



Modèles architecturés et applications au blé : atouts, contraintes, et domaines d'application

Séminaire RMT Modélisation
30 /06/08

Philippe GATE – Institut du Végétal, La Minière)



Modèles architecturés : les opportunités du blé

• **Développement et Croissance**

- une plante qui émet des feuilles et des talles selon un rythme d'émission cadencé par l'émergence des feuilles
 - chef d'orchestre = maître brin ; réglage précoce
- l'émergence des axes racinaires adventifs est lié à l'émergence des talles
 - Le nombre de talles renseigne sur le nombre d'axes
- le nombre de feuilles et d'épillets de chacune des talles est fonction du temps thermique pour atteindre l'initiation florale
 - chef d'orchestre = maître brin
- **des lois de dimensionnement des organes établies sur les feuilles et qui semblent être robustes (B. Andrieu et al.)**

Applications au blé

- **Les actions en cours**
 - **Nuisibilité de la Septoriose**
 - **construction de stratégie d'évitement**
 - **références et constats sur base expérimentale : suivi du développement de la maladie (sur chacun des organes) sur des dispositifs mettant en jeu des facteurs modifiant l'architecture**
 - **analyse de sensibilité et évaluation du modèle à prédire les différences entre des couverts aux architectures différenciées (modèle architecturé ADEL Blé couplé à 1 modèle d'épidémiologie)**



*Hiérarchisation des facteurs et de l'impact de certaines interactions
Cohérence des résultats ?*

Semis
Levée
3 feuilles
Début tallage
Plein tallage
Epi 1cm
2 noeuds
Méiose
Épiaison
Floraison
Maturité

Les stade du semis au tallage | Les stades pdt la montaison | Les stades depuis l'épiaison

Constitution de l'inoculum primaire

1

Progression de la maladie

2

Expression de la nuisibilité

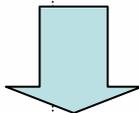
3



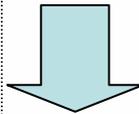


Les stades du semis au tallage | Les stades pdt la montaison | Les stades depuis l'épiaison

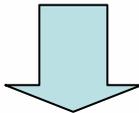
Constitution de l'inoculum primaire | **Progression de la maladie** | **Expression de la nuisibilité**



