

# La diversité génétique :

## Une ressource pour l'agriculture de demain

► Mardi 18 juin 2013

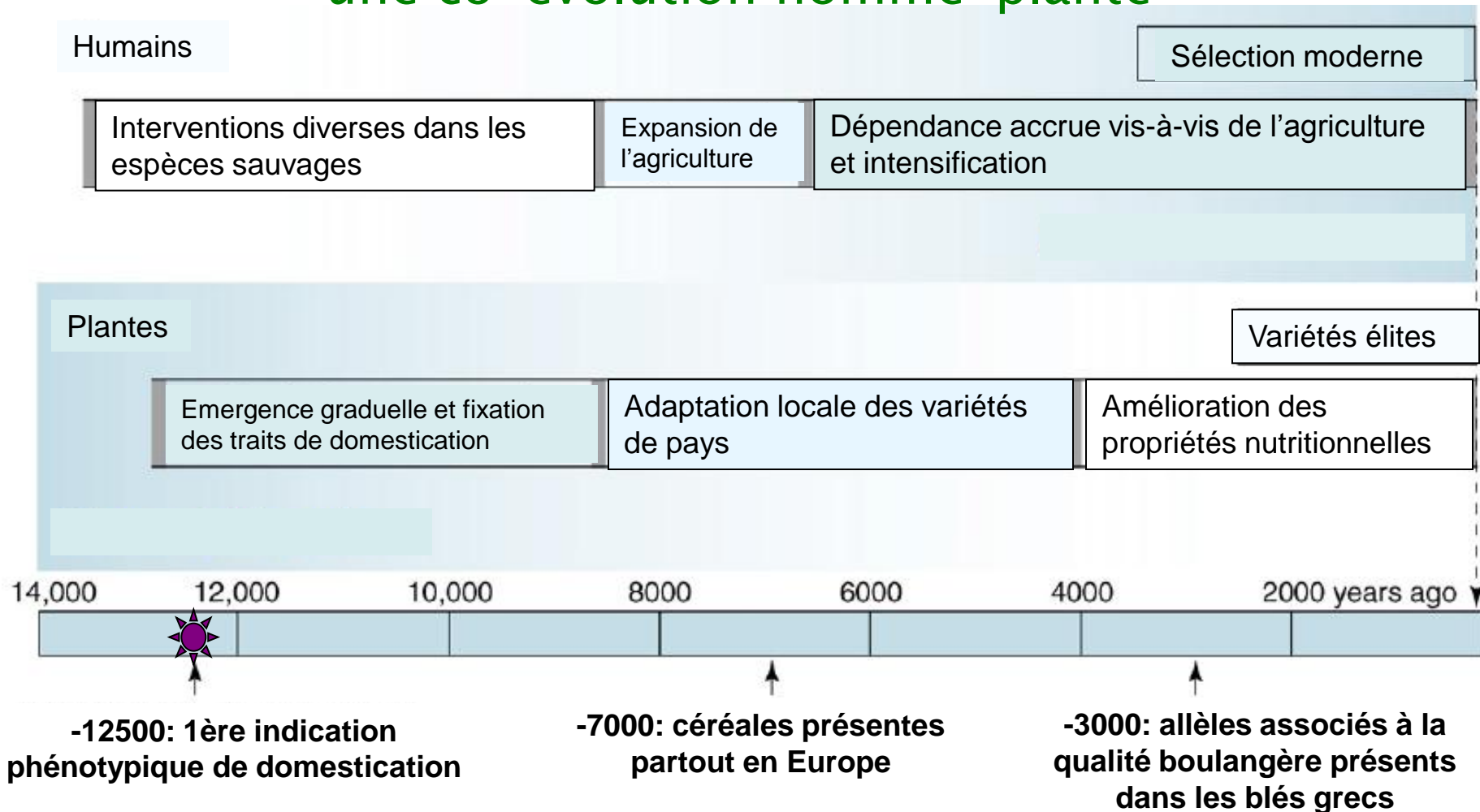


# Rôle de la sélection dans la dynamique de la diversité des Blés cultivés : de la domestication à la sélection moderne au 20ème siècle

*I Goldringer, I Bonnin (INRA, UMR de Génétique Végétale Le Moulon)  
J David (SupAgro, UMR AGAP, Montpellier)*



# L'histoire des céréales: une co-évolution homme-plante



Brown et al. TREE 2010

# L'histoire des céréales: une co-évolution homme-plante

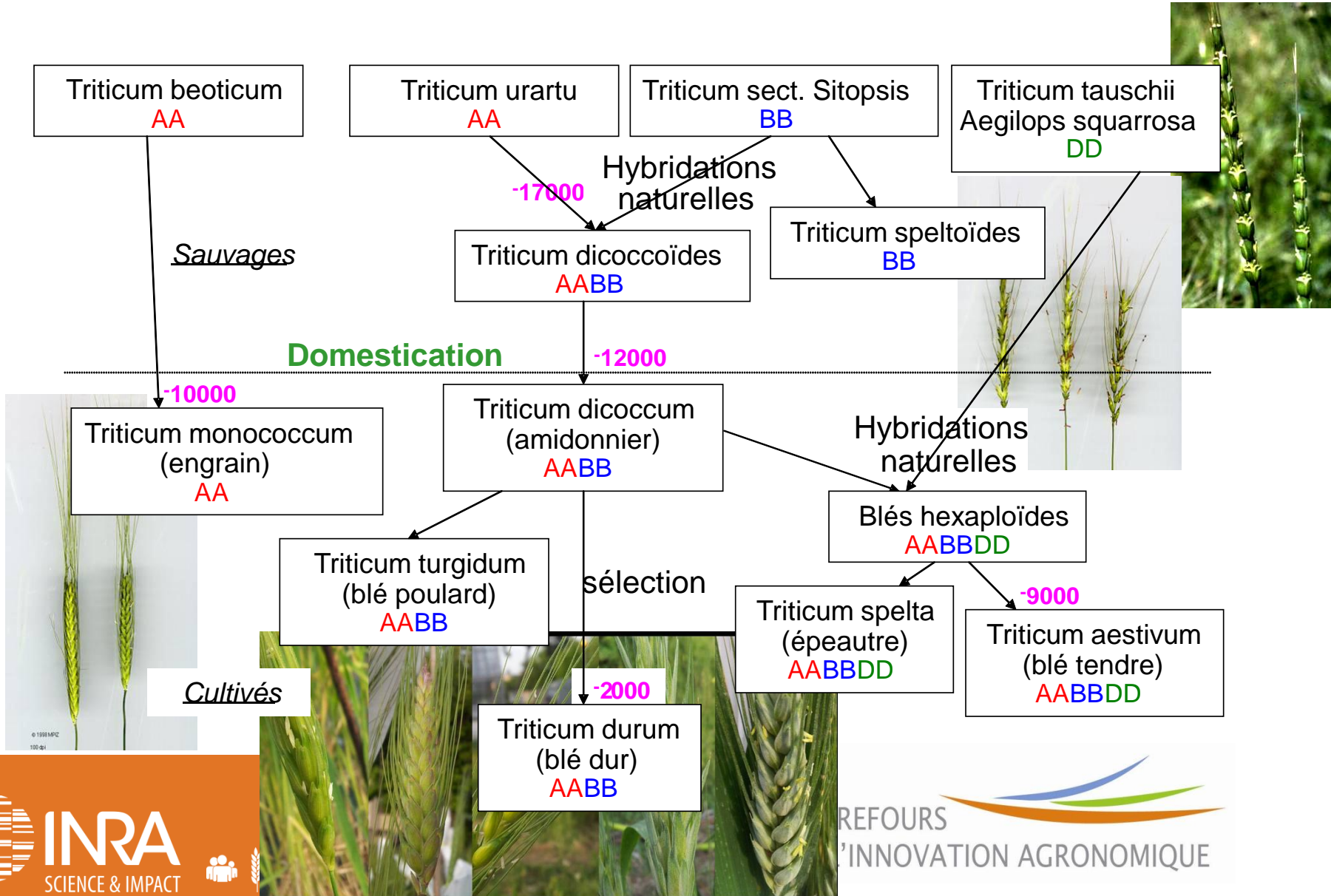
**La domestication est maintenant vue comme une série d'évènements distincts se produisant à différents moments et différents endroits plutôt qu'une unique «révolution»**

# Plan

- Diversification et évolution des blés depuis la domestication
  - Domestication
  - Migration, diversification, adaptation locale...
  - Sélection « moderne »
- Evolution de la diversité du Blé tendre dans les territoires Français au 20ème siècle
  - Méthodologie de construction d'un indicateur pour mesurer la diversité génétique dans les paysages
  - Tendances observées au cours du 20ème siècle au niveau national
  - Focus sur un département phare de production de blé : l'Eure-et-Loir
  - Tendances régionales
- Conclusions

- Diversification et évolution des blés depuis la domestication
  - Domestication
  - Migration, diversification, adaptation locale...
  - Sélection « moderne »

# Histoire rapide: de la domestication à la sélection moderne ... les origines complexes des Blés



# Histoire rapide: de la domestication à la sélection moderne

- Le syndrome de domestication chez les céréales
  - Grain non caduque
  - Grain non vêtu
  - Augmentation de la taille des fruits
  - Augmentation du rapport fruit/végétation
  - Synchronisation de la fructification
- Effet de la domestication sur la feuille de manioc

