



Pourquoi l'agriculture a besoin de biodiversité ?

I Goldringer (UMR-GV Le Moulon)



Plan

- Les limites du système intensif
 - Les risques liés à l'uniformisation des cultures
 - Homogénéité génétique et changement climatique
- Diversité cultivée et régulations biologiques
 - Mélanges variétaux et maladies
 - La génétique des communautés dans les agro-écosystèmes ?
- Diversité cultivée et évolution temporelle
 - Adaptation climatique
 - Résilience évolutive

- Les limites du système intensif -

Les systèmes de production « intensifs » se caractérisent par:

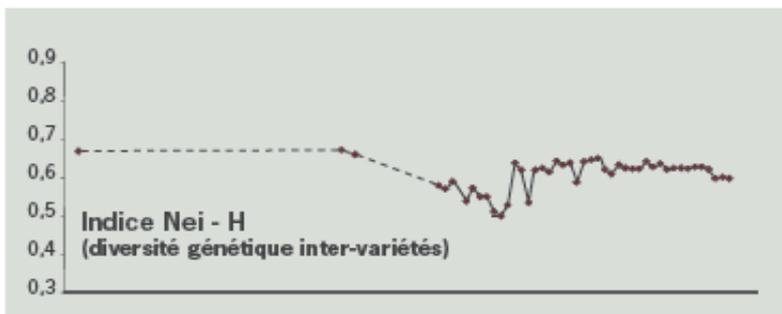
- Un usage intensif d'intrants externes (et d'énergie fossile)
- La séparation de la culture et de l'élevage
- La simplification / uniformisation des paysages agricoles
- La diminution du nombre des espèces cultivées
- **L'homogénéisation des variétés cultivées**

Evolution de la diversité à l'échelle du territoire au 20ème siècle

Augmentation du nombre d'informations

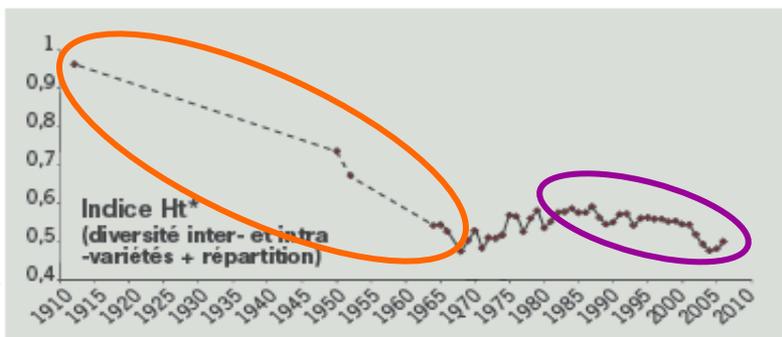


Les 3 indicateurs révèlent des tendances contradictoires



3 processus d'homogénéisation de la diversité cultivée en France depuis un siècle :

- ❖ homogénéisation de la diversité intra-variétale: variétés populations => lignées pures (1912 -> 1964)
- ❖ augmentation de la similarité génétique entre variétés majoritairement cultivées (1980->)
- ❖ homogénéisation de la diversité entre départements (1990->).