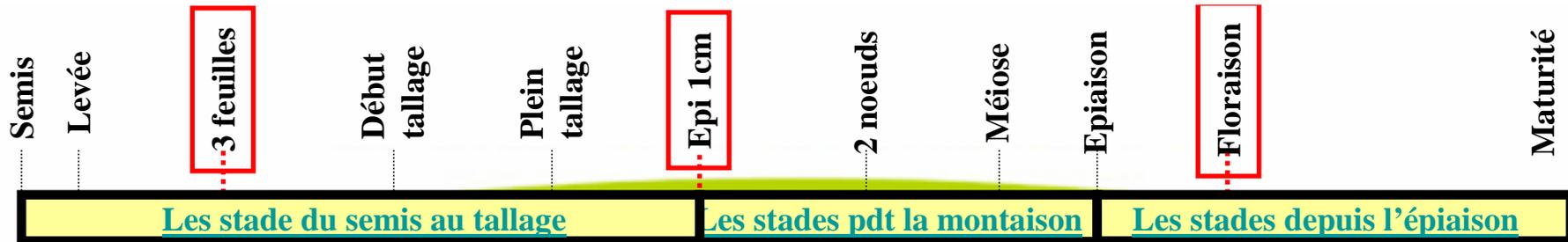
- Durée du tallage
- Masse végétative



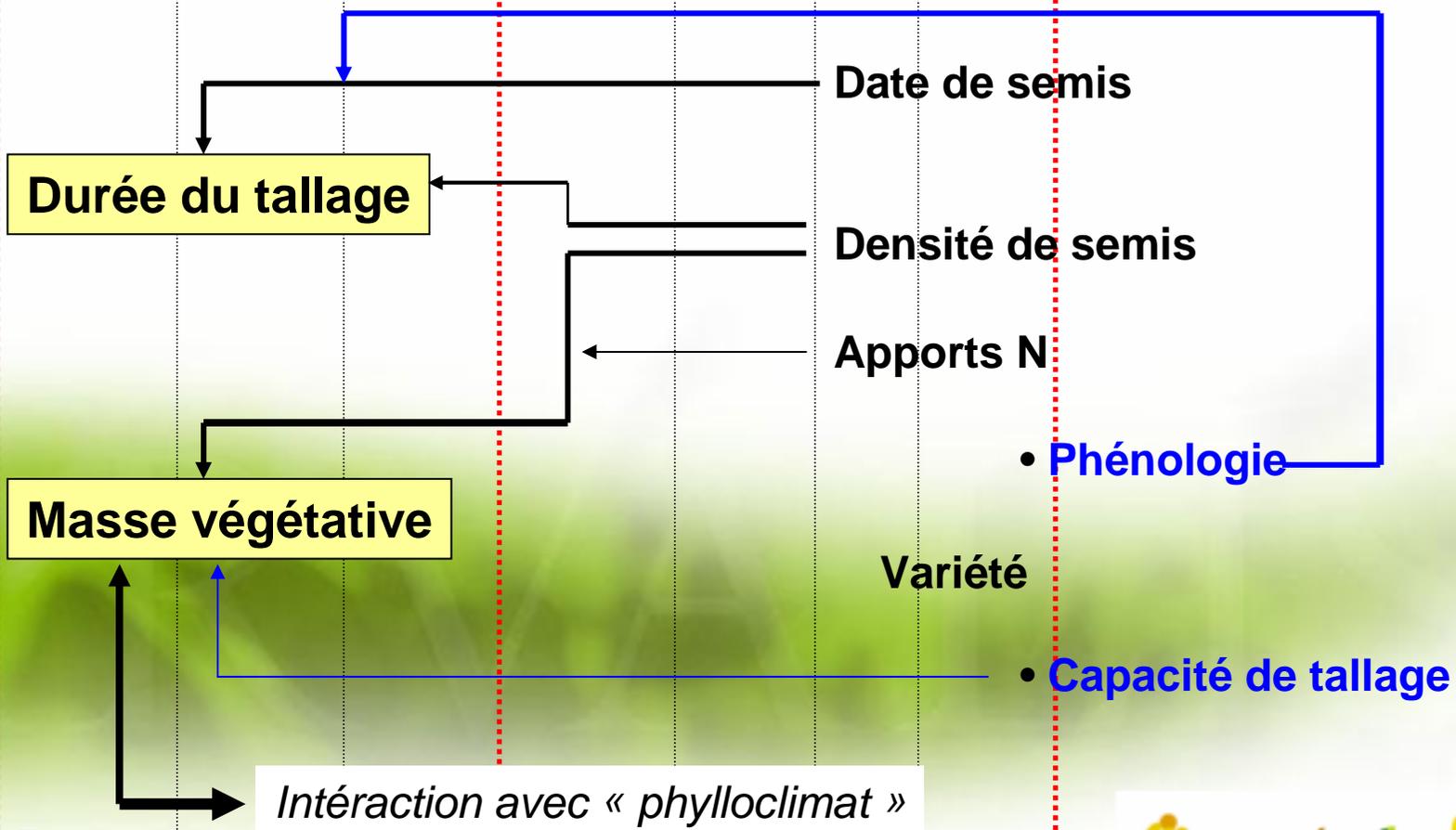
- Densité d'organes (tiges et feuilles)
- Régression des talles (% et vitesse)
- Distance entre les organes
- Nombre de feuilles émises
- Etat physiologique