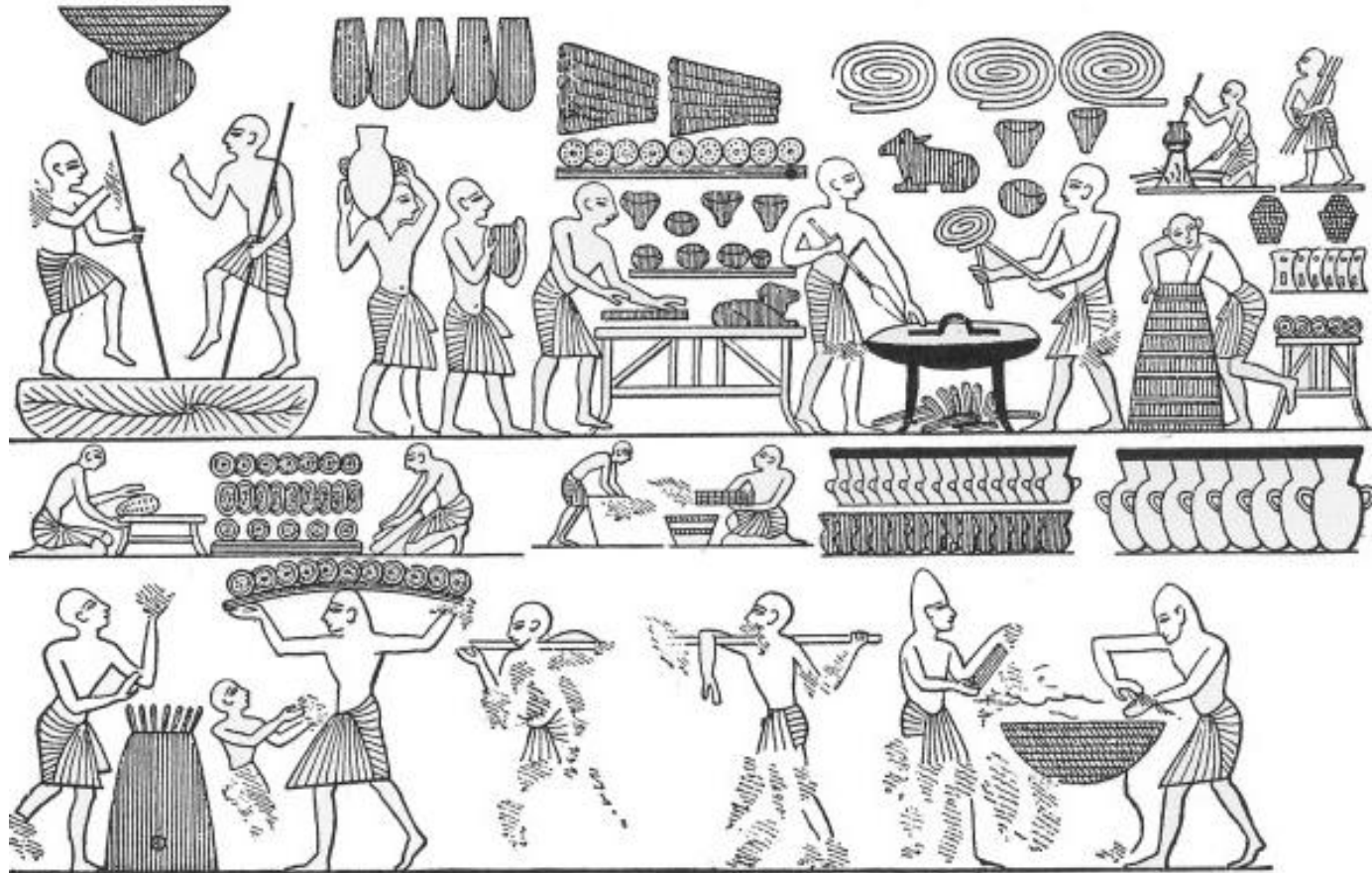
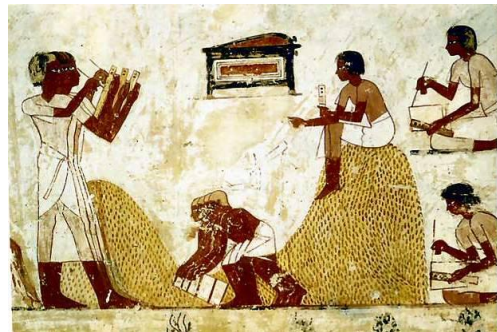


Feuilles de manioc sauvage (à gauche) et de manioc domestiqué (à droite).

Pujol (thèse 2004)



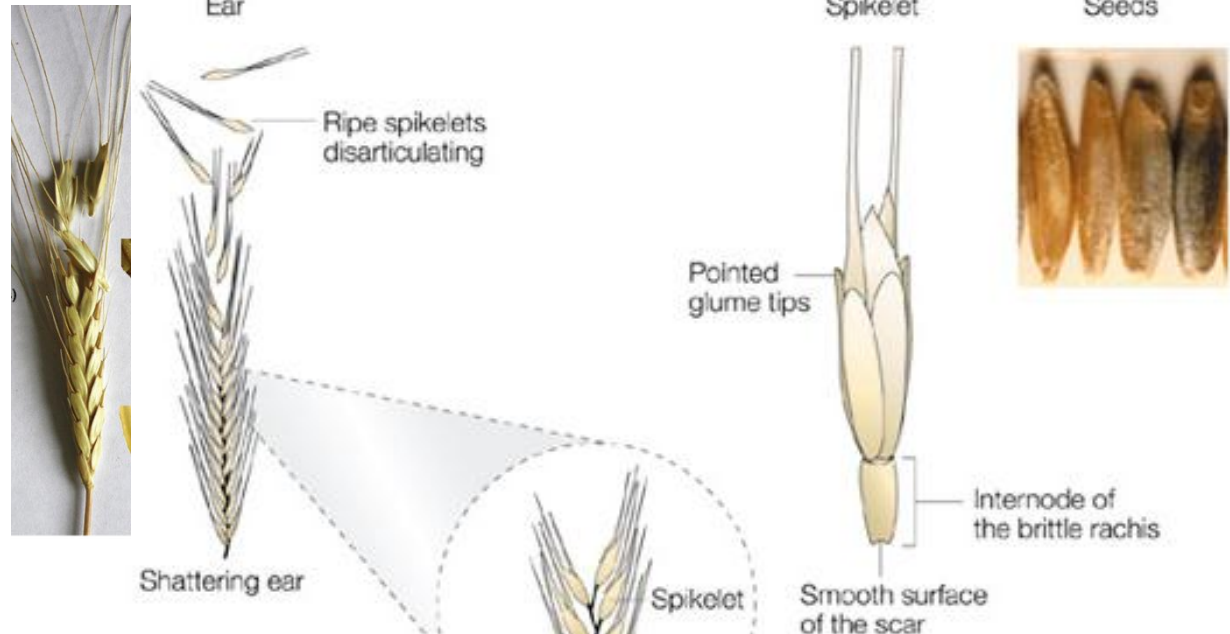
# Égypte ancienne: un traitement fastidieux des récoltes



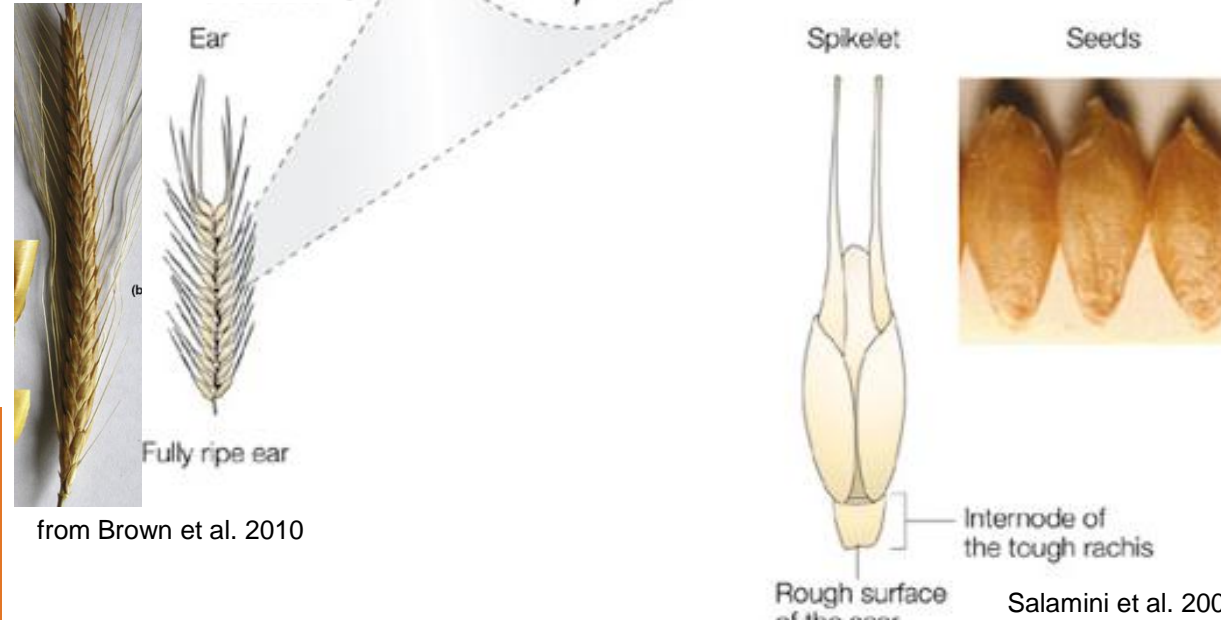
# Le syndrome de domestication

- perte de caducité
- enveloppes non adhérentes
- ↗ taille du grain

Blé sauvage (*T. beoticum*)



Blé domestiqué (*T. monoccocum*)

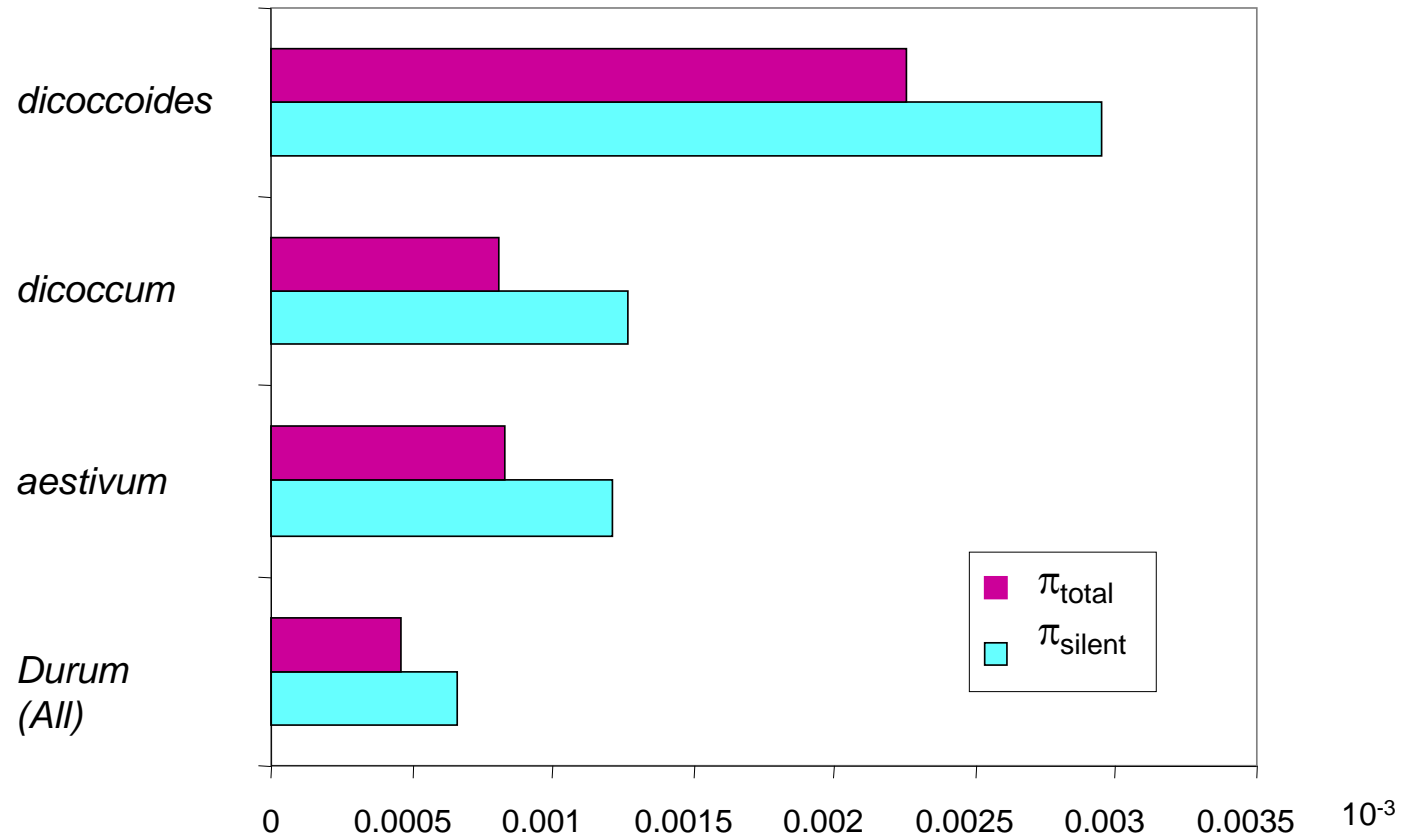


from Brown et al. 2010

Salamini et al. 2002

⇒ Quelques gènes majeurs:  
**Br** brittle rachis,  
**Tg** Tenacious glumes,  
**Q** square head  
 Mais aussi de nombreux QTLs

# Effets de la domestication et la sélection sur la diversité génétique



Adapté de Haudry et al, 2007.

