

Construire des idéotypes pour des systèmes de culture variés en pois d'hiver

Eric Hanocq , génétique et amélioration des plantes, Estrées-Mons

Marie-Hélène Jeuffroy, environnement et agronomie, Thiverval-Grignon

Isabelle Lejeune-Hénaut , génétique et amélioration des plantes, Estrées-Mons

Nathalie Munier-Jolain, environnement et agronomie, Dijon

Carrefours de l'innovation agronomique 2009, Angers, 5 novembre

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA



1973 : Embargo américain sur le soja

- Soja : majoritaire sur le marché mondial des protéines destinées à l'alimentation animale
- « plan protéines » pour pallier le déficit en protéines d'origine végétale
- Promouvoir une filière française de production de matières végétales riches en protéines (pois protéagineux ...)



Le développement du pois protéagineux

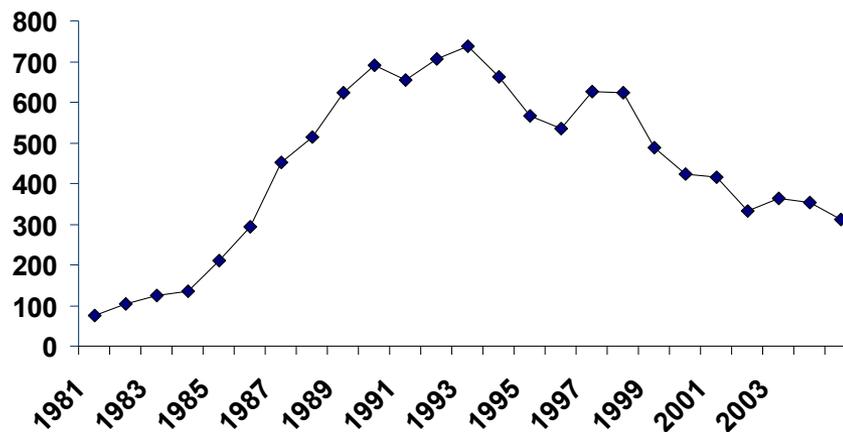
MAIS

- Depuis 1993,
↘ des surfaces

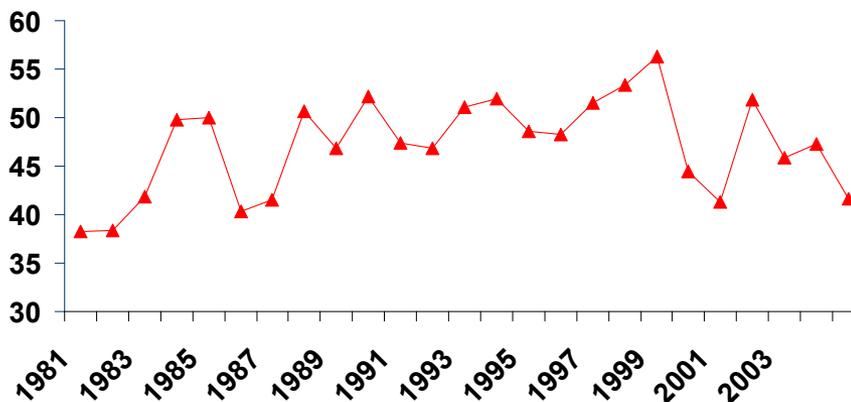
- Instabilité des rendements

Source : UNIP

Surfaces cultivées en pois en France (x1 000 ha)



Rendements moyens de pois en France (q/ha)

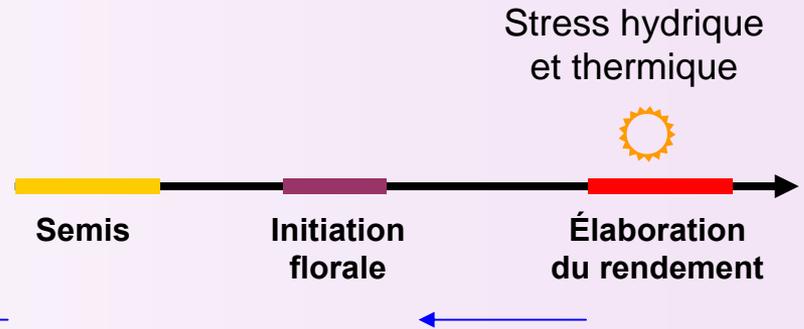


Des pois essentiellement de printemps ...