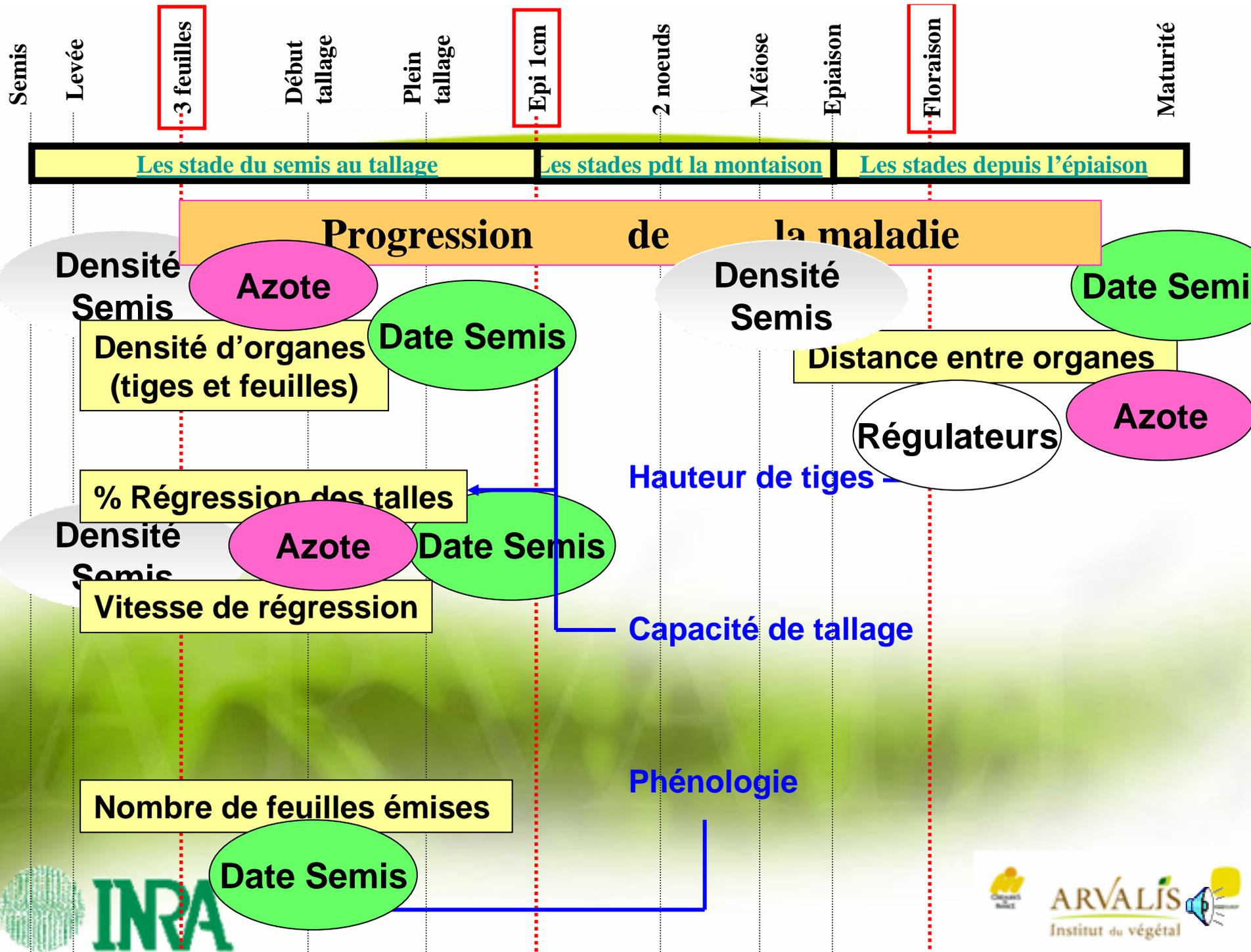


- Indice foliaire
- Stress abiotiques
- Stress azoté
- Caractéristiques variétales (indice de récolte, « stay green »)