# Origine et diffusion de *Triticum turgidum*



[http://museum.agropolis.fr/pages/expos/egypte/fr/cereales/index\\_bles.htm](http://museum.agropolis.fr/pages/expos/egypte/fr/cereales/index_bles.htm) (d'après Zohary, 2000)

# Distribution de la précocité dans les variétés de pays de blé

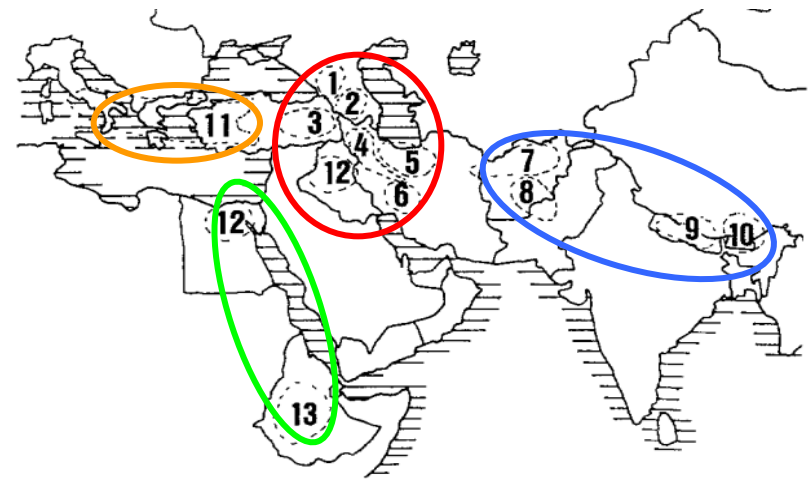
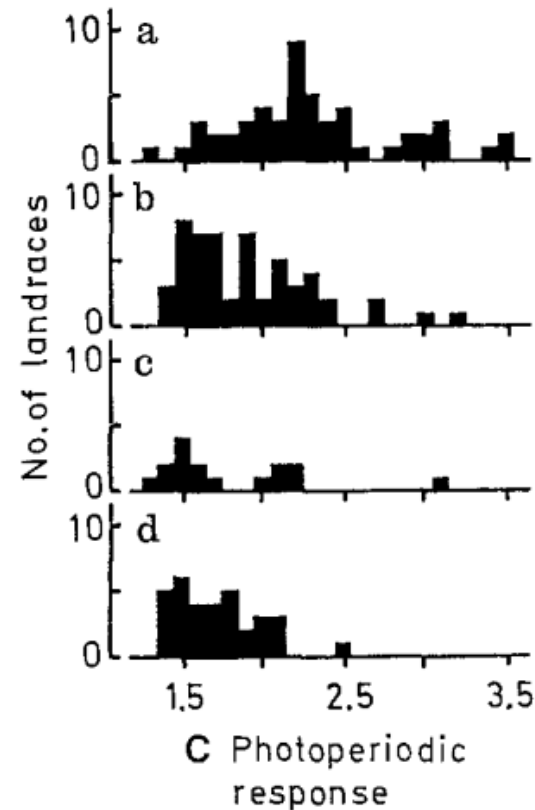
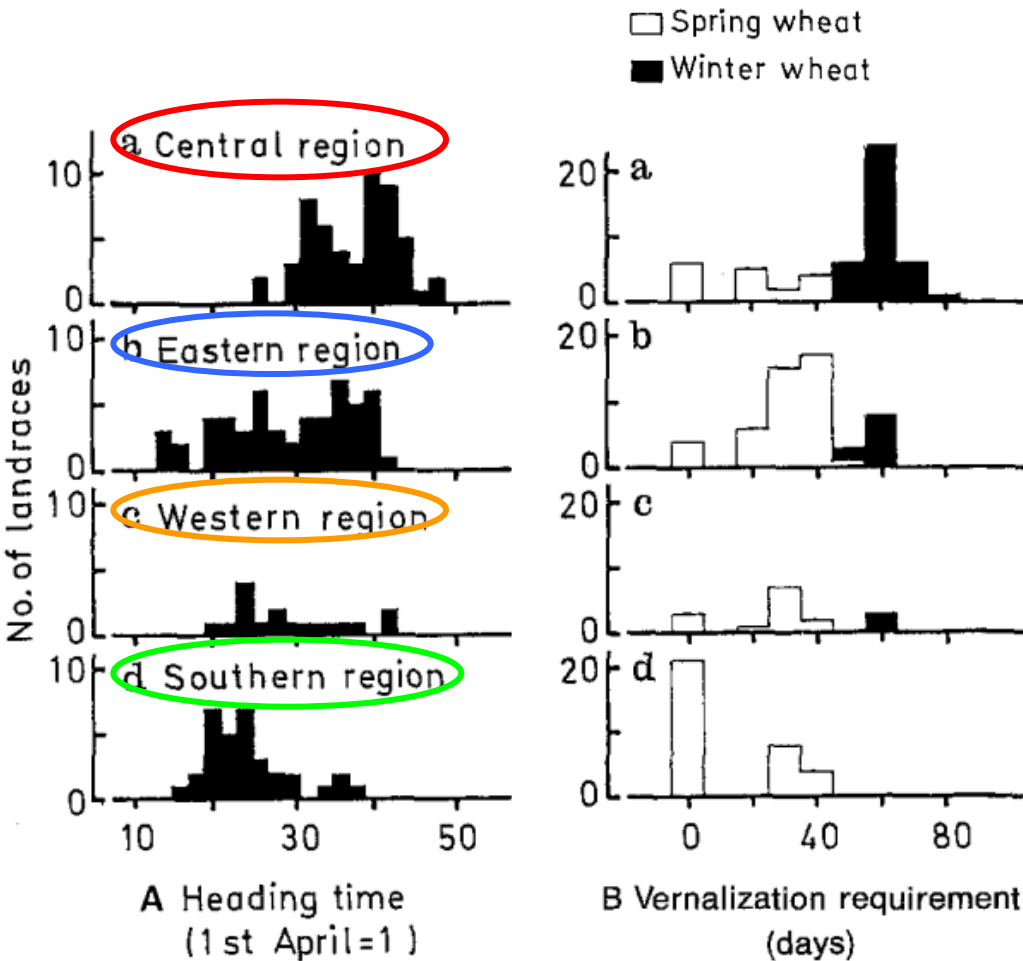
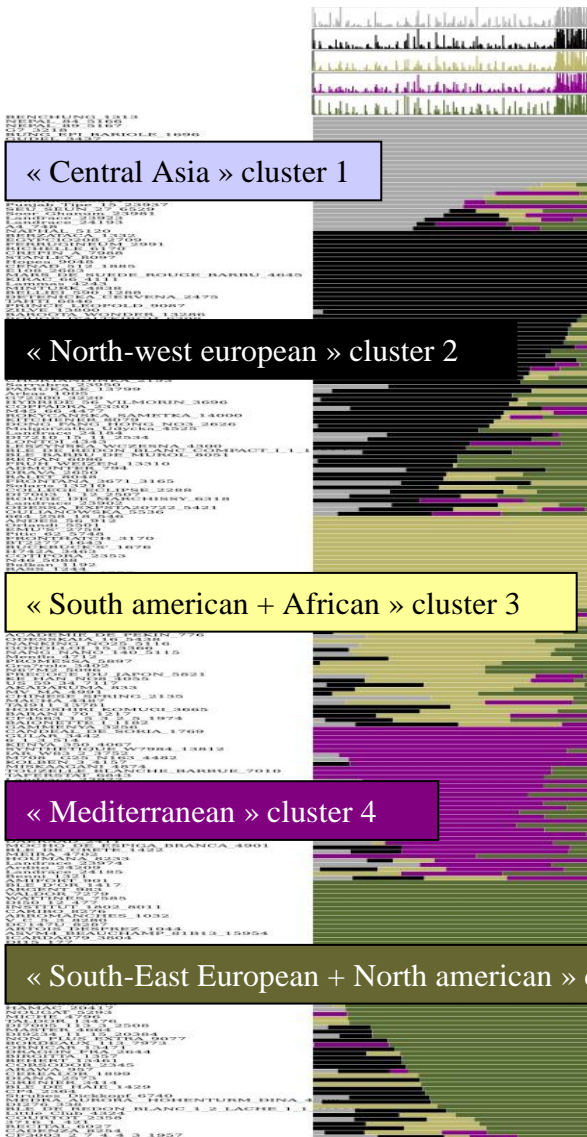


Fig. 1. Geographical distribution of localities where wheat landraces were collected.

Kato and Yokoyama 1991



# Structuration de la diversité génétique du Blé tendre



1 : Groupe précoce, besoins en vernalisation intermédiaires

2 : Groupe tardif, besoins en vernalisation très forts

3 : Groupe précoce, besoins en vernalisation très faibles

4 : Groupe précoce, besoins en vernalisation faibles

5 : Groupe tardif, besoins en vernalisation forts

Structure génétique d'une core collection de 235 accessions de Blé tendre (5 clusters) à partir du génotypage à 82 marqueurs microsatellite polymorphes, et caractéristiques phénologiques moyennes des groupes

*Rousset et al. 2011*

# Diffusion de l'agriculture, migrations humaines, dispersion des variétés, adaptation

- Jusqu'au début du XXème siècle:

=> Variétés locales ou populations de pays cultivées par les paysans:

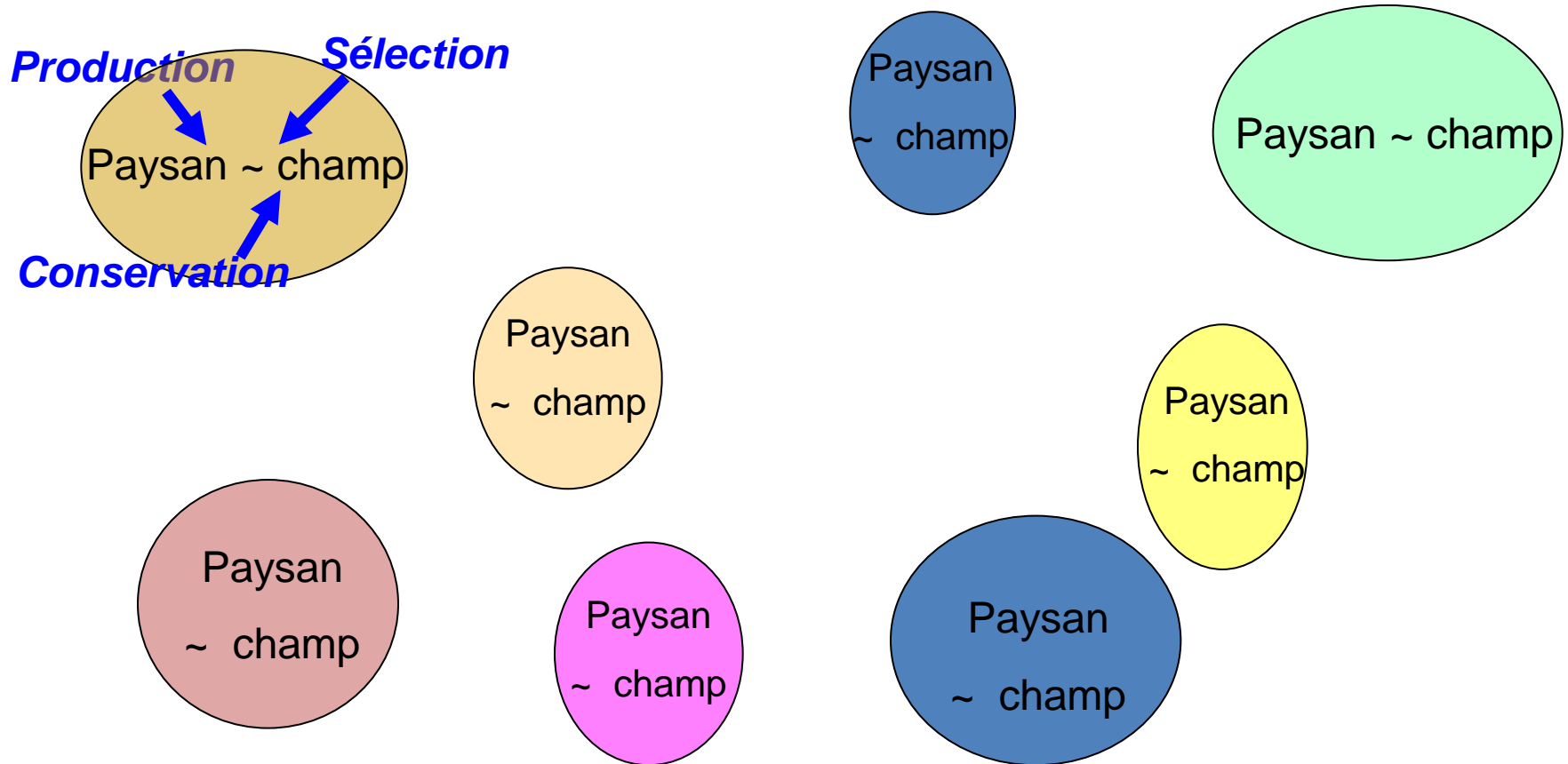
- adaptées à l'environnement (climat, parasites, sol,...) et aux pratiques de culture,

- sélectionnées par les paysans pour des caractères morphologiques,

- échanges de graines entre paysans.

# Production – Sélection/création – Conservation

## *Gestion paysanne en metapopulation*

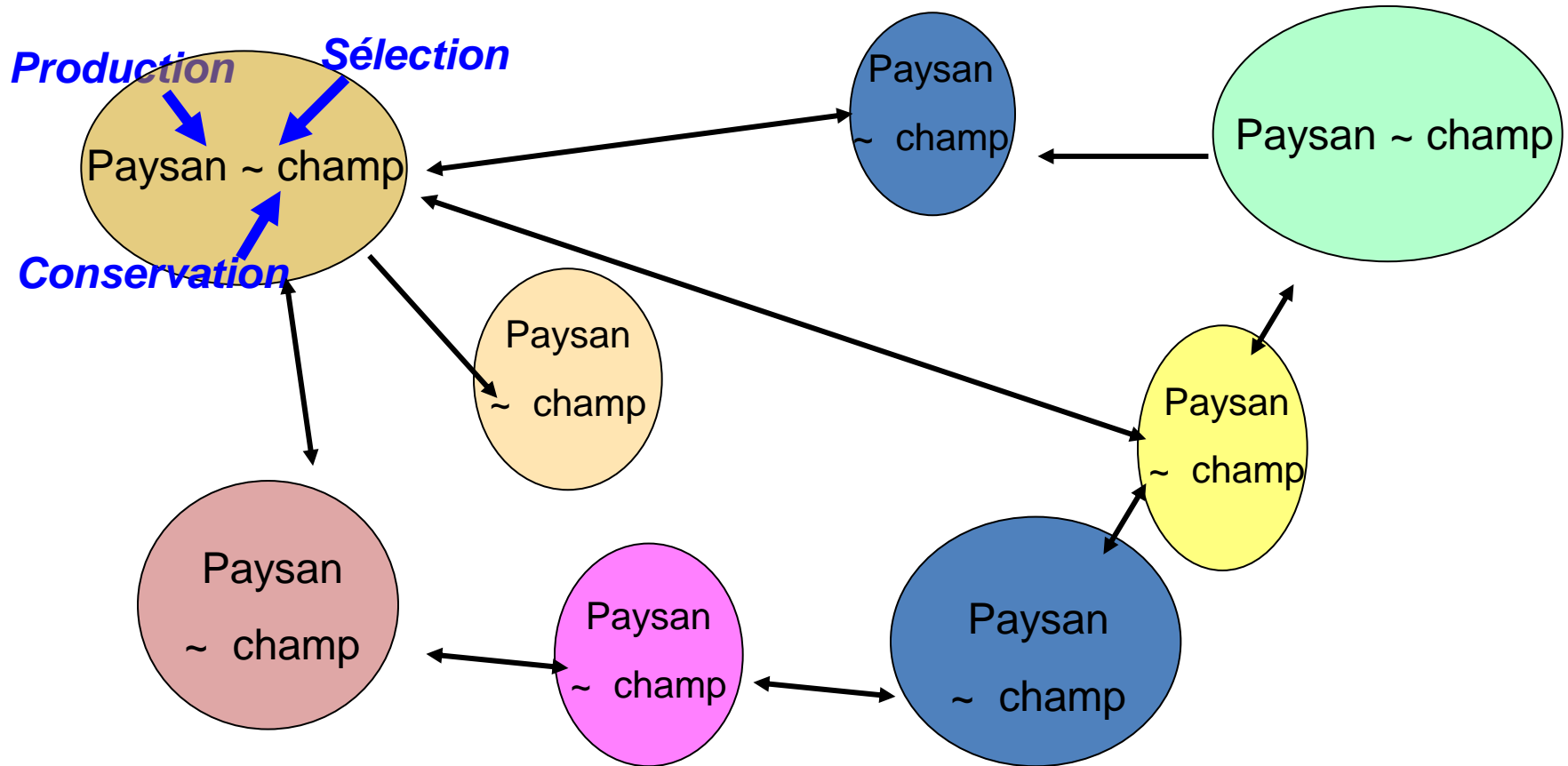


*Des populations de tailles et de compositions génétiques variables dans des environnements différents avec des pratiques paysannes différentes*



# Production – Sélection/création – Conservation

## *Gestion paysanne en metapopulation*

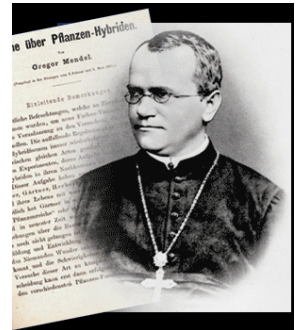


*Des échanges génétiques complexes entre populations liés aux pratiques paysannes d'échanges de semences*

# Révolution industrielle et évolution de la sélection variétale

- Le début de la sélection:

- Spécialisation de certains agriculteurs en sélectionneurs. Premières expériences de sélection massale consciente : betterave de Vilmorin et variété de seigle de Schlanstedt (1866)
- Intensité de la sélection accrue par la découverte des lois de l'hérédité (redécouverte des lois de Mendel)
- Distribution des nouvelles variétés aux autres agriculteurs, remplacement des populations de pays par ces variétés améliorées.

