

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2010

Quel impact des innovations génétiques pour lever les facteurs limitant la production du pois protéagineux ?

Isabelle Lejeune-Hénaut, Marie-Laure Pilet-Nayel, Christophe Lecomte, Eric Hanocq, Anne Moussart, Alain Baranger

Jeudi 9 décembre 2010

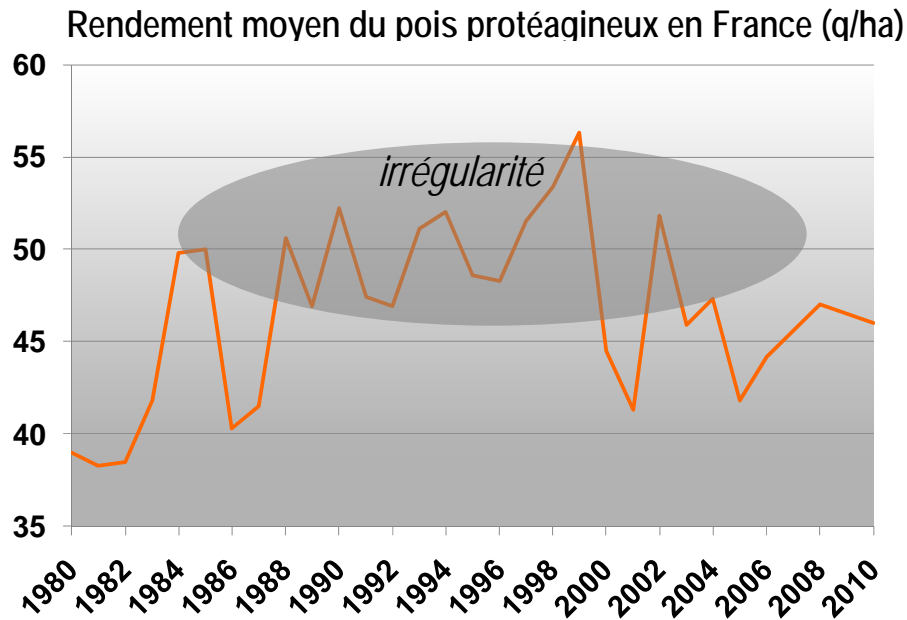


Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

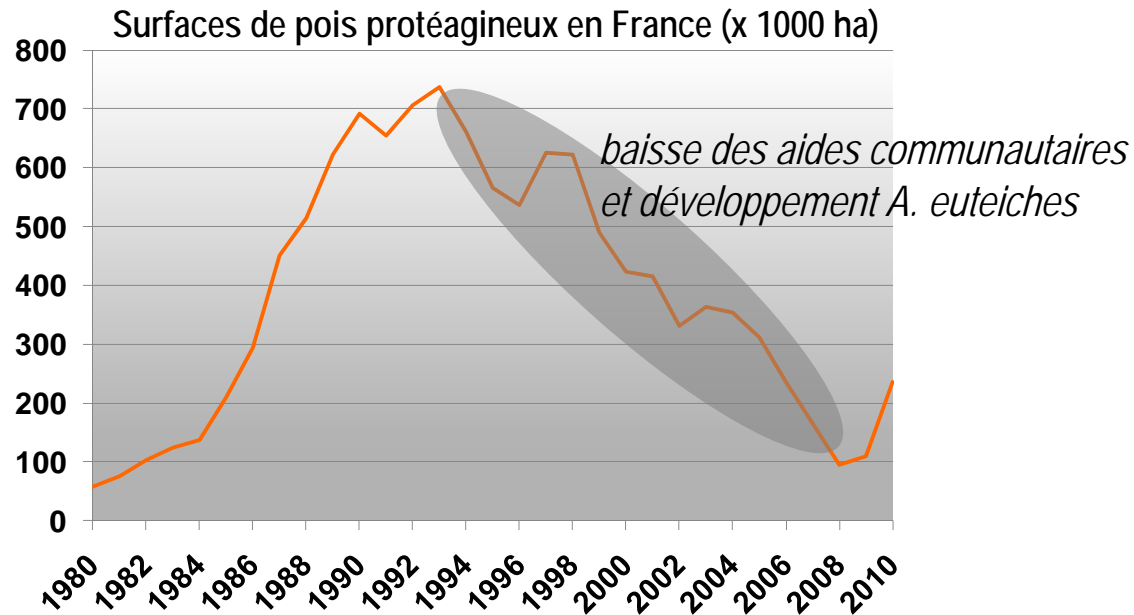
INRA

Quels enjeux et quels objectifs d'amélioration pour le pois protéagineux ?



