



**HAL**  
open science

## Nouveautés variétales de Pois Hr, adaptation au changement climatique

Christophe Lecomte, Benoit Carroué, Véronique Biarnès, Eric Hanocq,  
Annabelle Larmure, Thierry Castel

► **To cite this version:**

Christophe Lecomte, Benoit Carroué, Véronique Biarnès, Eric Hanocq, Annabelle Larmure, et al..  
Nouveautés variétales de Pois Hr, adaptation au changement climatique. Journée de lancement “Plan  
Protéines Bourgogne”, Jan 2015, Chalon-sur-Saône, France. hal-02743637

**HAL Id: hal-02743637**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02743637v1>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Nouveautés variétales de pois Hr et adaptation au changement climatique

**Ch. Lecomte – INRA Dijon (UMR Agroécologie)**

*(avec la contribution de B. Carrouée-UNIP, V. Biarnès-CETIOM, E. Hanocq-INRA, A. Larmure-UMR Agroécologie, T. Castel-CRC-UB)*



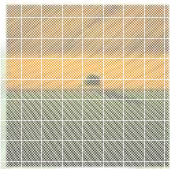
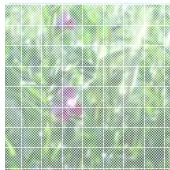
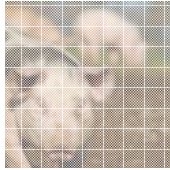
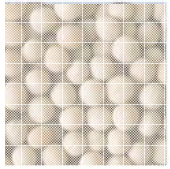
Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER)



Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER):  
L'Europe investit dans les zones rurales



# Pois Hr et changement climatique

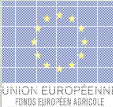


- ▶ Quelques données sur la culture du pois en France et en Bourgogne

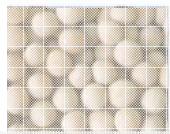
- ▶ Les pois Hr : différences, intérêt par rapport aux pois de printemps et aux pois d'hiver classiques

- ▶ Le changement climatique : mise en évidence et conséquence sur l'exposition du pois aux stress

- ▶ Conclusions

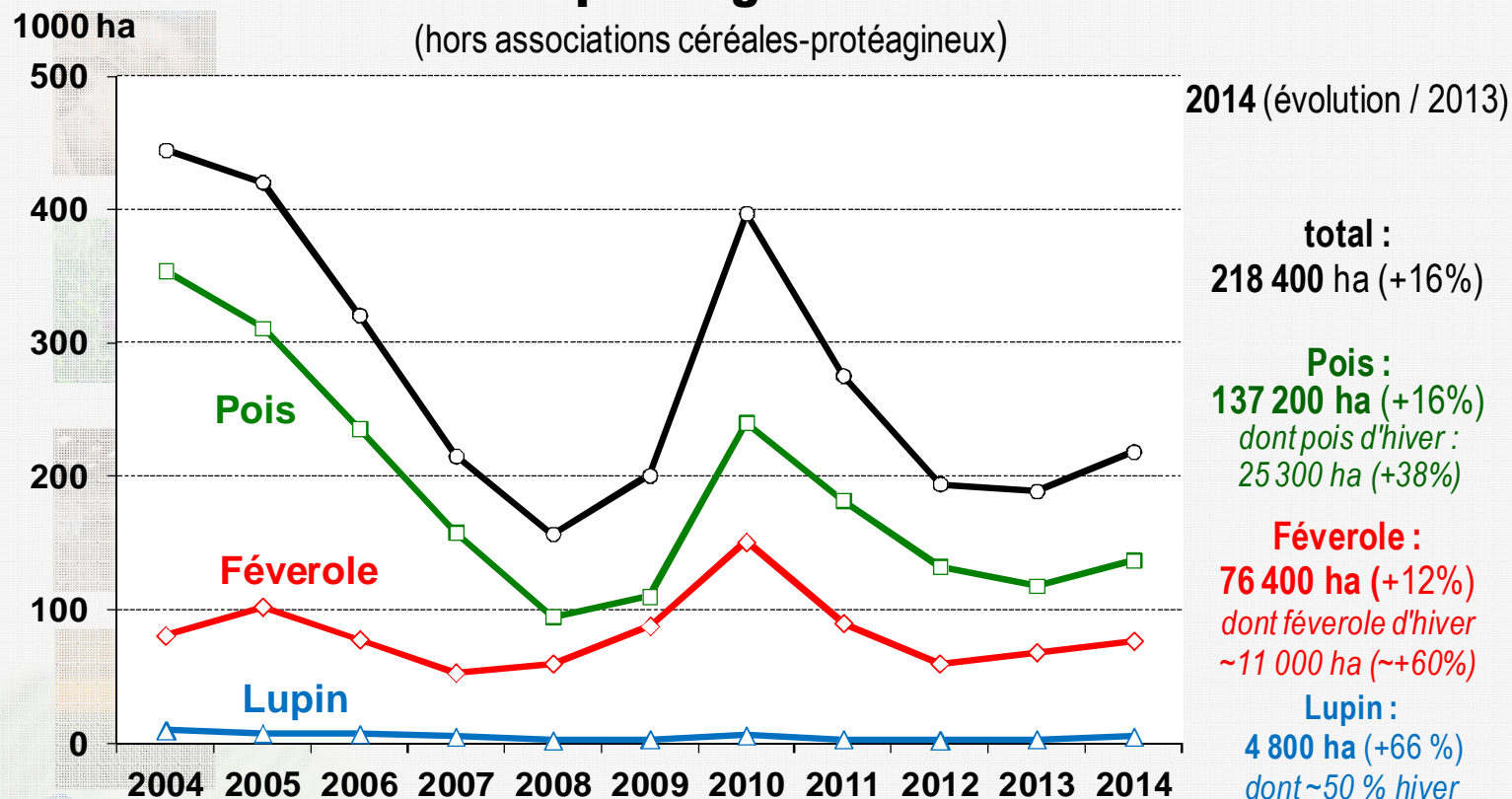


# Evolution des surfaces de Pois en France



## Surfaces de protéagineux en France

(hors associations céréales-protéagineux)



Sources : UNIP d'après ONIOL/ONIGC/FranceAgriMer (déclarations PAC)

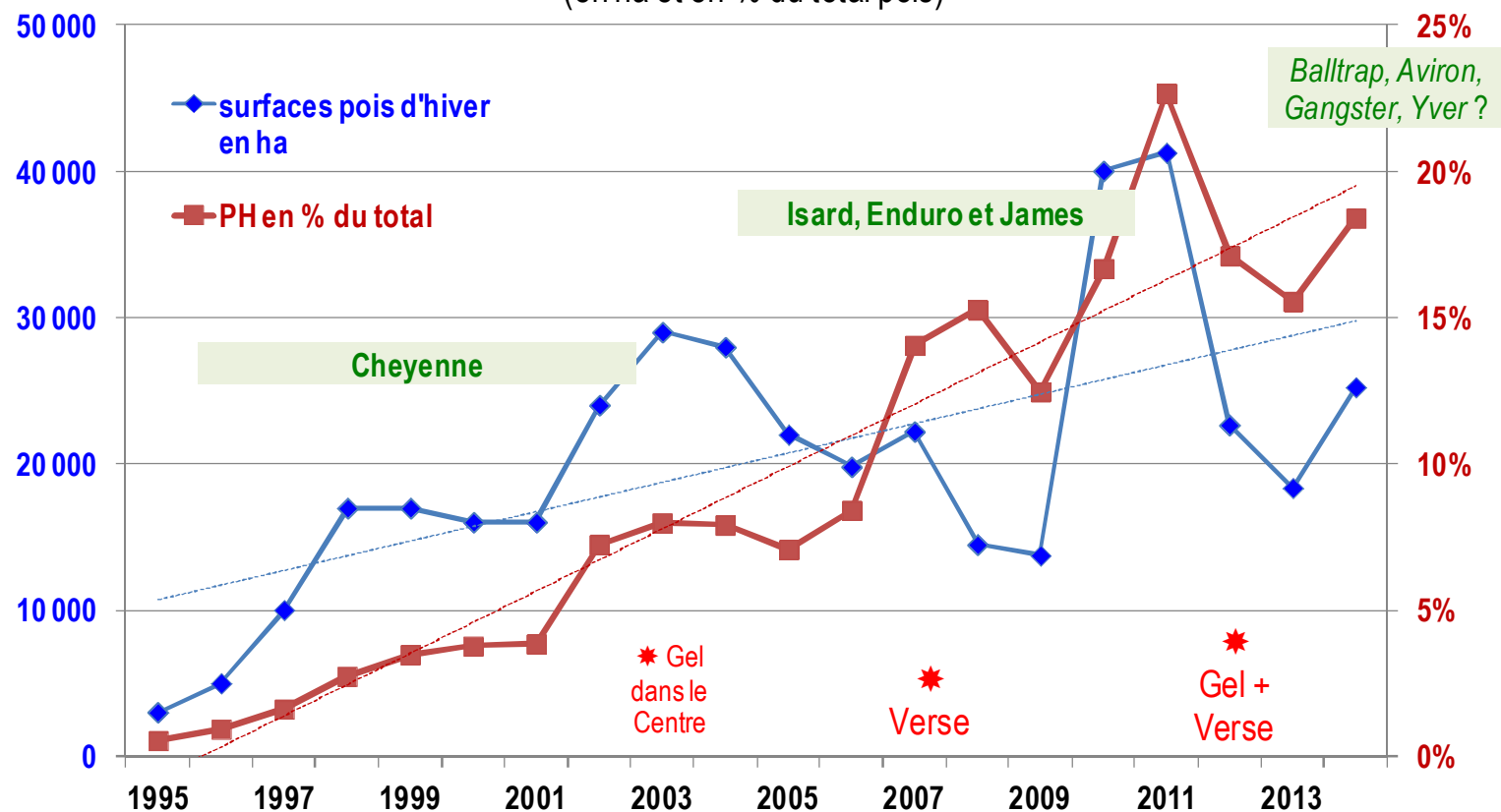
- Forte baisse au cours des années 2005-2008 (aphanomyces, difficulté de positionnement prix / blé et soja)
- Remontée des années 2009-2010 (aides spécifiques aux protéagineux)
- Nouvelle diminution à cause de résultats décevants en 2011-2012
- Reprise en 2013, puis 2014





# Evolution des surfaces de pois d'hiver en France

Evolution des surfaces de pois d'hiver récoltées en France  
(en ha et en % du total pois)

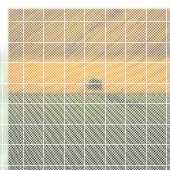
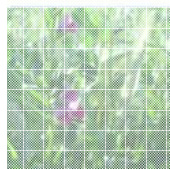
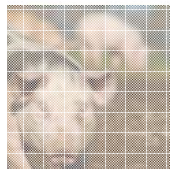
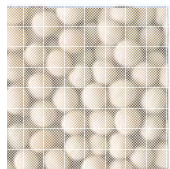


Source UNIP d'après ONIC/ONIOL - FranceAgriMer

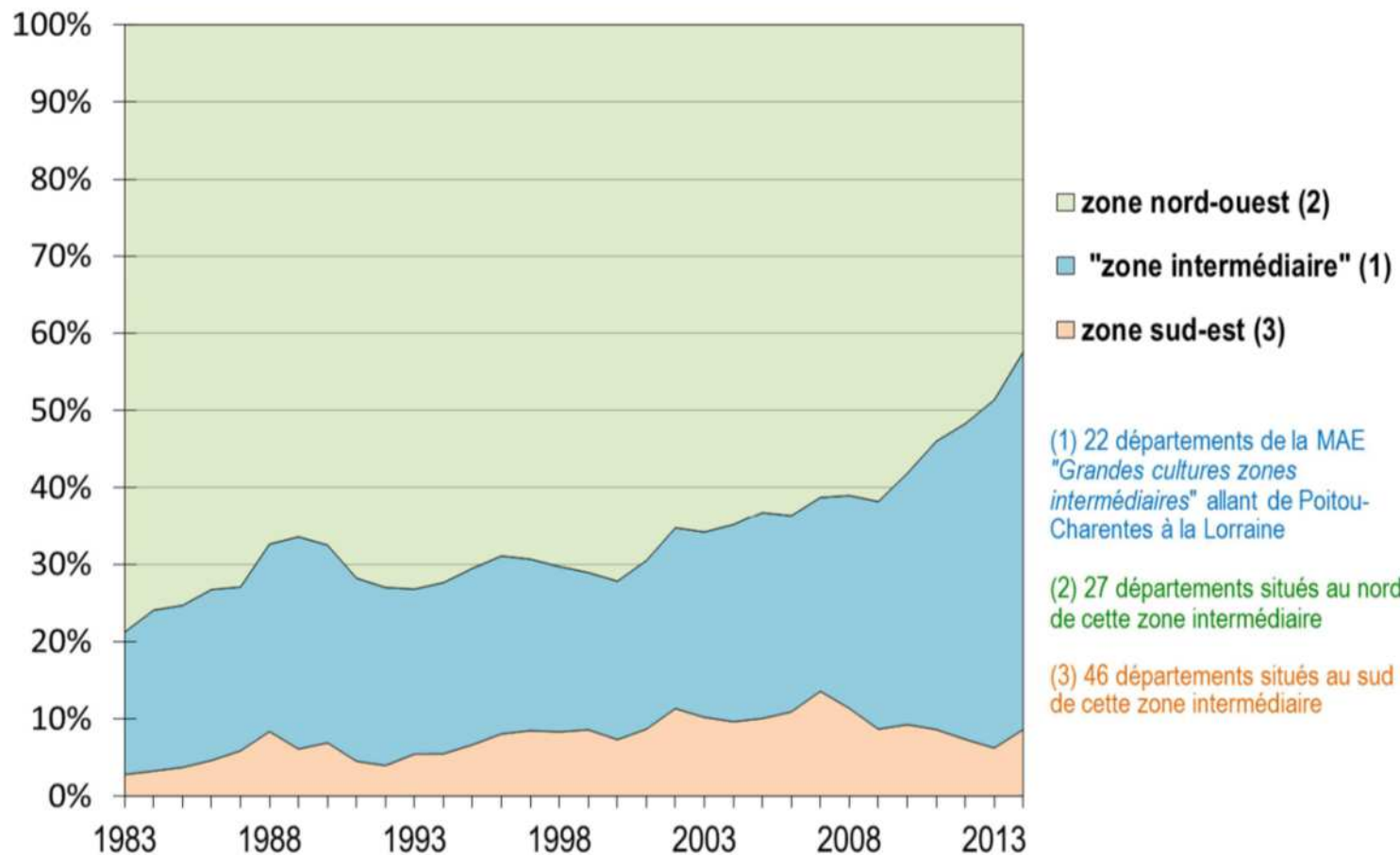
- Deux pois protéagineux d'hiver de type "Hr" inscrits : Géronimo (2011) et Spencer (2013), mais ces variétés ne sont pas cultivées
- Des pois Hr inscrits et cultivés en production fourragère (Assas)