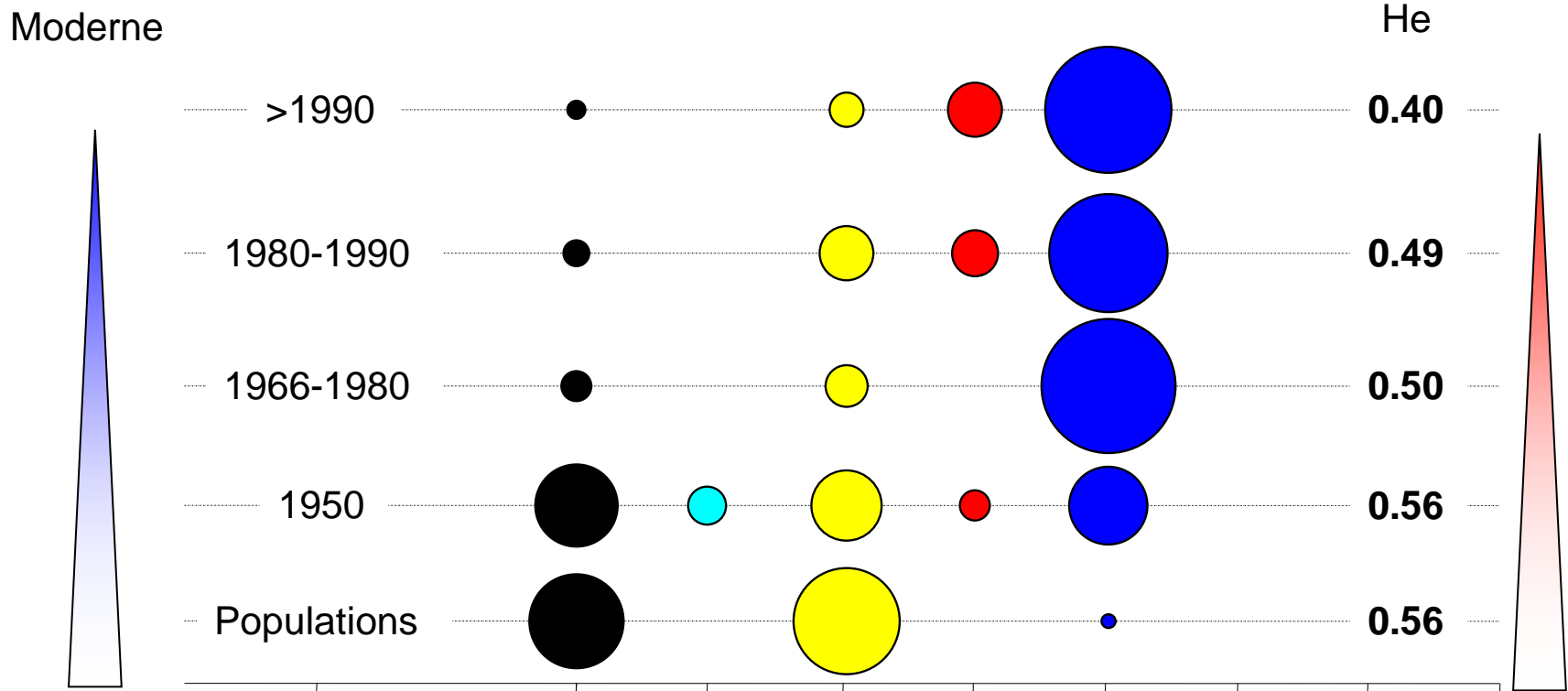


# Sélection undirectionnelle pour un caractère clé pour les céréales: la hauteur

Pieter Breughel, 1565



# Structuration temporelle de la diversité chez le Blé dur

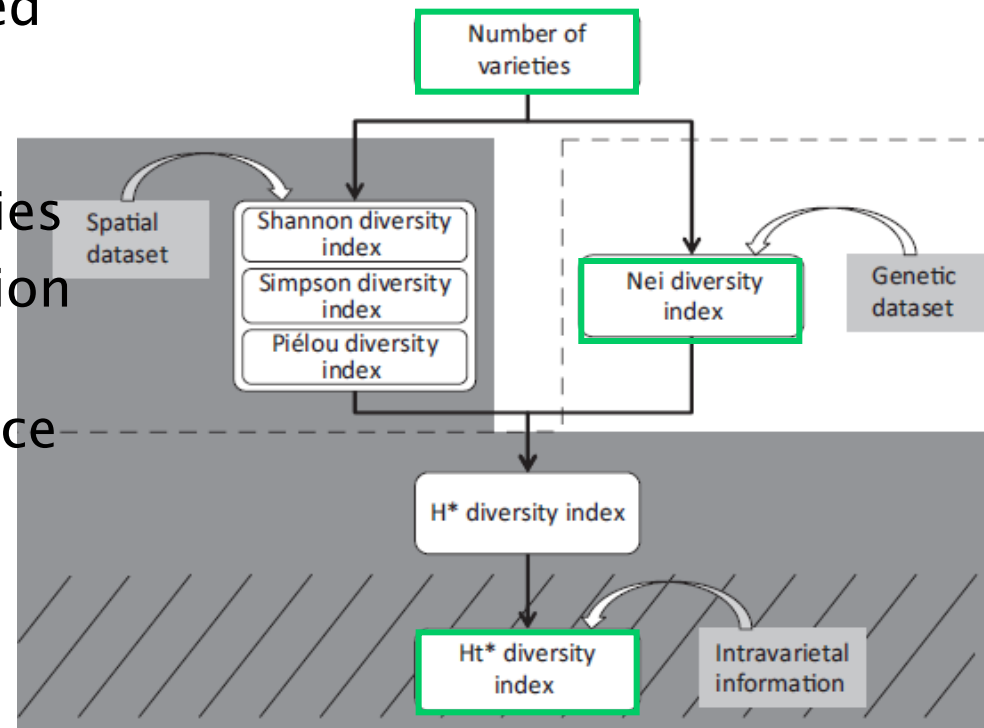


Ancestral Structuration et niveau de diversité génétique de 252 variétés française de blé dur, populations ou inscrites au catalogue français; Proportions de lignées dans chaque groupe (DAPC); Hétérozygotie de Nei (He); 14 locus microsatellites (MH Muller, INRA-UMR AGAP à Montpellier).

- Evolution de la diversité du Blé tendre dans les territoires Français au 20ème siècle
- *Coll. R Goffaux (FRB), C Bonneuil (CNRS), P Montalent (INRA Le Moulon)*
  - Méthodologie de construction d'un indicateur pour mesurer la diversité génétique dans les paysages
  - Tendances observées au cours du 20ème siècle au niveau national
  - Focus sur un département phare de production de blé : l'Eure-et-Loir
  - Tendances régionales

# Evolution de la diversité du Blé tendre dans les territoires Français au 20ème siècle

- Méthodologie de construction d'un indicateur pour mesurer la diversité génétique dans les paysages
- Genetic diversity can be assessed when three different facets are combined (CBD 2004):
  - (1) number of different entities
  - (2) evenness of the distribution of these entities,
  - (3) the extent of the difference between the entities
- Nous avons ajouté :
  - (4) diversité intra-entité



Bonneuil et al. 2012

# Mise en œuvre de l'indicateur



Données d'archives

Données biblio diversité intra-variétale

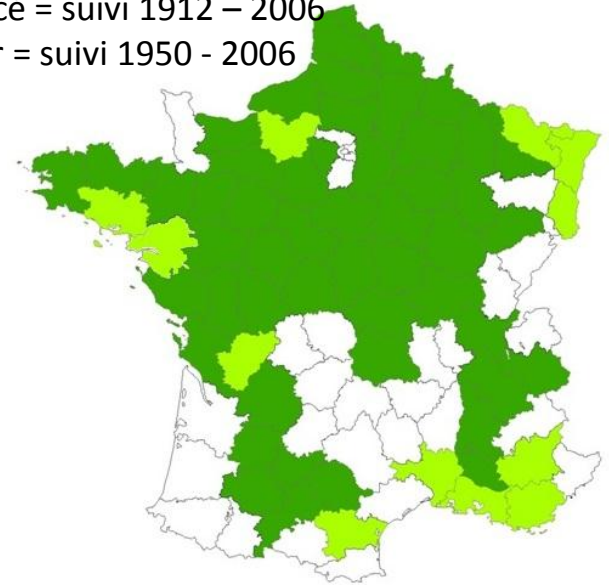
Données génétiques

nom	cfd17h8a	cfd17h8d	gwm11	gwm120
AARON	N/A	202	N/A	154
ABBONDANZA	156	200	199	138
ABEL	156	188	195	150
ABO	156	200	195	152
ABONDANCE LEPEUPLE	162	198	195	154
ABOUKIR	156	188	203	152
ACIENDA	156	188	197	152
ACIER	156	212	195	152
ADAM	156	194	193	152
ADMIRAL	156	206	199	152

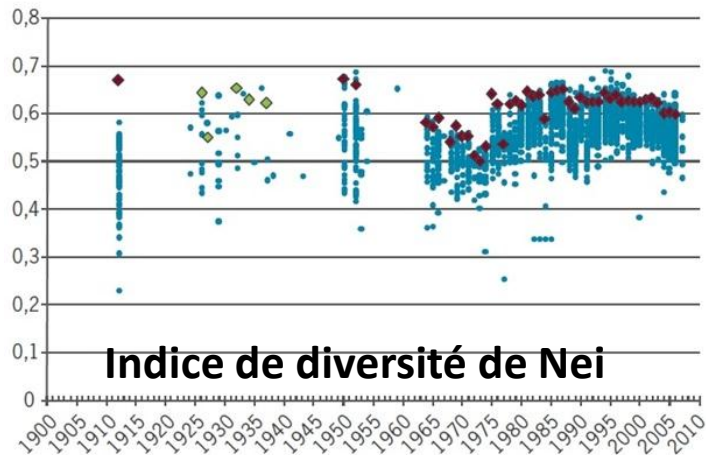
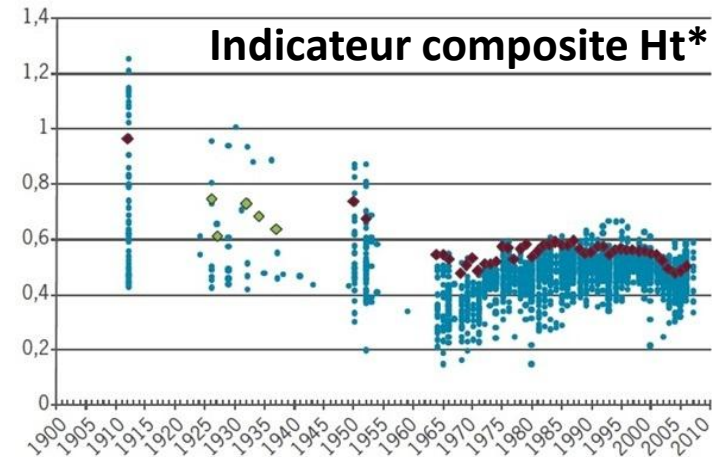
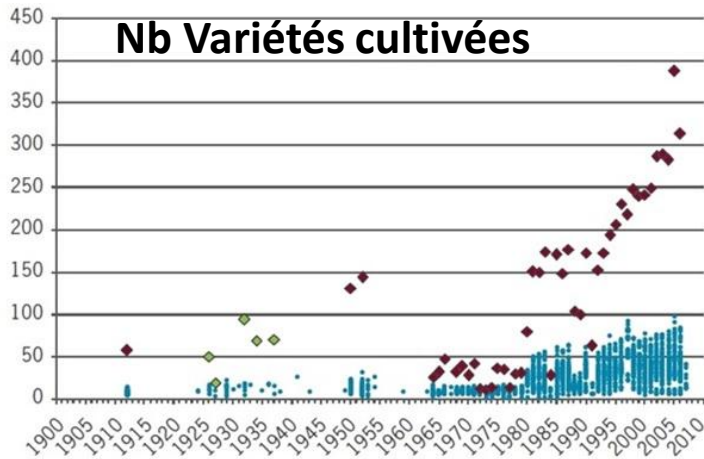
Base de données:

- 80 départements
- 64 dates entre 1912 et 2006
- 1104 variétés génotypées

Foncé = suivi 1912 – 2006  
Clair = suivi 1950 - 2006



# Tendances observées au cours du 20ème siècle à l'échelle du territoire



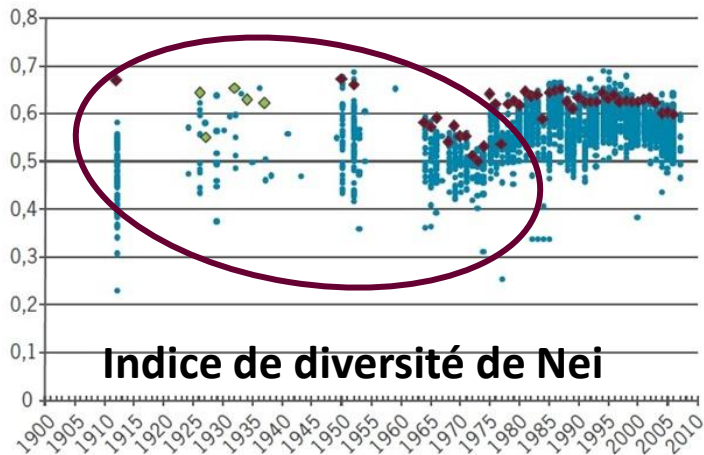
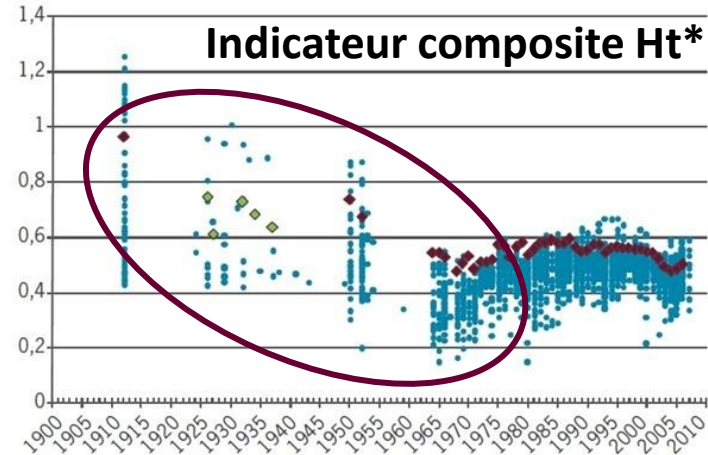
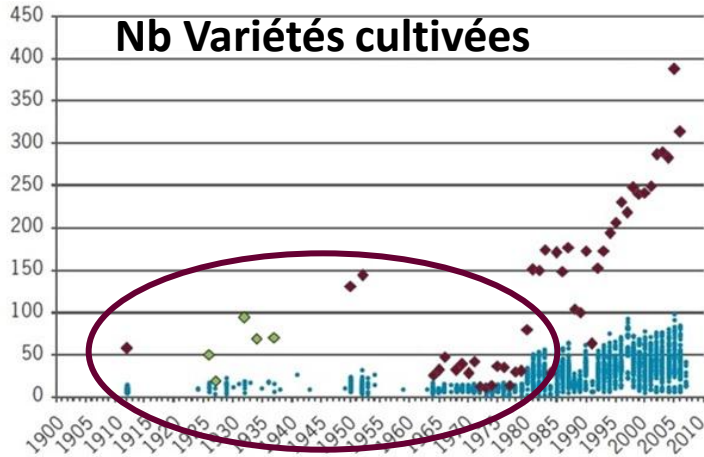
Evolution au cours du 20ème siècle dans 80 départements Français (bleu) et au niveau national (noir / vert)

**=> Les tendances révélées par les 3 indicateurs sont différentes**

*Goffaux et al 2011*



# Trois périodes



*De 1912 aux années 70s:*

=> la diversité diminue drastiquement

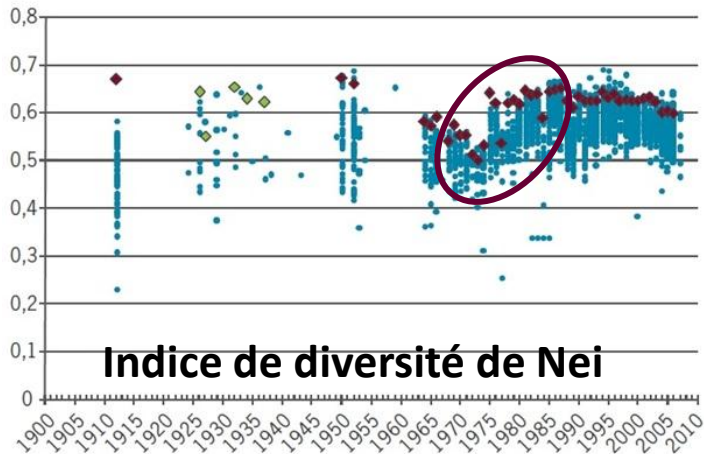
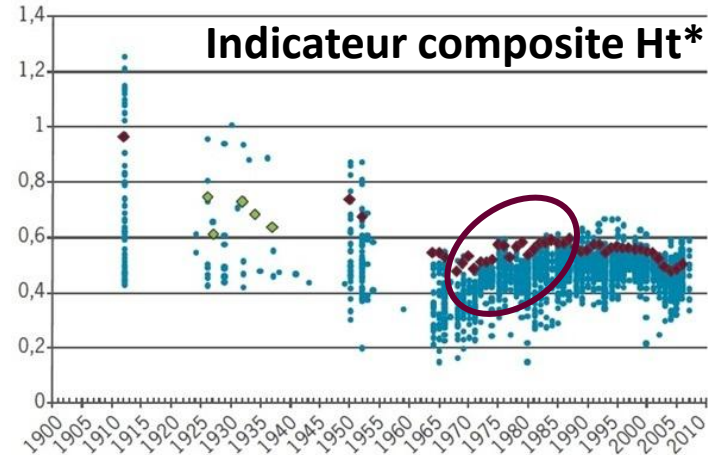
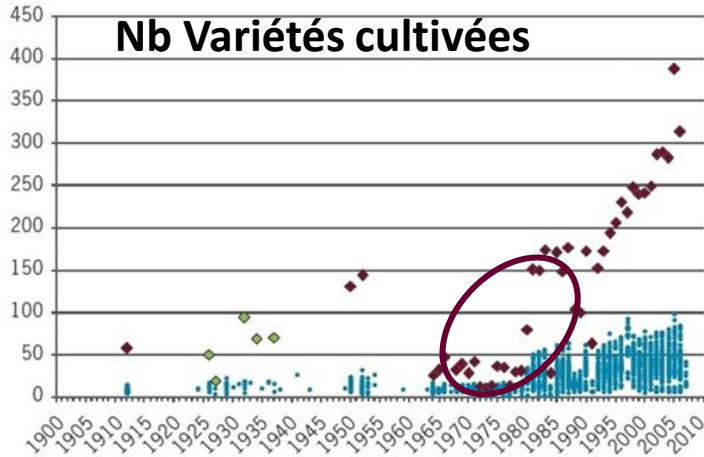
\* Remplacement des variétés de pays par les variétés modernes homogènes

\* Augmentation de la similarité génétique entre variétés (Nei)

\* Dominance dans le paysage de quelques variétés majoritaires.

*Goffaux et al 2011*

# Trois périodes



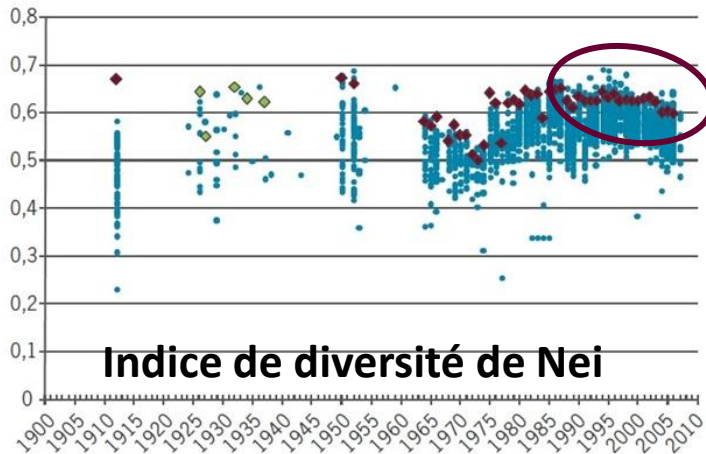
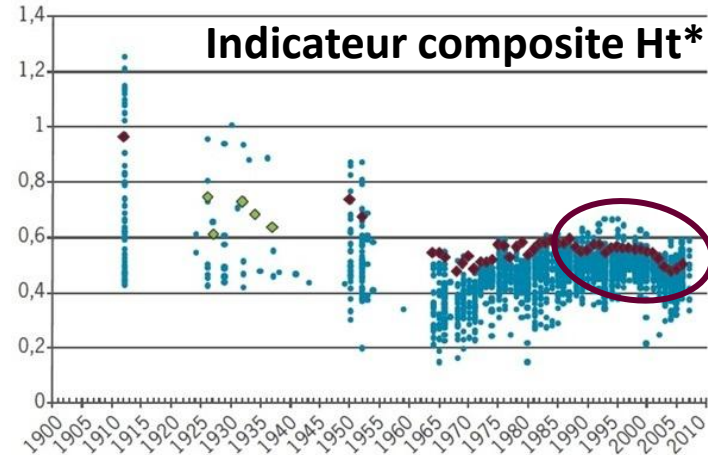
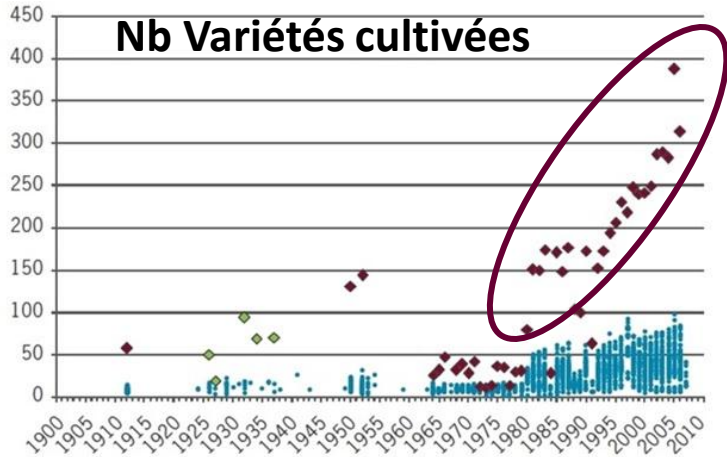
*Après les années 70s:*

=> Ht\*, le nombre de variétés et l'indice de Nei augmentent légèrement

\* Nombreuse variétés développées à partir de ressources génétiques plus variées renouvelant sensiblement le pool génétique utilisé en sélection.

*Goffaux et al 2011*

# Trois périodes



*Fin des années 80s jusqu'en 2006:*

=> Ht\* stagne puis amorce une décroissance dans les années 2000 tandis que le nb de variétés augmente considérablement.

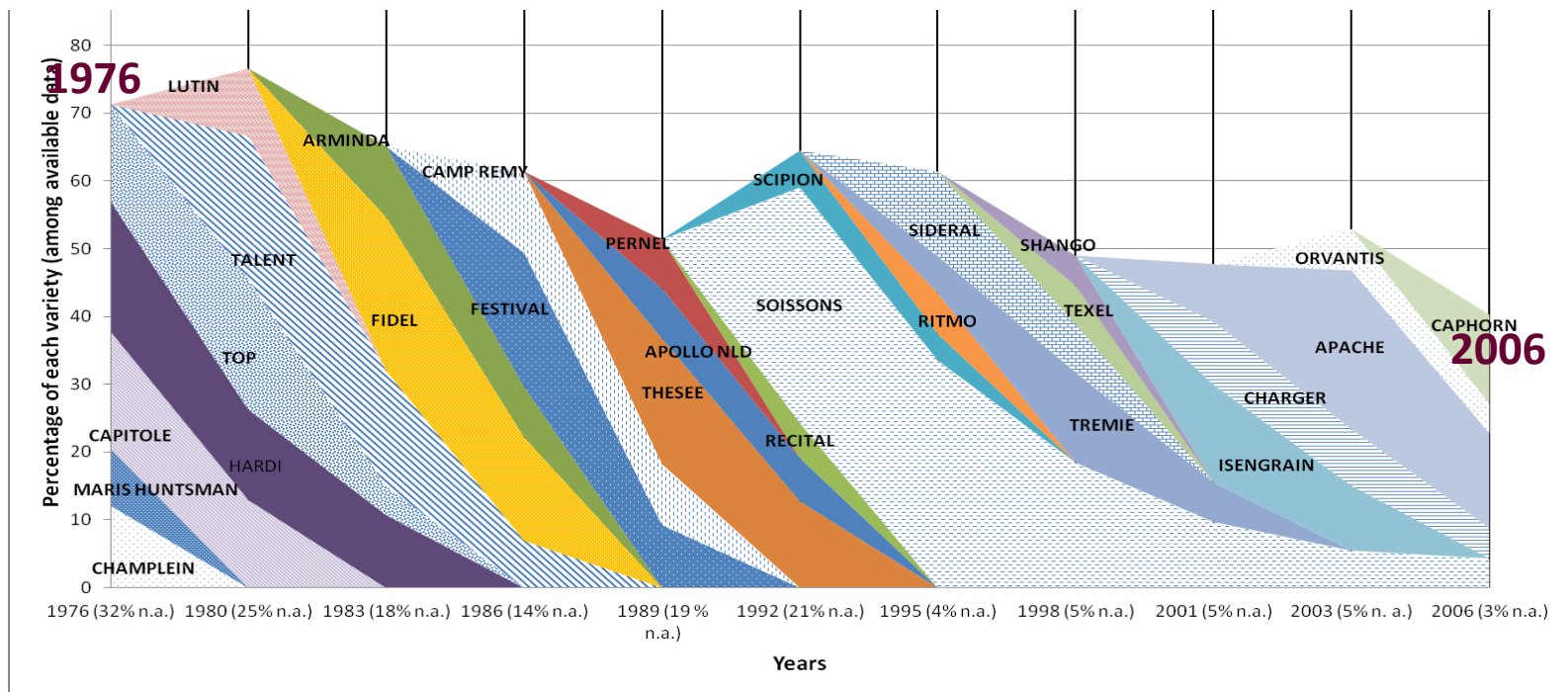
\* Homogénéisation génétique entre départements  
\* Les variétés les plus fréquentes deviennent plus apparentées génétiquement (cf Nei 5 ou 10 premières variétés).