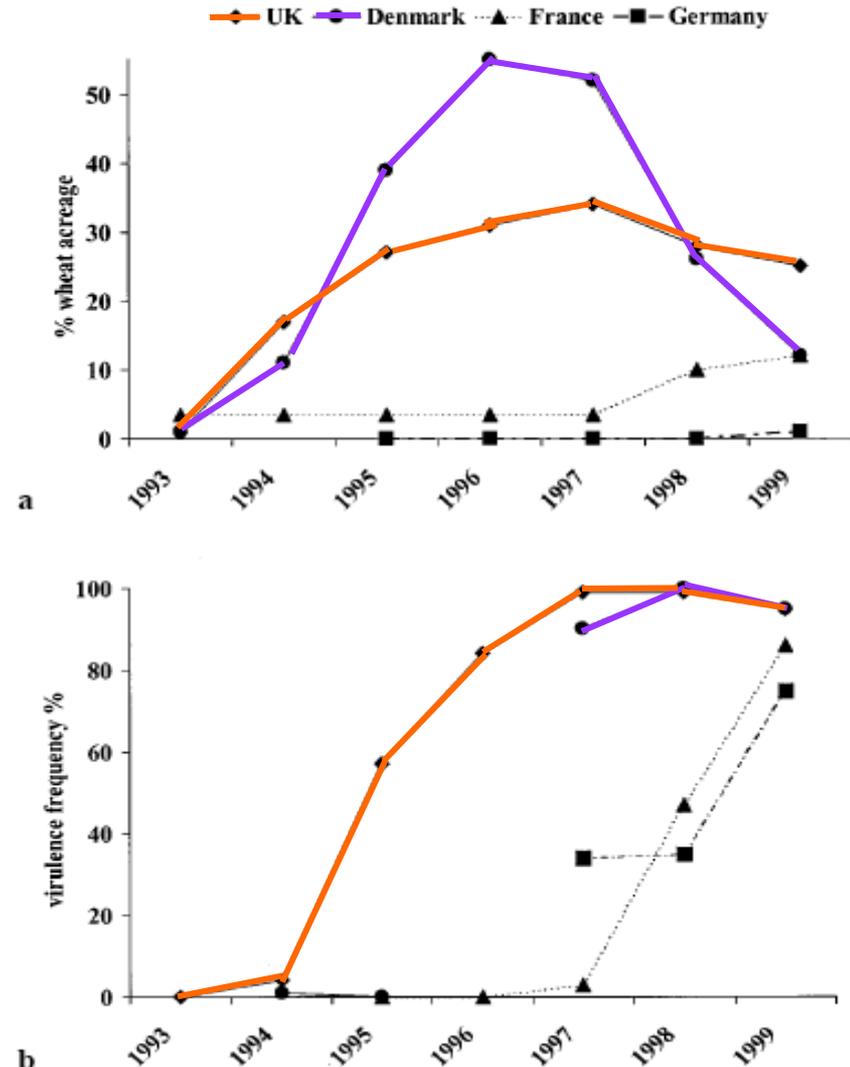


■ Variétés de pays ■ Lignées anciennes ■ Lignées pures modernes NatureParif

Contournement d'un gène de résistance chez le blé en Europe du Nord

- a. Pourcentage des surfaces nationales cultivées en Blé tendre avec des variétés comportant *Yr17* au Danemark, en France, en Allemagne et en GB entre 1993 et 1999.
- b. Fréquence de la virulence vis-à-vis de *Yr17* dans les populations de *P. striiformis* f. sp. *tritici* au Danemark, en France, en Allemagne et en GB entre 1993 et 1999.

Bayles et al. 2000



Un gène sur des millions d'ha: Cas de la résistance au glyphosate (Roundup Ready)

- **1996**: Commercialisation du 1er soja génétiquement modifié *Roundup Ready* (résistant au Roundup)
- **1998**: Commercialisation du 1er maïs *Roundup Ready*
- **Actuellement**: des variétés *Roundup Ready* existent chez le soja, maïs, colza, la betterave à sucre et coton, blé et luzerne sont en cours de développement
- **Aux USA en 2012**: **65 Millions d'ha** de culture RR
~ 1 ha sur 2 ha cultivés (*Rapport Benbrook 2012*)

Invasion de « super mauvaises herbes »

- L'usage généralisé de Roundup par les agriculteurs américains a conduit à l'augmentation rapide de mauvaises herbes résistantes au Roundup .
- Plus de 10 espèces adventices résistantes au Roundup ont infesté des millions d'acres dans 22 états depuis 2000.
- *Information du 6 Mai 2010, The New York Times*