Pois de
printemps

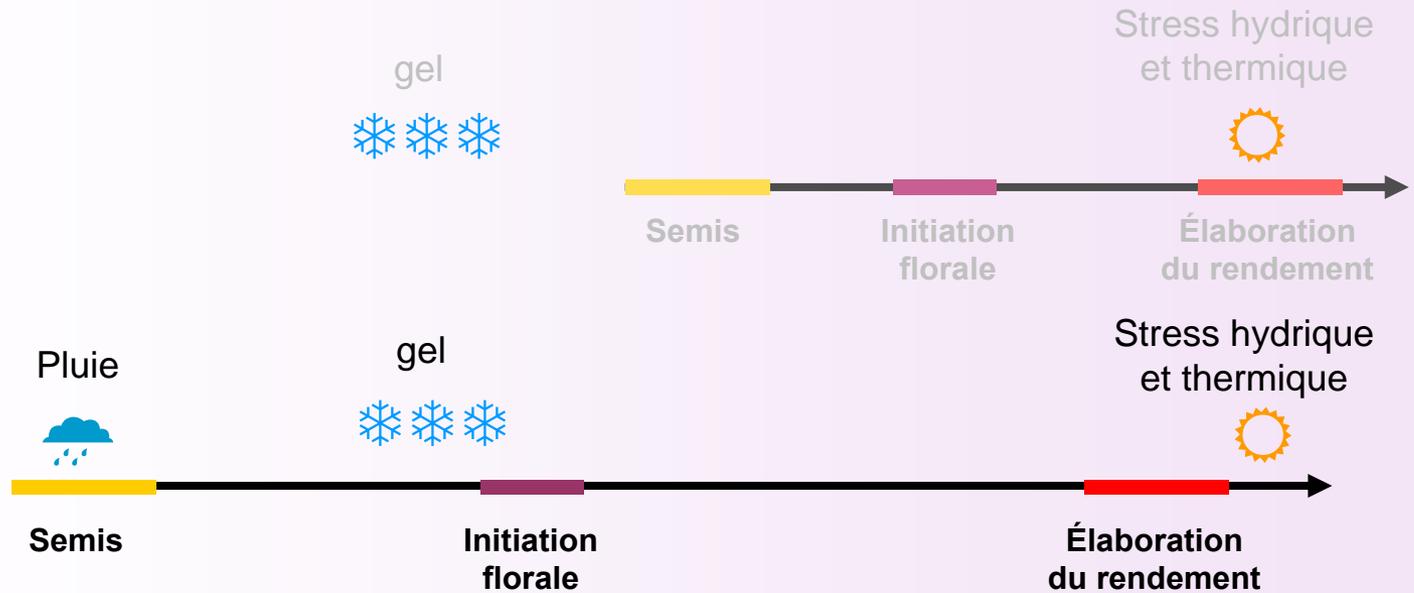
gel

Allonger et décaler le cycle de végétation pour :

- mieux valoriser l'énergie solaire disponible
- échapper à l'intensité des stress de fin de cycle

... vers un pois d'hiver ...



Pois d'hiver classique

Des risques :

- de dégâts de gel en fin d'hiver
- de tassement de sol au semis

Une vraie question :

- Est-il possible de concevoir et construire un idéotype de pois qui puisse être semé plus précocement et qui ...
 - conserve, voire améliore, ses capacités de tolérance au gel
 - n'entre pas en compétition avec d'autres chantiers de travail



... un pois d'hiver réactif à la photopériode

Utilisation en création variétale de travaux de recherche menés à l'INRA (Lejeune et al. 1999, 2008) et de résultats australiens (revue Weller et al. 2009) :