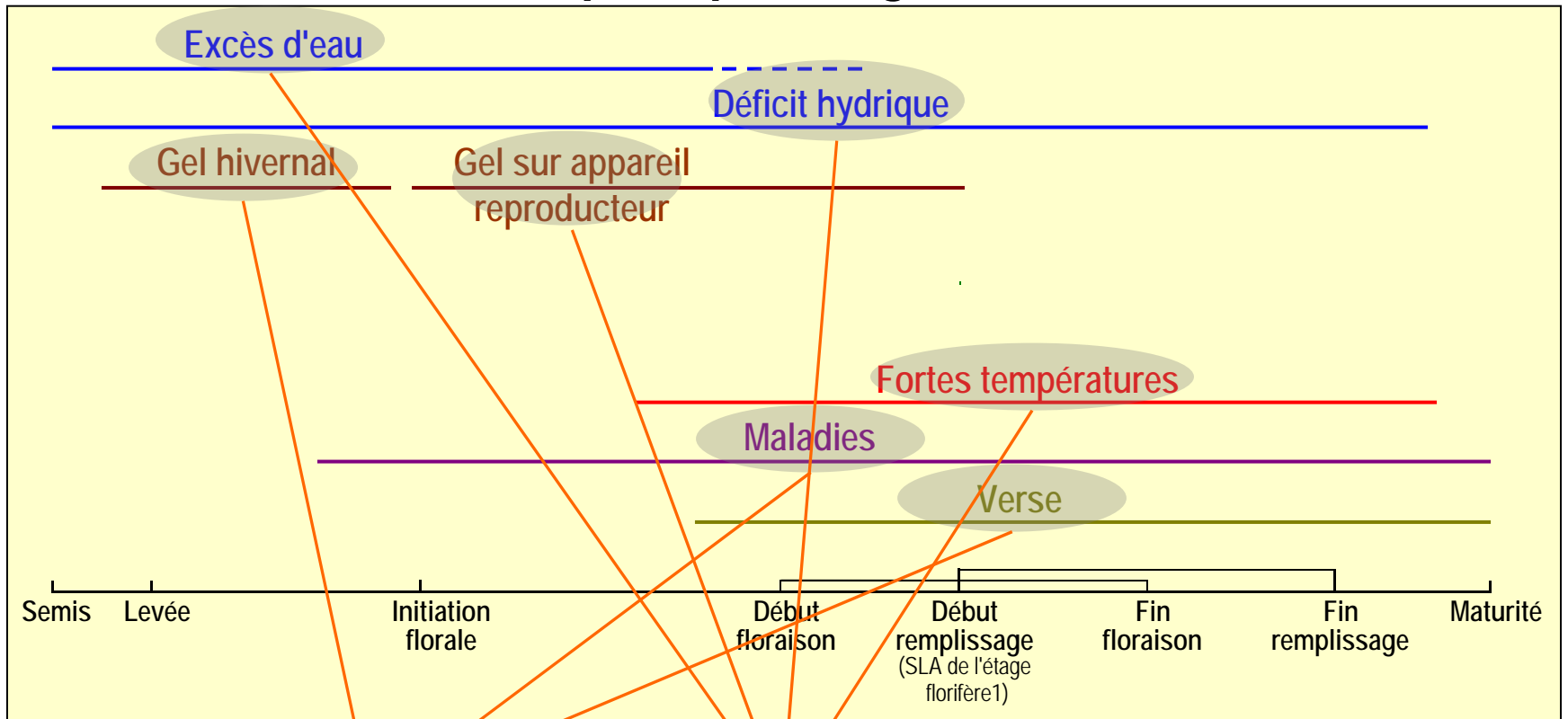
- ➔ Améliorer le rendement et sa stabilité, tout en maintenant des teneurs en protéines élevées dans les graines
- ➔ Développer une stratégie "pois d'hiver" qui nécessite d'améliorer la tolérance au gel et la résistance aux maladies (*ascochytose*, *Aphanomyces euteiches*)

Quels enjeux et quels objectifs d'amélioration pour le pois protéagineux ?



→ Améliorer la résistance à la pourriture racinaire due à *Aphanomyces euteiches*

Principaux facteurs limitant la production du pois protéagineux



Génétique :

Résistances

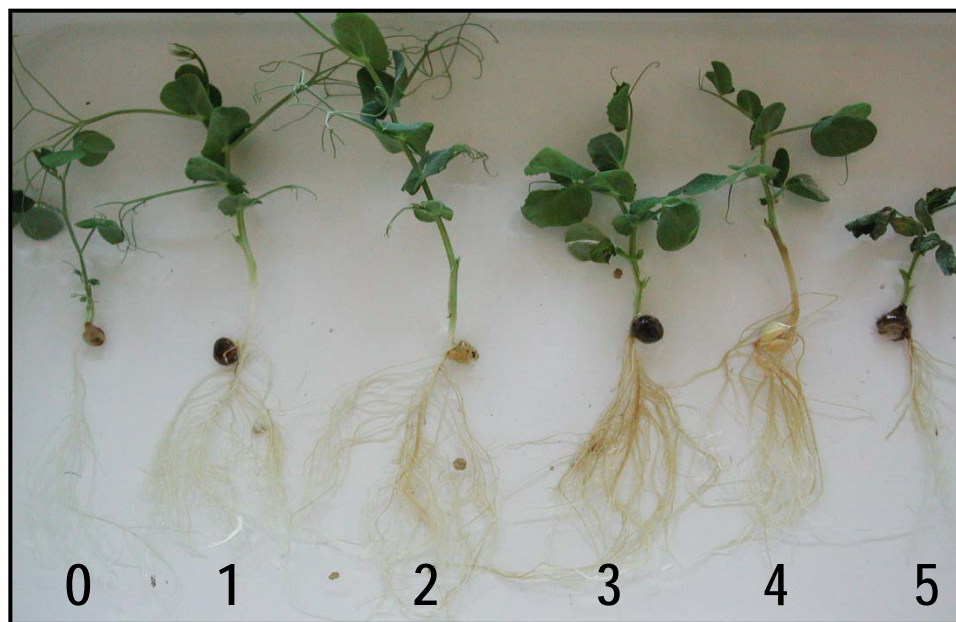
Echappement

Quel impact des innovations génétiques pour lever les facteurs limitant la production du pois protéagineux ?

1. Identifier les facteurs génétiques contrôlant les résistances aux stress
 - explorer la variabilité génétique
 - identifier les zones du génome (QTL) contrôlant les résistances
 - identifier les mécanismes sous-jacents
2. Valider et intégrer les outils de génétique en sélection
 - construire des génotypes à l'aide de marqueurs moléculaires
 - créer des géniteurs
 - concevoir un programme intégré de création variétale
3. Intégrer les innovations génétiques en production
 - gérer les facteurs limitants dans les réseaux expérimentaux

1. Identifier les facteurs génétiques contrôlant les résistances aux stress

Explorer la variabilité génétique du pois pour la résistance aux stress
- Exemple de la résistance à *Aphanomyces euteiches* -



