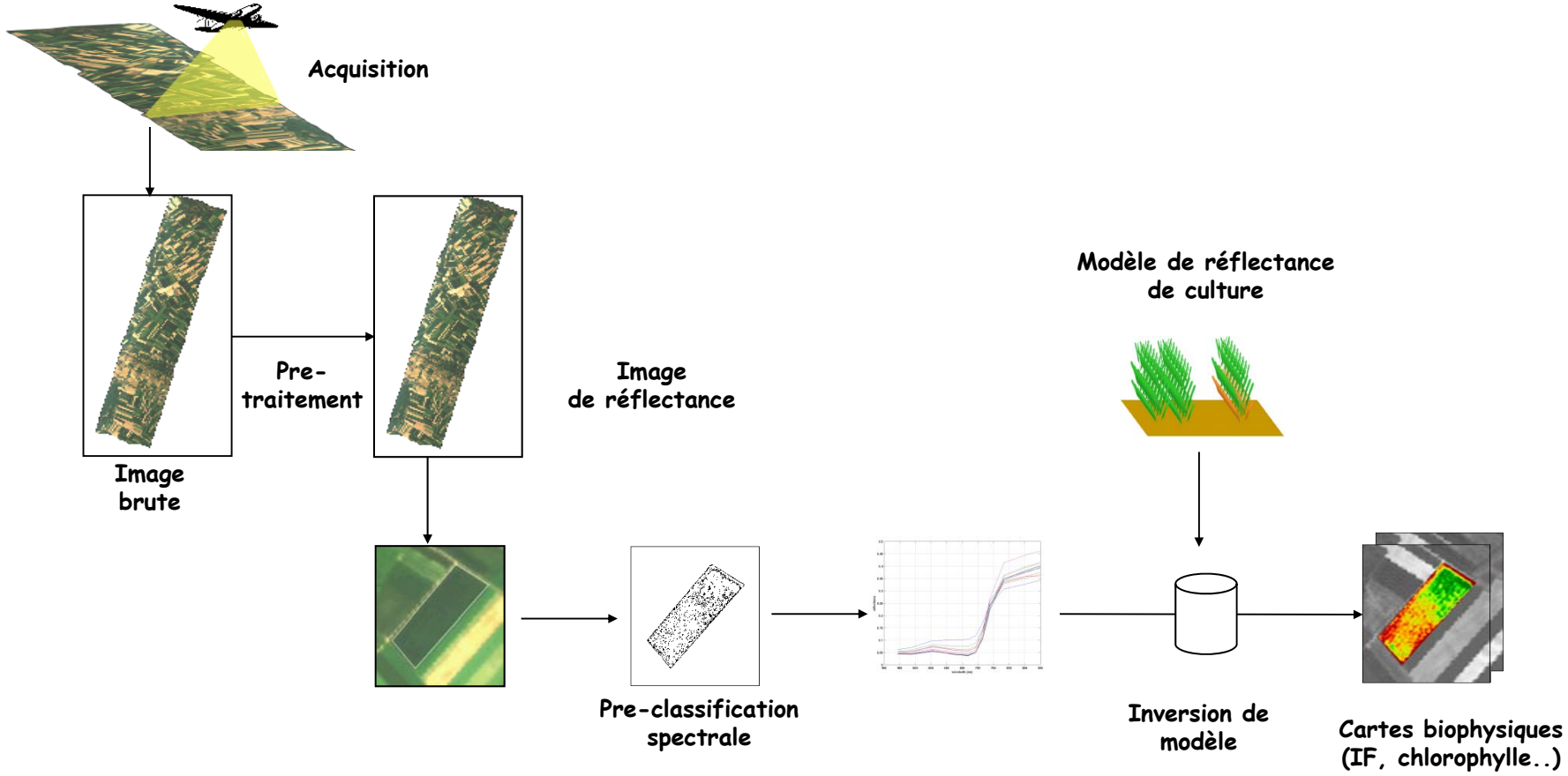


imprimer

ARVALIS Institut du végétal

infoterra an EADS Astrium company

Développement chaine de traitement

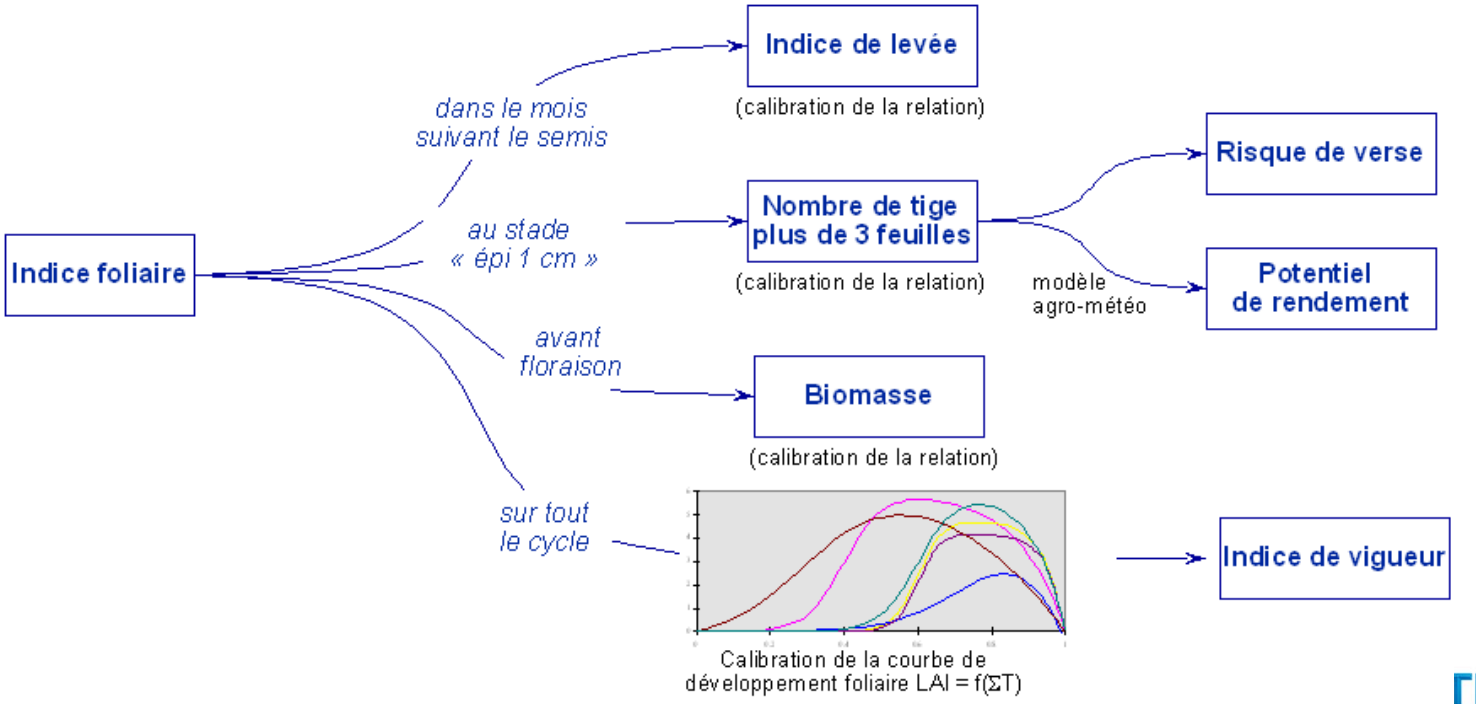


ARVALIS Institut du végétal
CETIOM Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains
ASTRIUM AN EADS COMPANY

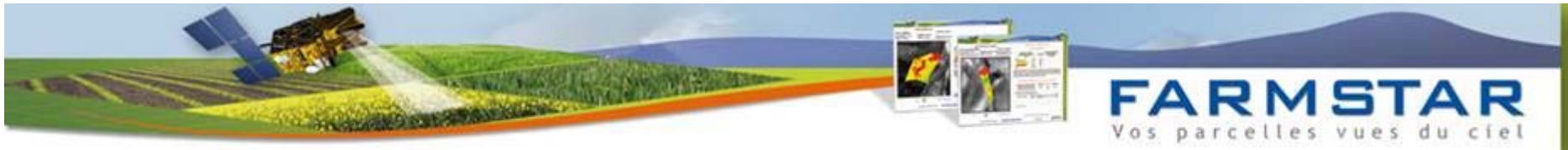
De l'information biophysique à l'indicateur agronomique

Exemple de l'Indice Foliaire (IF)

- association à des stades précis
- prise en compte de paramètres externes (variété, date de semis, ...)
- établissement de relations calibrées



Institut du végétal
Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains
TRIUM AN EADS COMPANY



Génération des produits Farmstar

de l'image au conseil final

Images Satellite

TELEDETECTION

Chlorophylle | **LAI** — ***Paramètres biophysiques***

ECOPHYSIOLOGIE

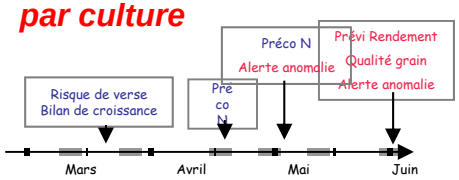
Statut azoté | **Biomasse** — ***Indices agronomiques***