# Localisation croissante en zone "intermédiaire"



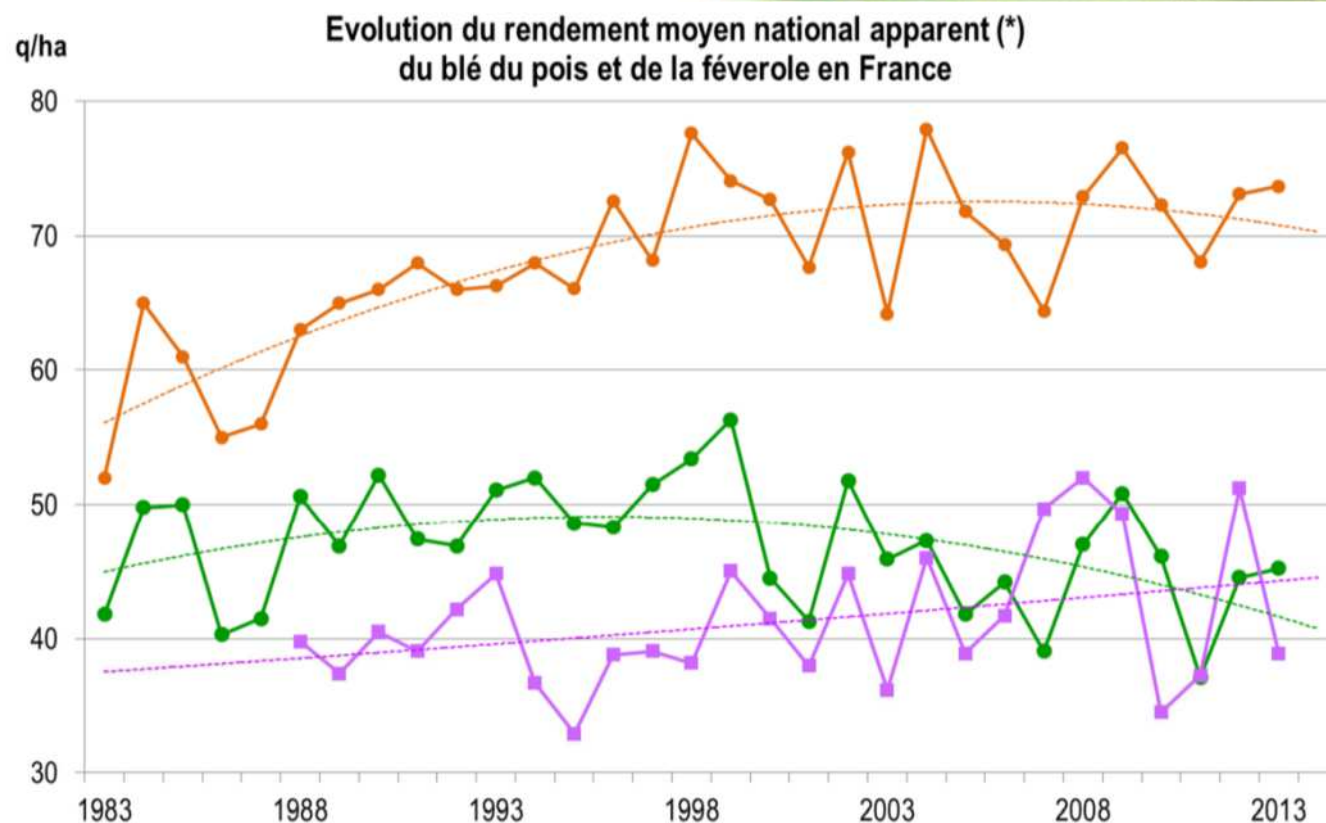
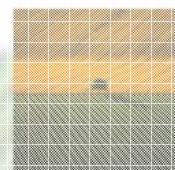
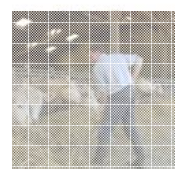
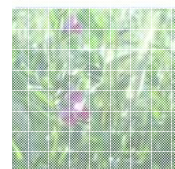
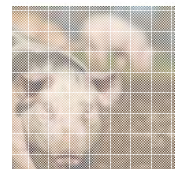
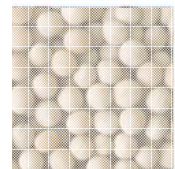
Evolution de la répartition des surfaces de pois en France



La part de la zone intermédiaire (22 départements) dans la sole de pois a fortement augmenté depuis 10 ans → on arrive à environ 50%



# Evolution des rendements



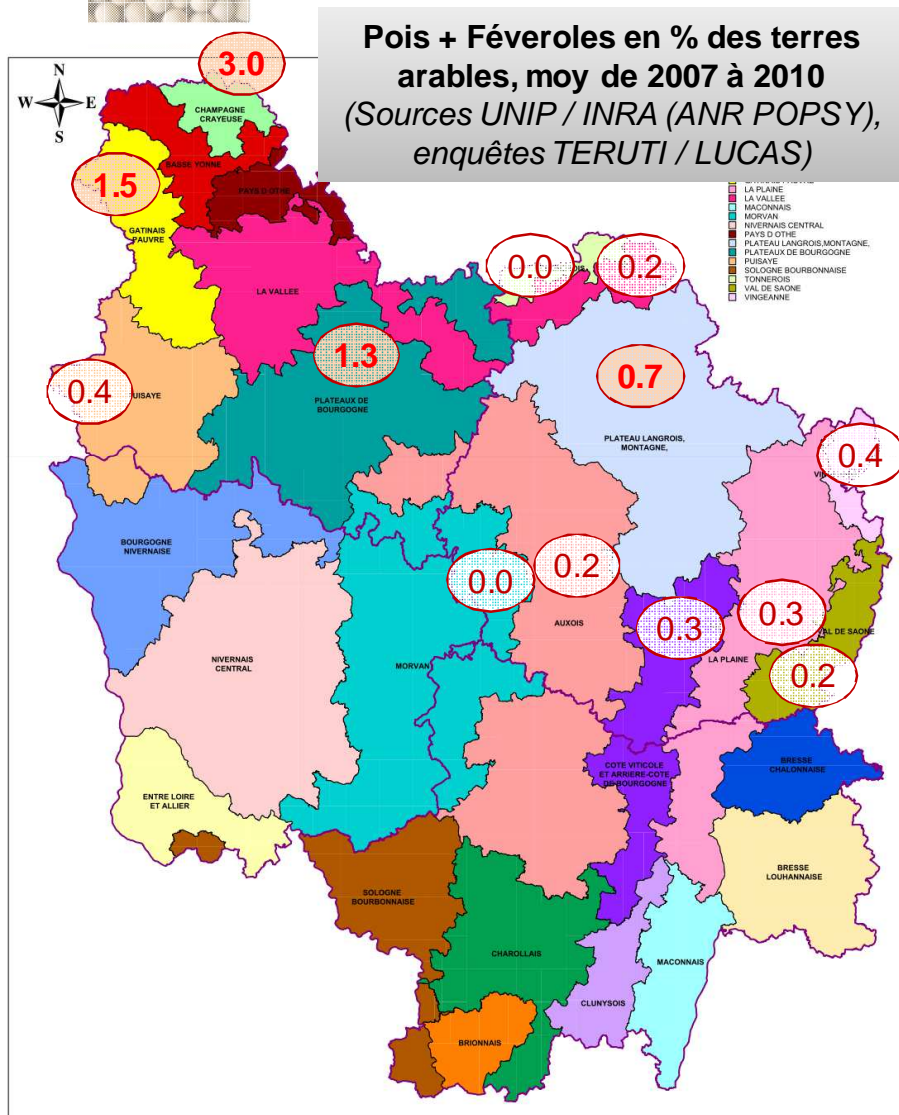
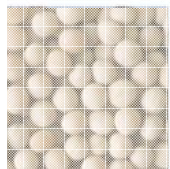
(\*) à répartition géographique variable entre années et entre cultures : rendements pondérés par les surfaces régionales de chacune des cultures chaque année

## B. Carrouée, UNIP, sept 2014 :

- « L'effet du changement de localisation explique sans doute la plus grande part du recul apparent du rendement du pois: il est important d'en tenir compte quand on cherche à évaluer l'effet du changement climatique, des maladies ou du progrès génétique sur la base de rendements moyens nationaux »
- + effets directs et indirects de l'infestation des sols par Aphanomyces



# Situation en Bourgogne



Surfaces de Protéagineux, dont Pois, en % des terres arables, années 2013 et 2014  
(Sources Agreste et FranceAgriMer)

	Côte d'Or		Nièvre		Saône-et-Loire		Yonne		Bourgogne		Franche-Comté	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Protéagineux	1.0	1.7	0.7	1.1	0.2	0.3	2.0	2.7	1.2	1.8	/	0.4
Pois	0.8	1.4	0.5	0.8	0.1	0.2	1.8	2.3	1.0	1.5	/	0.2

- D'avantage de protéagineux dans l'Yonne, puis Côte d'Or
- La plus grande part est assurée par le pois

Lien avec

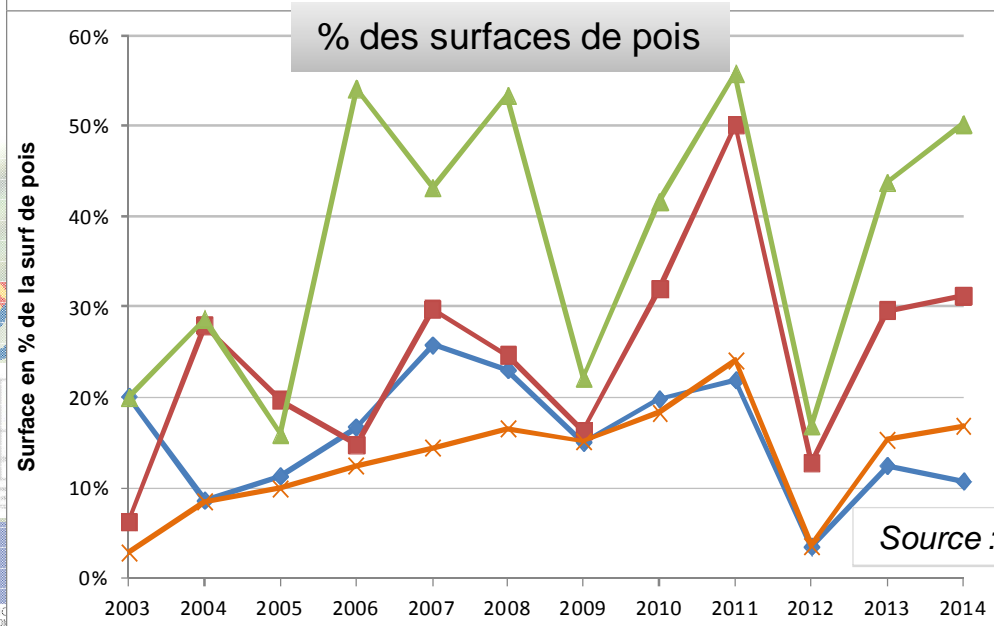
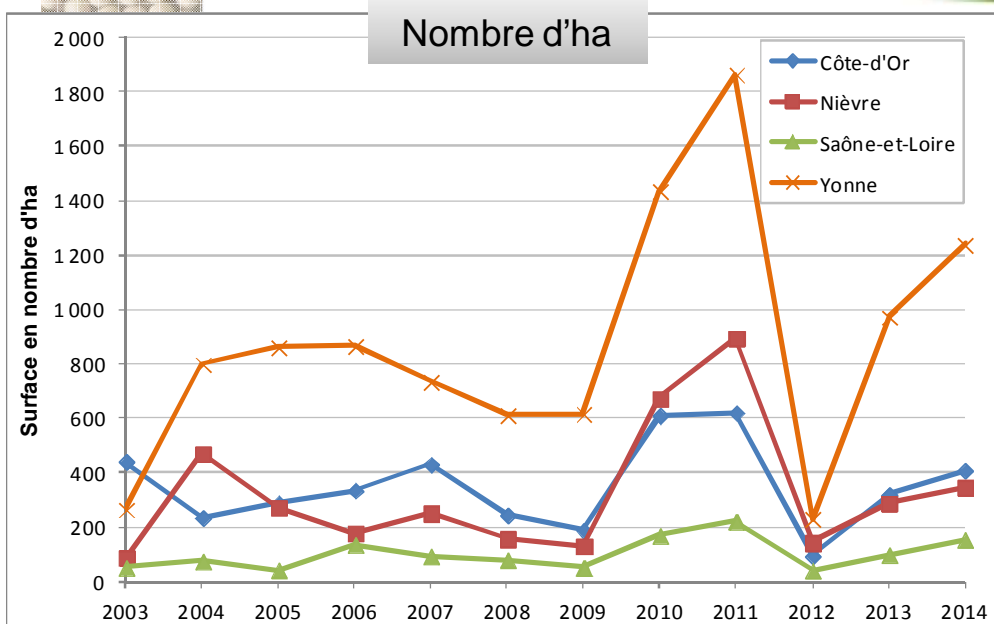
- l'orientation "Grandes cultures" du territoire
- le type de sol et la réduction du risque aphanomycètes : sols calcaires peu sujets à l'excès d'eau (plateaux, Champagne crayeuse)

Mais souvent il s'agit

- de terres à réserve en eau réduite  
→ risque accru de stress de fin de cycle
- de terres à cailloux → vigilance / verse



# Surfaces de pois d'hiver en Bourgogne



Source : UNIP - ONIGC/FAM

- Fluctuation des surfaces

- Surfaces plus importantes dans l'Yonne (grandes cultures, plateaux, Champagne crayeuse)

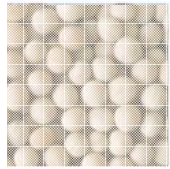
- Proportion de pois d'hiver plus importante en Saône-et-Loire et dans la Nièvre