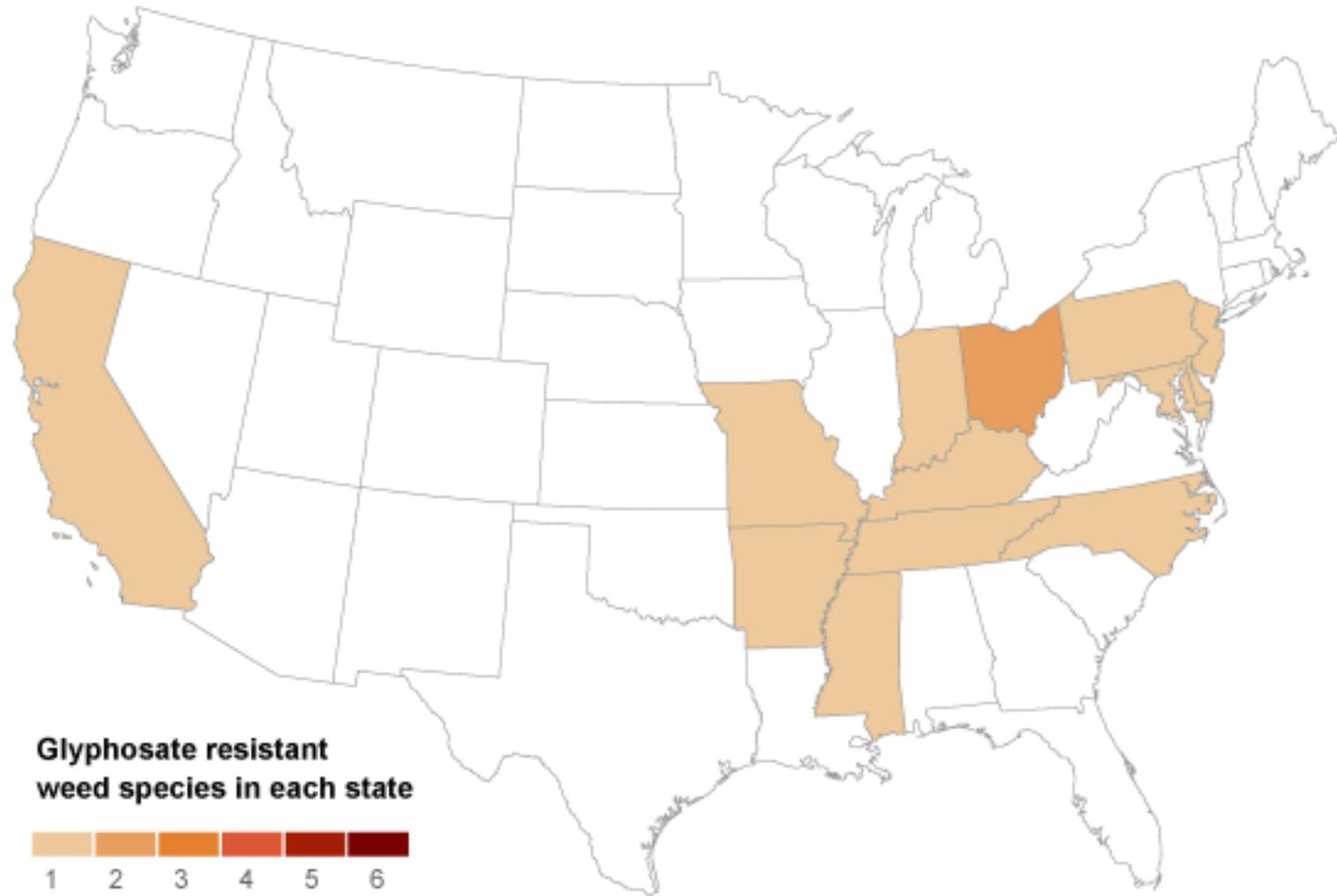


Howard F. Schwartz/bugwood.org

Etats où le Roundup ne marche plus en 2000

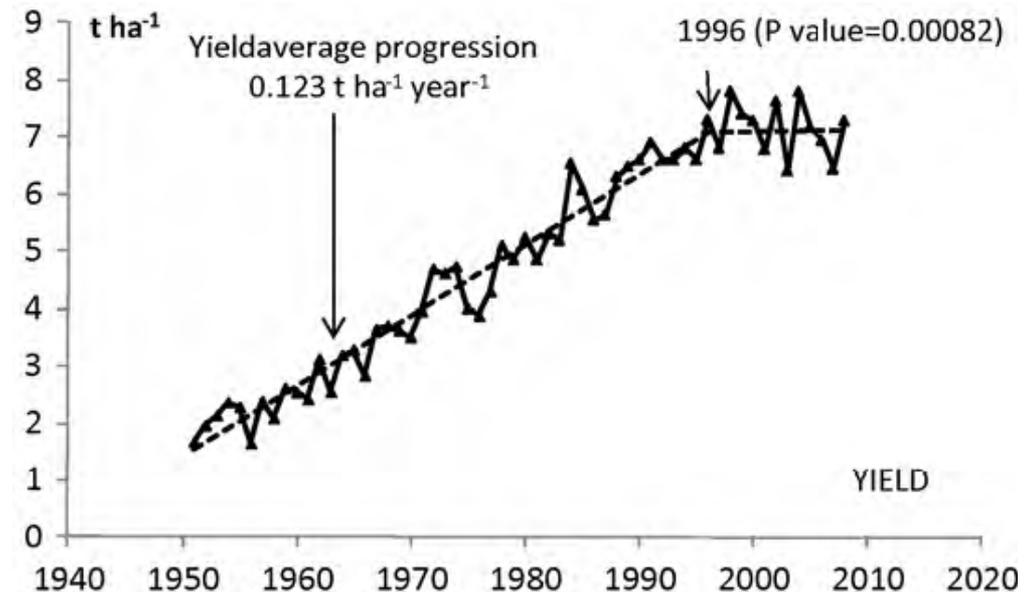


Etats où le Roundup ne marche plus en 2003

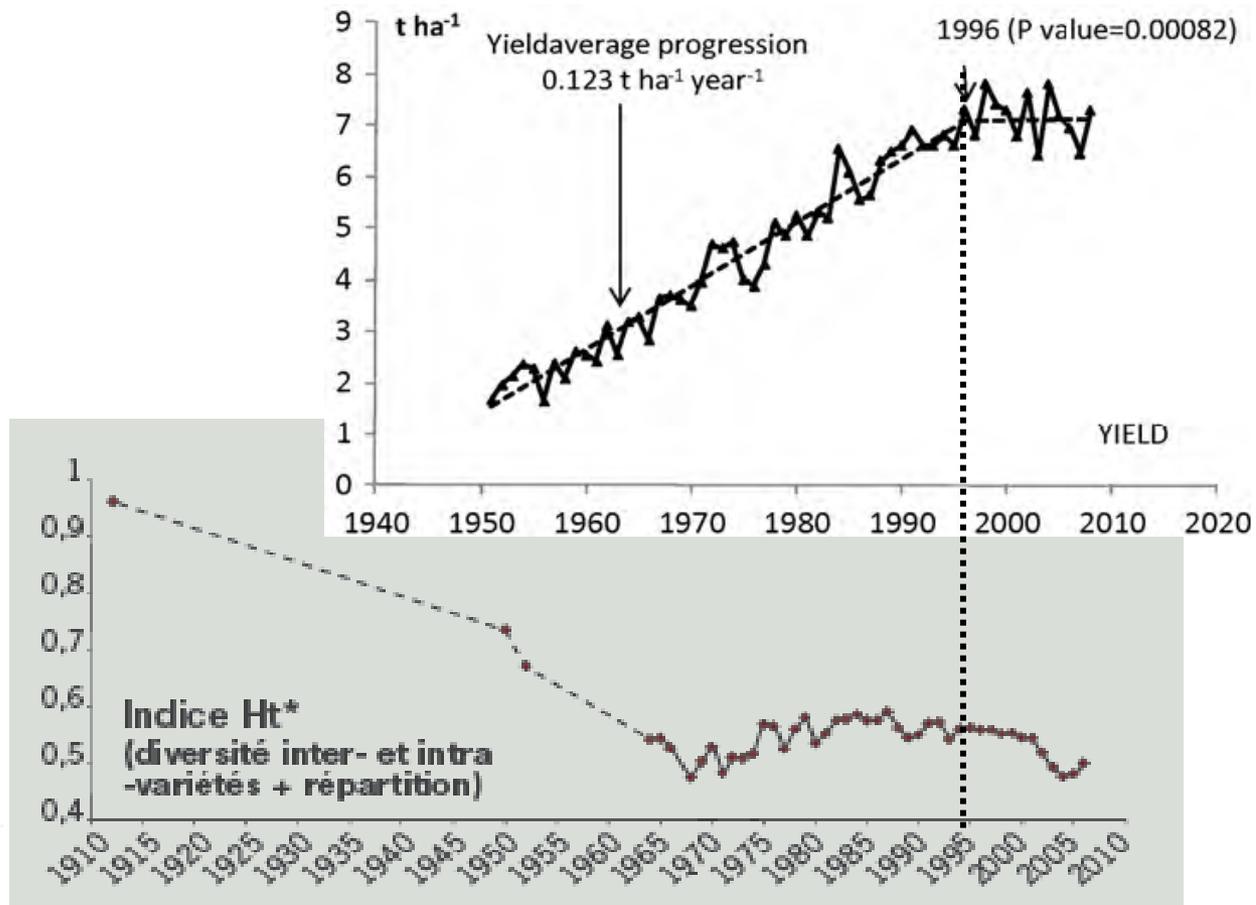


Impact du Changement climatique sur les productions agricoles

- Prédiction de la réponse des cultures à 3 scénarios climatiques IPCC :
 - Modèle ARPEGE-climat (*ANR CLIMATOR*)
 - => Diminution des rendements en cas de stress hydriques (**Tendance**)
 - => Augmentation de la variabilité inter annuelle (**Stochasticité**)
- Stagnation du rendement:
 - CC (stress hydrique) expliquerait ~1/3 de la stagnation (*Brisson et al 2010*)



Un lien entre stochasticité climatique, manque de diversité et stagnation des rendements ???