Résistant

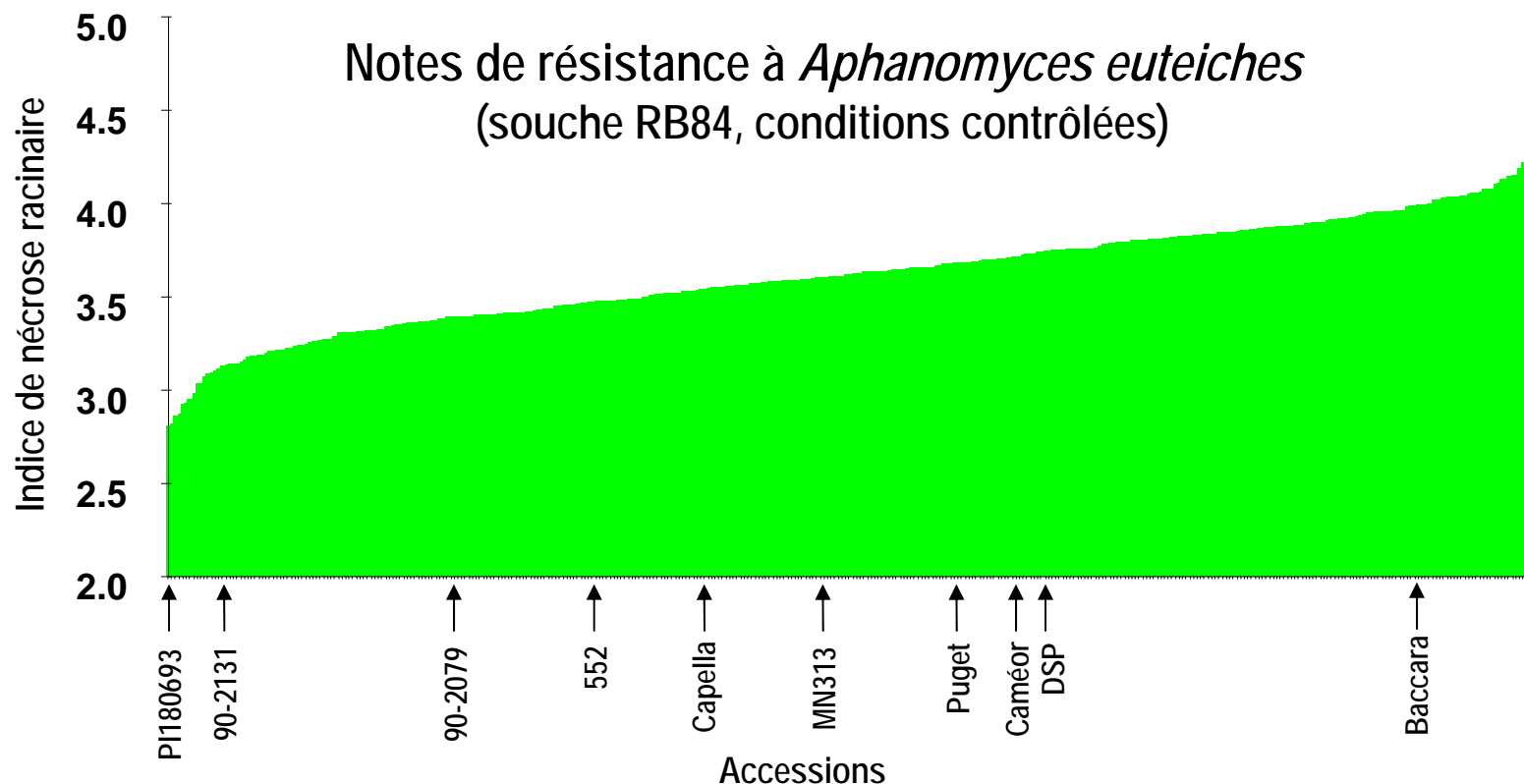
Sensible

Echelle de notation du test en conditions contrôlées

INR (Indice de Nécrose Racinaire) :
moyenne des notes individuelles
sur 5 plantes/bloc/lignée

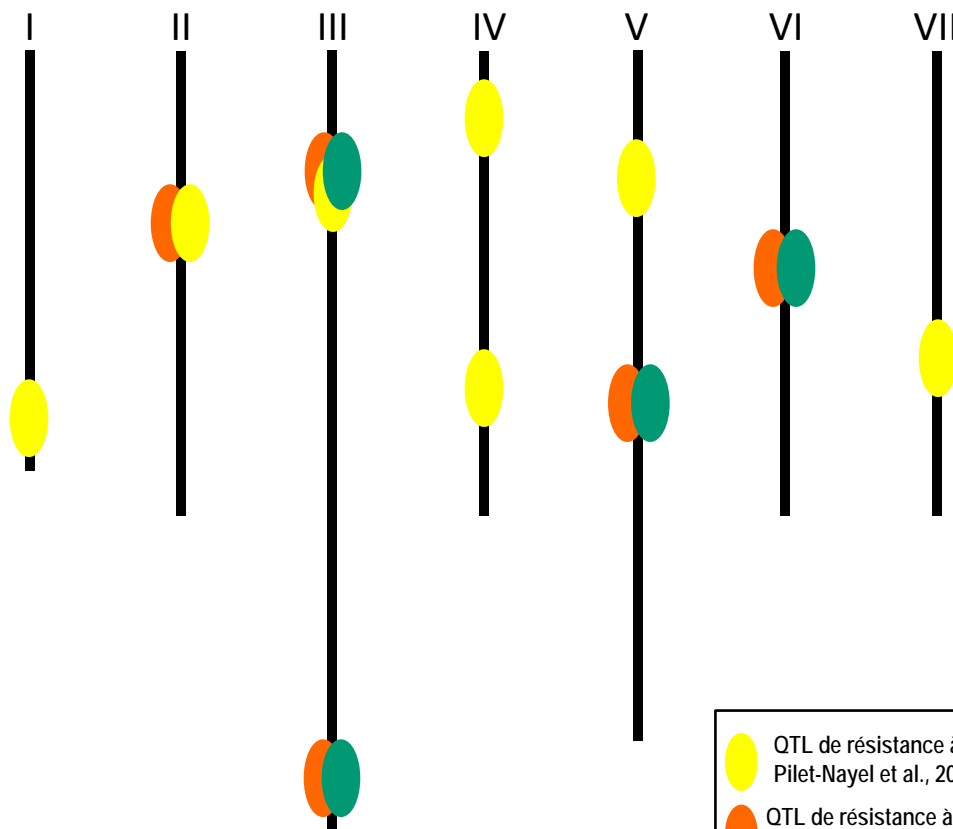
1. Identifier les facteurs génétiques contrôlant les résistances aux stress

Explorer la variabilité génétique du pois pour la résistance à *A. euteiches*



1. Identifier les facteurs génétiques contrôlant les résistances aux stress

Identifier des QTL contrôlant les résistances aux stress



Construire un matériel végétal spécifique (150 à 200 lignées recombinantes, ou RILs, issues du croisement entre un parent résistant et un parent sensible)

Génotyper ce matériel pour établir une carte de liaisons génétiques (200 à 300 marqueurs par lignée)

Phénotyper ce matériel végétal pour le caractère étudié (plusieurs populations, plusieurs environnements, plusieurs souches du pathogène...)