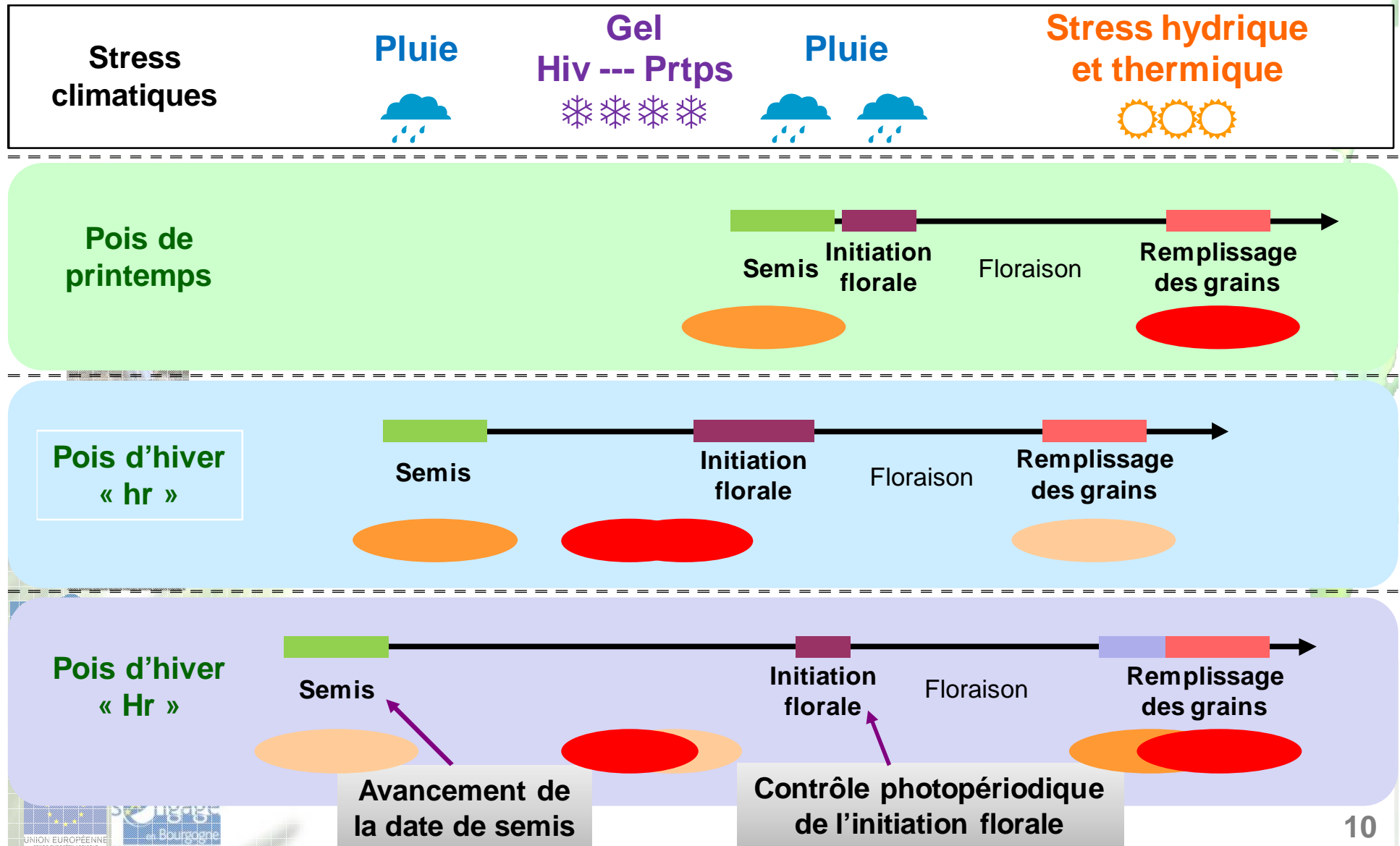
# Comparaison des différents types de pois

## Intérêt des pois « Hr »



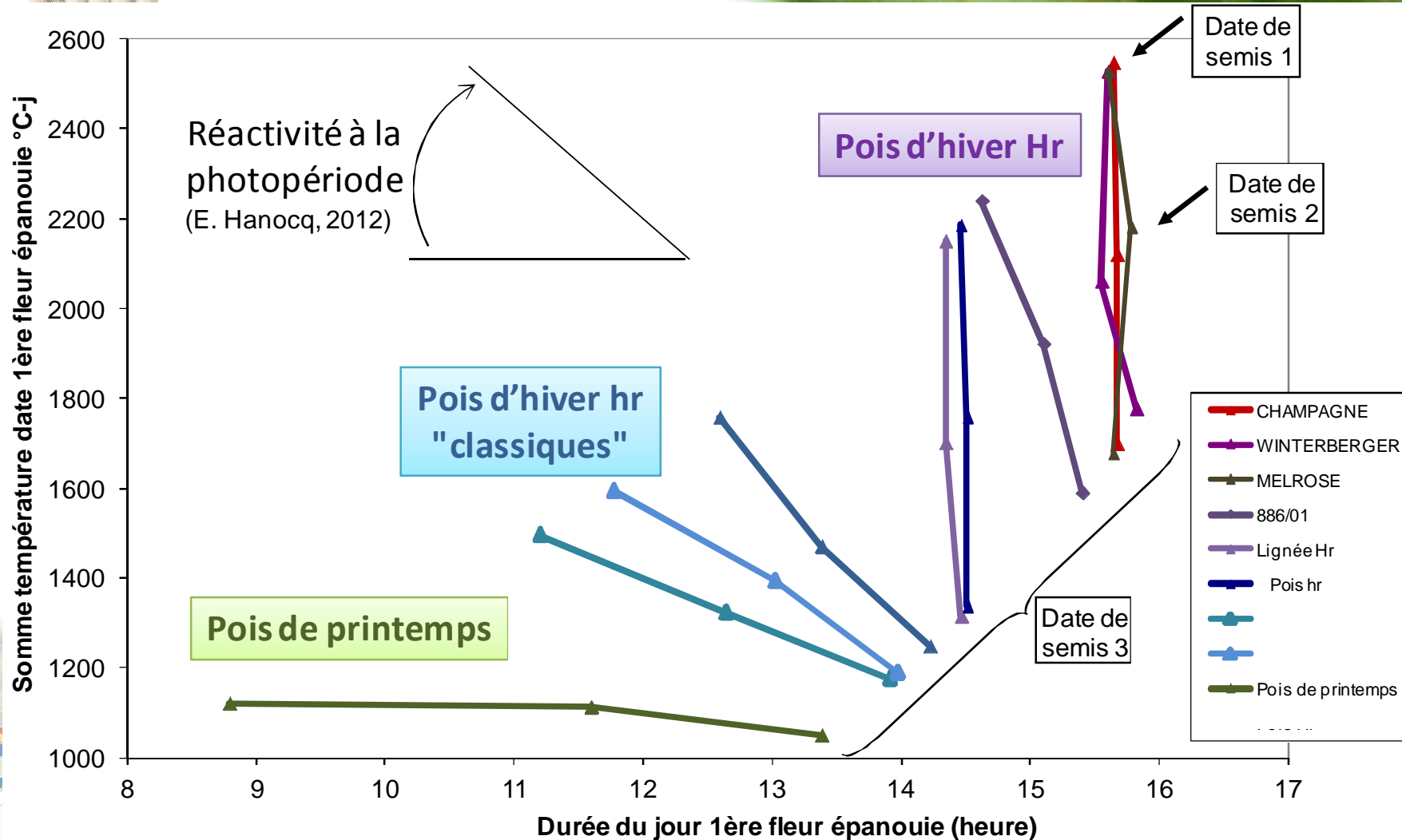


# Intérêt du pois d'hiver et stress climatiques

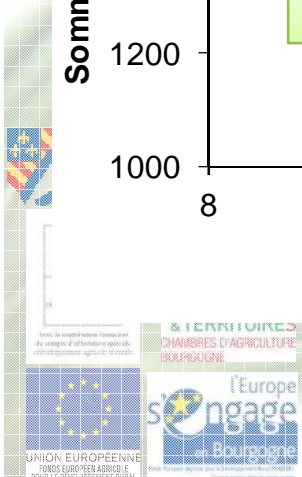


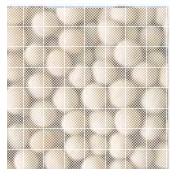


# Pois d'hiver Hr, réactifs à la photopériode

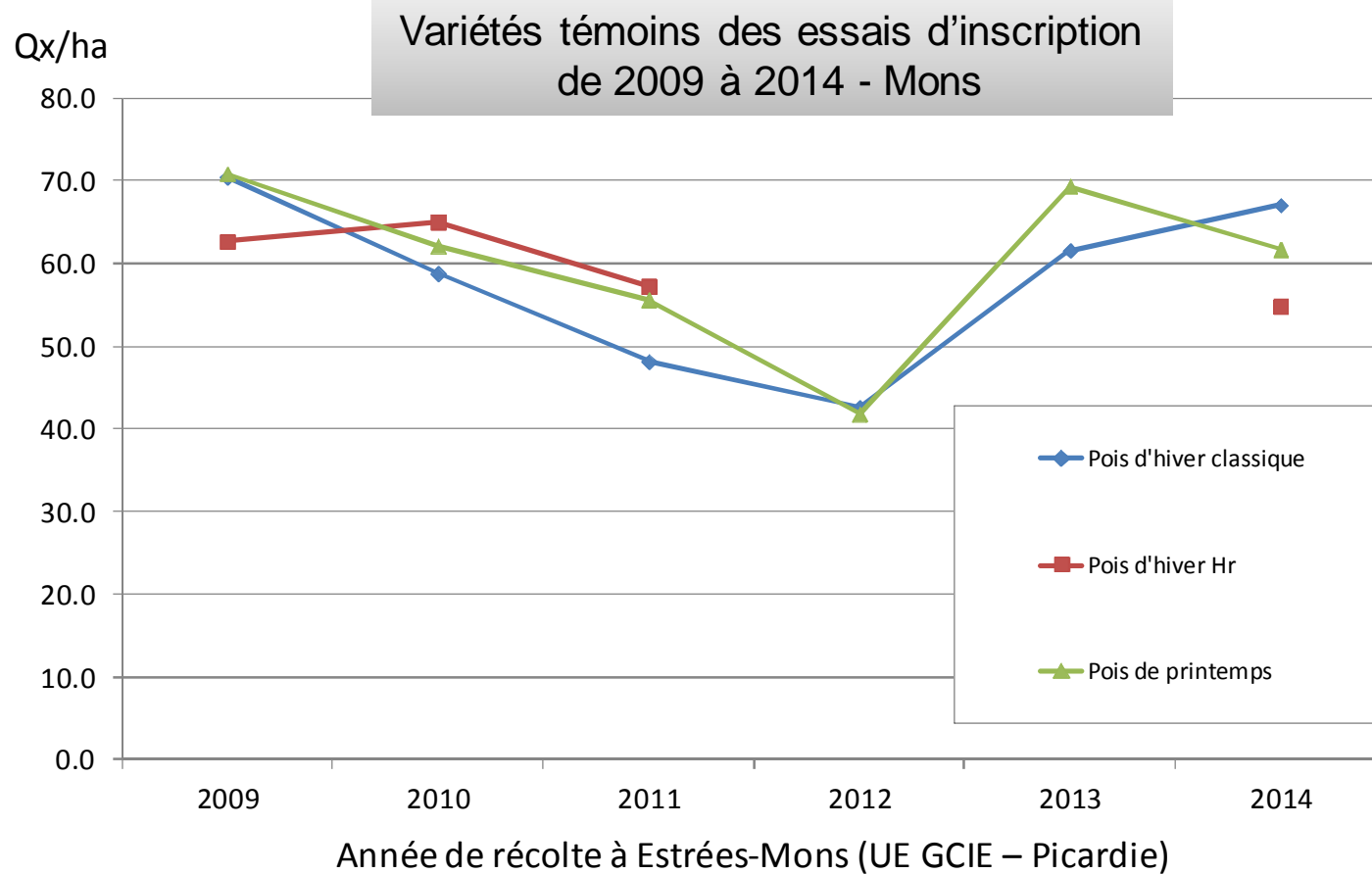


Le caractère "Hr" peut être visualisé par la pente de la relation entre la durée du jour et la somme de températures au stade début floraison (ou à l'initiation florale)





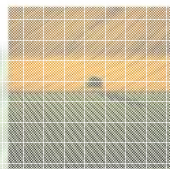
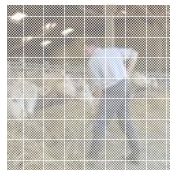
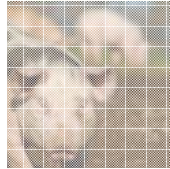
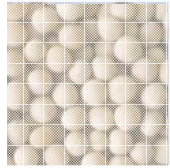
# Rendements comparés des 3 types de pois



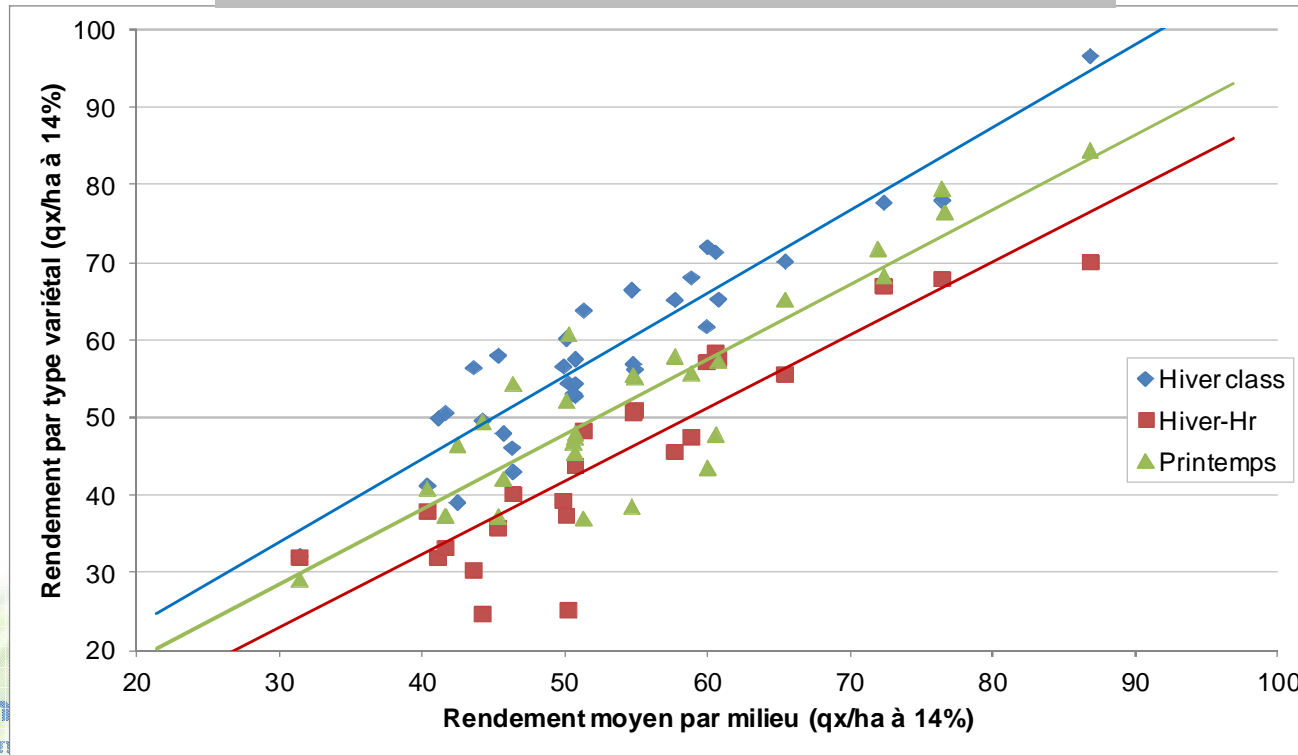
**En Picardie, les 3 types de pois obtiennent tour à tour les meilleurs rendements**