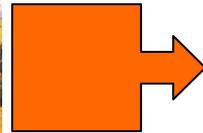
- L'uniformité génétique des cultures et des pratiques agricoles associées augmente la vulnérabilité aux bio-agresseurs et la sensibilité aux facteurs environnementaux.



Redéployer la diversité génétique cultivée au sein des agroécosystèmes

Intensification agricole, sélection « moderne »

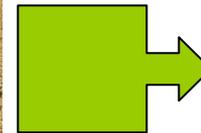
(20^{ème} s.)



Variétés de pays
(populations locales)

Ecologisation de l'agriculture, gestion dynamique

(21^{ème} s.)



Variétés homogènes
génétiquement
(lignées pures, F1,..)



Associations variétales,
populations dynamiques

Bénéfices attendus de la diversité génétique intra-parcelle
(hypothèses à tester):

- 1) Services de régulation à un instant t
- 2) Evolution temporelle et adaptation au changement global

- Diversité cultivée
et
régulations biologiques -

Diversité intra-parcelle pour limiter l'expansion des pathogènes: les mécanismes (1)

- Effets mécaniques:
 - Augmentation de la distance entre plantes sensibles
 - Effet barrière des plantes plus résistantes
 - Effets climatiques dûs aux différences d'architecture (réduction de l'humidité)

D'après Finckh 2008

- Ex: Mélange d'une variété traditionnelle et une variété hybride moderne:
 - Diminution de l'attaque par *Magnaporthe grisea* de 40-50% à 4-5%

(Zhu et al 2005)



Diversité intra-parcelle pour limiter l'expansion des pathogènes: les mécanismes (2)

- Compensation:
 - avantage compétitif des plantes + résistantes => compenser les pertes de production des + sensibles
- Interactions avec les bioagresseurs:
 - Plus de diversité de l'hôte va sélectionner + de diversité chez le pathogène, diminuer les chances qu'un pathotype donné attaque une plante hôte sensible
 - Augmentation de la résistance induite (prémunition) chez l'hôte

D'après Finckh 2008



Variété sensible pure



Association variétale

Effet association (2 ans, 19 parc.,
190 ha, 1 trait. fongicide):