AGRONOMIE

Cartes de préconisations

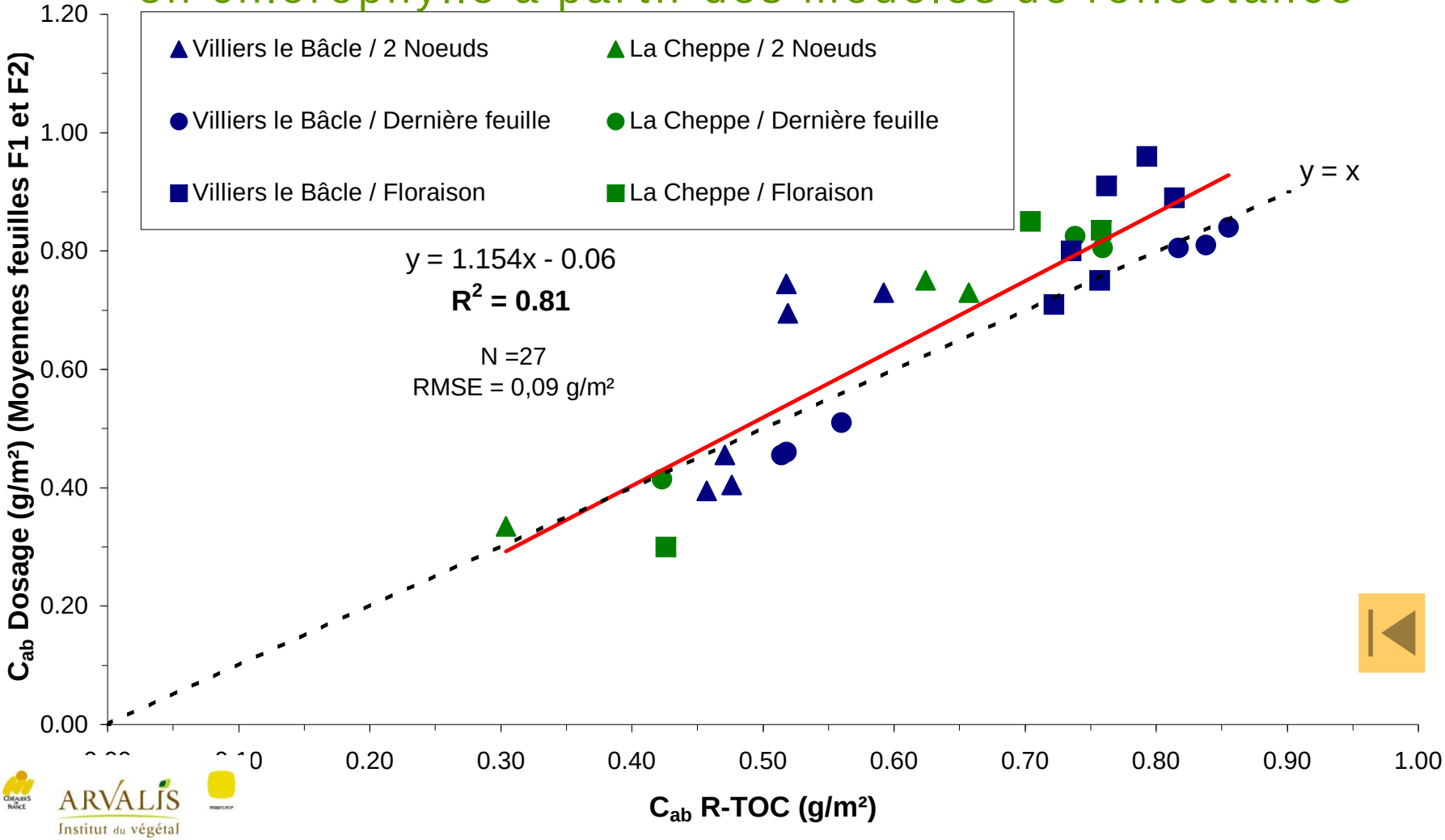
- **Bilan de Croissance**
- **Risque de verse**
- **Application Azote**
- **Détection d' anomalie**
- **Teneur en protéine**
- **Prévision de rendement**

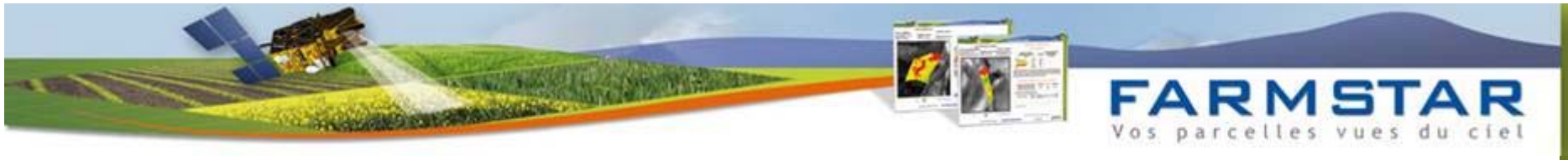
Calendrier d'opérations défini par culture



Campagnes expérimentales

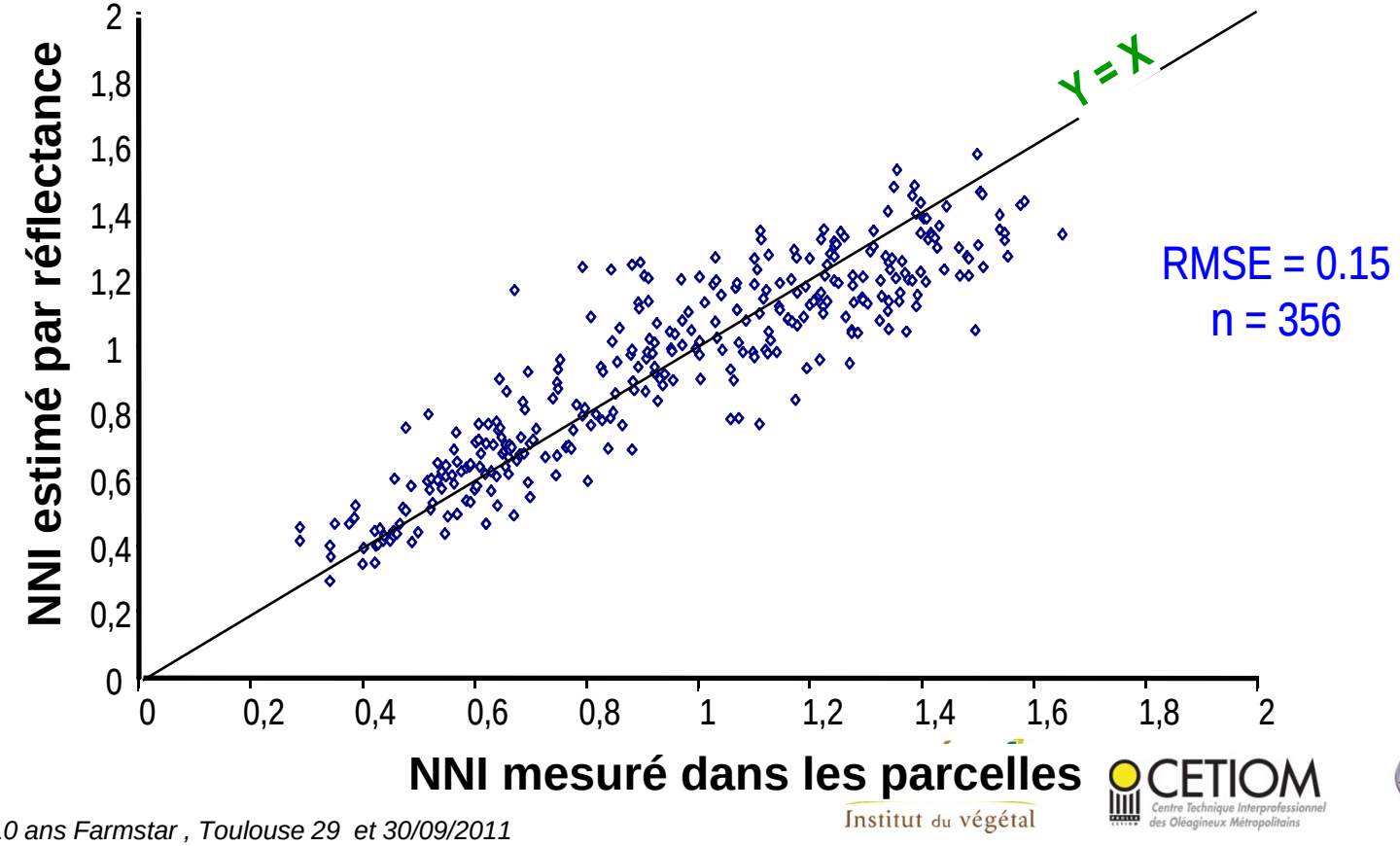
Qualité de l'estimation de la teneur en chlorophylle à partir des modèles de réflectance