Etudier les relations statistiques entre la variabilité aux marqueurs et la variabilité phénotypique, pour identifier des QTL

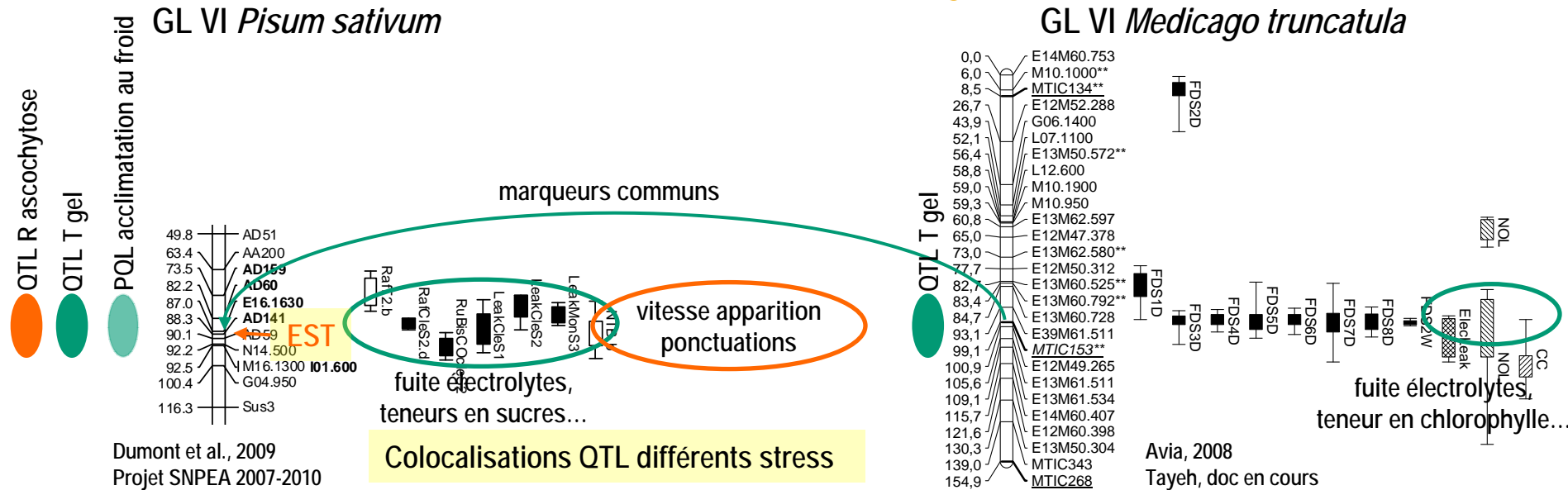
● QTL de résistance à *A. euteiches*
Pilet-Nayel et al., 2002, 2005 ; Hamon, 2010

● QTL de résistance à l'ascochytose
Prioul et al., 2004

● QTL de tolérance au gel
Lejeune-Hénaut et al., 2008

1. Identifier les facteurs génétiques contrôlant les résistances aux stress

Identifier des mécanismes sous-jacents aux QTL



Colocalisations QTL différents stress

Colocalisations QTL dégâts / PQL

Colocalisations QTL dégâts / composantes de R

Colocalisations QTL dégâts / EST candidats

Exploitation de la synténie avec *Medicago truncatula*



2. Valider et intégrer les outils de génétique en sélection

Construire des génotypes avec l'aide des marqueurs moléculaires

Back-cross assistés par marqueurs pour la validation et le cumul de QTL de résistance aux stress
(Projet SAMPOIS)

Lignée donneuse

•RIL BAP8.195
(Baccara*PI180693)
1 à 3 QTL



•Baccara
•Eden
•Isard

Lignées receveuses

2008

X

2009

2010

2011

SAM

Évaluation de la résistance

F1

BC1

BC2

BC3

BCx

BCxS1 (NIL : lignée quasi-isogénique)

BCxS2 (NIL)

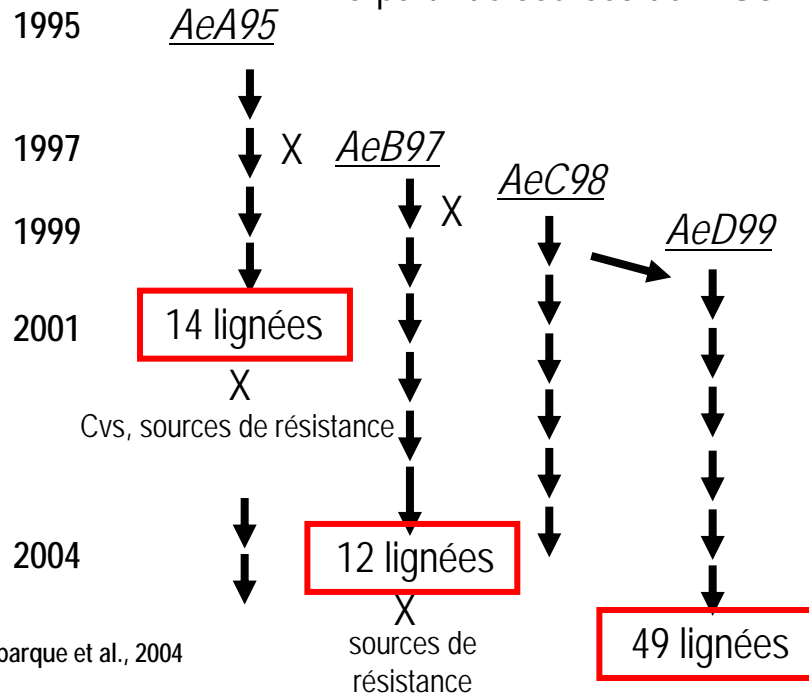
Transfert RILs, NILs, marqueurs aux sélectionneurs

2. Valider et intégrer les outils de génétique en sélection

Créer des géniteurs de résistance à *A. euteiches*

Sélection phénotypique récurrente (GSP)