Sévérité de la septoriose: -6%

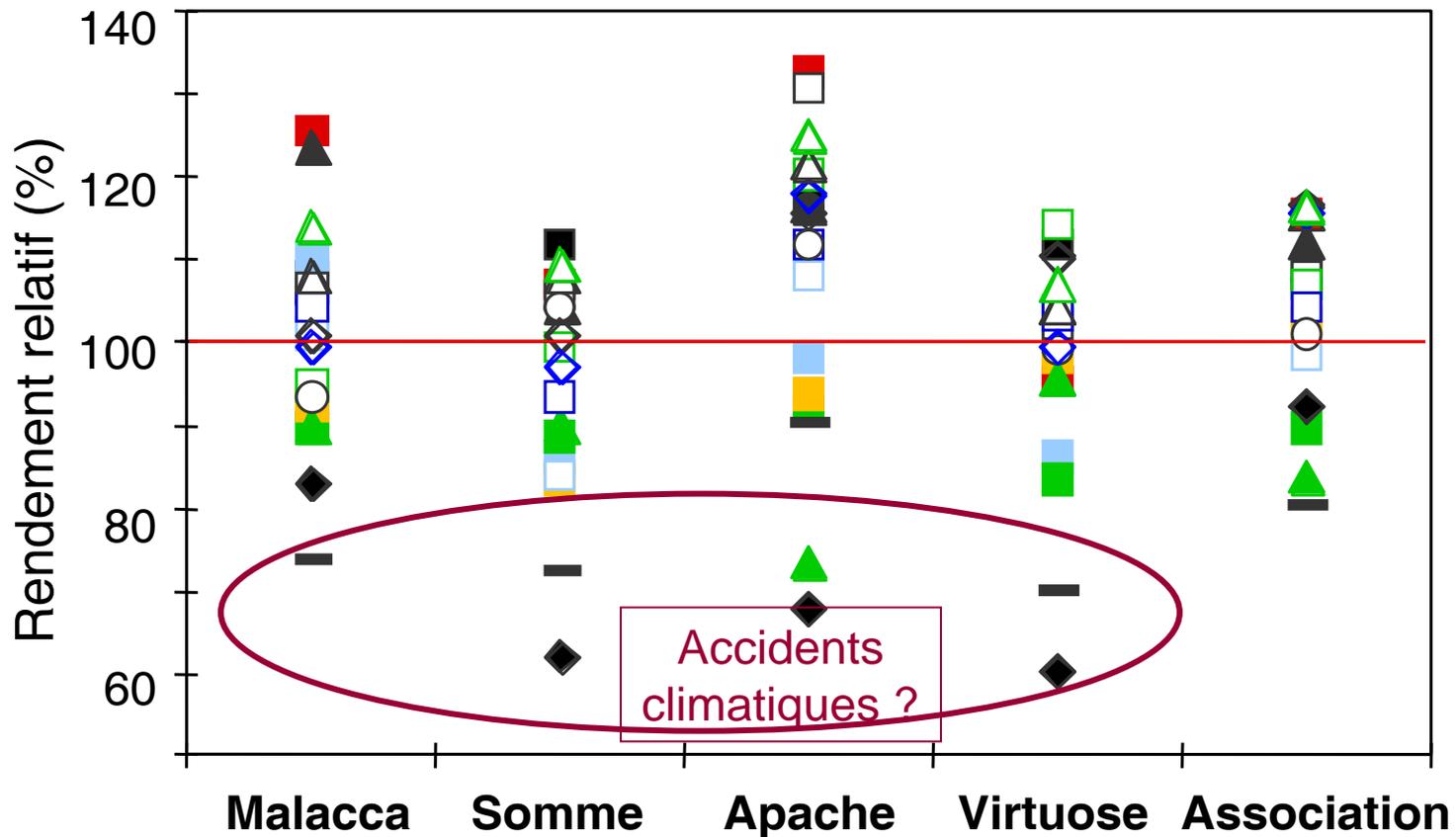
Rendement: +0.32 t ha⁻¹

Teneur en protéines: +54 %

Note de panification: NS

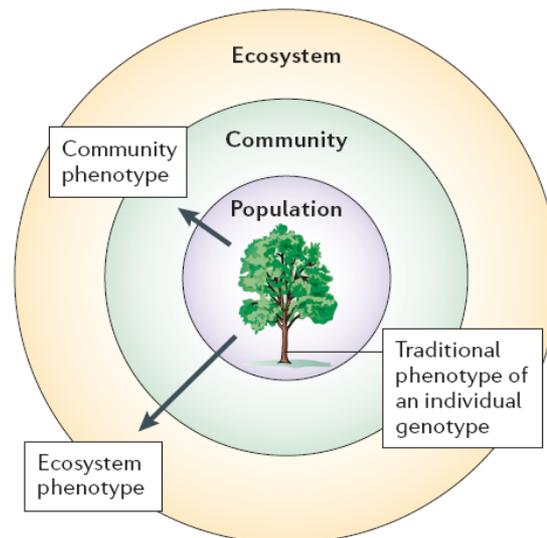
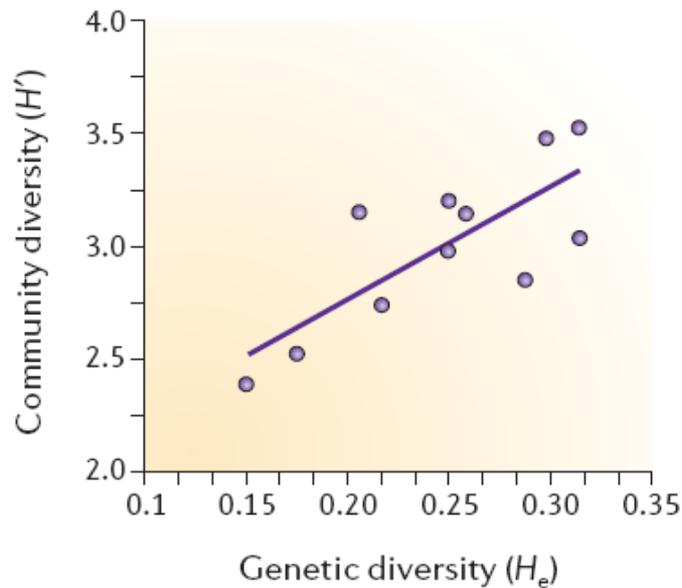
Diversité intra-parcelle pour stabiliser le rendement (2001 - 2002)

Moyenne des rendements des cultures monovariétales sur tous les sites pendant 2 ans = 100



Influence de la diversité génétique d'une espèce «structurante» sur la biodiversité de sa communauté

- Influence de la diversité génétique des peupliers sur les communautés associées (diversité spécifique et fonctionnement des écosystèmes)