De l'information biophysique à l'indicateur agronomique

Estimation du statut azoté à partir de la teneur en chlorophylle des feuilles



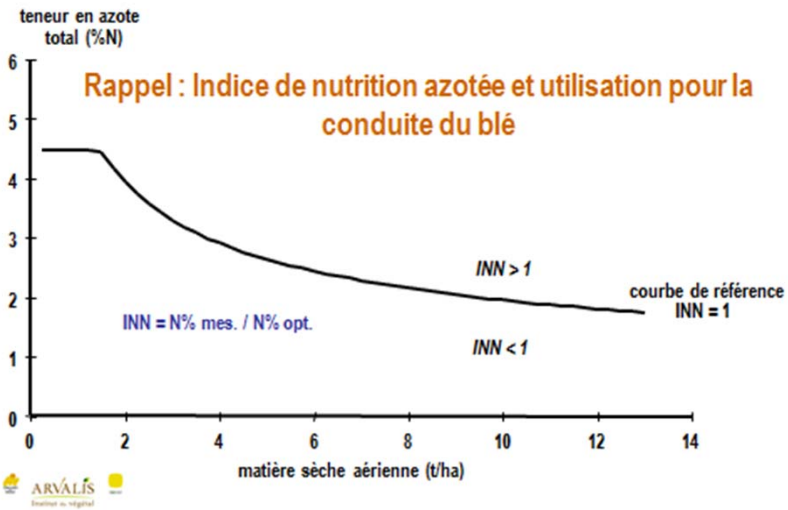
RMSE = 0.15
n = 356

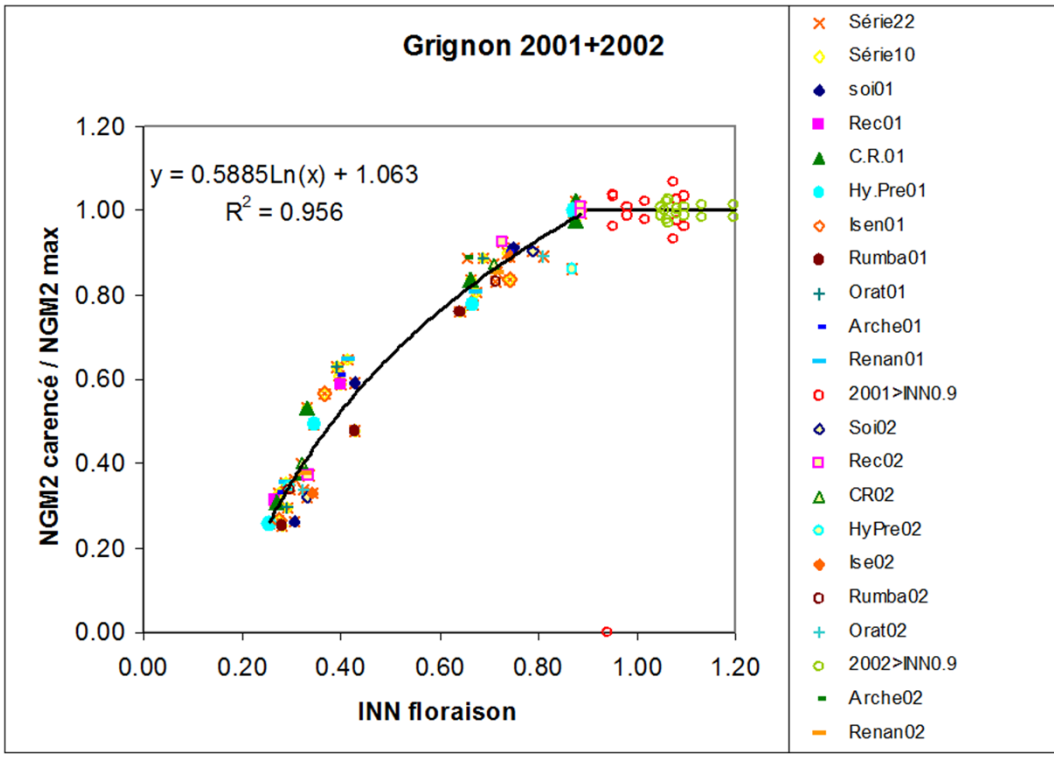
Institut du végétal

CETIOM Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains

ASTRIUM AN EADS COMPANY

Ajustement en « temps réel » par le suivi dynamique du statut azoté

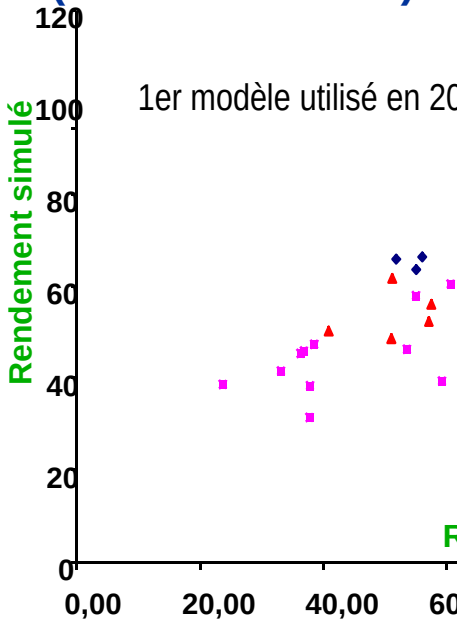




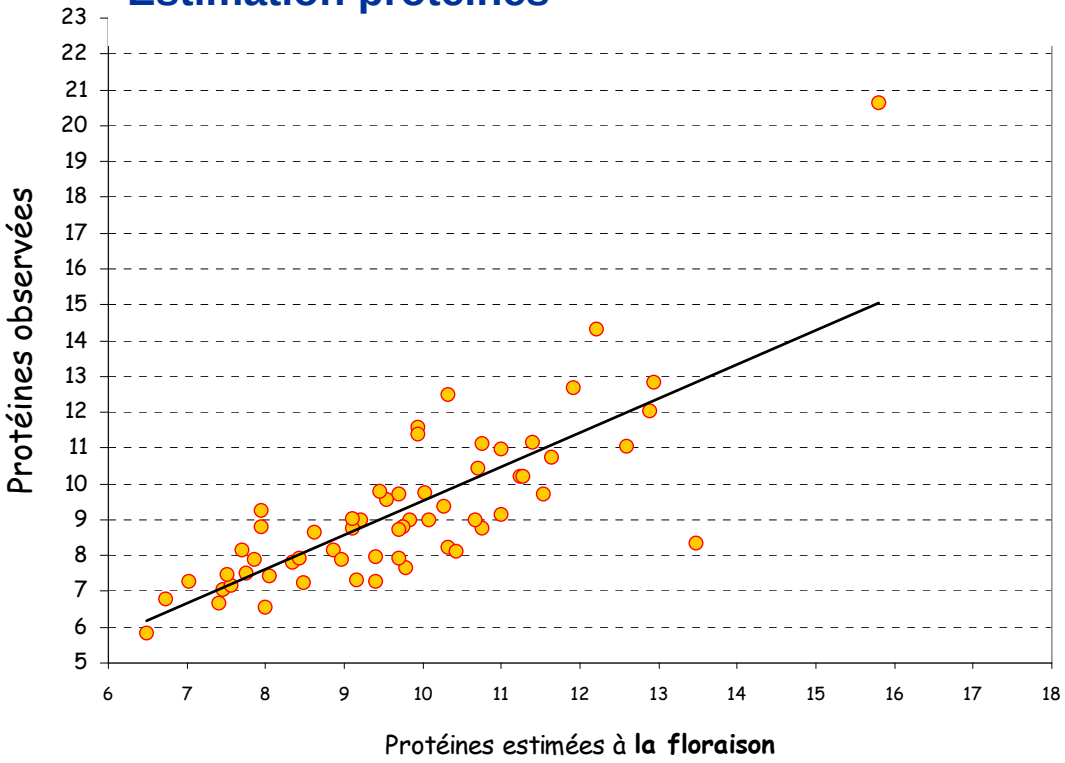
FARMSTAR
Vos parcelles vues du ciel

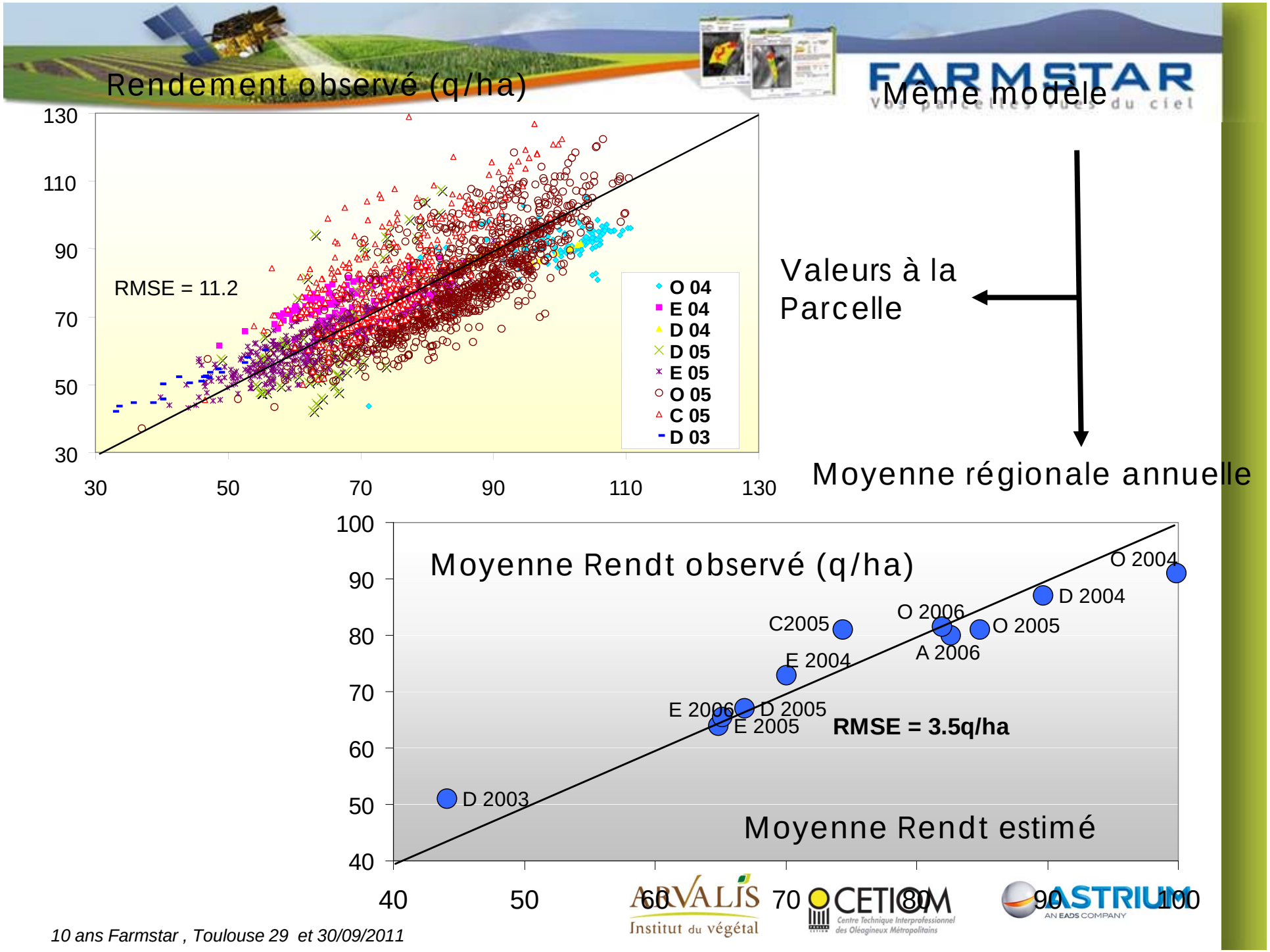
Etudes prospectives produits blé
Prévision de collecte et protéine

Estimation du rendement à partir de variables indicatrices de la croissance et estimables par télédétection (données PAAGE)