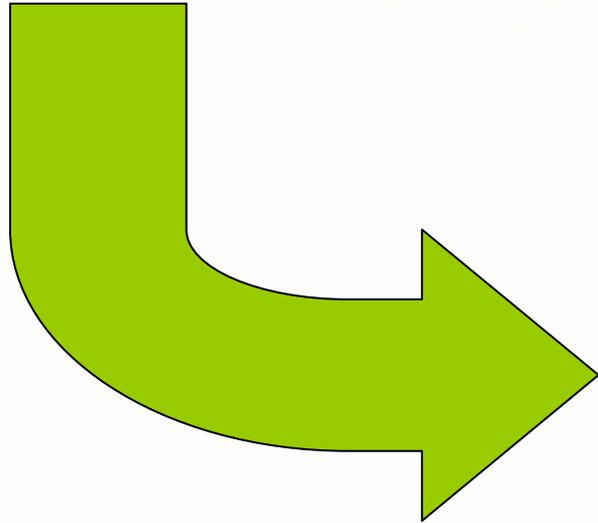


Constitution de l'inoculum primaire

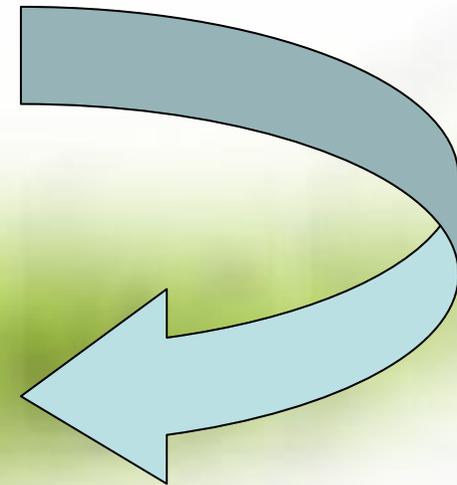




Etre capable d'expertiser ces interactions



Hiérarchiser les facteurs et leurs interactions vis-à-vis du processus



Choix d'un modèle et de son formalisme

Validation du modèle indice foliaire

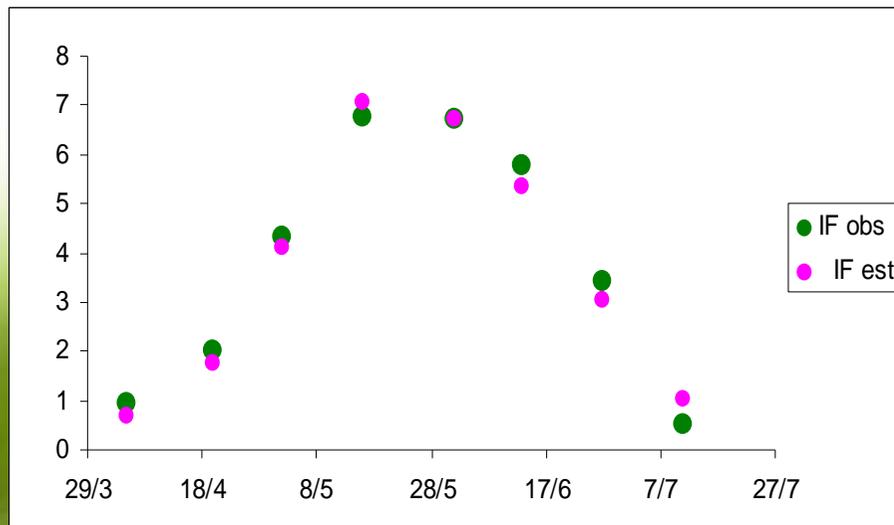
- **Modélisation de l'expansion des surfaces foliaires par feuille et par talle**
 - **utilisation du jeu de paramètres INRA** (B. Andrieu)
- Modélisation de la durée de vie des feuilles
 - phase d'allongement, plateau, sénescence par type de feuille (fonction du phyllotherme)
- Prise en compte d'un effet densité

Validation : possibilité de simuler l'indice foliaire vert par étage et à l'échelle du peuplement