→ **Introgression du gène *Hr* de sensibilité à la photopériode**



Pois d'hiver « *Hr* »



Avancement de la date de semis

Tolérance au gel améliorée

Contrôle photopériodique de l'initiation florale

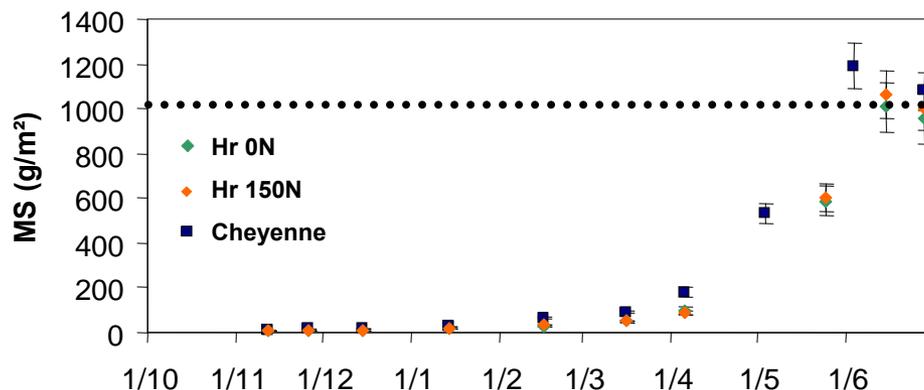
Un programme pluri-disciplinaire : IMPACT

- Caractérisation de ce prototype pois Hr
 - Un port en rosette
 - De nombreuses ramifications
 - Une longue durée de floraison
- Analyse de la variabilité des performances du prototype Hr dans des systèmes de cultures variés
- Intégration dans des programmes d'innovation variétale (INRA, sélectionneurs privés)

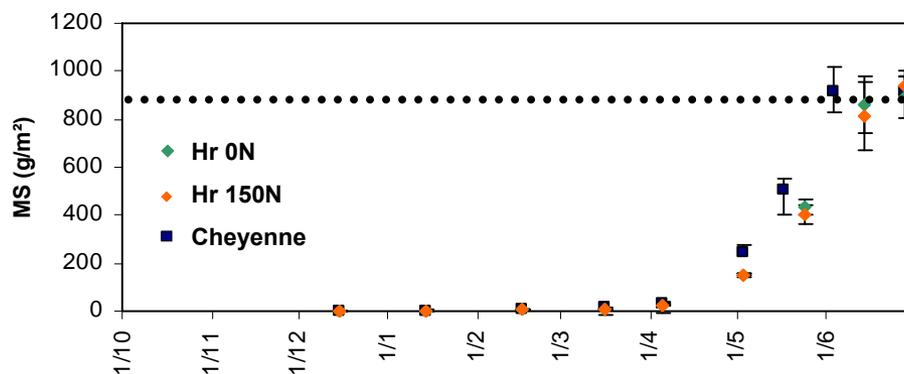


Croissance aérienne

Semis 1 - 26 sept 2003



Semis 2 - 27 oct 2003



Entre les génotypes

- retard de croissance en début de cycle pour Hr
- mais rattrapage en fin de cycle