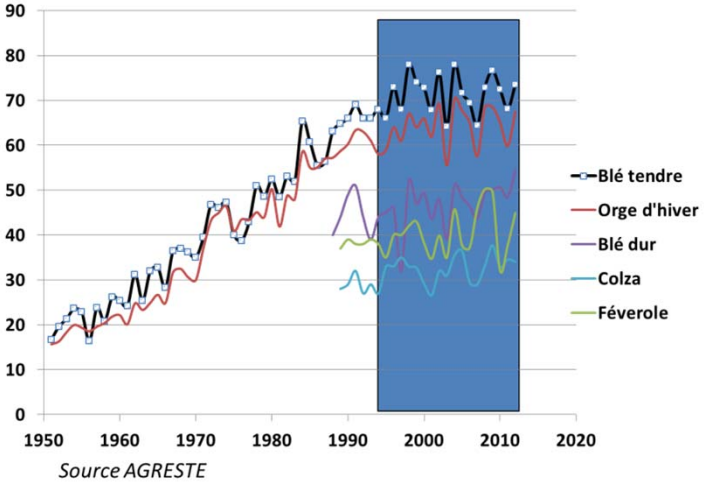
Estimation protéines



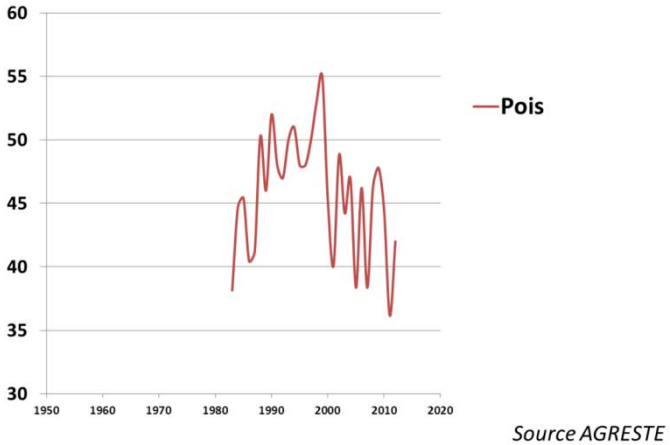

Rendement observé (q/ha)
Même modèle
RMSE = 11.2
O 04
E 04
D 04
D 05
E 05
O 05
C 05
D 03
Valeurs à la Parcelle
Moyenne régionale annuelle
Moyenne Rendt observé (q/ha)
Moyenne Rendt estimé
RMSE = 3.5q/ha
O 2004
D 2004
O 2006
O 2005
A 2006
C2005
E 2004
E 2006
D 2005
E 2005
D 2003

Les origines du plafonnement des rendements du blé en France

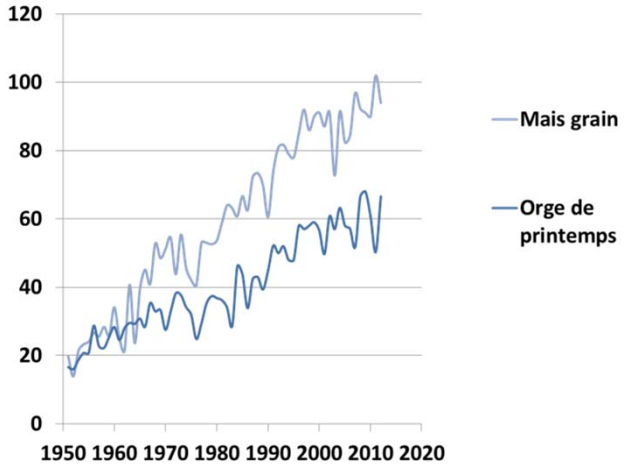
1. Des rendements qui stagnent depuis 1995 environ…



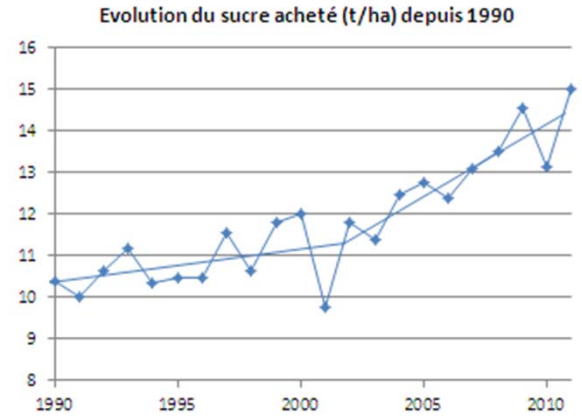
2. Des rendements qui régressent…



3. Des rendements qui s'infléchissent mais continuent…

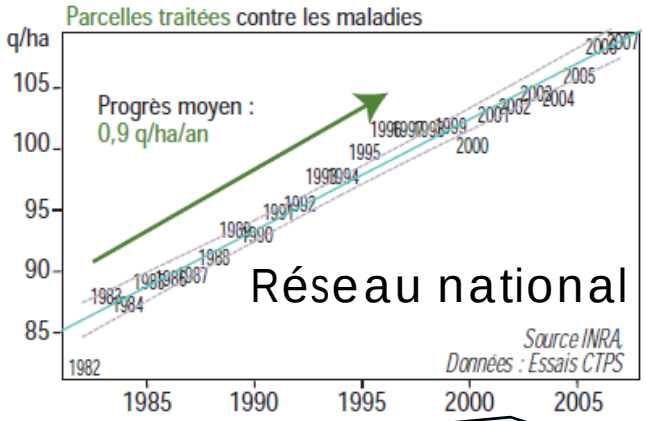


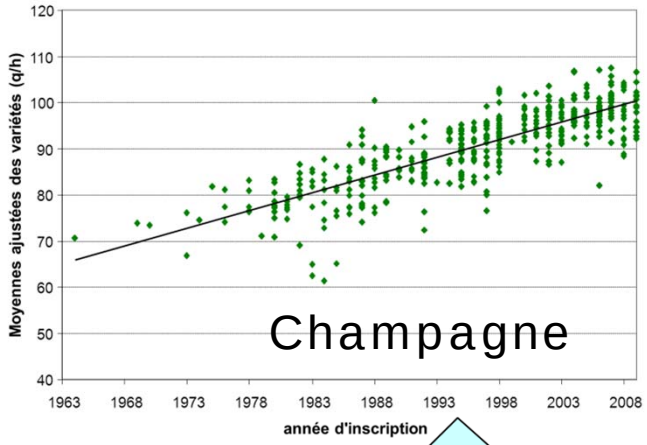
4. Des rendements qui s'accélèrent depuis 20 ans…