*Goffaux et al 2011*

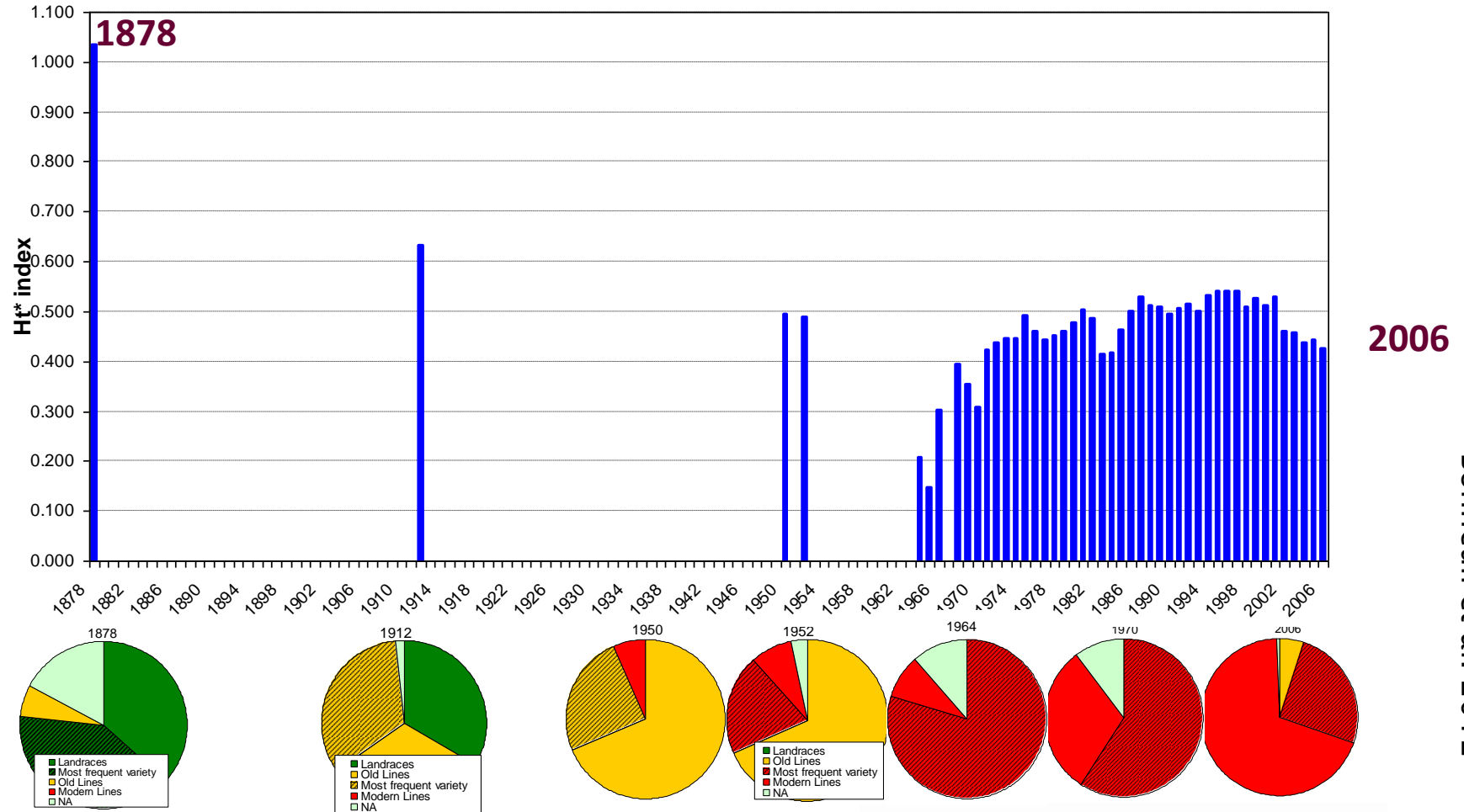
# Période récente

Diversité de Nei sur (a) les 5 variétés, (b) les 10 variétés les + fréquentes  
(Bonnin et al. en préparation)

Années	1976	1980	1983	1986	1989	1992	1995	1998	2001	2003	2006
(a)	0.483	0.470	0.470	0.488	0.422	0.491	0.505	0.473	0.449	0.414	0.418
(b)	0.516	0.514	0.546	0.567	0.522	0.536	0.533	0.481	0.518	0.486	0.434

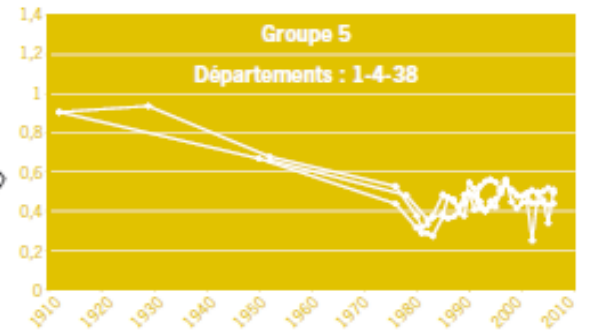
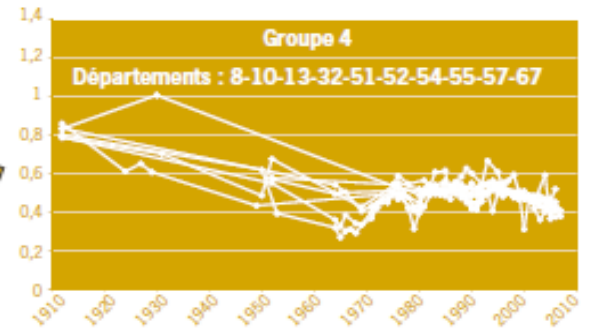
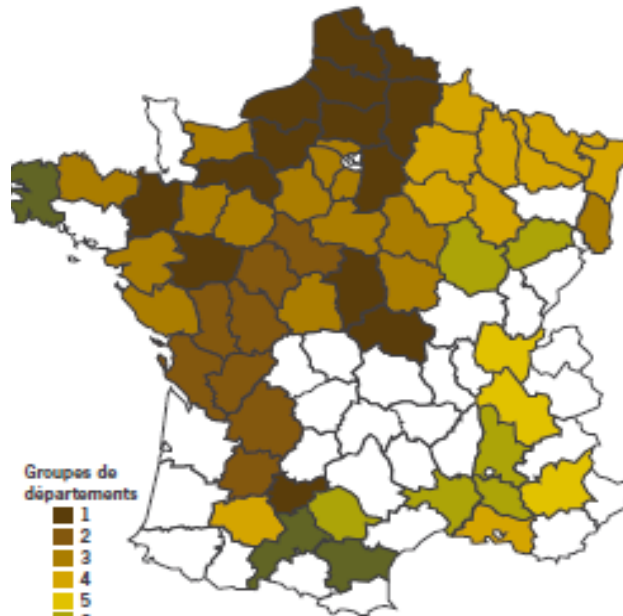
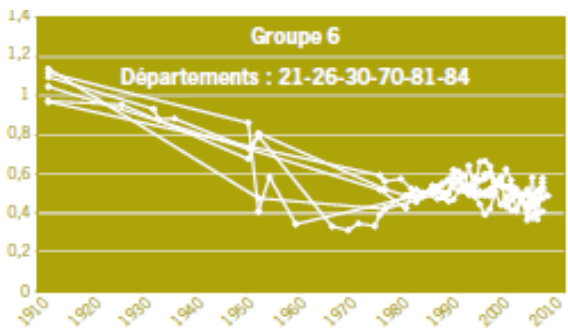
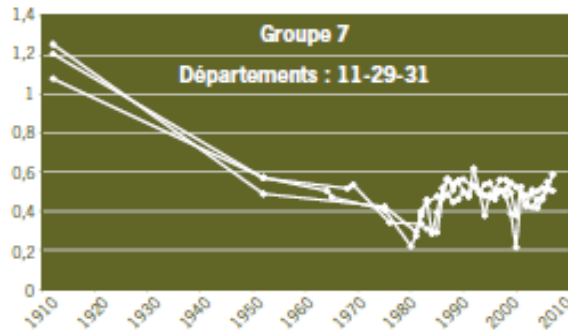
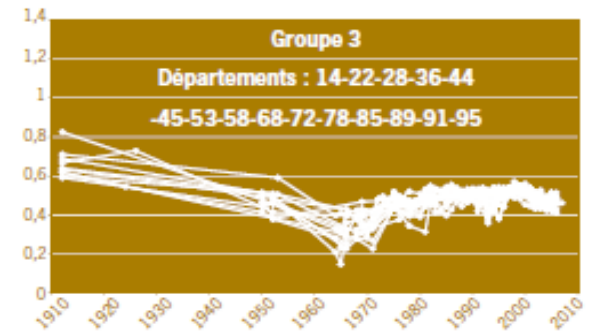
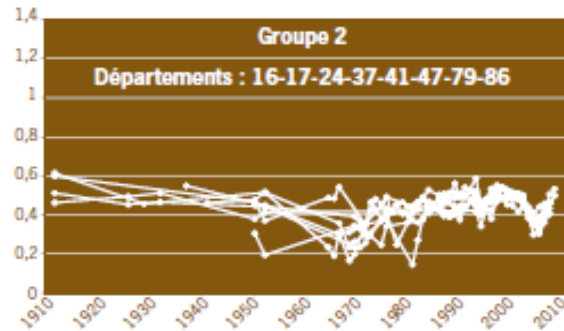
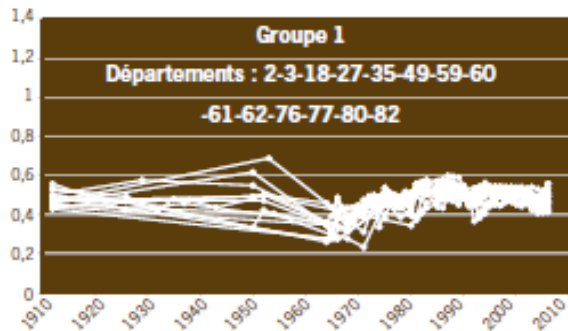