# Rendements comparés des 3 types de pois



Réseau INRA, GEVES, FNAMS,  
Programme Investissements d'Avenir  
"Peamust" 2013 et 2014, 34 essais France



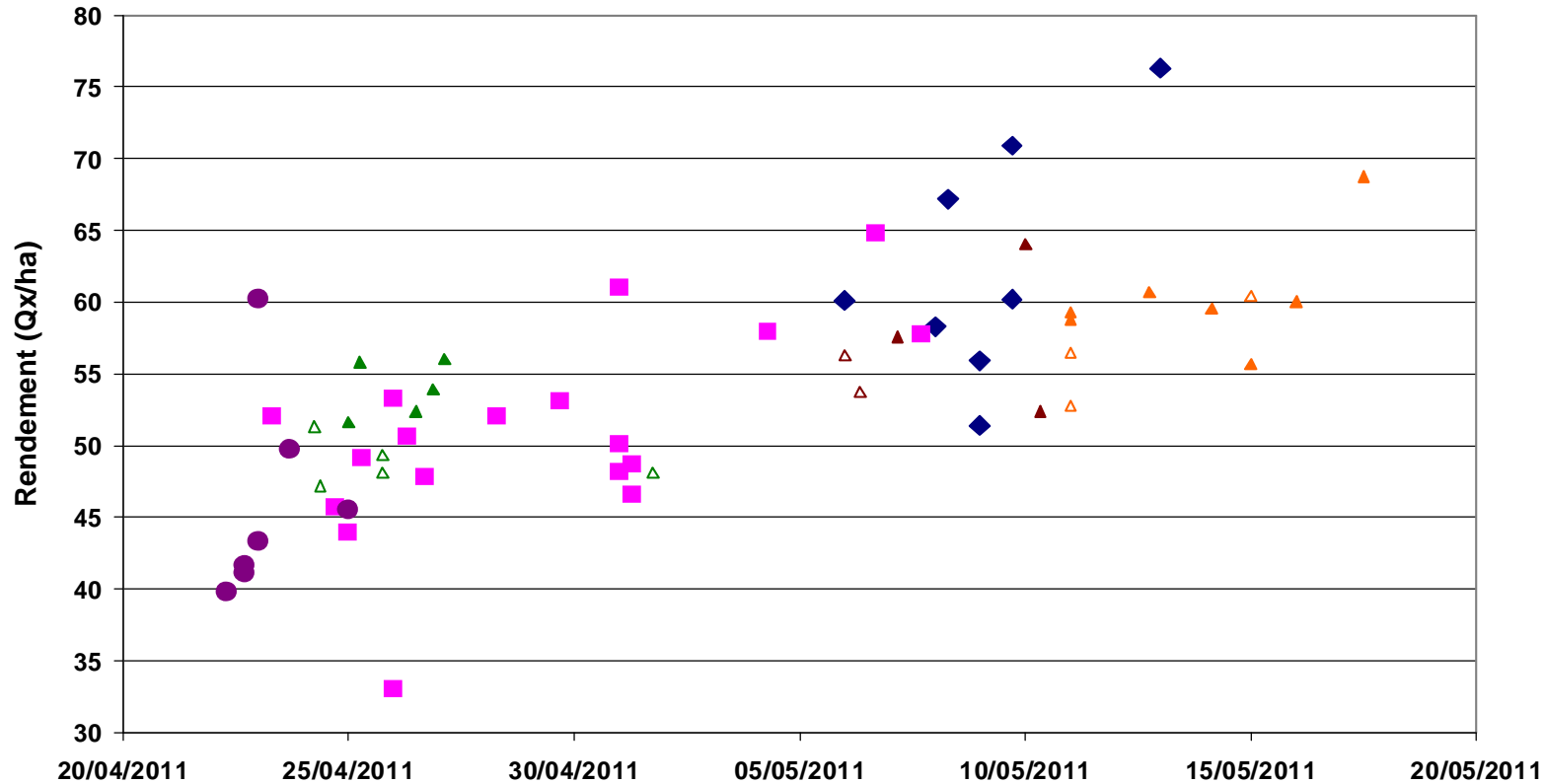
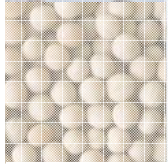
**2013: pluies puis coups de chaleur en fin de printemps**  
**2014: sécheresse et fortes températures au printemps,**  
**puis pluies abondantes au début de l'été**

**Stress de fin de cycle (pas de gel)**

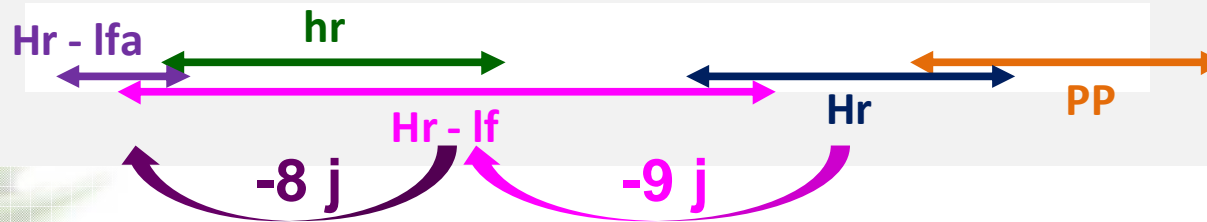
→ Meilleur rendement des pois "hr"

# Des progrès sur la précocité :

Allèles *lf* et *lfa* du gène TFL1C (Foucher et al. 2003)

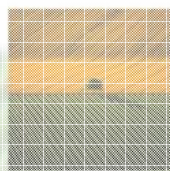
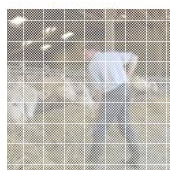
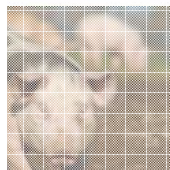
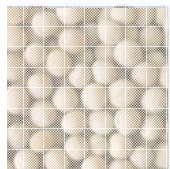


Variabilité à DF :

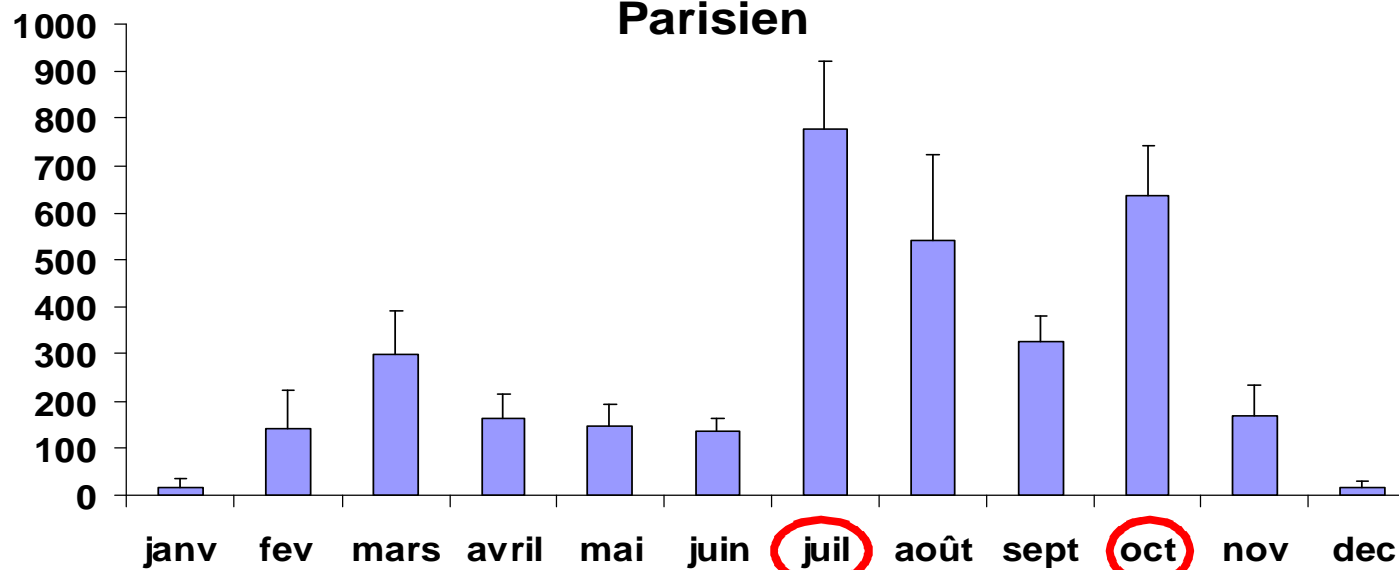


En moyenne: gain attendu d'environ 2 semaines au stade début floraison

# Date de semis des pois d'hiver Hr



Nombre total d'heures au champ moyen (entre 1999 et 2003) par mois dans une EA du Bassin Parisien



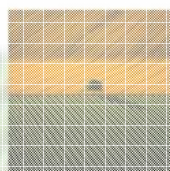
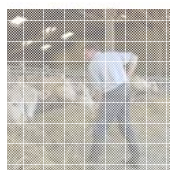
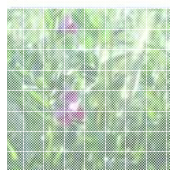
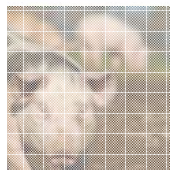
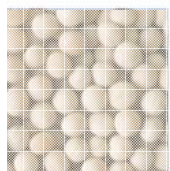
(MH Jeuffroy, Agrophysiologie des protéagineux – 7 déc 2012)

- **Octobre = période déjà chargée** pour certaines exploitations agricoles (concurrence entre chantiers) → **risque de ne pas semer le pois Hr en conditions optimales**, et donc de ne pas atteindre les performances visées
- Mais le nombre de jours disponibles pour semer est supérieur par rapport aux pois d'hiver classiques, et surtout aux pois de printemps





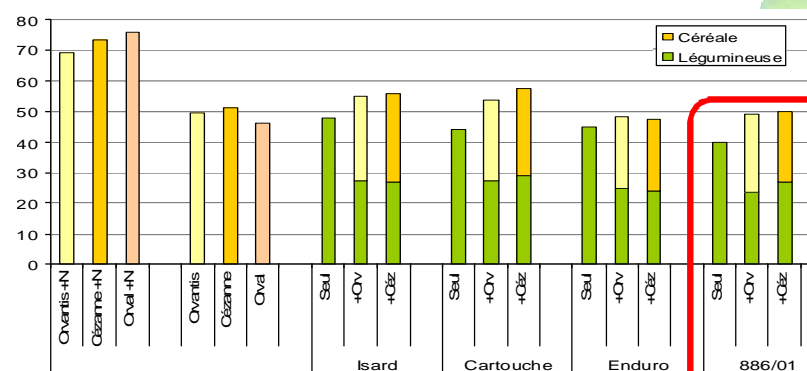
# Intérêt des Pois Hr en culture associée



- Même cycle de développement (semis, maturité)
- Pas de conflit de calendrier avec le blé
- Bonne expression du potentiel des pois Hr (limitation de la verse et des maladies)
- Bénéfices de la culture associée en terme de réduction des intrants, d'impacts environnementaux et de qualité



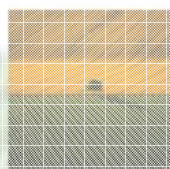
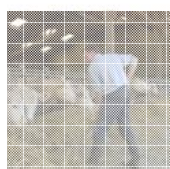
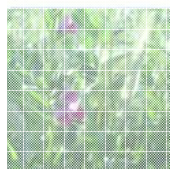
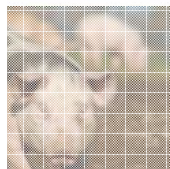
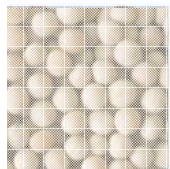
Pea-Wheat Intercrop plots in Dijon, 2010



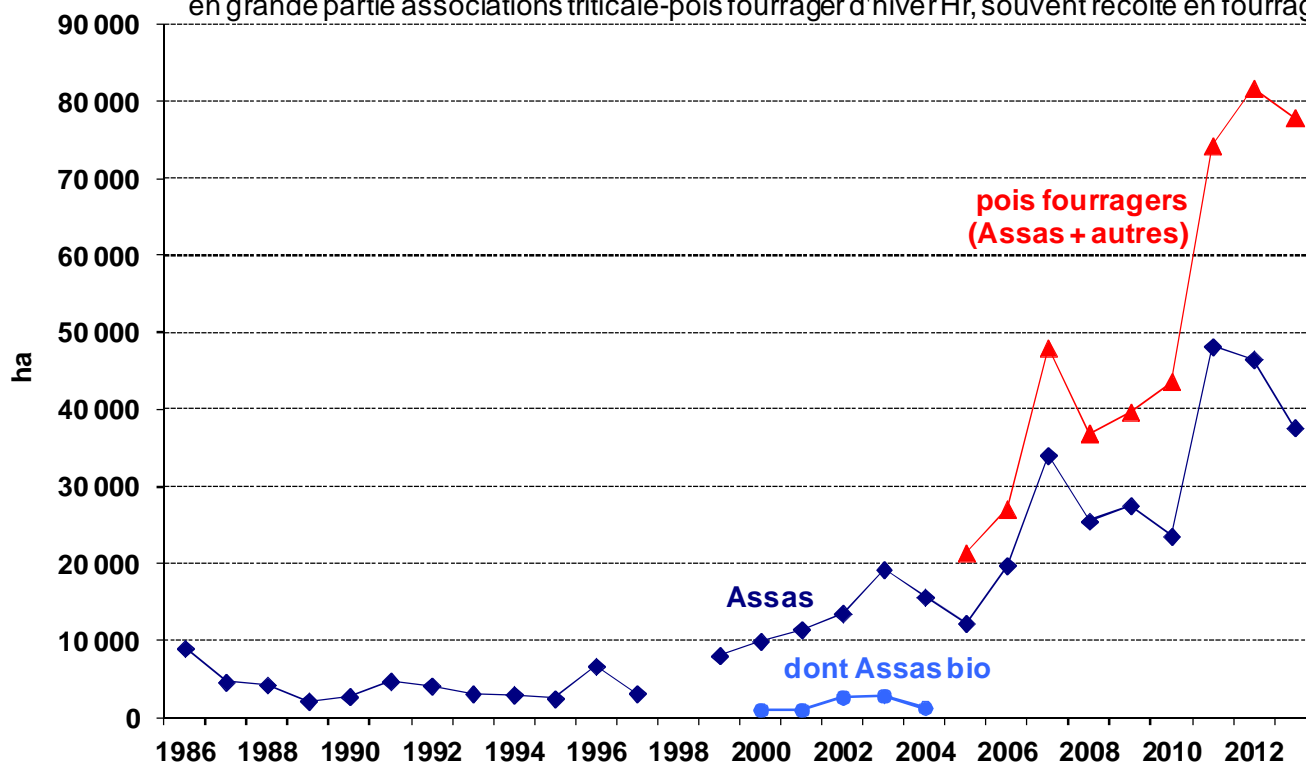
Yield of Pea-Wheat genotypes in pure/intercrop in Dijon, 2010