Augmentation moyenne de 193 kg/ha/an de sucre

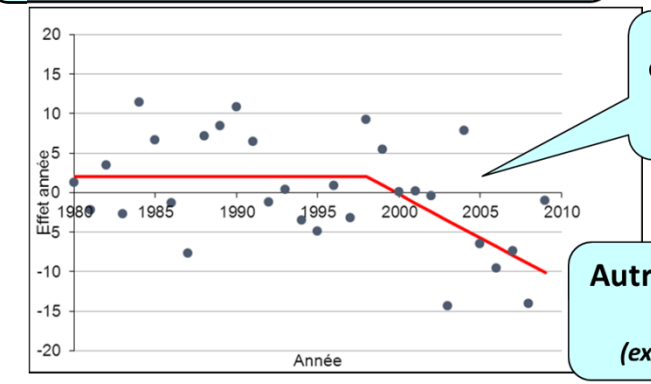
1. Le progrès génétique





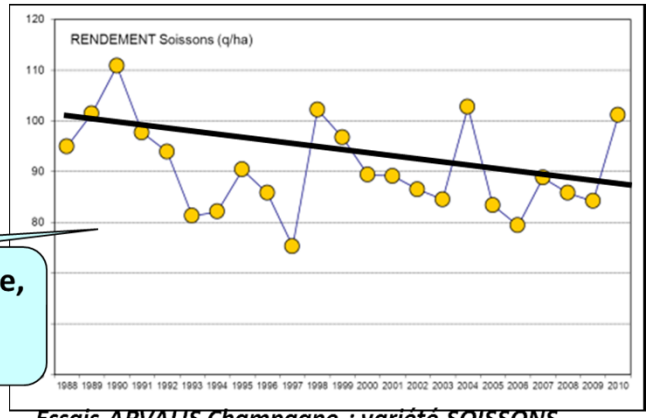
1. le progrès génétique se maintient ~ 1 q/ha/an (situations traitées) , (1.3 en NT)

Progrès génétique vérifié en Champagne de +0.7 à +0.8 q/ha/an (base CT51)



En Champagne, à pratiques constantes il y a une tendance à perdre -0.7 à -1.1 q/ha/an depuis 1998

Autrement dit : à génétique constante, les rendements régressent
(exemple de Soissons : effet annuel négatif)

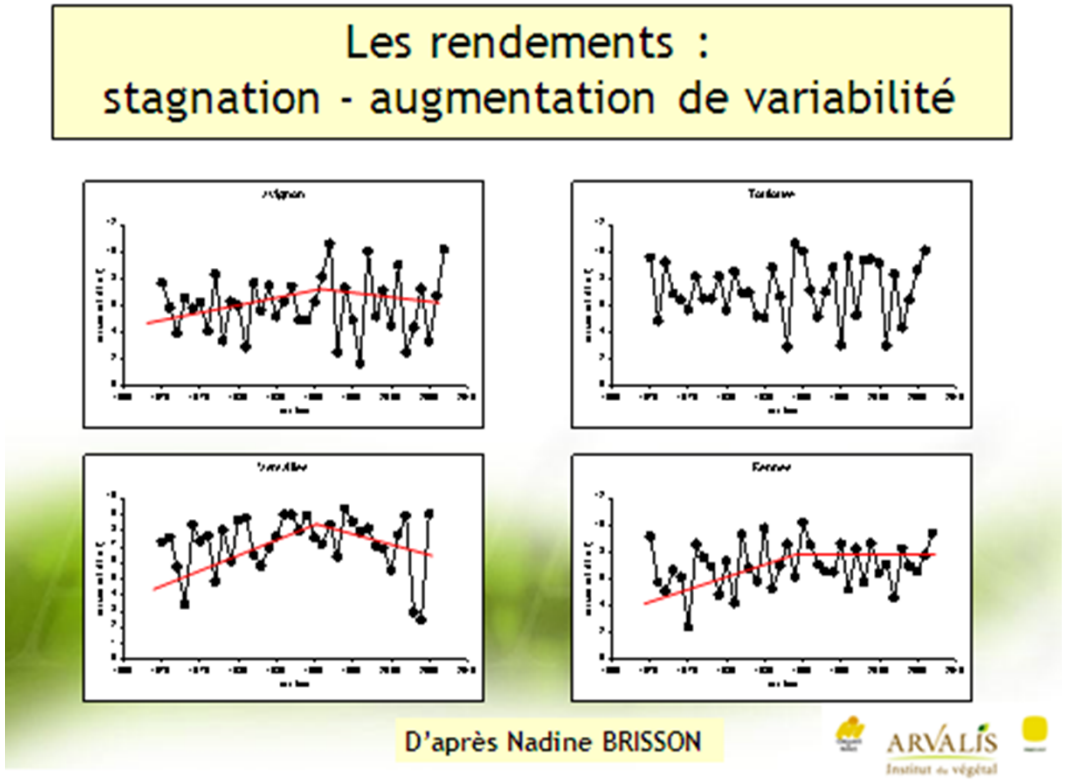


Essais ARVALIS Champagne : variété SOISSONS

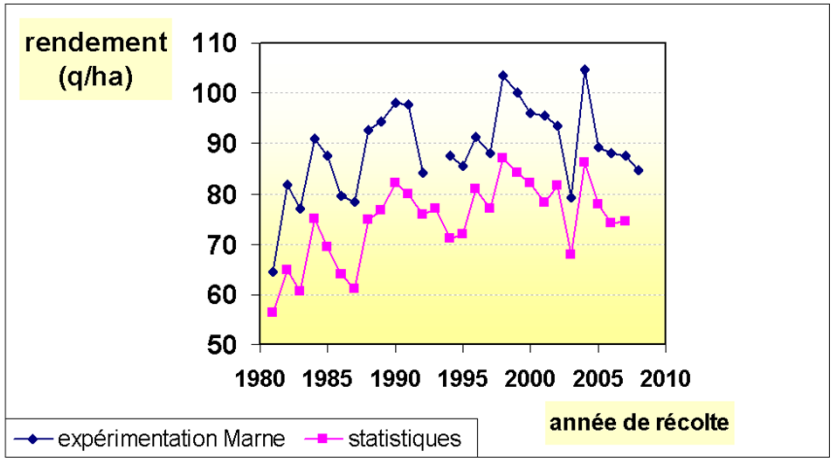
NB : Analyse avec le choix des adhérents : 3.5 q/ha sur 15 ans liés à l'âge des variétés ; Analyse du réseau d'essais : BAU/BPS écart de 3q/ha

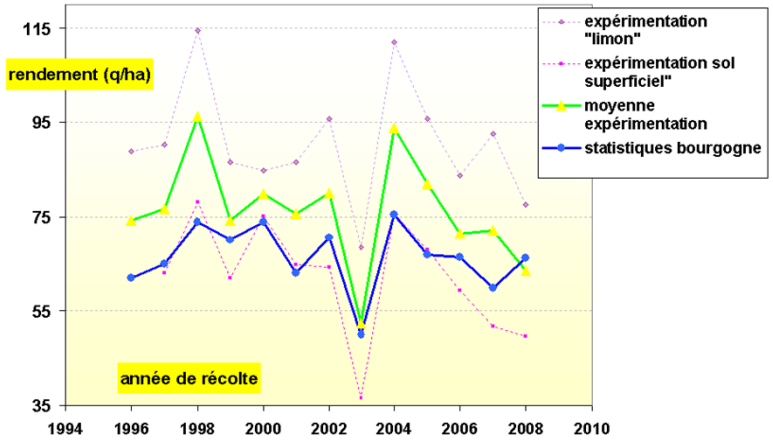
3. Intervention du climat : utilisation des modèles de fonctionnement (1) et comparaison entre expérimentations conduites à l'optimum et résultats agriculteurs (échelle régionale) (2)