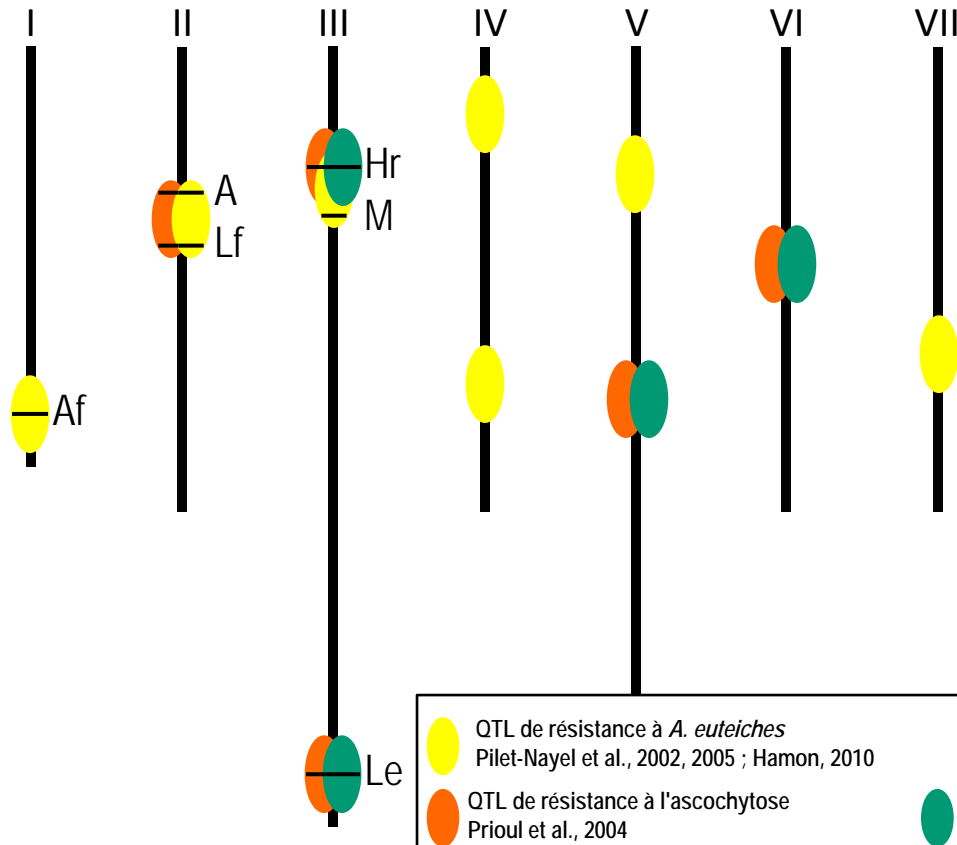
4 programmes de croisements, à partir de sources de R USA



- ✓ Progrès génétique significatif en termes de résistance/tolérance à *A. euteiches*
- ✓ Caractères agronomiques et de rendement à améliorer
- ✓ Lignées caractérisées pour leur contenu en allèles de résistance aux principaux QTL

2. Valider et intégrer les outils de génétique en sélection

Des gènes d'architecture contrôlant les résistances aux stress ?

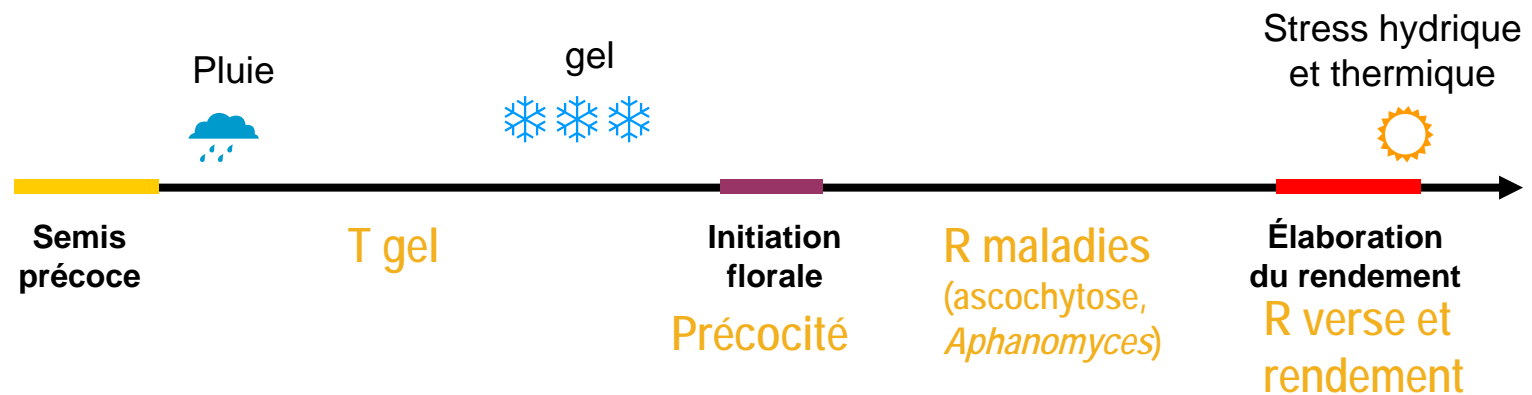


L'allèle dominant au locus Hr est favorable à la tolérance au gel :
initiation florale seulement en jours longs

2. Valider et intégrer les outils de génétique en sélection

Concevoir un programme intégré de création variétale :
créer un pois d'hiver réactif à la photopériode

(Hr : possibilité de semis précoce + stratégie d'échappement au gel)