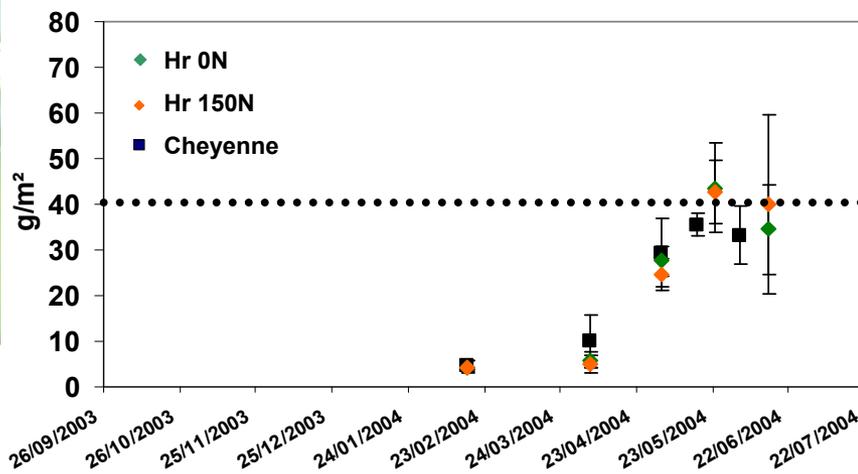
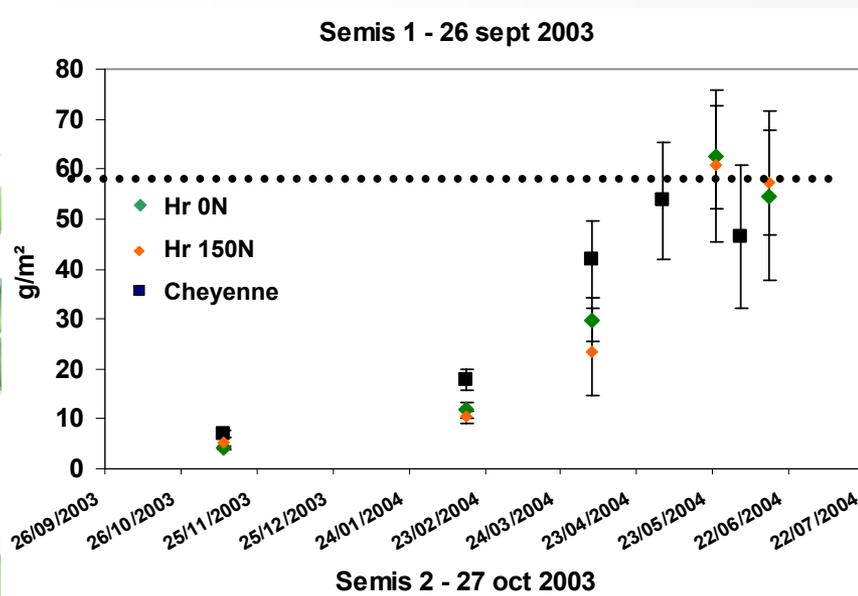
Entre les dates de semis

- fortes différences de croissance aériennes entre les 2 dates de semis

Entre les traitements N

- aucun effet

Croissance racinaire



Entre les dates de semis

- différences de biomasse racinaire entre dates de semis partiellement corrélées aux différences de croissance aérienne
- biomasse racinaire plus importante en semis précoce à l'automne (+ 46 %)
- plus importante en semis d'hiver qu'en semis de printemps ($\approx 30 \text{ g/m}^2$)