1. Modèle STICS, (idem avec Panoramix)



2. données statistiques et expé



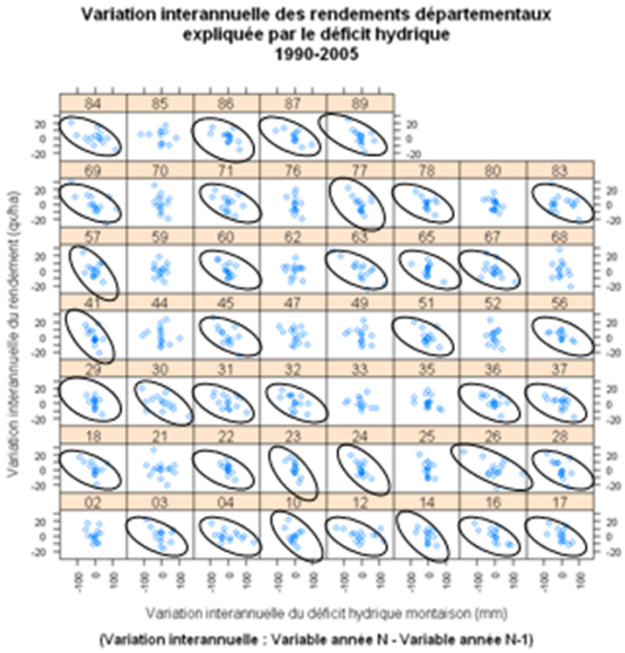


3. Climat et variabilité interannuelle du rendement

On tente d'expliquer les écarts de rendement entre l'année n et à n-1 par des écarts de conditions climatiques entre n et n-1

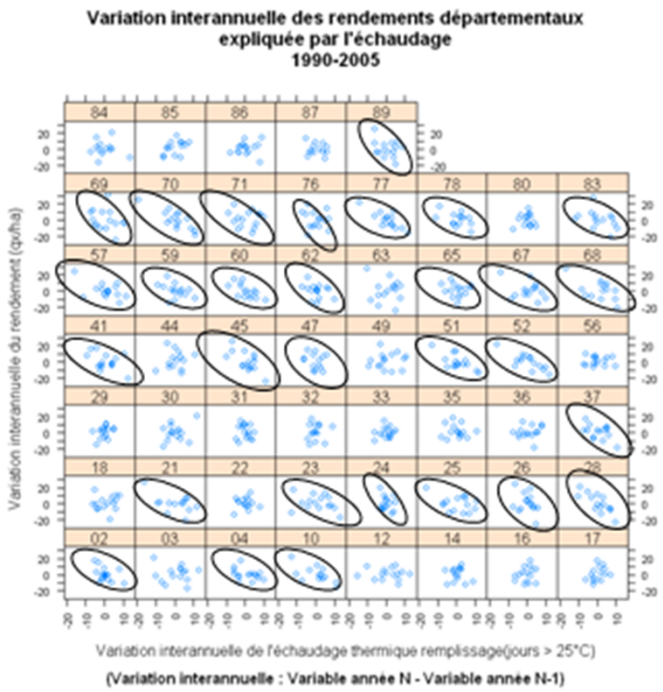
Déficit hydrique

Le climat ?



Echaudage thermique

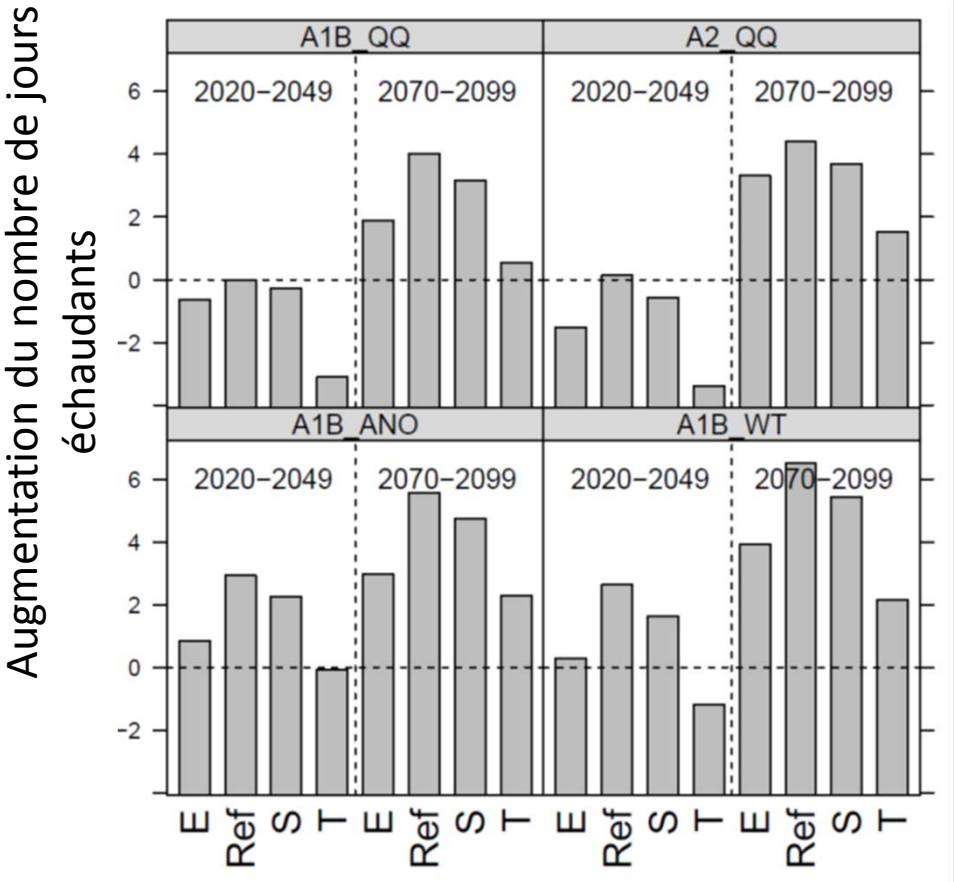
Le climat ?



Stratégie d'esquive : limites et améliorations

Le climat change : il se réchauffe

➢ *Quelles sont les stratégies les plus gagnantes ?*



Ref : pas d'adaptation
S : semis précoce
E : variété précoce
T : variété tolérante

Efficacité des adaptations

1. **Tolérance**
   - → **Recherches prioritaires sur la tolérance aux fortes T°C**
   - → **Une variabilité génétique à exploiter**

2. **Précocité variétale**
   - → **rechercher de nouveaux profils génétiques en termes de développement**
   - → **Des variétés dont le calendrier des stades est stable selon les années (répondent à la photopériode)**

3. **Date de semis**

→ **semer plus tôt une même variété est moins efficace que semer une variété plus précoce plus tard**

- **effet précocité plus faible**
- **augmentation des risques (adventices, pucerons…)**

3. Comprendre les interactions G X E !

Nécessité de proposer des « bouquets variétaux »

Effet		% variance expliquée
Essai		69,2
Variété		16,7
erreur	IGE = Essai X Variété	10,9
	Erreur expé	*3,2*

le poids des « IGE » est aussi important que celui de la variété !

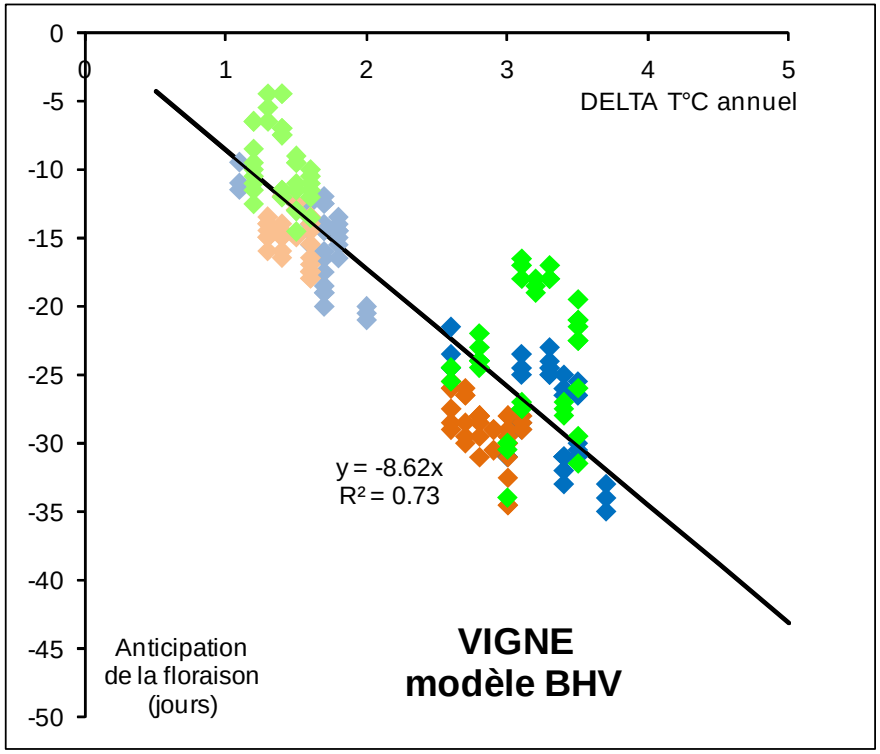
$$\text{Rendement}_{\text{variété,essai}} = \text{Moyenne}_{\text{générale}} + \text{Effet}_{\text{variété}} + \text{Effet}_{\text{essai}} + \text{erreur}$$

Intervention de conditions climatiques pénalisantes et de nature différente d'une année à l'autre *(synthèse ARVALIS – Vivescia)*

2. Le réchauffement, principal moteur de l'anticipation

Exemple sur la vigne :

relation entre l'anticipation du stade floraison (j) en fonction du réchauffement moyen annuel (en °C) calculé par période et par site, (ensemble des variétés).