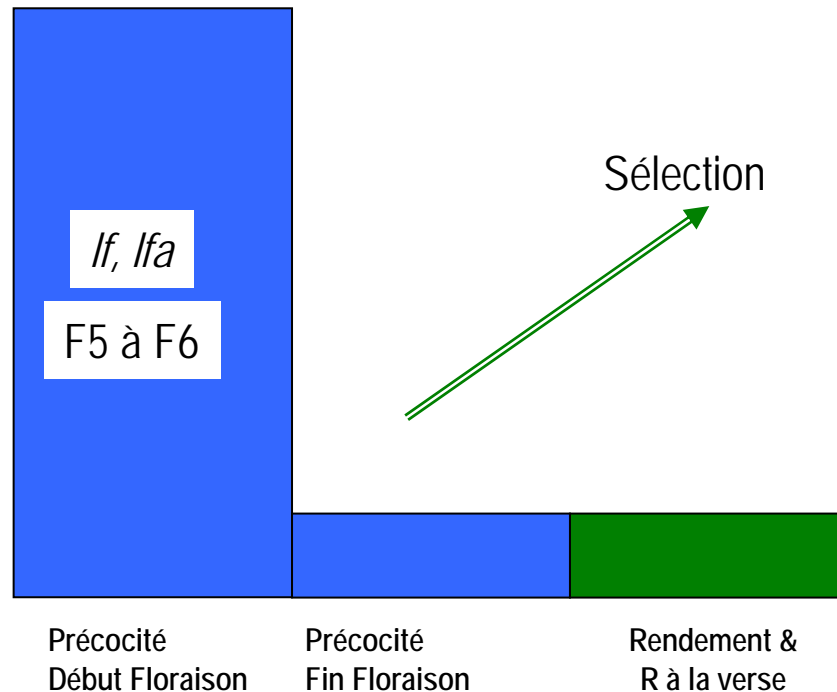


- augmenter la tolérance au gel au stade végétatif
- améliorer la résistance aux maladies hivernales (ascochytose)
- améliorer la résistance à *Aphanomyces euteiches*
- caler les dates de floraison et de maturité / aux stress climatiques de fin de cycle

Production de lignées améliorées pour la précocité DF et la résistance aux maladies