# Intérêt des Pois Hr en culture associée

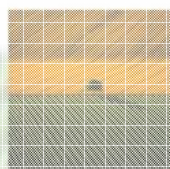
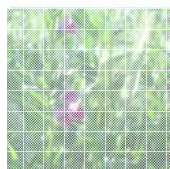
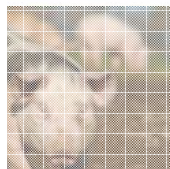
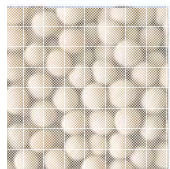


**Surfaces estimées de mélange pois-céréales en France**  
à partir des ventes de semences certifiées de pois fourrager en France (base 25 kg/ha)  
en grande partie associations triticales-peis fourrager d'hiver Hr, souvent récolté en fourrage



- Les cultures associées pois-céréales concernent essentiellement la production fourragère
- 1 variété dominante de pois: Assas

# Bilan: intérêt des différents types de pois



	PP	PH-hr	PH-Hr
<b>Aphanomycès</b>	Exposition plus grande	Moins exposés	Exposition à l'automne
<b>Ascochyte</b>	Moins exposés	Exposition hivernale	Davantage exposés, architecture défavorable
<b>Verse</b>	Variétés à bonne tenue de tige	Progrès importants réalisés	A améliorer
<b>Résistance au froid</b>	Echappement	Risque de gel sur appareil reproducteur	Améliorer la vitesse d'endurcissement
<b>Stress de fin de cycle</b>	Davantage exposés	Moins exposés	Davantage exposés
<b>Ravageurs</b>	Sitones Pucerons	Pucerons	Pucerons
<b>Adventices</b>	Intérêt du semis de printemps	Semis décalé à l'automne	Semis précoce, faible couverture en début de cycle



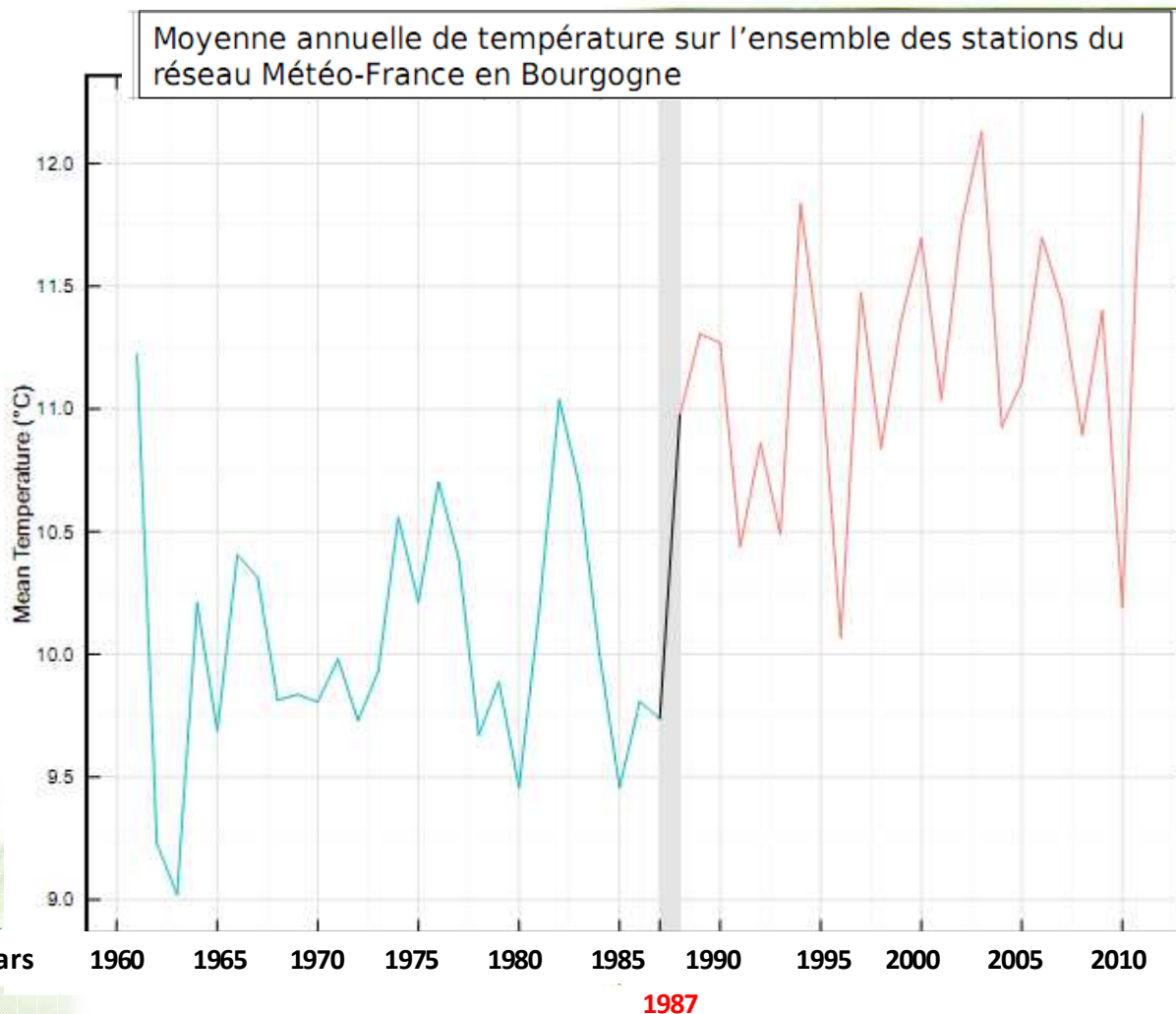
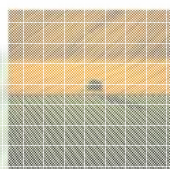
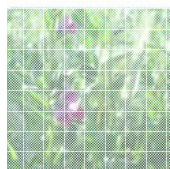
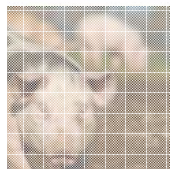
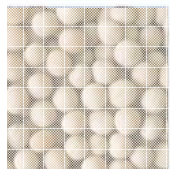
► A terme, potentiel de rendement attendu plus élevé en pois d'hiver



## Quelle évolution des idéotypes de pois dans le contexte du changement climatique ?



# Réalité du changement climatique

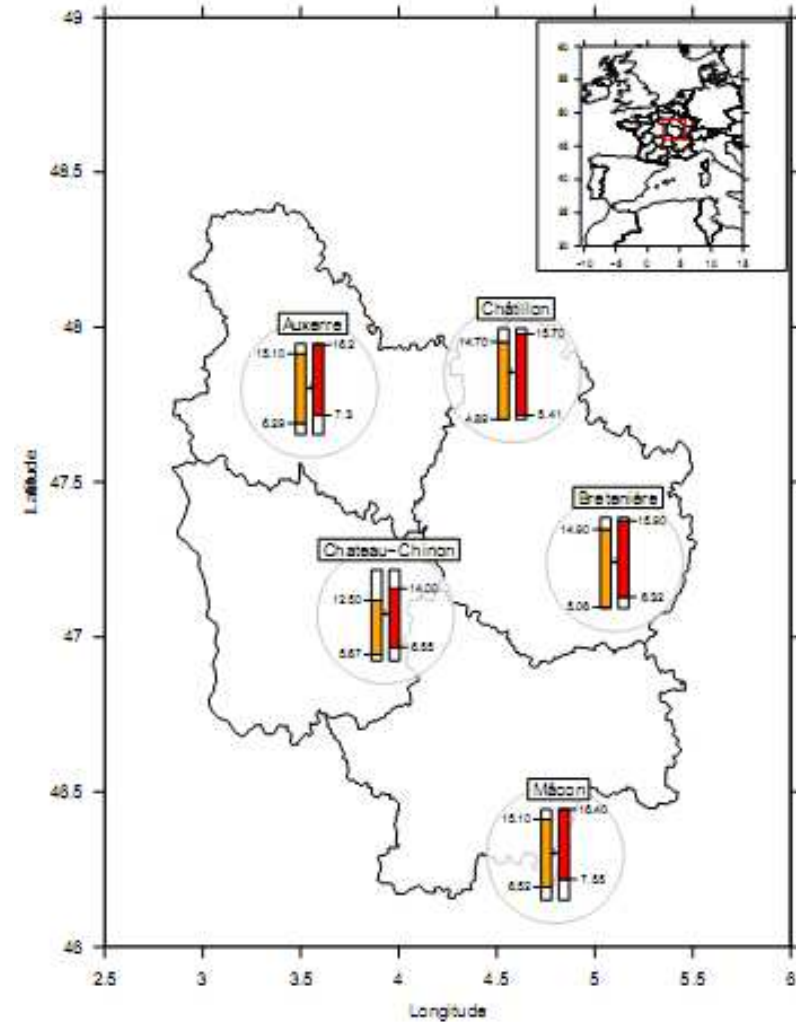
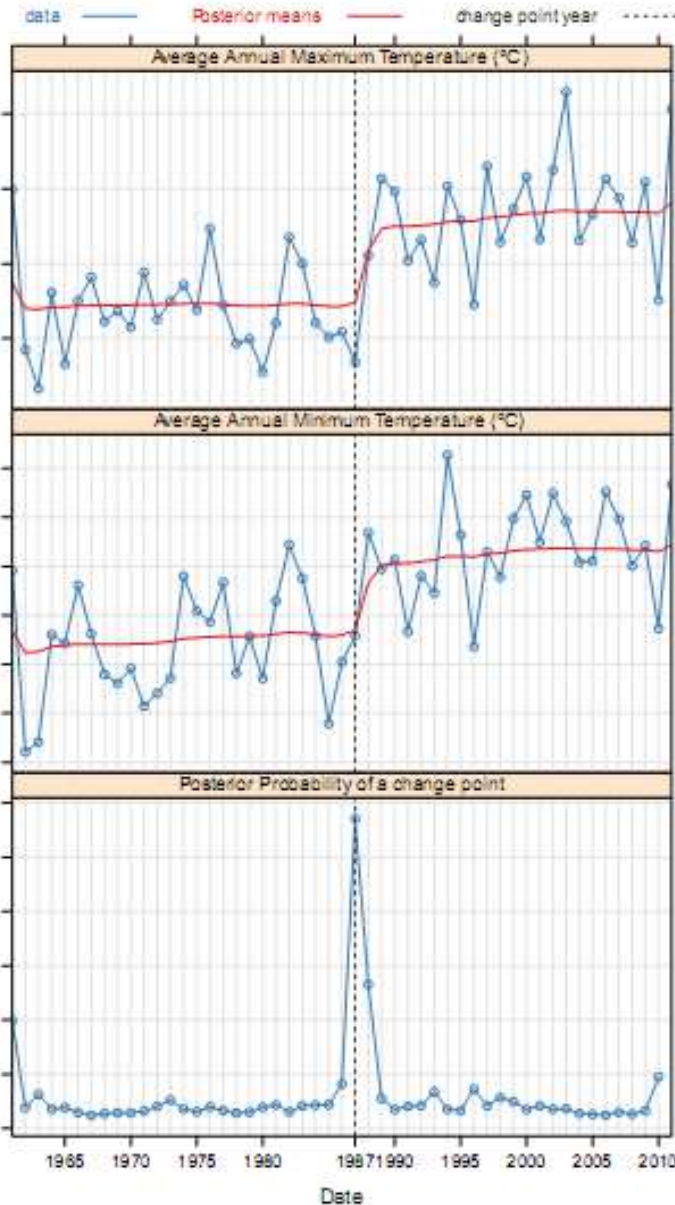
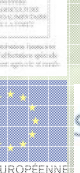
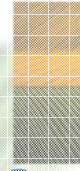
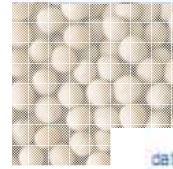


PROFILE

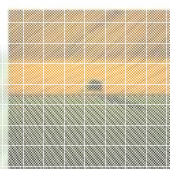
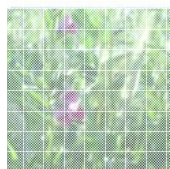
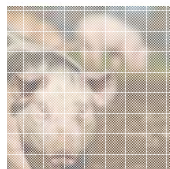
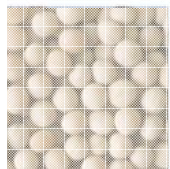


- Réchauffement des températures de surface observées à la fin des années 1980
- Partagé par toute la façade ouest européenne