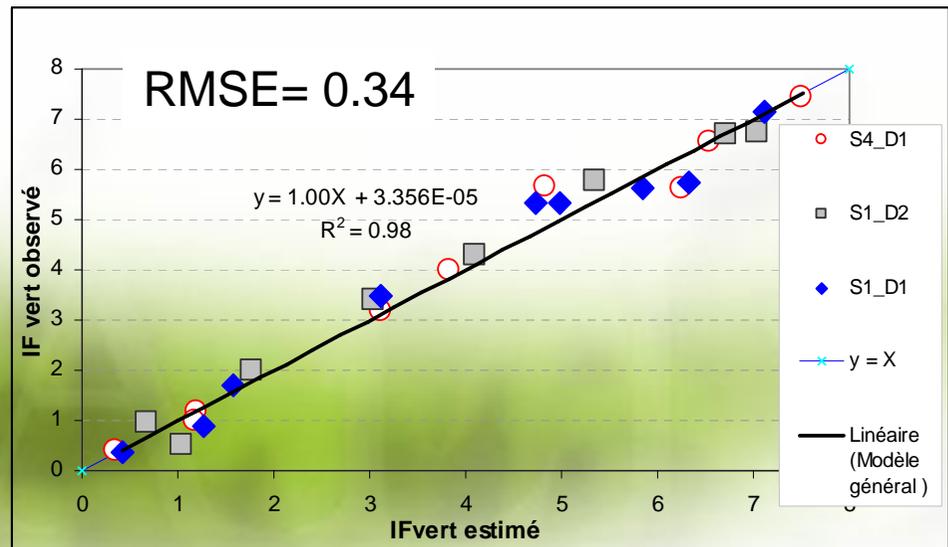
modèle



Robustesse du jeu de paramètres



Pour le traitement Semis précoce
et densité intermédiaire



Pour l'ensemble des traitements

Sortie opérationnelle : prévision de la nuisibilité

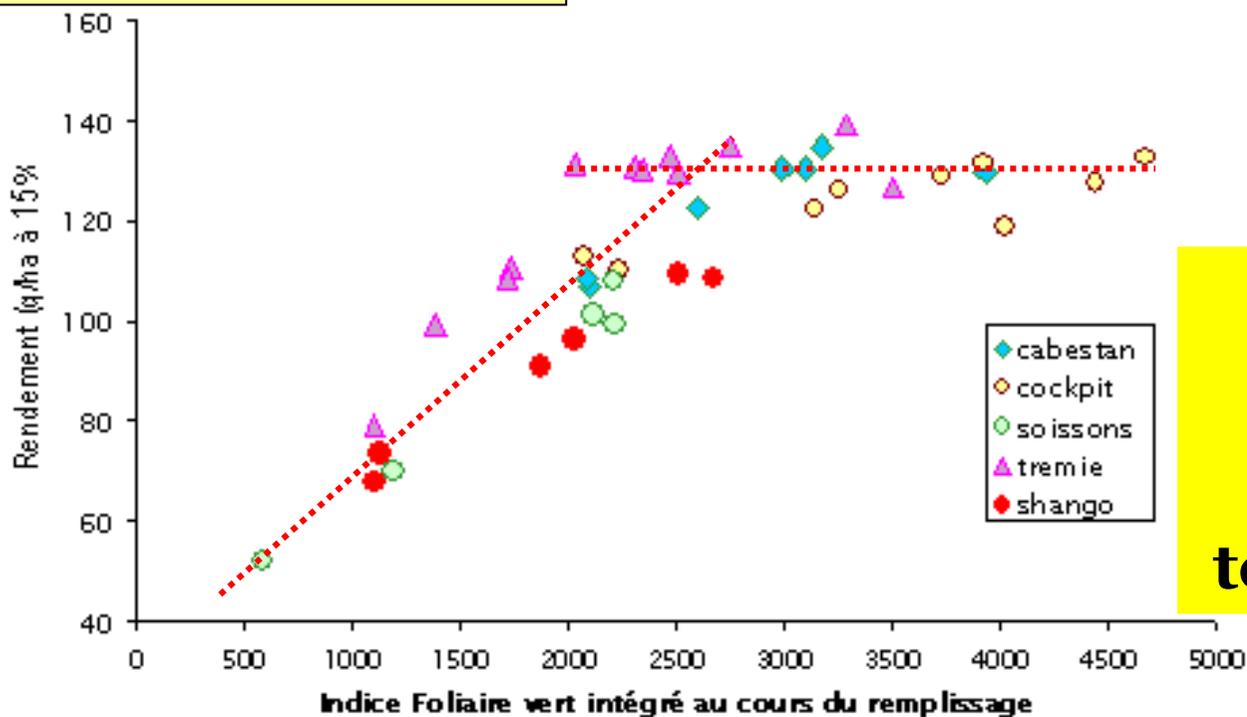
Prévision de la maladie à l'échelle de la feuille

↳ Intégration dans un modèle de fonctionnement du couvert

↳ Hiérarchisation des processus

↳ Développement d'un indicateur opérationnel de nuisibilité ; couplage avec d'autres approches (télédétection)

Plusieurs années et sites



↳

Prévision de la nuisibilité

Étude de la tolérance variétale

Architecture et échappement de la septoriose : quelques résultats

- Suivis épidémiologiques et caractérisation de l'architecture sur des essais densités X dates de semis
 - effets densités de plantes très variables, à comprendre :
 - 2005, très fort effet bénéfique des faibles densités (nuisibilité réduite d'un facteur 3 entre 100 et 300 plantes)
 - 2006 et 2007, effets neutres
 - 2008 ?

Impacts supposés des fortes densités :

- plus de masse végétative pour accueillir le champignon au départ
- plus d'organes en contact en début de montaison
- modification du phylloclimat



Ne se révélerait que si la pression est importante?



Essai de Lusignan 2008

2008 ?