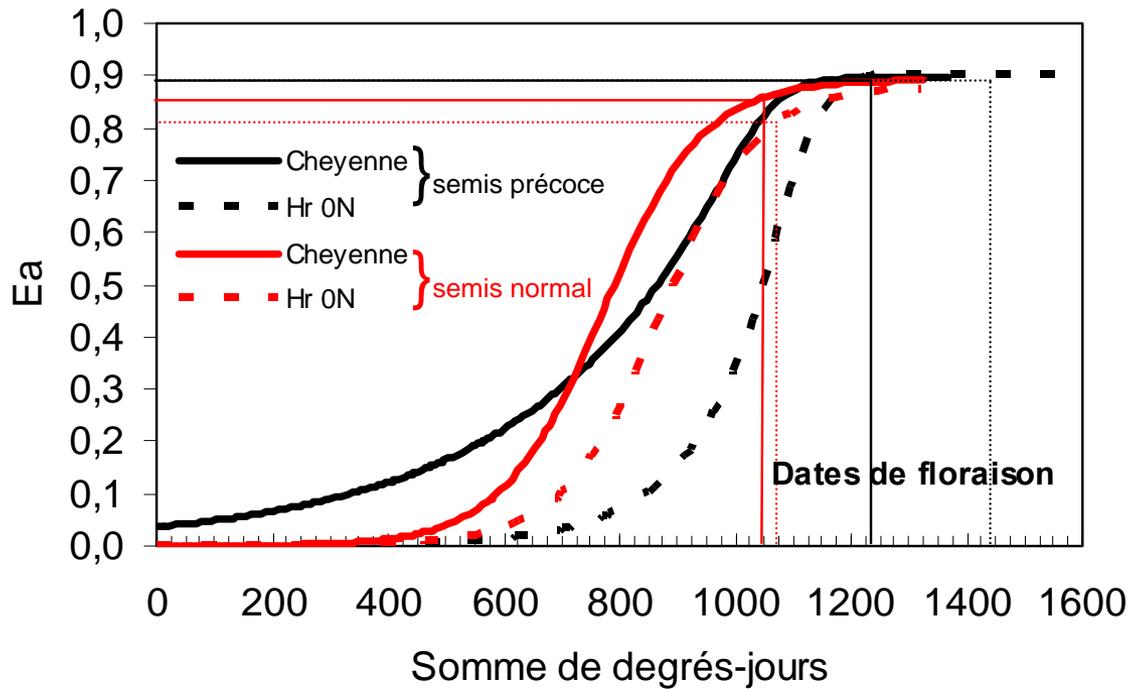
Entre les génotypes

- même constat que pour la croissance aérienne : pas de différences majeures d'allocation aérien/racinaire entre génotypes

Entre les traitements N

- aucun effet

Interception du rayonnement



Pour optimiser le potentiel de rendement : avoir l'interception max du rayonnement à la floraison

Par génotype et date de semis

Interception maximale à floraison (> 0.85)
pour les 2 génotypes en semis précoce
pour Cheyenne en semis normal

Bilan de l'évaluation écophysiological

- Architecture en rosette de Hr = ralentissement de la cinétique de mise en place de la surface foliaire → diminution du potentiel de rendement en semis normal
 - Quelles conséquences sur l'idéotype
 - Semis précoce obligatoire
 - Si pas possible, nécessaire d'intégrer des nouveaux caractères architecturaux chez Hr
- Semis précoce = modification du calendrier phénologique et du ratio rayonnement sur température + croissance élevée en début de cycle
 - Augmentation de l'exploration racinaire : potentiel avantage d'adaptation en fin de cycle en situations stressantes



Construction du modèle Afisol adapté aux variétés d'hiver et semis d'automne

- Intégration d'un module gel
- modification du module d'interception du rayonnement
- prise en compte de l'effet du tassement du sol
- intégration d'un module azote (sol et culture)
- intégration d'un module enracinement



Itinéraire technique

Pédo-climat



Utilisation du modèle Afisol pour évaluer *ex ante* les performances de variétés virtuelles de pois



Conditions pédo-climatiques testées

- 3 lieux
- 2 profondeurs de sol : profond et superficiel
- 28 années climatiques passées