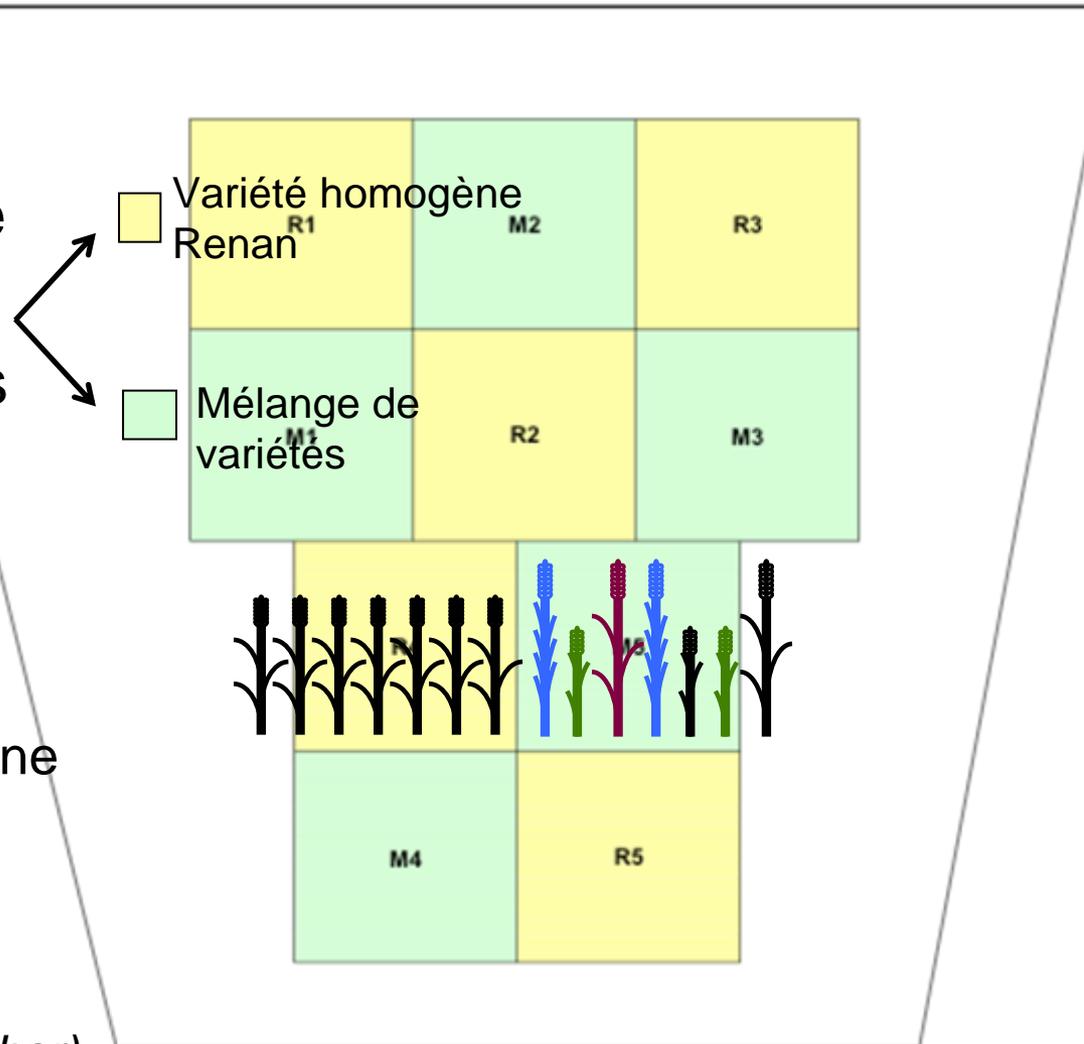


Witham et al. 2006

Diversité génétique intra-parcelle et biodiversité des communautés associées ?

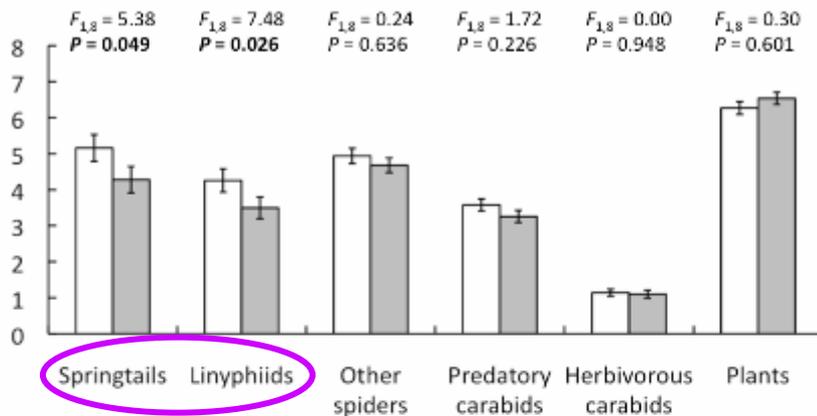


- Espèce cultivée = espèce structurante
- Interactions avec d'autres espèces:
 - Compétition pour les ressources
 - Allélopathie
 - Structure végétative aérienne et souterraine
 - Sécrétions des feuilles et racines

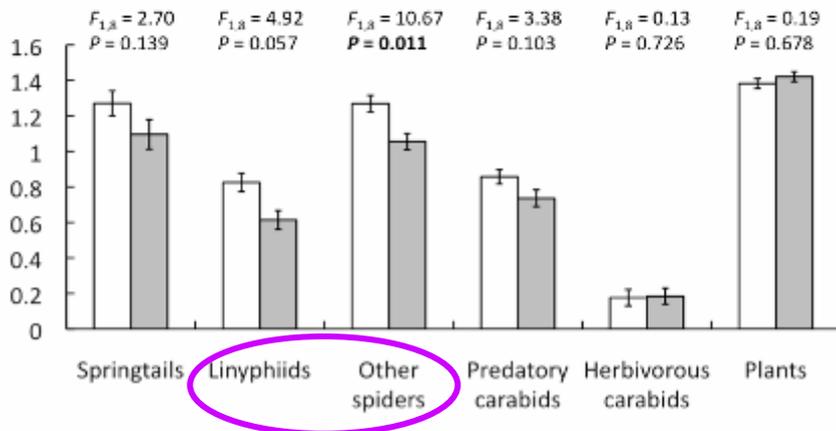


La diversité génétique du blé influe sur la biodiversité de la communauté associée