(d'après P. Perroy)

320 grains/m²

200 grains/m²

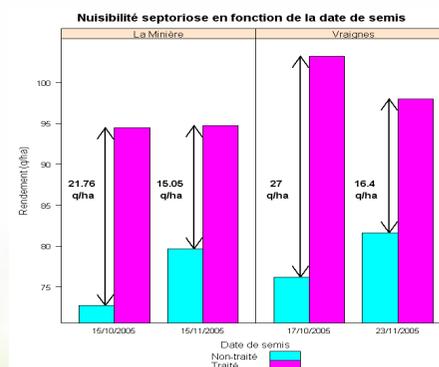


Architecture et échappement de la septoriose : quelques résultats

- Suivis épidémiologiques et caractérisation de l'architecture sur des essais densités X dates de semis
 - effets dates de semis souvent présents, significatifs et cohérents avec les analyses de sensibilité du modèle couplé



**Confrontation
simulations – expertise terrain :
convergences**



**En 2006 :
1 mois
d'écart au
semis
=
6 à 11 q/ha de
nuisibilité en
moins**

Principales origines de l'effet date de semis :

- diminution de la quantité d'inoculum primaire en semis tardifs
- rythme d'émergence des feuilles d'autant plus rapide que le semis est tardif
 - la maladie a moins de temps pour gagner et se développer sur les étages supérieurs, les plus contributeurs au rendement final



*Intégrer les autres impacts de l'effet de la date de semis:
renforcement des pénalités sur le poids des grains,
variables selon le contexte pédoclimatique*



Autres domaines d'application sur blé (autres applications en cours)

- **Expérimentation** (projet « plantes virtuelles »)

- En profitant des lois de synchronisation, l'idée est de caractériser l'architecture à quelques stades clés puis d'utiliser le modèle pour reconstituer dynamiquement et finement la croissance et le développement du peuplement architecturé
 - Défi : 1. ces quelques mesures sont plus informatives qu'un suivi temporel d'indicateurs observés plus classiquement (IF par exemple)
 - 2. gain de temps pour les expérimentateurs

- **Télédéttection**

- **Introduire des éléments sur la structure de la plante (architecture, 4D) dans les modèles de réflectance d'inversion**



- *Meilleure estimation de l'IF au cours du temps*
- *Vitesse maximale d'accélération de IF : pas un stade mais correspond à la date d'arrêt du tallage (fonction de la densité de tiges)*
- *Possibilité de mieux prédire le nombre de tiges à partir de l'IF (architecture et lois d'action sur la taille des feuilles)*



Autres domaines d'application sur blé (... pour la suite)

- **Estimation du rendement**

- Possibilité de privilégier une approche « composantes du rendement », plutôt que IF et indice de récolte : plus précis
 - estimation des potentialités de chacune des talles (épillets, fleurs) et de leur croissance
 - couplage avec les modèles de fonctionnement des cultures pour prise en compte des actions des stress

- **Amélioration du diagnostic du statut azoté (INN, basé sur %N de la MS des parties aériennes)**

- Constat : la trajectoire optimale en cours de montaison apparaît comme une fonction de l'effectif de tiges/m² :
 - Si excès de tiges, l'optimum correspond à INN proche de 0.8 car forte proportion de talles végétatives qui régresseront plus tard
 - **une talle qui régresse recycle 50% de son azote**

Autres domaines d'application sur blé (... pour la suite)