Itinéraires techniques testés

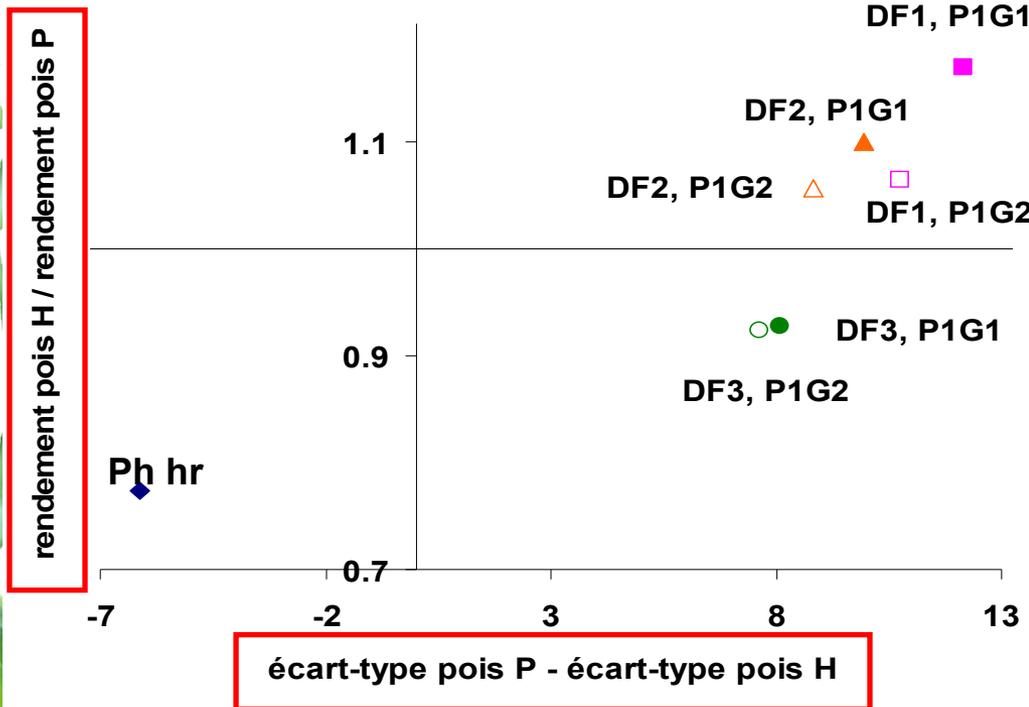
- avec / sans irrigation
- dates de semis: précoce (10 oct) et tardive (1 nov)

Variétés testées :

- 1 variété de Pois de printemps (PP)
- 1 variété de Pois d'hiver hr (hr)
- 6 géotypes virtuels Hr
 - ✓ 2 poids de graines (0.125 g gr^{-1} ; 0.280 g gr^{-1})
 - ✓ 3 dates de début floraison (20/04, 10/05 et 30/05)

Classement des génotypes testés avec Afisol

Valeurs moyennes sur l'ensemble des situations testées



➤ Début Floraison (DF)