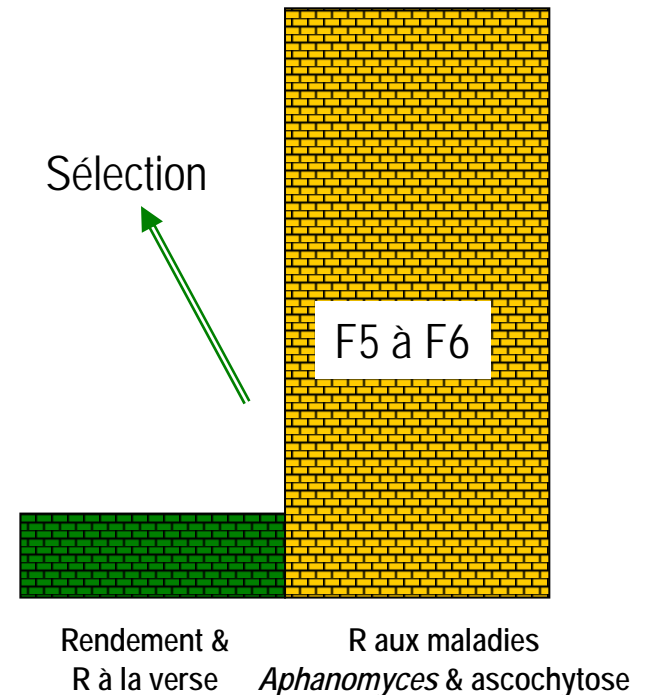
Hr Précocité

Coll. INRA Versailles, Dijon
Foucher et al. 2003
Projet PHIPROT

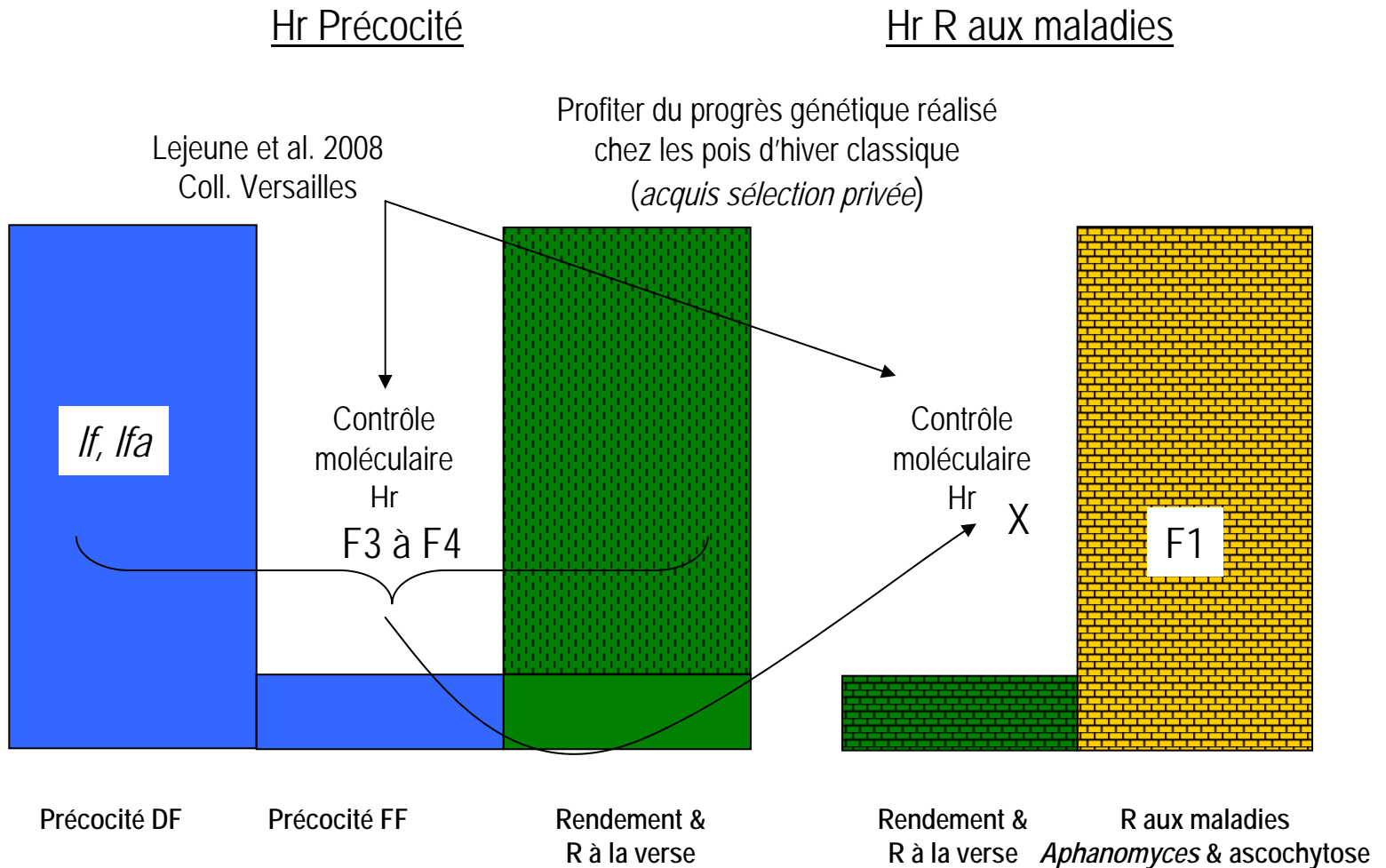


Hr R aux maladies

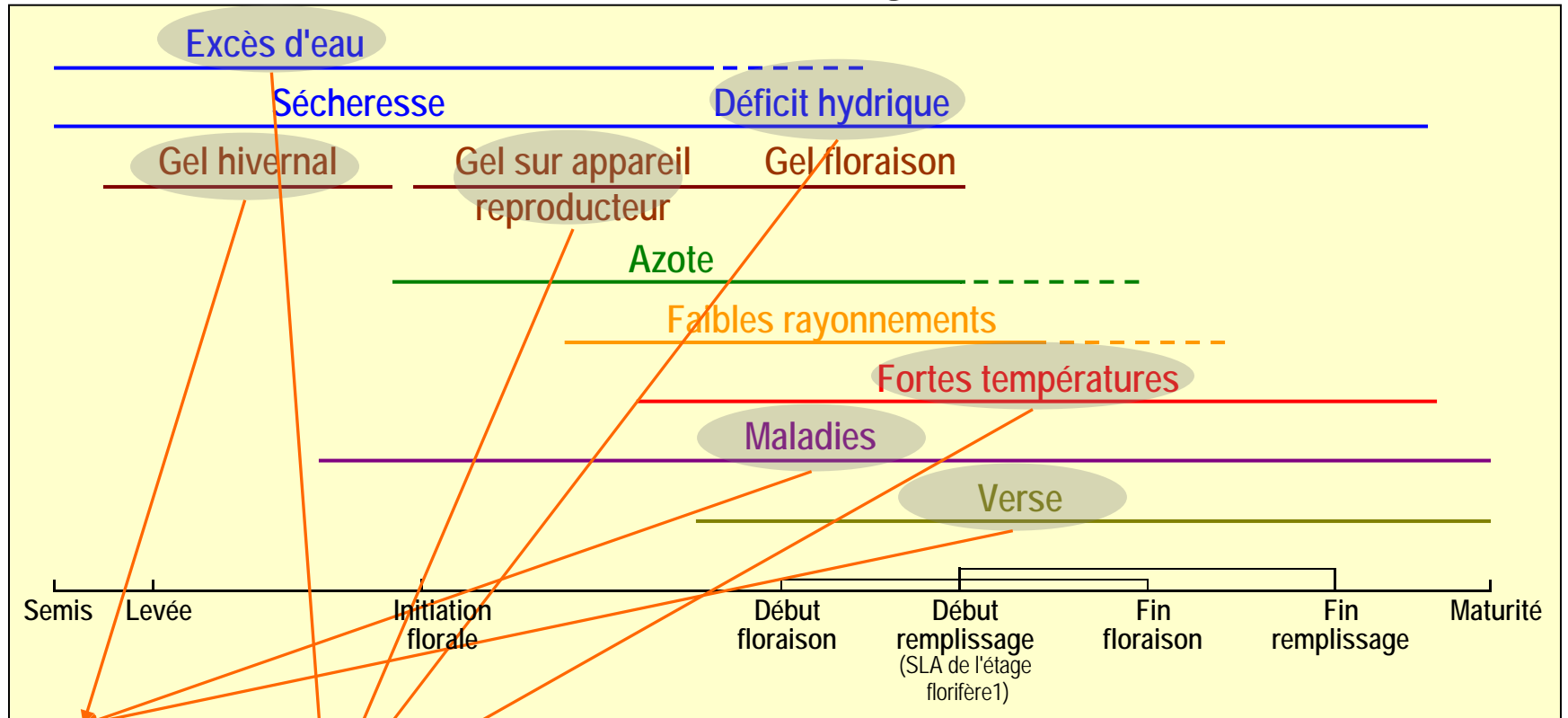
Coll. INRA Rennes
Prioul et al. 2004
Pilet-Nayel et al. 2002,2005



Amélioration agronomique du matériel Hr par recombinaison avec des pois d'hiver classiques