Synthèse multi espèces

culture	Δ floraison en j/°C	Δ récolte en j/°C
Blé	5	6
Maïs	5	15
Tournesol	4	9
Vigne	8	10

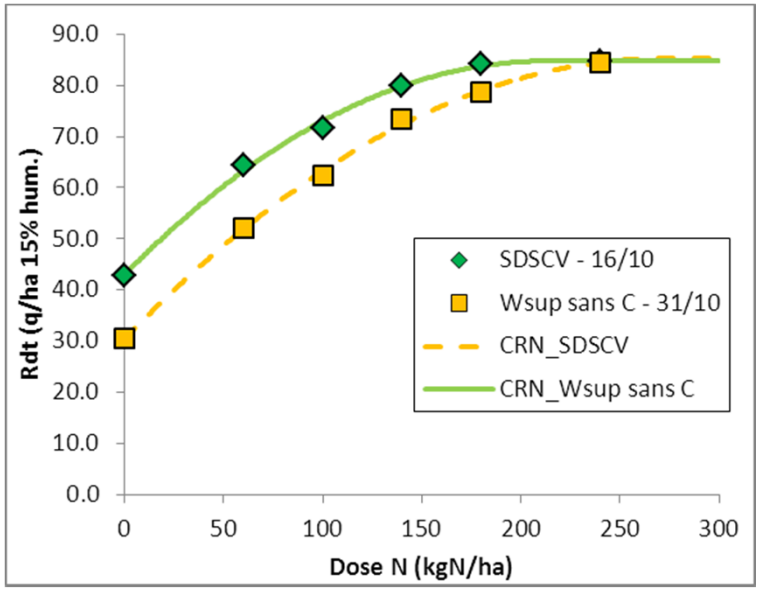
Blé sous couvert permanent

(exemple de la luzerne, Berry
Ferme de H Charpentier)

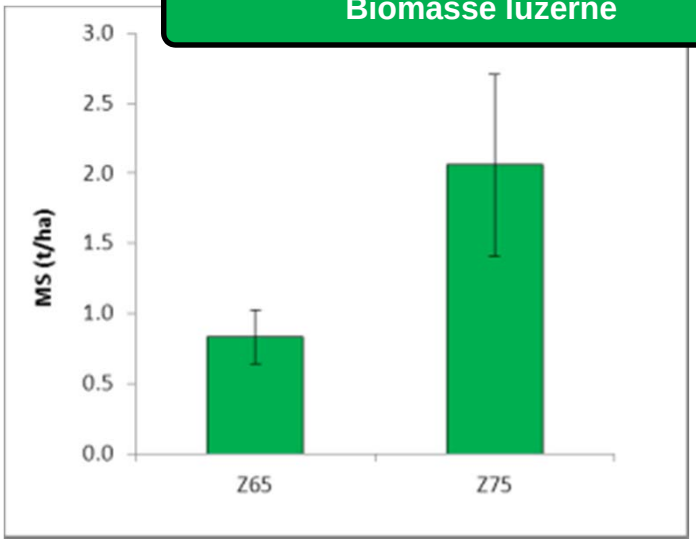
BRIVES (36) 2013

Rdt grain (ETR ANOVA = 1.5 q/ha)

Courbes de réponses



Biomasse luzerne



	Wsup sans C – 31/10	SDSCV – 16/10
Nopt (kgN/ha)	272	213***
Ropt (q/ha)	85.3	84.7^{NS}
ETR (q/ha)	0.9	1.0

Conclusion rendement:

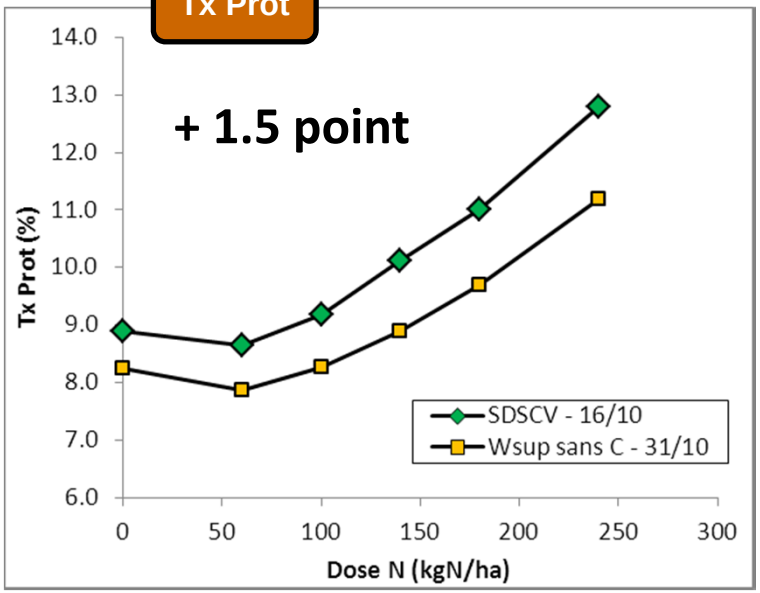
- Pas de différence de potentiel de rendement (apparemment pas de concurrence néfaste de la luzerne associée). **Mais attention au contexte 2013 (pas de stress hydrique donc atténuation de la concurrence luzerne et bon contrôle de la luzerne).**
- **Différence significative de dose optimale N (60 kgN**/ha environ) en faveur du SDSCV

Test statistique en comparaison avec la référence Wsup sans. C (modèles emboîtés)
*** différence significative à 1%
** différence significative à 5%
* Différence significative à 10%
NS : Différence Non Significative

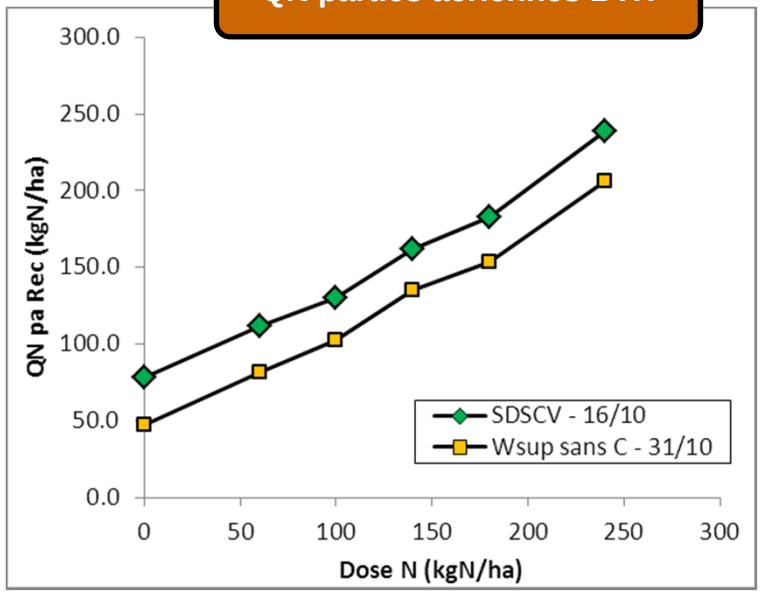
BRIVES (36) 2013

Dynamique de l'azote

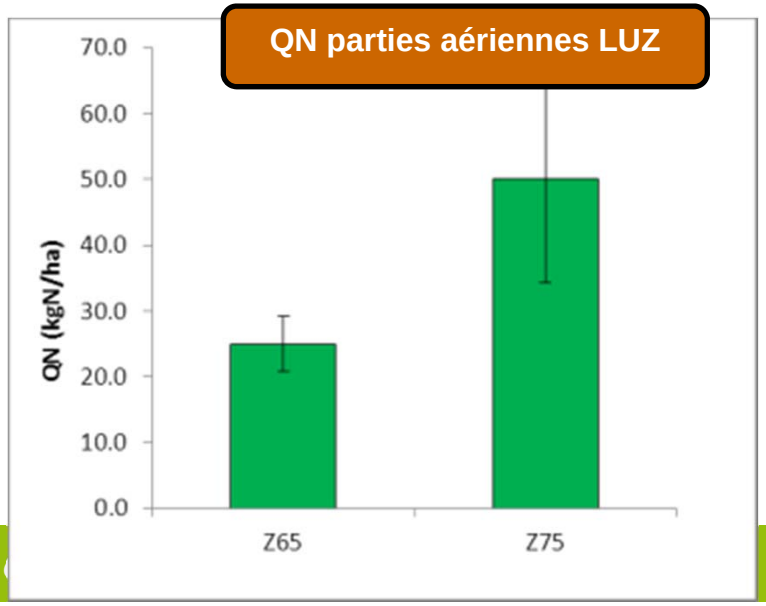
Tx Prot



QN parties aériennes BTH



QN parties aériennes LUZ



	Wsup sans C – 16/10	SDSCV – 31/10
CAU	0.65	0.66^{NS}
ETR	6.9	7.7

Test statistique en comparaison avec la référence Wsup ss C (modèles emboîtés)
*** différence significative à 1%
** différence significative à 5%
* Différence significative à 10%
NS : Différence Non Significative