DF1 : 20/04

DF2 : 10/05

DF3 : 30/05

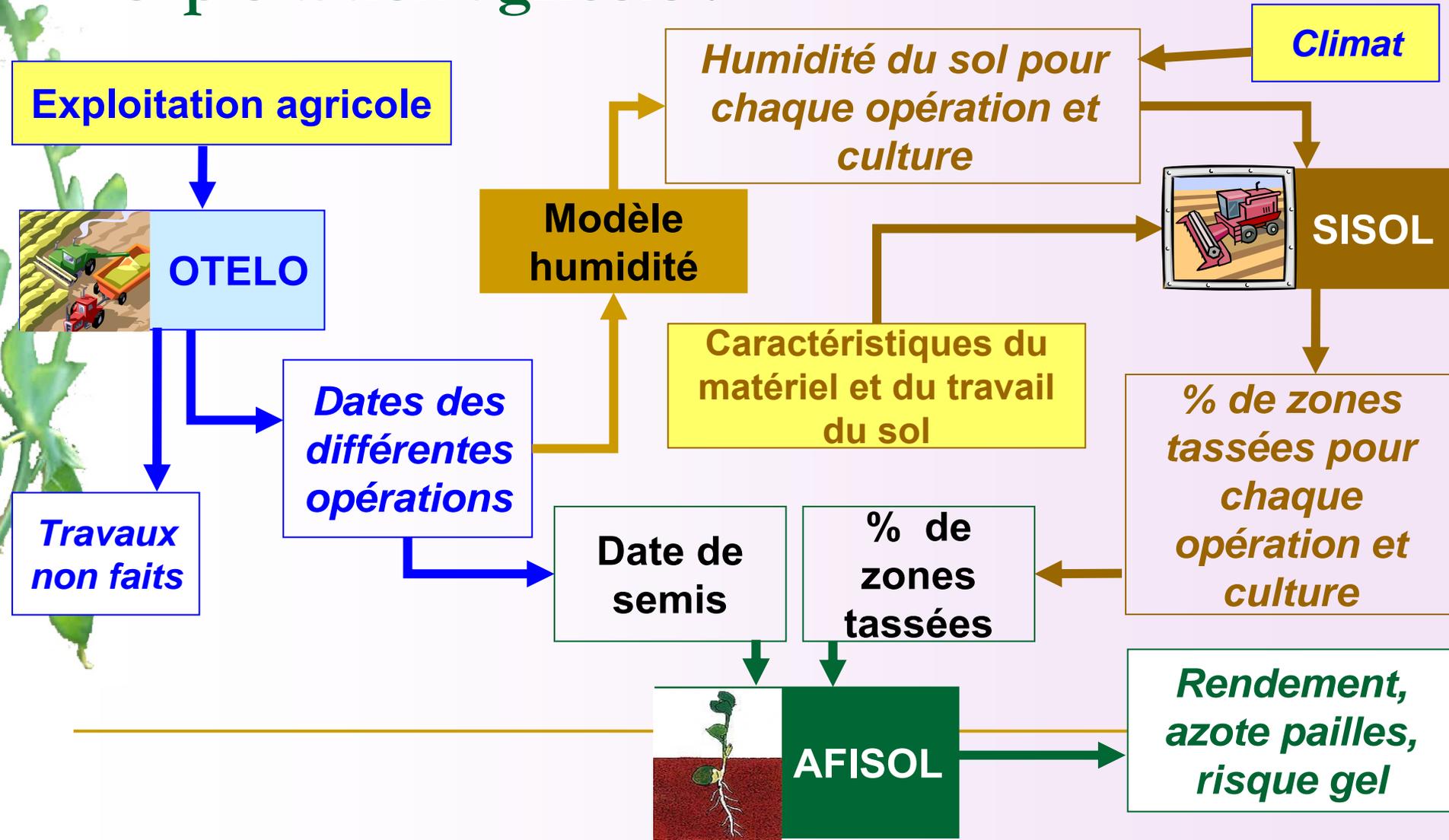
➤ Poids d'une graine

■ P1G1 : 0.125 g gr⁻¹

□ P1G2 : 0.280 g gr⁻¹

- Effet principal sur stabilité du rendement
- Avantage des variétés à DF précoce, indéterminées à petites graines
- Classement des génotypes variable selon la situation testée

Les intérêts des pois d'hiver Hr sont-ils confirmés une fois insérés dans une exploitation agricole ?



Stabilité du rendement en conditions agricoles et 'sélectionneur' d'après les simulations

Coefficient de variation interannuel	Sélectionneur	Agriculteur
Pois de printemps	10%	19%
Pois d'hiver hr	8%	12%
Pois d'hiver Hr	7%	8%

- ⇒ Meilleure stabilité des pois Hr
- ⇒ Résultats ≠ de l'évaluation entre conditions «sélectionneur» et «agriculteur» pour pois de printemps

(Vocanson, 2006)

L'émergence de nouvelles questions de recherche/développement (1)

- Contrôler la précocité des stades début et fin floraison
 - En s'appuyant sur des travaux de recherche récents sur le développement (Wenden, 2008),
 - Etude de l'effet des allèles au gène *Lf*, un gène majeur contrôlant la précocité à la floraison
- Comprendre le développement épidémiologique de l'antracnose (maladie fongique aérienne) – effet de l'architecture
 - Influence de la taille réduite des folioles
 - Développement rapide des ramifications au printemps



L'émergence de nouvelles questions de recherche/développement (2)

- Impact de l'apparition d'une innovation sur le dispositif d'homologation des variétés
 - Mise en place par le CTPS d'un « réseau précoce » adapté à ce nouveau type de pois d'hiver
 - Optimisation du dispositif expérimental à l'étude (action recherche-développement impliquant l'ensemble de la filière génétique et agronomique pois protéagineux)



Conclusion

- Importance d'allers-retours entre l'évaluation *ex ante* d'innovations variétales dans des systèmes de culture et les études génétiques sur les innovations à construire
- Réseau efficace de relations entre agronomes, généticiens et pathologistes : une condition de la réussite
- Implication nécessaire des partenaires concernés dans la filière dès la phase de conception de l'innovation





MERCI DE VOTRE ATTENTION !