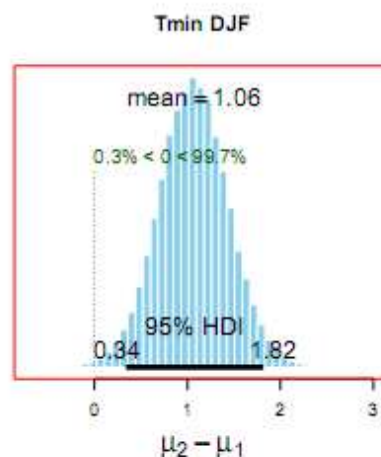
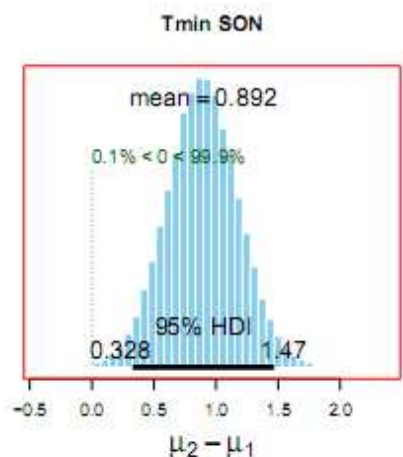
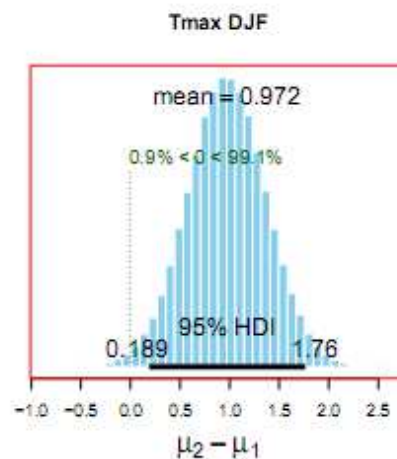
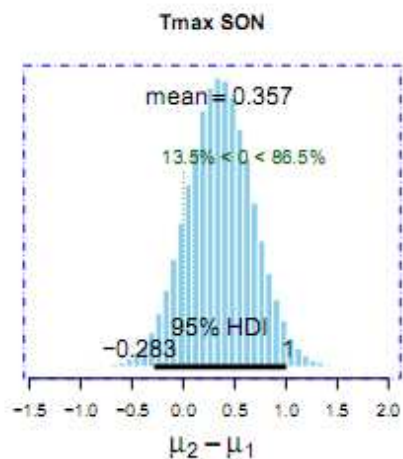
# Nature du réchauffement climatique récent observé (1960-1987 / 1988-2010)



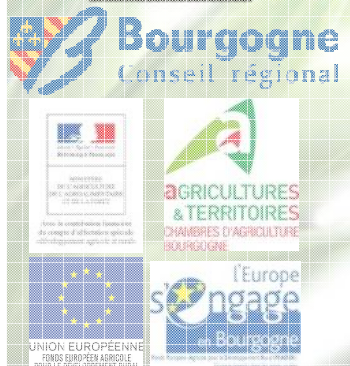
# Nature du réchauffement climatique récent observé (1960-1987 / 1988-2010)



Ecart saisonnier des températures moyennes annuelles entre les périodes 1960-1987 et 1988-2011



**Le réchauffement est porté par la quasi totalité des saisons, moins marqué en automne**





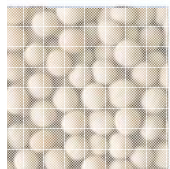
# Etude prospective des impacts du changement climatique

## Exemple du risque « gel hivernal »





# Effet paradoxal du réchauffement climatique sur le risque de gel ?



- « C'est une **année exceptionnelle**, du jamais vu depuis 1956 »  
(Eric Berton, directeur du syndicat pour la région Lorraine)

- **Incompréhension** des sélectionneurs par rapport aux **dégâts observés sur les pois Hr**

**Augmentation du risque de gel des végétaux associée au réchauffement ? (Ball et al. 2011)**

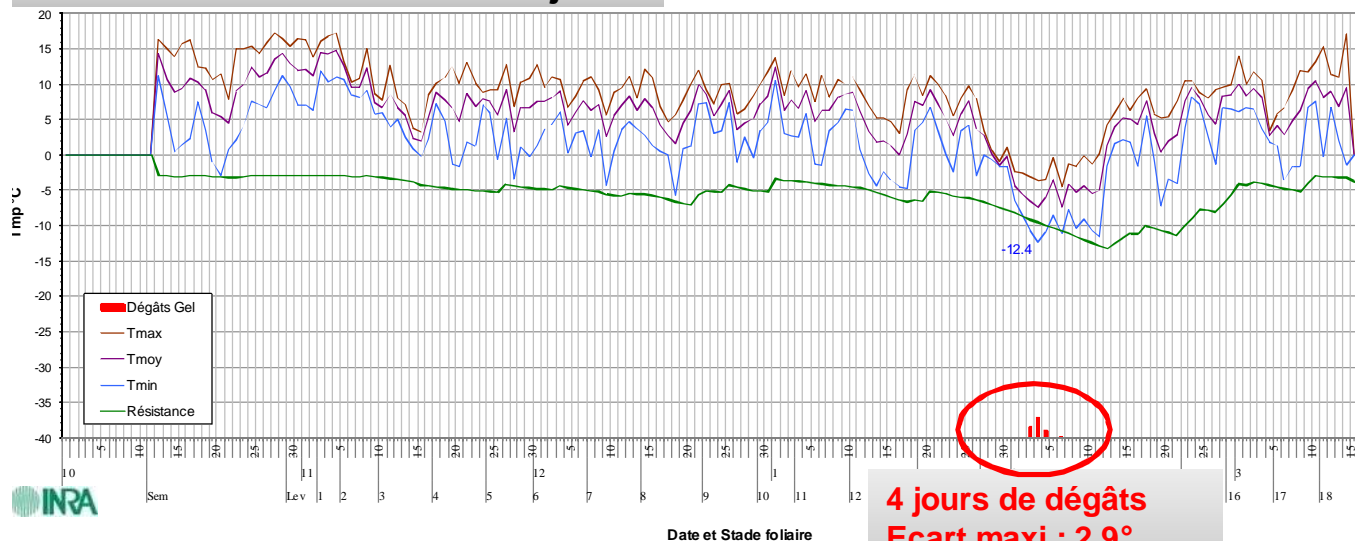


# Modèle Gel chez le pois : la vitesse d'endurcissement explique les dégâts



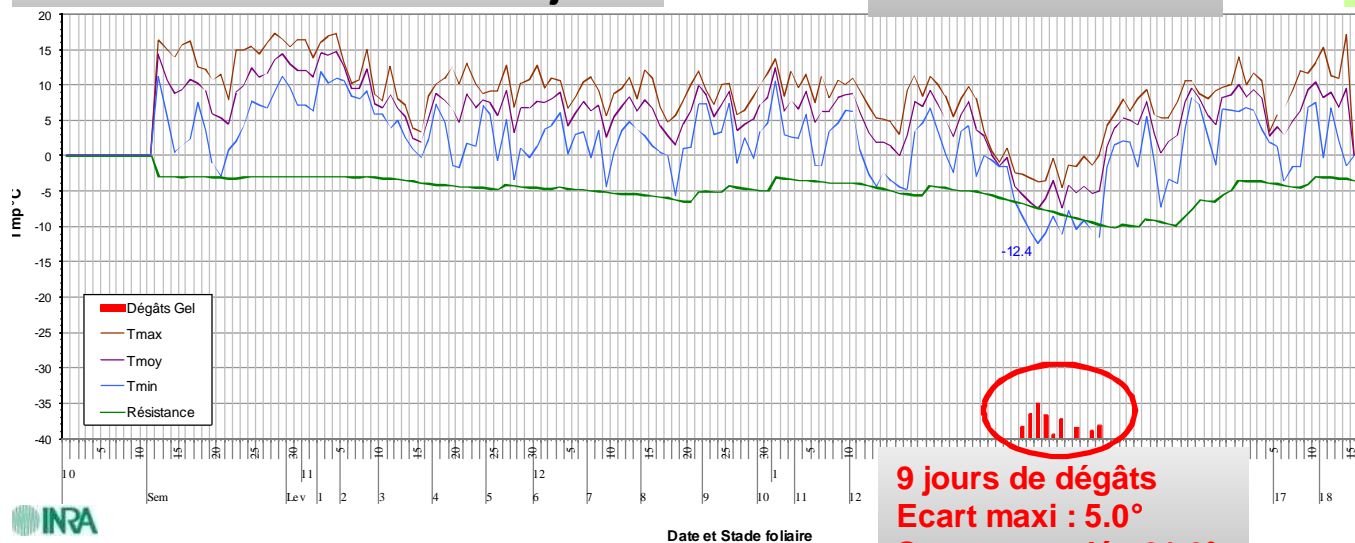
**Durée d'endurcissement : 35 jours**

Seuil =  $-17.5^{\circ}$ ; Date de semis : 12 octobre 2011 - Mons (80)



**4 jours de dégâts**  
**Ecart maxi :  $2.9^{\circ}$**   
**Stress cumulé :  $5.6^{\circ}$**

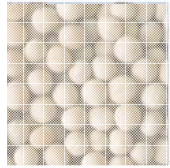
**Durée d'endurcissement : 49 jours**



**9 jours de dégâts**  
**Ecart maxi :  $5.0^{\circ}$**   
**Stress cumulé :  $21.2^{\circ}$**

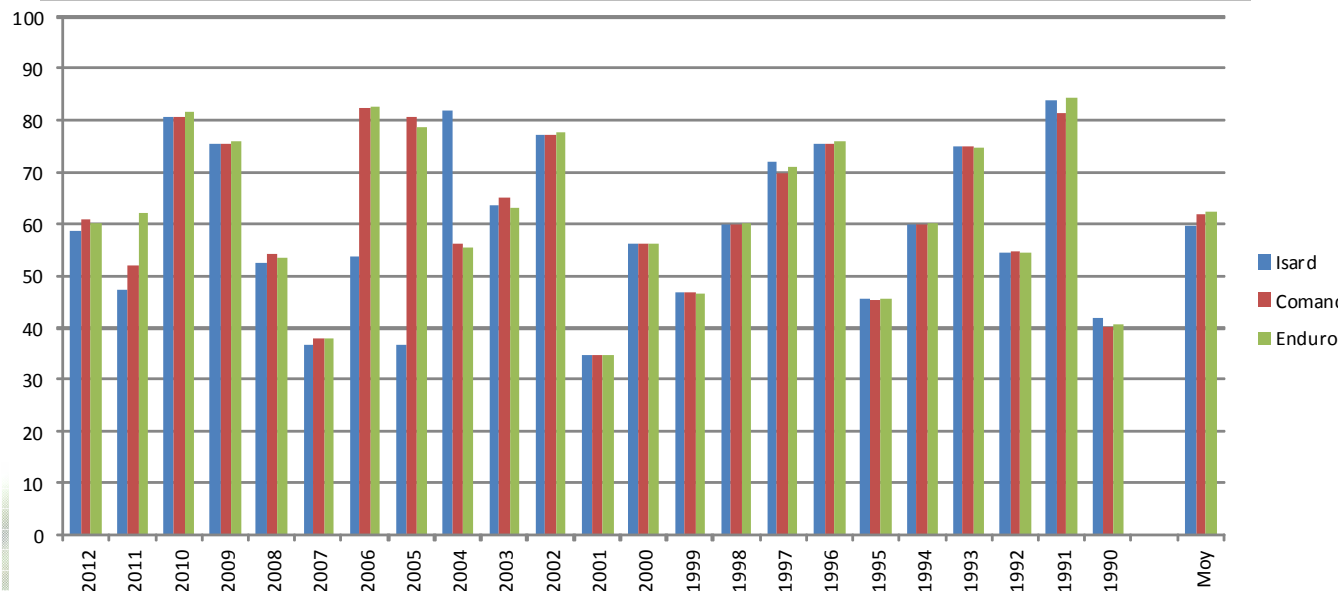
- Les plantes ne peuvent résister que si elles sont endurcies
- Augmenter la durée d'endurcissement (35 → 49j) augmente nettement l'estimation de dégâts → L'effet durée (ou vitesse) d'endurcissement joue fortement lors de gels soudains comme en 2012
- Le fond génétique des pois Hr est principalement à endurcissement lent → Utiliser d'autres fonds génétiques

# Quelle résistance dans les situations agricoles?



Résistance maximale acquise au cours de l'hiver, en % de la Rés. seuil de la variété, pour 3 variétés de pois d'hiver en Champagne (station de Chalons en Champagne) de 1990 à 2012

(F. Boizet, I. Chaillet, Arvalis)



- Au mieux, la résistance atteinte est de 80% de la résistance seuil

- En moyenne, elle est de 60%

- Certaines années, elle n'est que de 30 à 40%

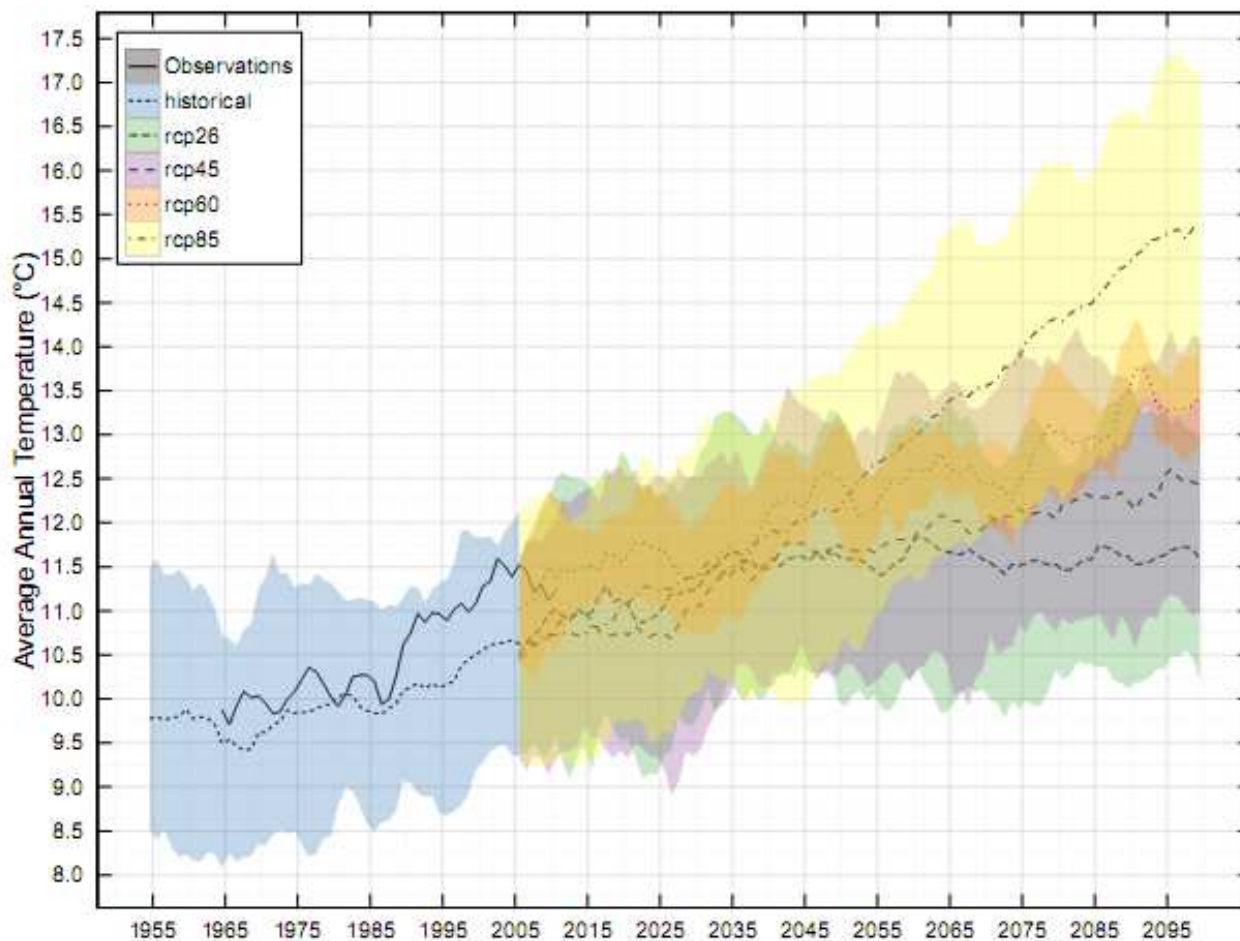
- Le plus souvent, la résistance la plus élevée est atteinte après le coup de gel