ARVALIS
Institut du végétal

Thèse de François Taulmesse

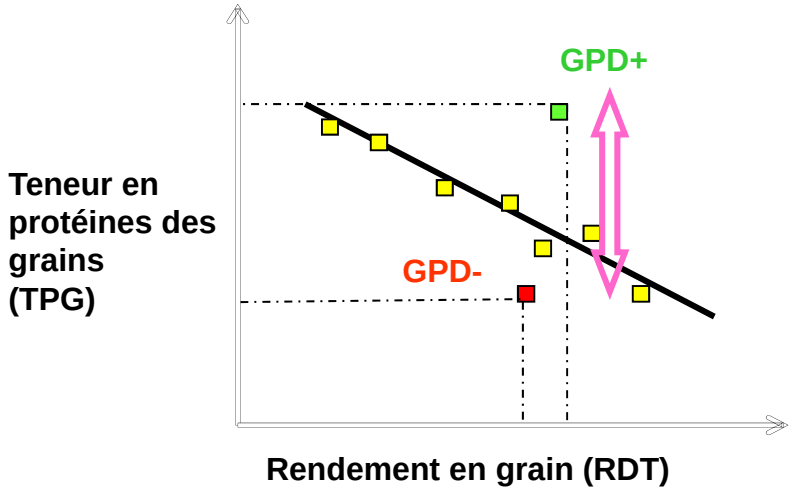
« analyse écophysiologique et moléculaire de l'absorption d'azote post-floraison chez le blé tendre, en relation avec la concentration en protéine des grains

ARVALIS
Institut du végétal

Contrainte azote et qualité : les marges de progrès

Des aptitudes variétales différentes à valoriser…

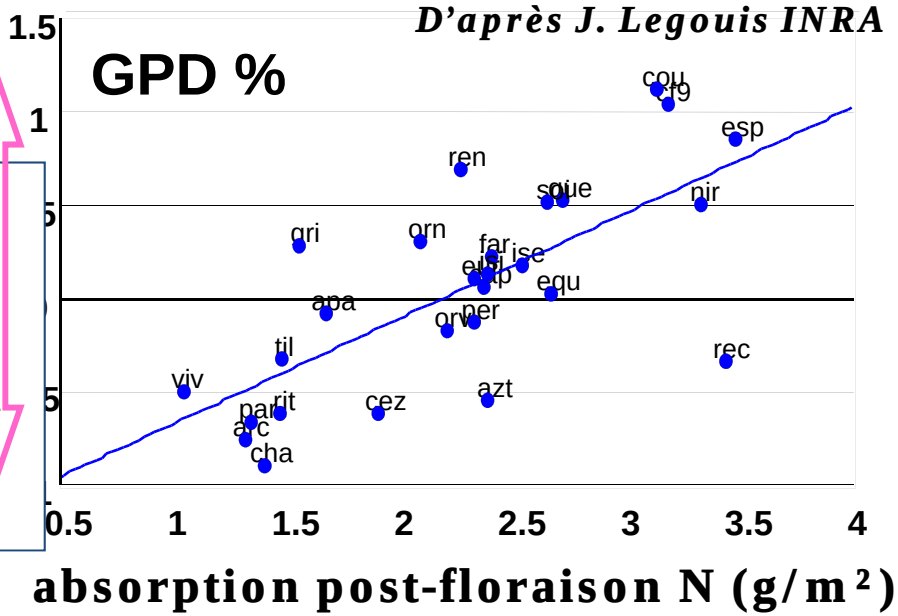
Pente moyenne : ↗ 10 q/ha RDT ⇒ ↘ 1% TPG



… expliquées à + de 50% par la capacité à absorber l'azote après la floraison

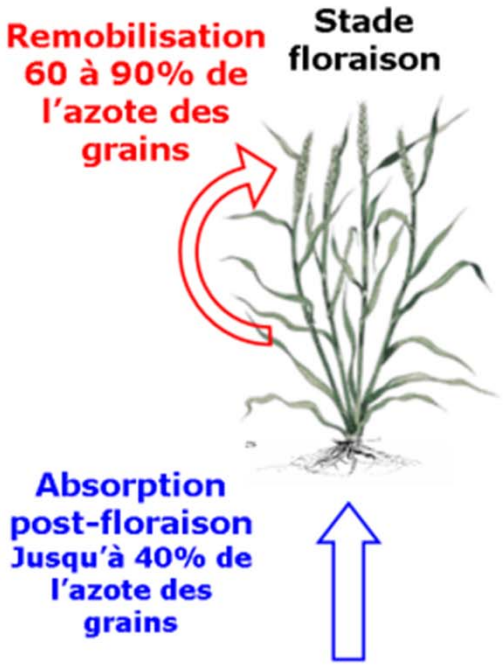
Plus 12 kg d'absorption post floraison = 1 point de protéine !

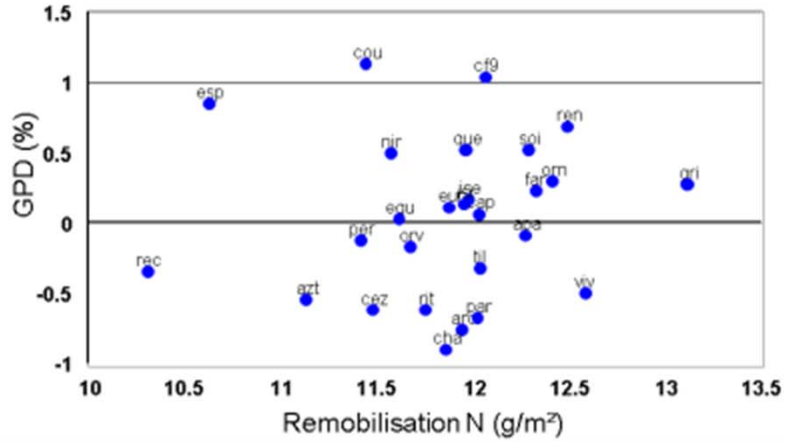
= aptitude génétique

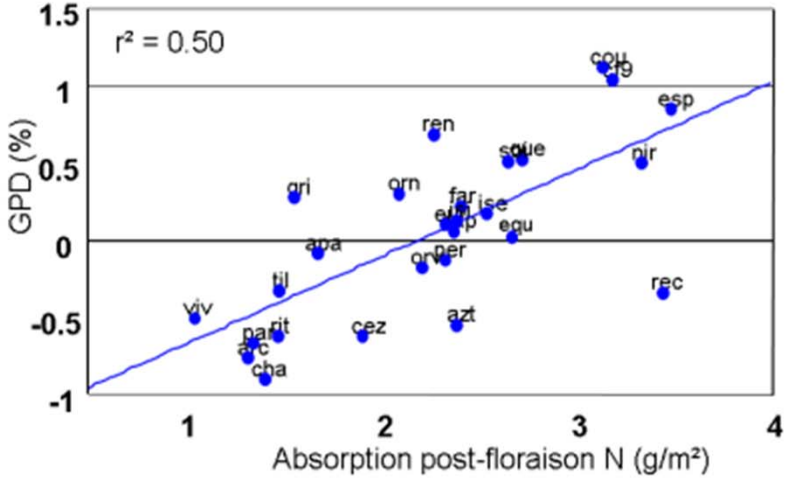


ARVALIS Institut du végétal

Problématique concilier rendement et teneur en protéine élevé chez le blé







Forte corrélation GPD avec l'absorption post-floraison de l'azote

(Bogard et al 2010)

ARVALIS
Institut du végétal

Thèse F. Taulemesse

- Thèse CIFRE ARVALIS – INRA
  - UMR Génétique Diversité et Ecophysiologie des Céréales
  - J Le Gouis
  - 2 publis
- Déterminismes écophysiologique et moléculaire de l'absorption post-floraison
- 2 années essais hydro avec $_{15}N$ puis champ (validation)
- Résultats :
  - Marqueur moléculaire de l'absorption (TaNRT2.1) sur Récital et Renan
  - Régulation via le statut N (INN / teneur en nitrates) (250°C après flo)

Double Perspective :

- ***sélection pour la GPD+ après validation sur panels***
- ***propositions de techniques culturales et ajustement par pilotage (selon teneur en N03 à la floraison)***