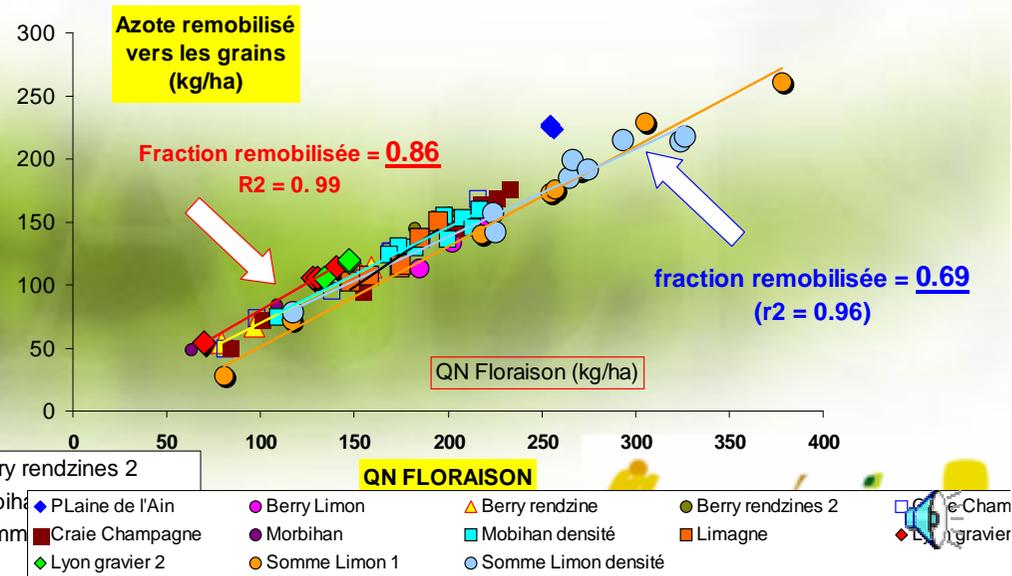
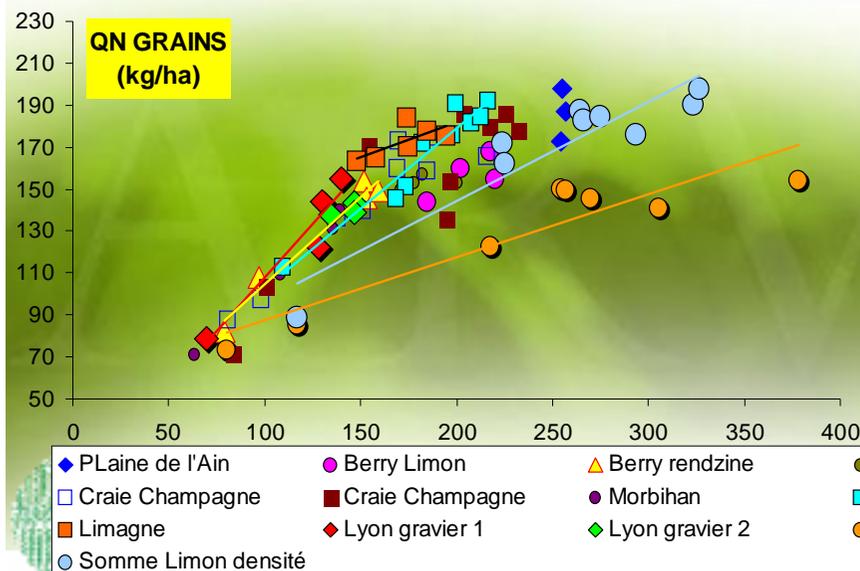
- **Amélioration du risque de verse**
il dépend :
 - de la densité de tiges,
 - de la longueur des 2 premiers entre-nœuds,
 - forte interaction entre ces 2 facteurs,
 - nombre d'entre-nœuds (hauteur de la tige)



Autres domaines d'application sur blé (... pour la suite)

• Estimation de la teneur en protéine

- Au delà de QN Floraison, la remobilisation d'azote des parties végétatives vers les grains est conditionné par :
 - la dynamique d'absorption en cours de montaison (+/- précoce)
 - Le nombre de talles présent (qui vont régresser par la suite) durant la première étape de la montaison ainsi que de leur durée de vie
 - Structure du peuplement à la floraison : présence +/- forte de tardillons



Pour profiter du potentiel offert par les modèles architecturés :

points sur les connaissances

- Ce que l'on sait faire

- Phyllotherme (réglage au moment de l'émergence)
- Chronologie d'apparition des talles
- Lois d'expansion des feuilles (lois de synchronisation entre talles, effet T°C)
- Durée de vie des feuilles (fonction du phyllotherme et de la teneur en N)

- Ce que l'on sait moins

- Arrêt du tallage ? (constat : fonction de la densité de tiges/m²)
- Déterminisme du taux de régression des talles
- Nombre de feuilles et nombres de nœuds
- Distance entre organes (effet de la densité de tiges et du climat)

- Interactions architecture x dynamique d'absorption N et teneur en protéine
- Architecture et « phylloclimat » (effet densité ?)

- Stades de différenciation de l'épi selon rang de la talle
- Gradient de potentiel de fertilité des talles (épillets et fleurs)
fonction de leur durée de formation (climat, date de semis) et de densité

Travaux
et
collaborations
en cours

➤ *A intégrer : lois d'action des facteurs limitants (eau, azote ...)
couplage avec les modèles de fonctionnement du couvert ?*

➤ *A investiguer : « effet variétal »*