Bourgogne  
Conseil régional



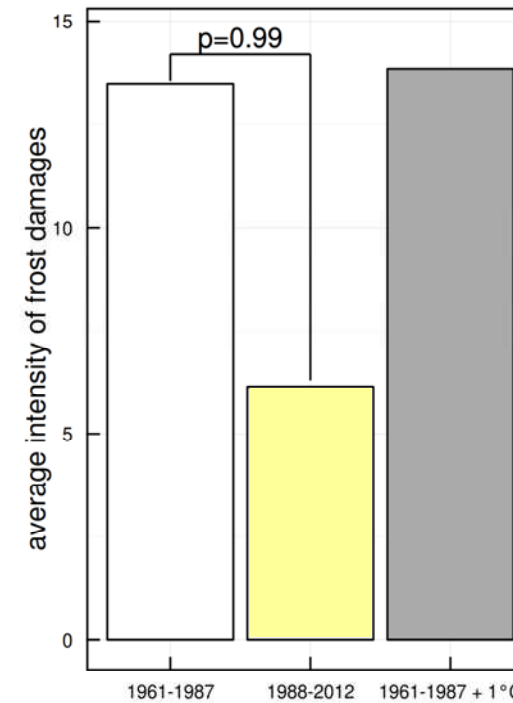
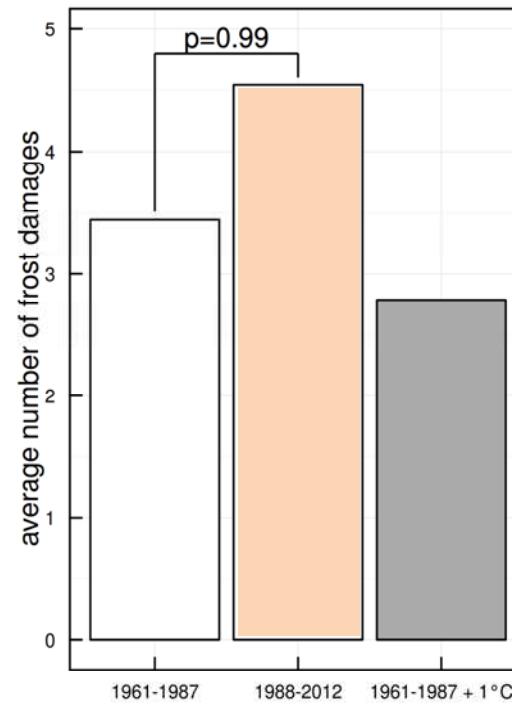
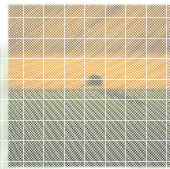
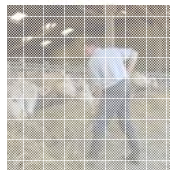
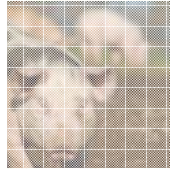
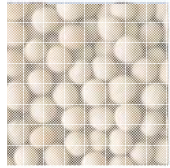
# Nature du réchauffement climatique futur simulé

Projection climatique pour la Bourgogne



- 20 trajectoires de projection climatique issues de 6 GCM ont été utilisées
- La trajectoire d'ensemble englobe la situation climatique observée
- L'amplitude de la rupture de 1987-1988 n'est pas bien reproduite

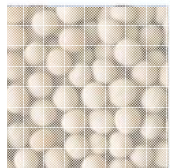
# Évolution des 2 composantes du gel avec le changement climatique



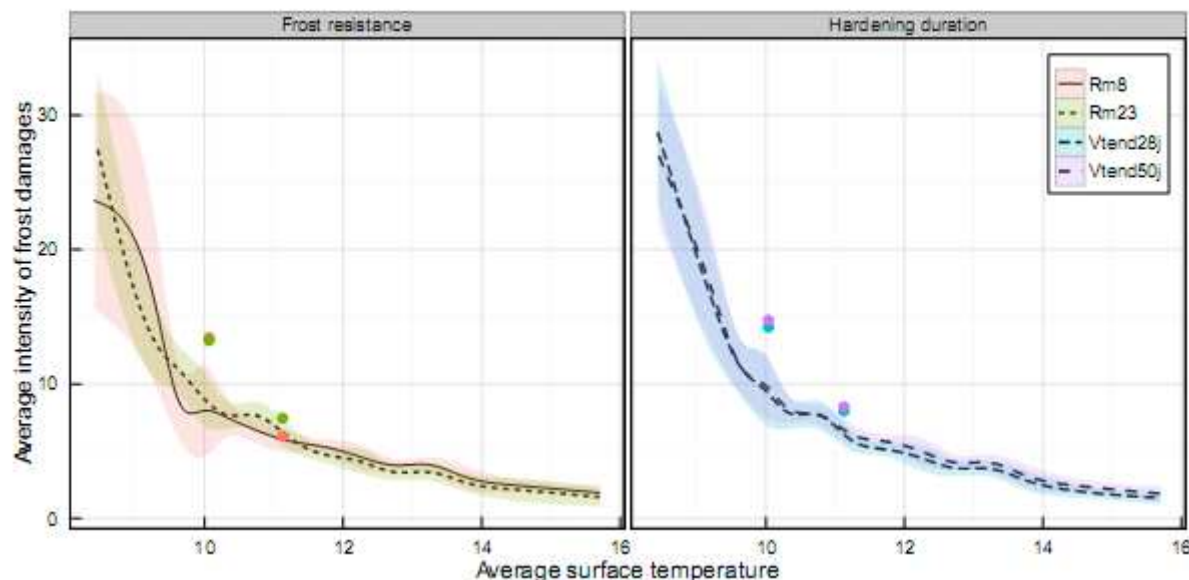
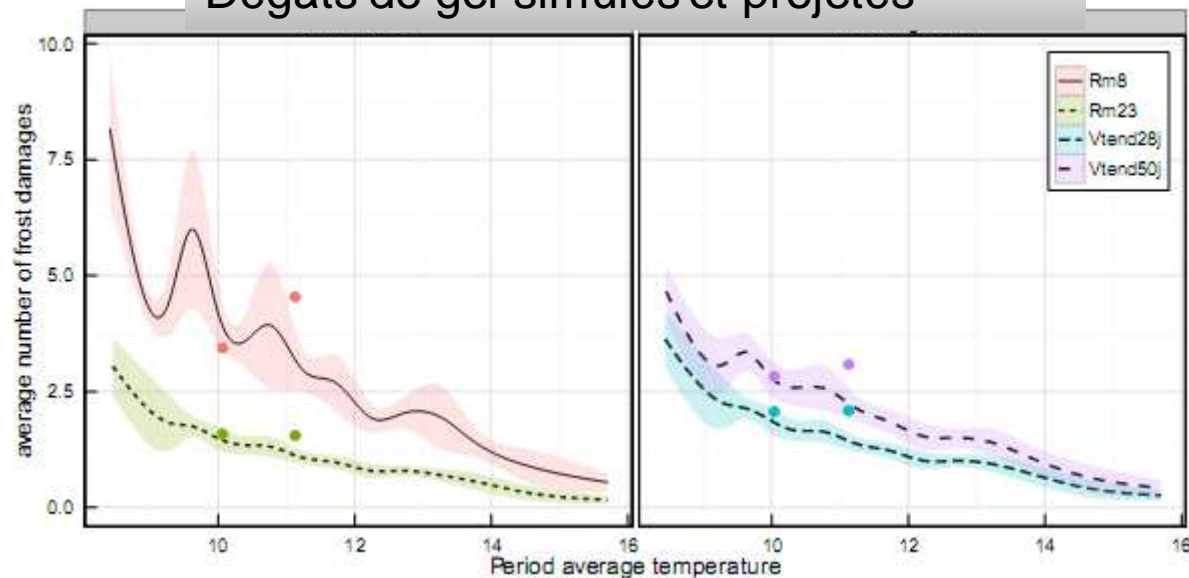
- Entre les 2 périodes 1961-1987 et 1988-2012, il y a eu une **augmentation paradoxale du nombre de jours de gel**, mais une **diminution de l'intensité moyenne du gel**
- On ne décrit pas bien l'évolution des températures par un simple transfert des valeurs observées d'une période à l'autre
- **Prospective sur le climat à venir**, selon différents scénarios



# Effet du réchauffement climatique futur simulé sur les dégâts de gel chez le pois

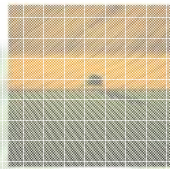
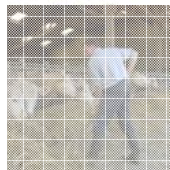
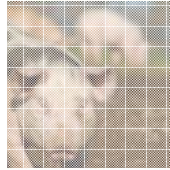
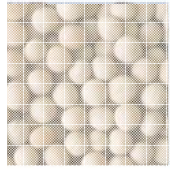


## Dégâts de gel simulés et projetés

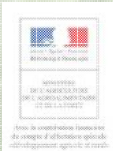


- A l'avenir, on devrait observer à la fois une diminution du nombre de jours et de l'intensité du gel
- Mais des différences marquées vont subsister entre les variétés à seuil de résistance élevé/faible et à vitesse d'endurcissement élevée/faible

# Idéotype futur de pois d'hiver pour la résistance au gel



- ▶ Garder une résistance au gel hivernal élevée (certaines variétés actuelles présentent des seuils d'apparition des dégâts sur feuilles inférieurs à  $-20^{\circ}$ )
- ▶ Augmenter la vitesse d'endurcissement (notamment pour les pois Hr)
- ▶ Intérêt des pois Hr en cas d'automnes et hivers doux générant une forte croissance : l'initiation florale est fixée par la longueur du jour (= date calendaire)





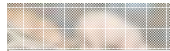
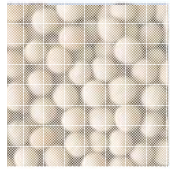
**Effet des fortes températures en fin de cycle**

**Risques d'aggravation du stress**

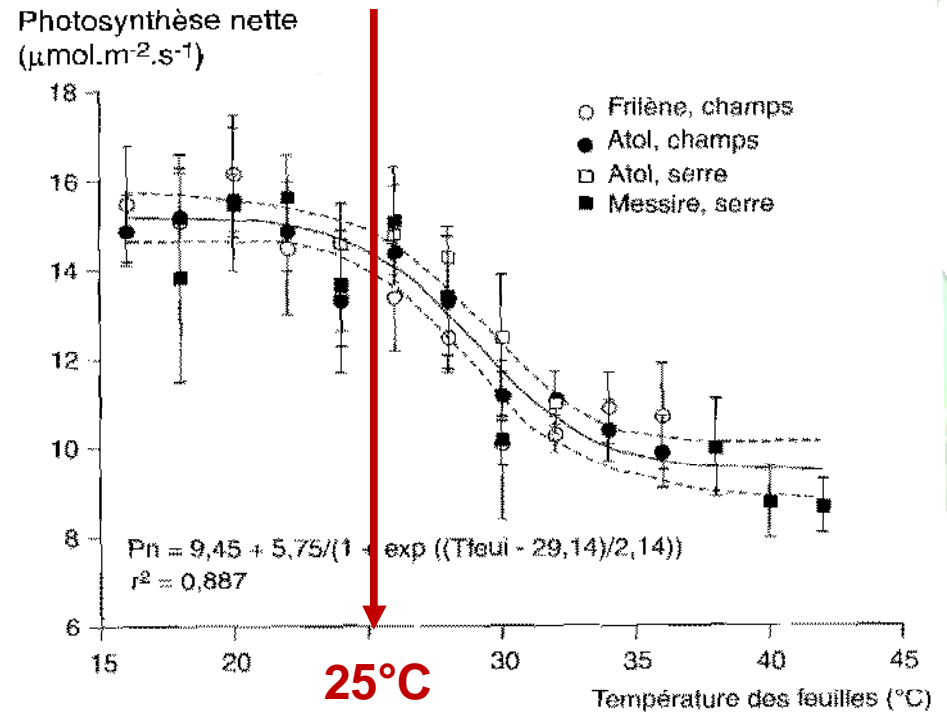
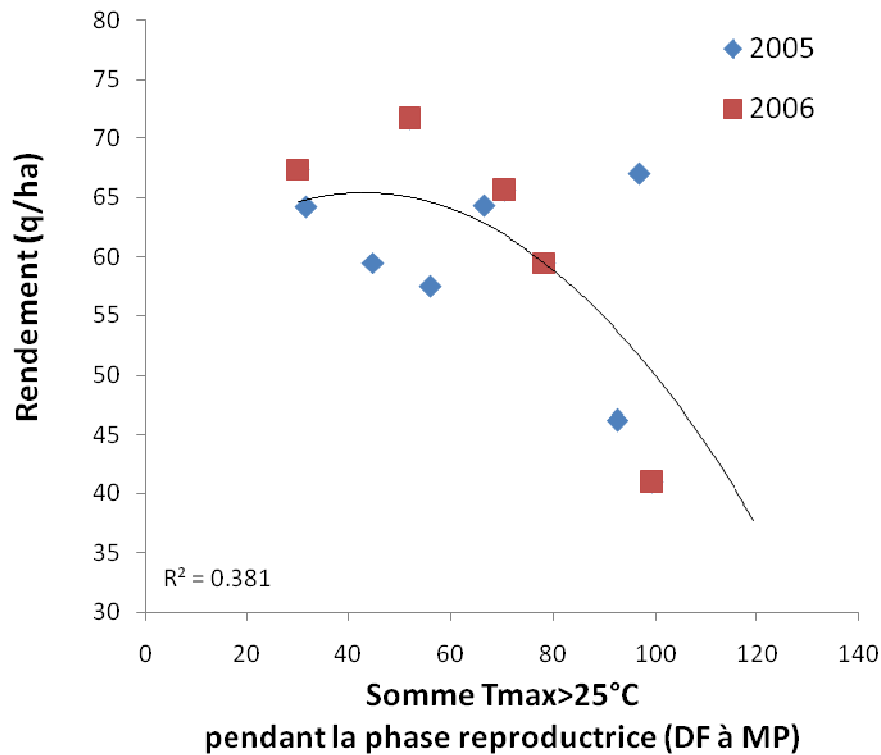