(a) Species richness



(b) Shannon Index



- Diversité spécifique + importante dans les parcelles de mélange

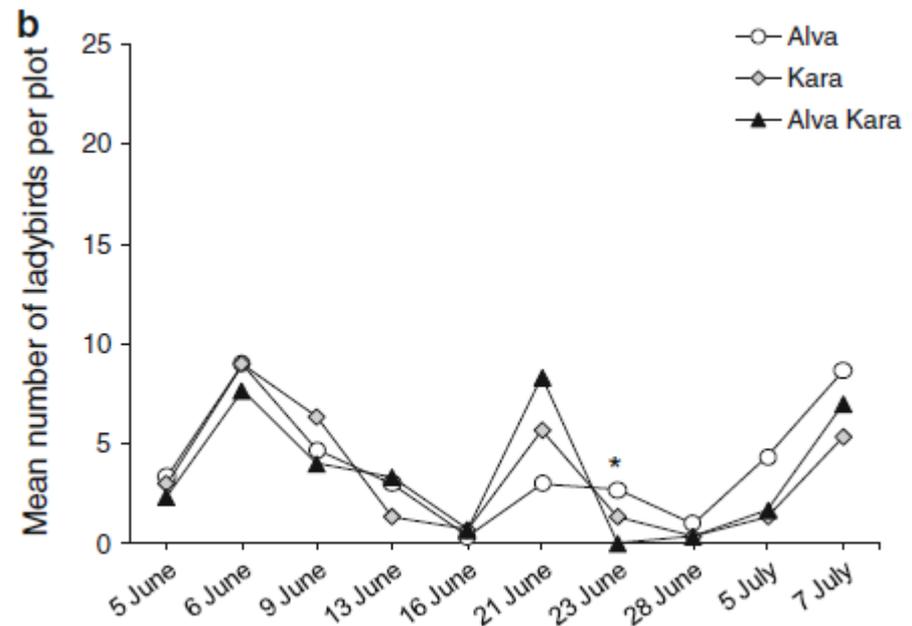
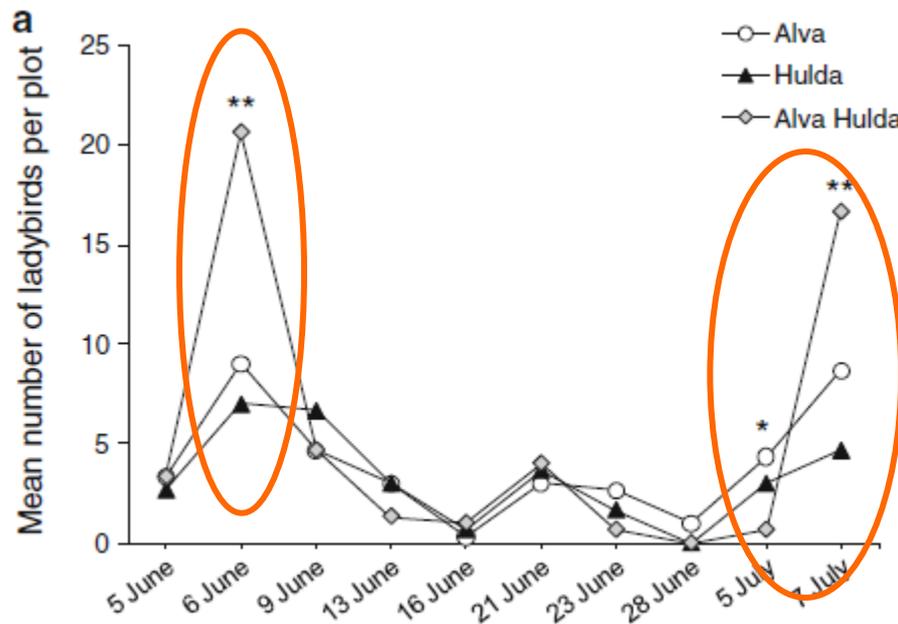


- Pas due uniquement à des différences d'abondance

- Impacte principalement les espèces prédatrices \Rightarrow lié à l'architecture des plantes

Dans des agro-écosystèmes...

- Effet de la diversité génétique intra-parcelle d'orge sur la préférence d'habitat d'un insecte prédateur polyphage: la coccinelle (*C. septempunctata*) dans des parcelles.



⇒ La combinaison de profils volatiles différents pourrait être plus attractive

25 oct. 2012

Les Rencontres de NatureParis

Nincovic et al. Oecologia 2011

- Diversité cultivée
et évolution temporelle -

La culture de populations hétérogènes: Evolution spatio-temporelle & Réponse aux changements environnementaux

La **théorie de la Reine rouge**

(van Valen 1974):

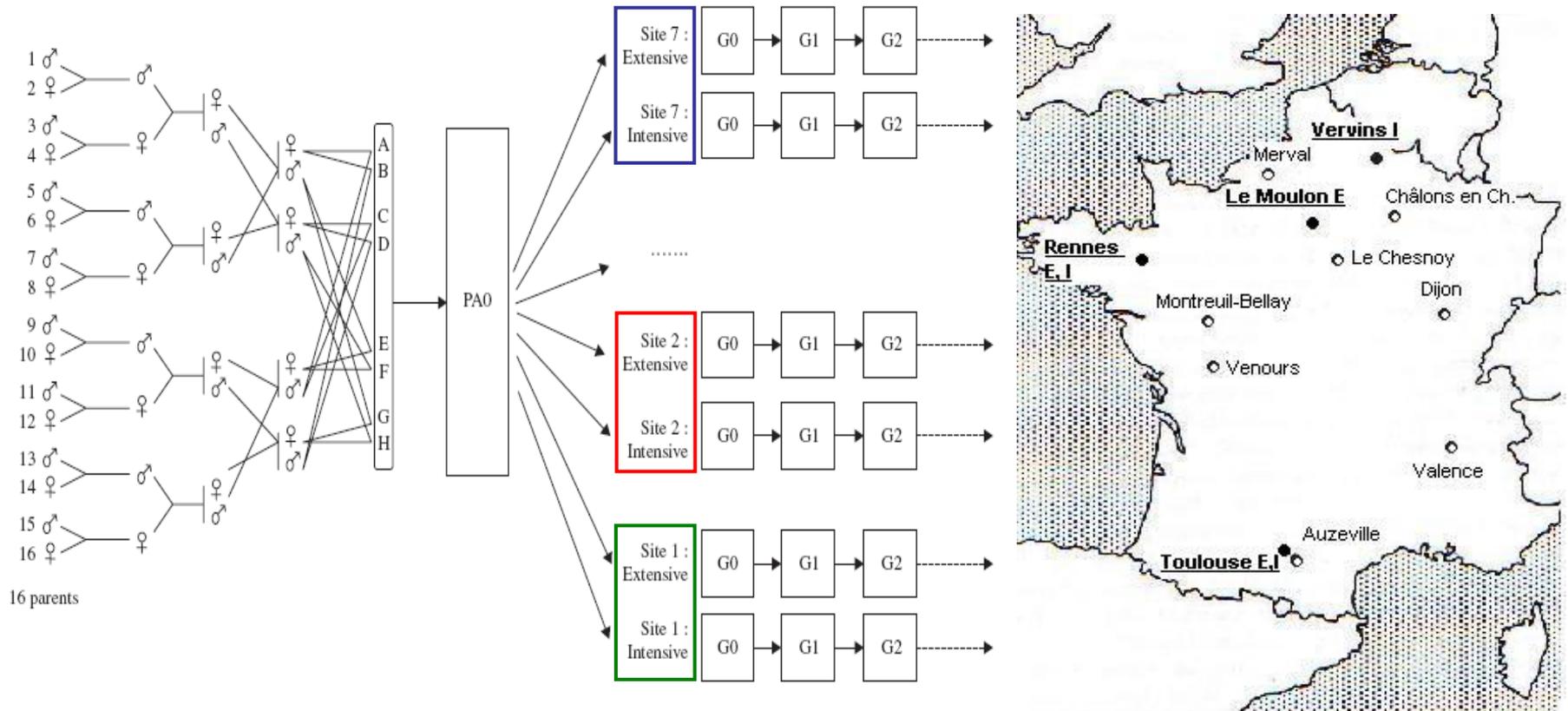
- **Alice:** « *Ma parole, je crois bien que nous sommes restées tout le temps sous cet arbre ! Tout est demeuré exactement comme auparavant!...* »
- **La Reine Rouge:** « *Ici, vous voyez bien, il faut courir de toute la vitesse de ses jambes pour simplement rester là l'on est. Si l'on veut aller quelque part, ailleurs, il faut alors courir au moins deux fois plus vite!* »