Ensemble des facteurs limitant la production du pois protéagineux



Résistances

Génétique

Echappement

Intégrer les effets de tous les stress sur un réseau expérimental

pour analyser les interactions génotype x milieu

Témoins révélateurs
Modélisation

Légumineuses et
agriculture durable

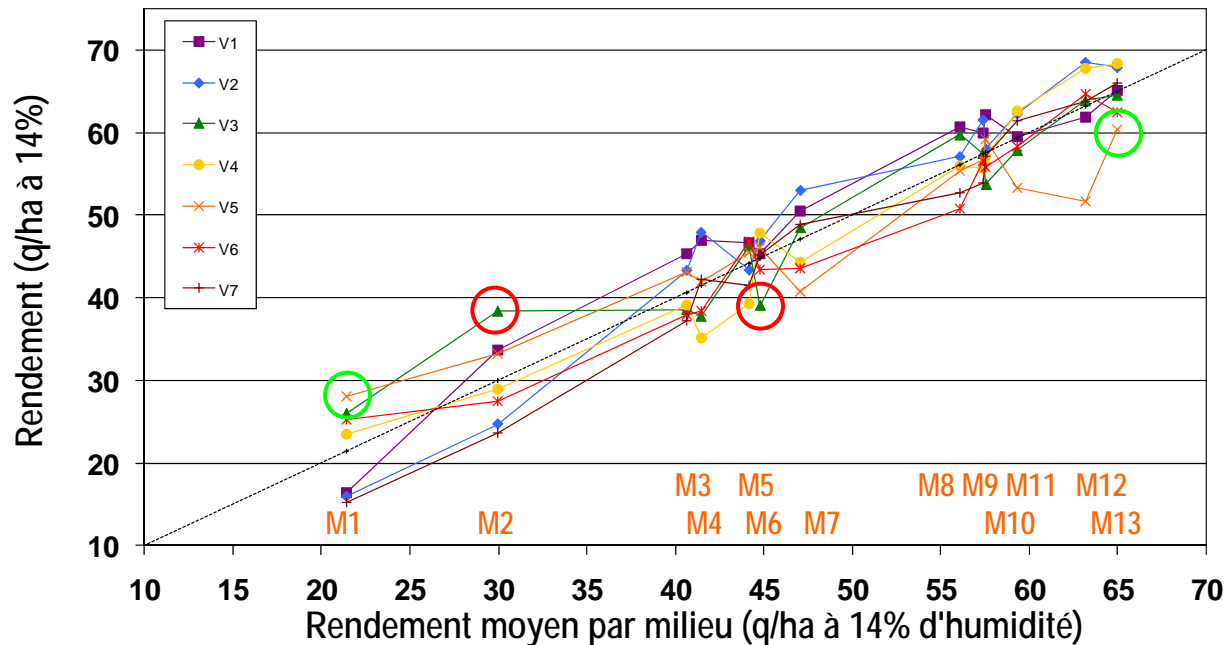
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

3. Intégrer les innovations génétiques en production

Gérer les facteurs limitants dans les réseaux expérimentaux

Rendement de 7 variétés de pois dans 13 milieux (réseau CTPS 2008)



Décrire les facteurs limitants pour quantifier leur rôle dans les interactions génotype x milieu

Légumineuses et
agriculture durable

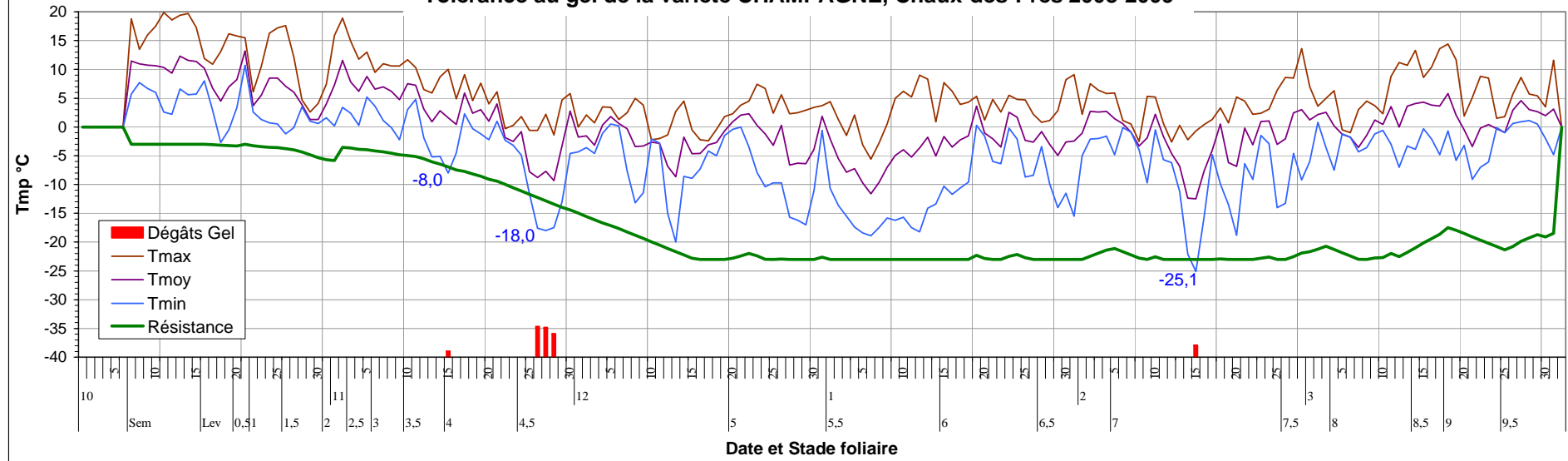
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



3. Intégrer les innovations génétiques en production

Utiliser la modélisation pour décrire certains facteurs limitants

Tolérance au gel de la variété CHAMPAGNE, Chaux-des-Prés 2008-2009



Valeurs des paramètres testés pour la variété Champagne :

- Seuil de résistance maximal: -23°C (= seuil d'apparition des dégâts de gel)
- Durée d'endurcissement (pour atteindre la résistance maximale): 35 jours
- Début d'acclimatation en-dessous de 15°C
- Résistance maximale ne peut être atteinte que si la température moyenne est inférieure à 0°C

paramètres en cours
de validation

Conclusion

Choix des allèles aux QTL à intégrer et à associer en sélection :

Stabilité (environnements, souches)

Complémentarité (entre sources de résistance)

Mécanismes associés

Capacité à conférer de la résistance dans différents fonds génétiques

Rôle de l'architecture sur sensibilité aux stress

Outils pour le cumul de QTL de résistances

Marqueurs microsatellites

Exploitation de la synténie avec l'espèce modèle *Medicago truncatula*

Marqueurs SNP issus du séquençage du pois

Conclusion

Intégration stratégies génétiques, modélisation et stratégies alternatives de lutte

Dates et densités de semis, rotations, plantes intermédiaires, associations, positionnement traitements fongicides

Intégration innovations génétiques en production

Démarche multistress

Structuration des réseaux expérimentaux

Durabilité des facteurs génétiques de résistance face à l'évolution des stress :

- changement climatique, événements météorologiques extrêmes
- suivi évolution des populations pathogènes

Idéotype :

phénotype résistances aux stress x phénotype architectural x mode de conduite

Partenaires et Collaborations

INRA UMR SADV Lille-Mons
UMR APBV Rennes
UMR LEG Dijon
UMR BiO3P Rennes
Unités Expérimentales DGAP

UNIP, GSP

USDA-ARS Pullman, WA
C.Coyne, R. McGee, K McPhee

Biogemma

Financements

UE FP6 GLIP
ANR, Génoplante
Contrats de branche
Geves
Région Picardie