# Les fortes températures diminuent le rendement



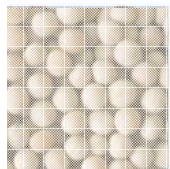
Arvalis-UNIP (Champ)



Guilioni et al. 2003



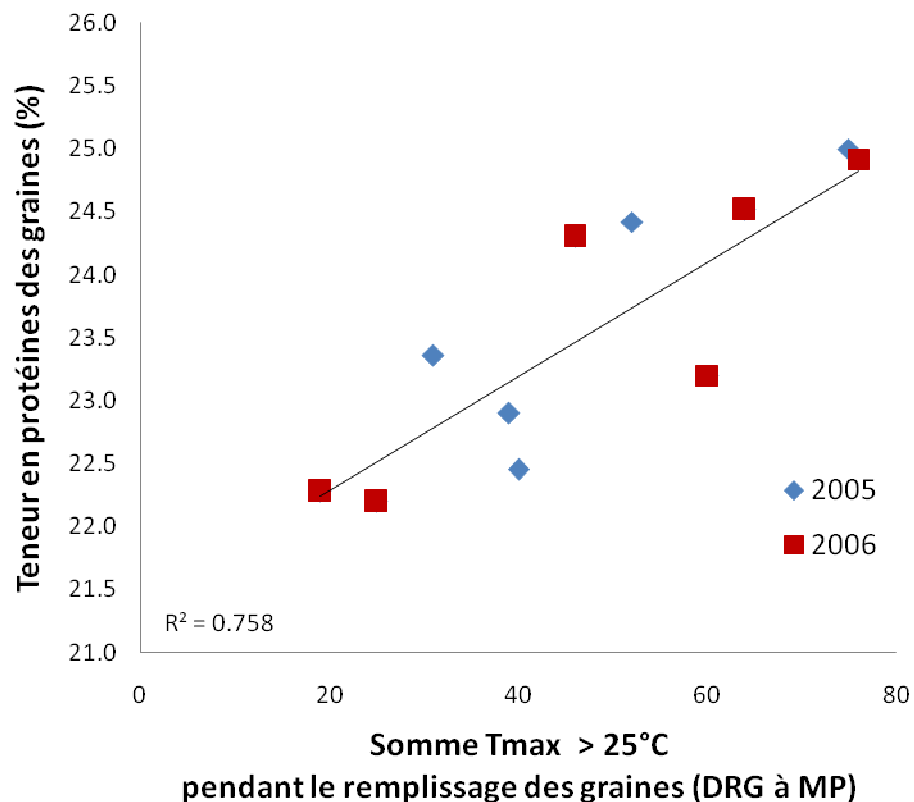
# Les fortes températures augmentent la teneur en protéines



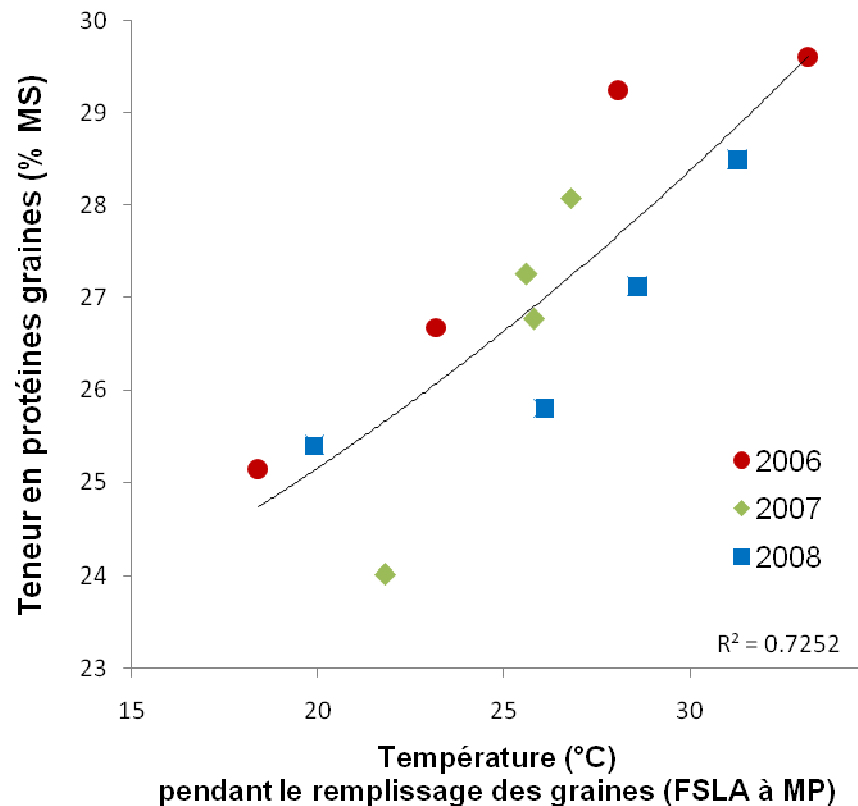
% protéines



Arvalis-UNIP (Champ)



INRA-Dijon (Serre)

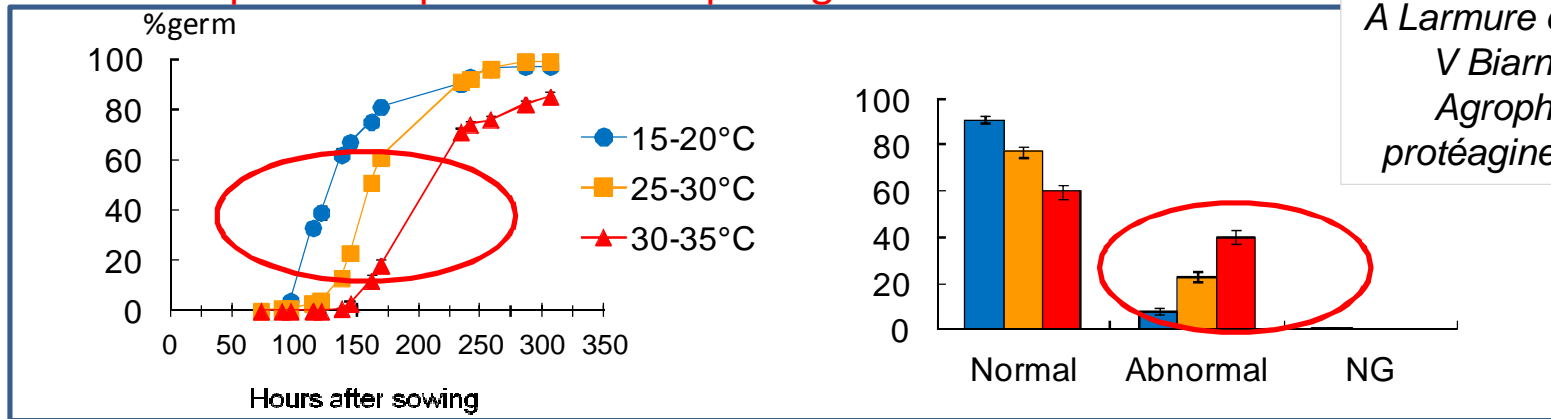


# Les fortes températures pendant le remplissage pénalisent la germination des semences



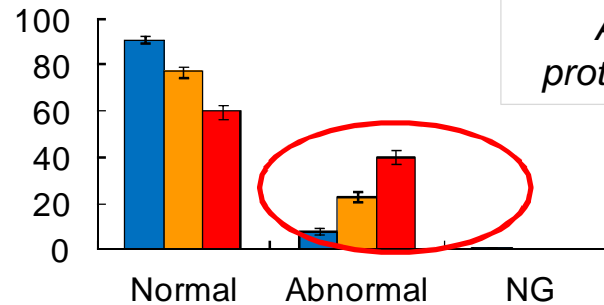
## Germination 5°C

### Fortes températures pendant le remplissage

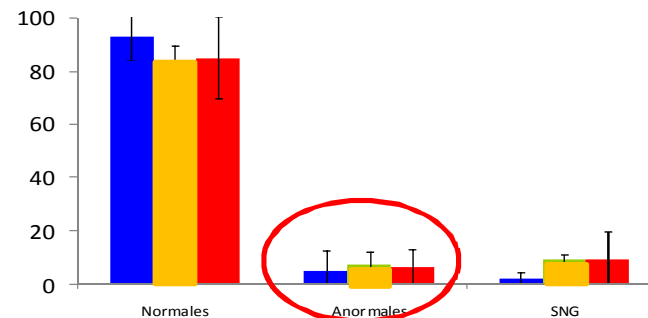
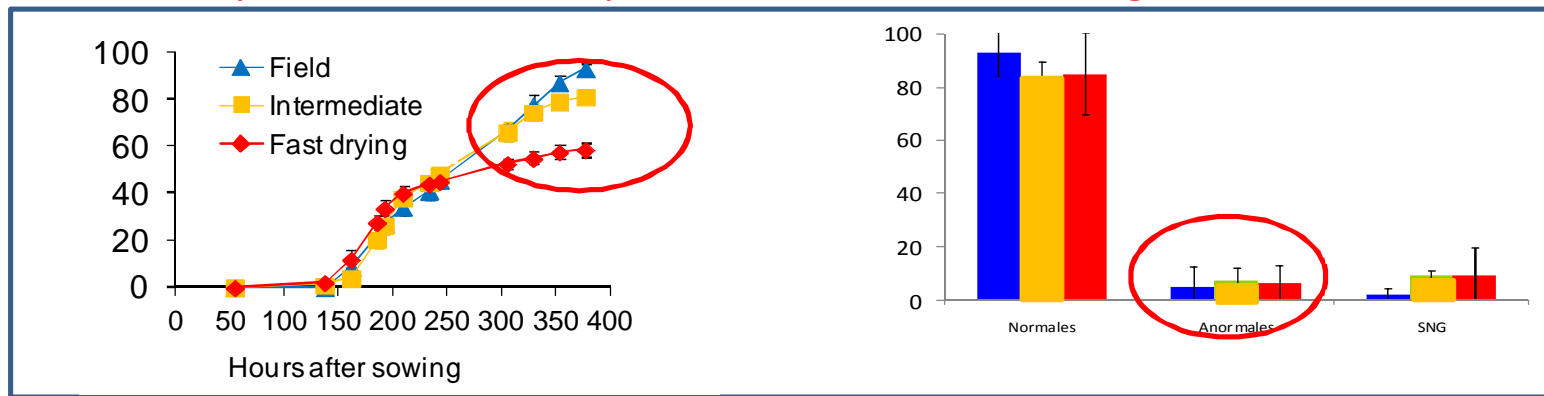


## Taux de plantules anormales

*A Larmure et al, C Dürr et al, V Biarnès, I Chaillet, Agrophysiologie des protéagineux – 7 déc 2012*



### Fortes températures durant la phase de dessèchement du grain

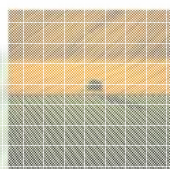
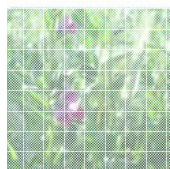
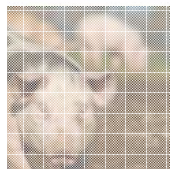
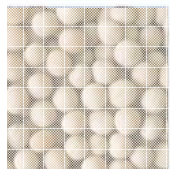




## Quelle évolution pour d'autres stress ?



# Autres stress



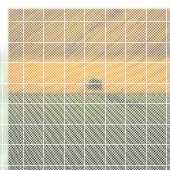
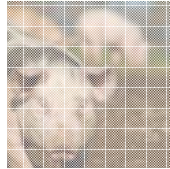
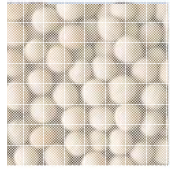
- ▶ **Précipitations** : a priori, pas de diminution mais répartitions différentes ?  
Et augmentation du rapport ETP / P  
→ aggravation des stress hydriques de fin de cycle  
(Etude dans le projet HYCCARE en cours et dans le PSDR-4 à venir)
- ▶ Augmentation de la **nébulosité**  
→ avec les plus fortes températures, diminution du rapport rayonnement / températures  
→ conséquences sur la fertilité des fleurs et sur le remplissage des graines

Facteurs limitants et pertes de rendement  
estimées sur un réseau national de 27 essais  
INRA-Arvalis-FNAMS-Sélectionneurs de 2007 à 2009

	Isard		Cherokee		Cartouche		Hr886-01	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Retard à la levée							0	6.8
Perte de plantes							0	30.9
Excès d'eau hivernal					0.1	1.0		
Gel hivernal					0	1.2		
Gel entre IF et DF	0.1	2.8					0	30.6
Ascochyte à l'init. Florale	0	38.5	0	31.4	0	17.7		
Ascochyte à DRG							4.6	10.4
<b>Manque de rayonnement DF-DRG</b>					4.4	7.1		
Sécheresse DF-DRG			3.1	9.4	0.2	7.4		
Fortes températures DF-DRG	0	13.4	0	9.2	0	12.1		



# Conclusions - Perspectives



- ▶ **L'augmentation de la part des pois d'hiver** dans la sole française et bourguignonne est une tendance qui devrait se confirmer et se renforcer

- ▶ **Les pois Hr sont prometteurs** sur plusieurs aspects :

- sécurité au semis (gestion du calendrier)
- sécurité / gel de fin d'hiver

Des progrès significatifs ont été obtenus sur la précocité, la résistance au gel, à la verse et aux maladies. Ils doivent déboucher sur des variétés, mais les forces en sélection sur ce thème sont réduites

- ▶ Plusieurs **programmes de recherche** sont en cours ou en préparation (*PeaMUST, ABSTRESS, PSDR-4, projets ANR...*) pour :

- exploiter la variabilité de développement du système racinaire et les interactions avec les microorganismes du sol
- exploiter les différences d'architecture des plantes pour limiter l'impact des maladies
- estimer l'effet des facteurs climatiques sur la production du pois, leur évolution, et identifier des sources de résistances utilisables en sélection





Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (F&AER)