De l'autre côté du miroir, Lewis Carroll.



- **Résilience** = aptitude d'un système à rester fonctionnel en conditions de stress
 - Sélectionner pour la résilience => obtenir des cultures productives en conditions de changeantes et limitantes.
 - Constitution et maintien d'une diversité génétique élevée au champ
- => Permet l'adaptation / évolution dans le temps en + de la stabilité dans l'espace**

Gestion Dynamique expérimentale



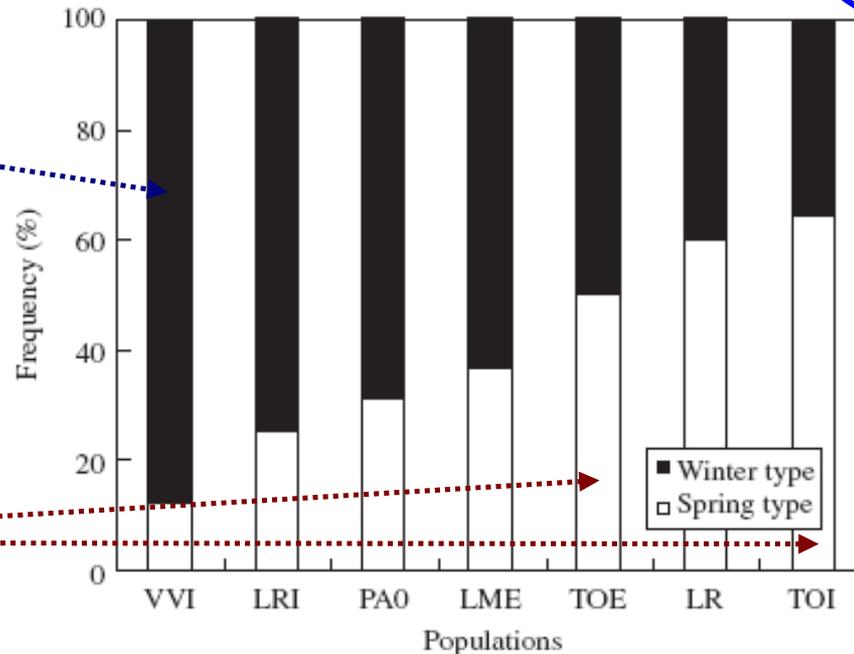
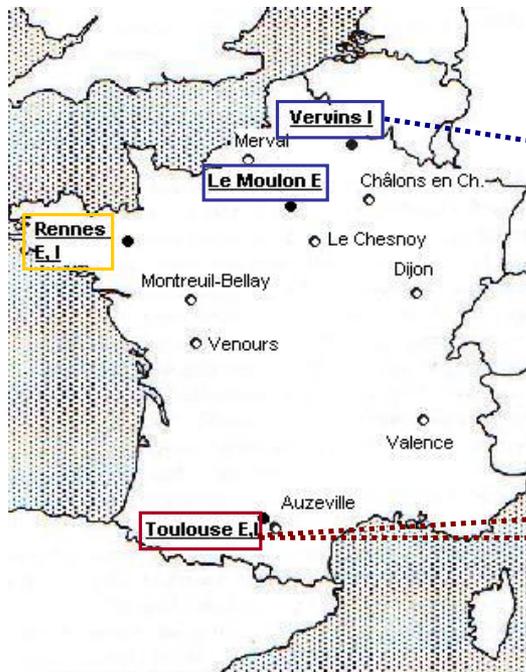
- Taille des populations: **5000-10000 plantes**
- **Pas de migration**, isolement des parcelles
- **Pas de sélection** humaine consciente

Démarrage en 1984

Différenciation Nord-Sud des populations de GD pour la précocité: adaptation climatique

- Différenciation significative pour la fréquence des types **hiver** / **printemps** entre les populations de la génération 10

(Goldringer et al Annals of Bot. 2006)



De nouvelles pistes de recherche...

- Inscrire les écosystèmes cultivés dans le processus général de l'**évolution**
- Développement de **modes de gestion** adaptés pour ces écosystèmes (co-adaptation des populations/variétés et des modes de cultures)
 - => *collaboration poussée entre disciplines (agronomie, écologie, génétique, phytopathologie, sciences sociales...)*
- Mise en œuvre localisée de la gestion des agroécosystèmes
 - => *collaboration étroite avec les agriculteurs*



Merci de votre attention !

Génétique des communautés: relation entre une espèce dominante et les autres espèces