# Focus sur un département phare de production de blé : l'Eure-et-Loir



Bonneuil et al. 2012

# Régionalisation des tendances



*Goffaux et al 2011*

Analyse multivariée et clustering par DAPC

# Conclusion – perspectives

- De la domestication à nos jours: réductions démographiques et pressions de sélection ont façonné la diversité des Blés
- **Blé dur**: triple réduction de diversité génétique
  - (i) à la domestication, (ii) lors du passage des grains vêtus aux grains nus, (iii) lors de la sélection moderne.
- **Blé tendre**: aire de culture très étendue (génome complexe et plastique ?)
  - forte structuration agro-éco-géographique
  - échelle spatiale plus restreinte (la France ou régions) et échelle de temps récente (20ème siècle) => réduction de diversité génétique importante.
- **Indicateur Ht\***
  - Identification d'étapes-clé dans l'uniformisation des cultures
  - Un outil pour l'évaluation a posteriori (connaissance historique, impact des transformations agricoles,...)
- **Etude organisation spatio-temporelle de la diversité => mieux la valoriser, la préserver et la renouveler**



Blés, ferme Florent Mercier, 2011

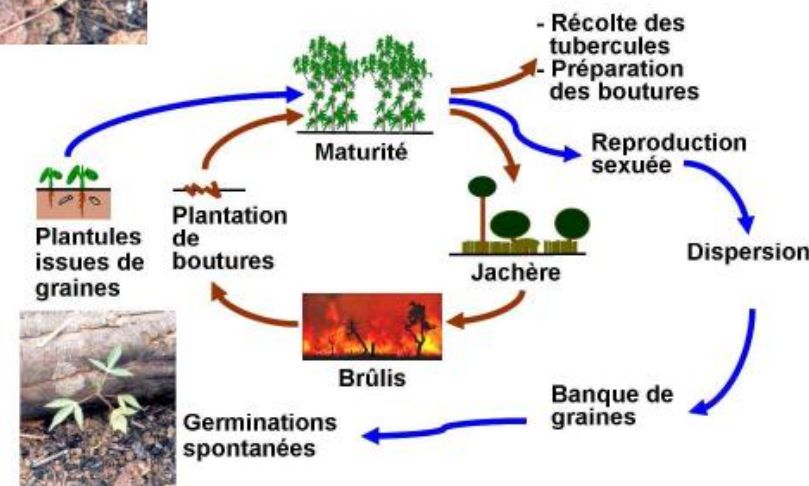
Merci pour votre attention



# Introduction contrôlée de plantules issues de graines dans les champs de manioc en Guyane

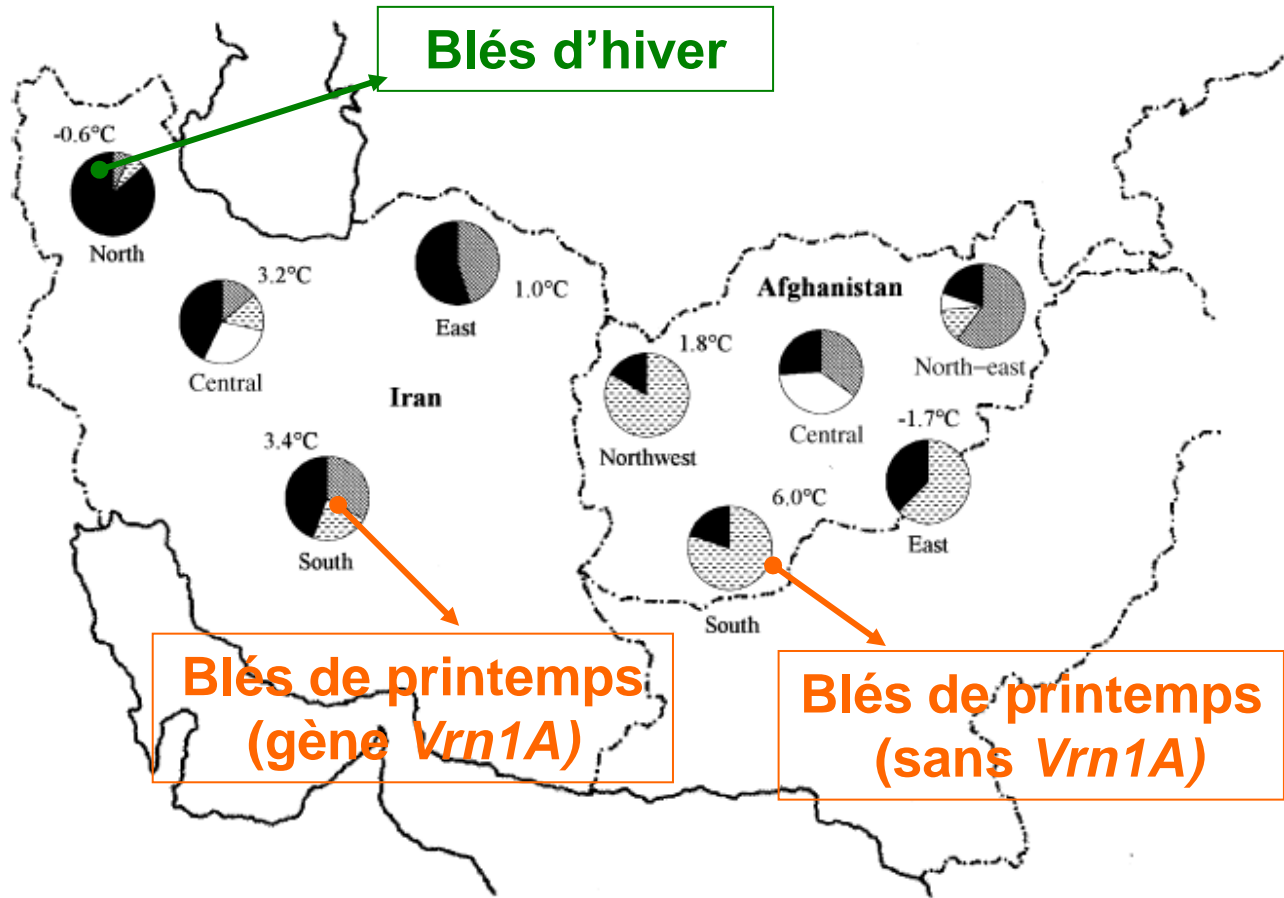


Cultivateurs en train de désherber le champ et plantule issue de graine ayant survécu au désherbage du champ.



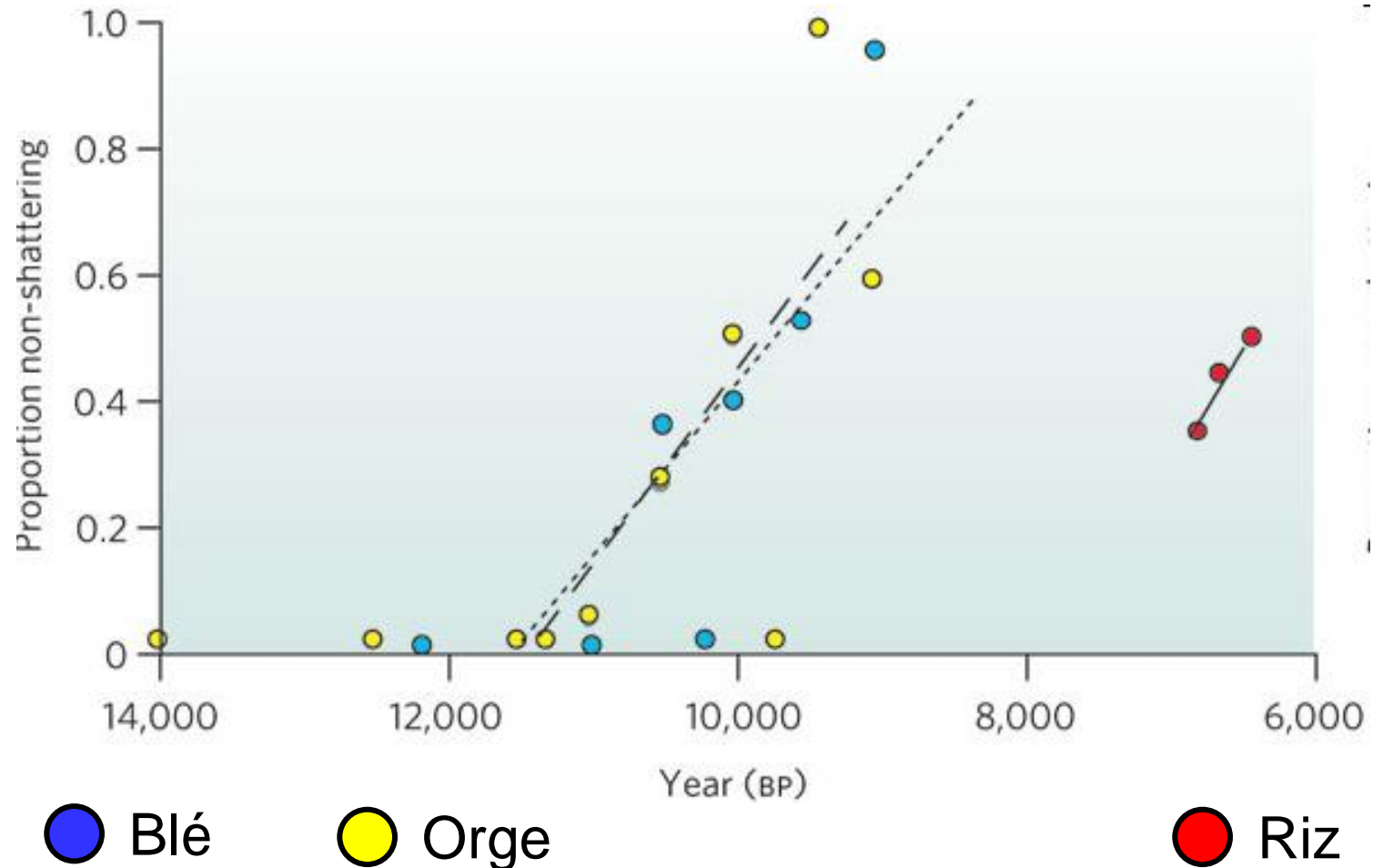
Pujol (thèse 2004)

# Differentiation des variétés de Blé de pays en Iran et Afghanistan



*Iwaki et al 2001*

# Évolution de la caducité



Purugganan & Fuller 2009