

# Biodiversité et productivité des écosystèmes naturels

**Emmanuelle Porcher**

Centre d'Écologie et des  
Sciences de la  
Conservation



# Fonctionnement des écosystèmes et services écosystémiques

## Ecologie



Structure des communautés  
(Diversité, présence d'une espèce ....)



Propriété de l'écosystème  
(Prod. primaire, circulation de l'eau...)



Services  
(Biomasse, lutte inondations...)



Bénéfices  
(Produits récoltables, dégâts diminués...)

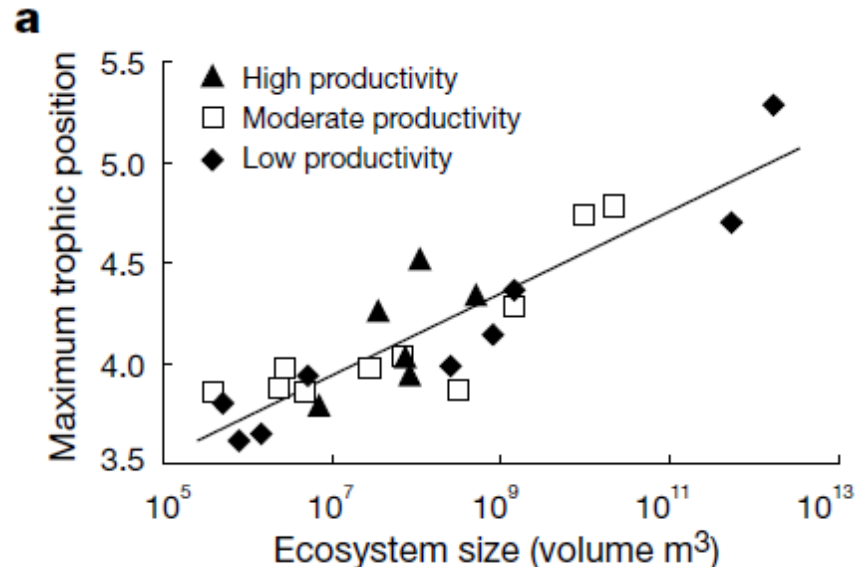
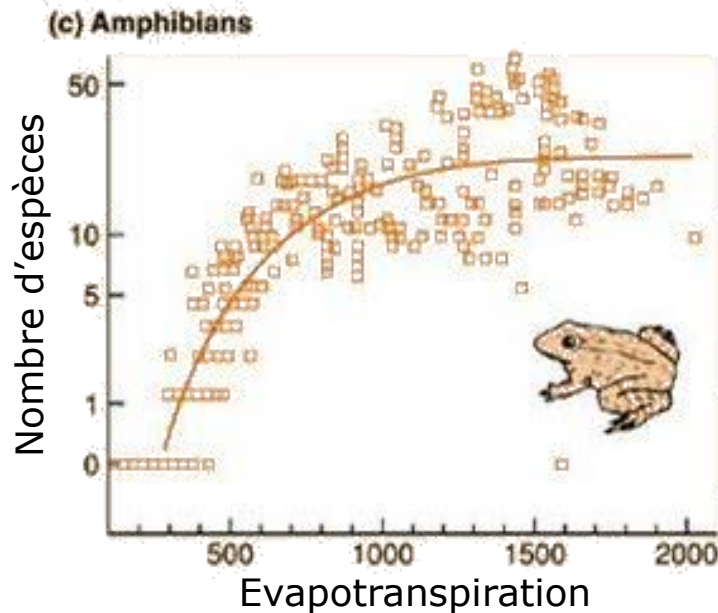
Activités humaines

Economie, anthropologie, sociologie

- Propriétés/processus les plus étudié(e)s :
  - Productivité de biomasse
  - Stabilité

# Traditionnellement...

- La productivité influence la diversité des écosystèmes
  - Gradient latitudinal de richesse = gradient de productivité
  - Taille des écosystèmes (ressources disponibles)
    - ⇒ Nombre de niveaux trophiques
    - ⇒ Nombre d'espèces (théorie neutre de Hubbell)



# Etude de l'effet réciproque de la diversité sur la productivité

---

- Prairies expérimentales
  - Cedar creek, USA
  - Réseau BIODDEPTH, Europe

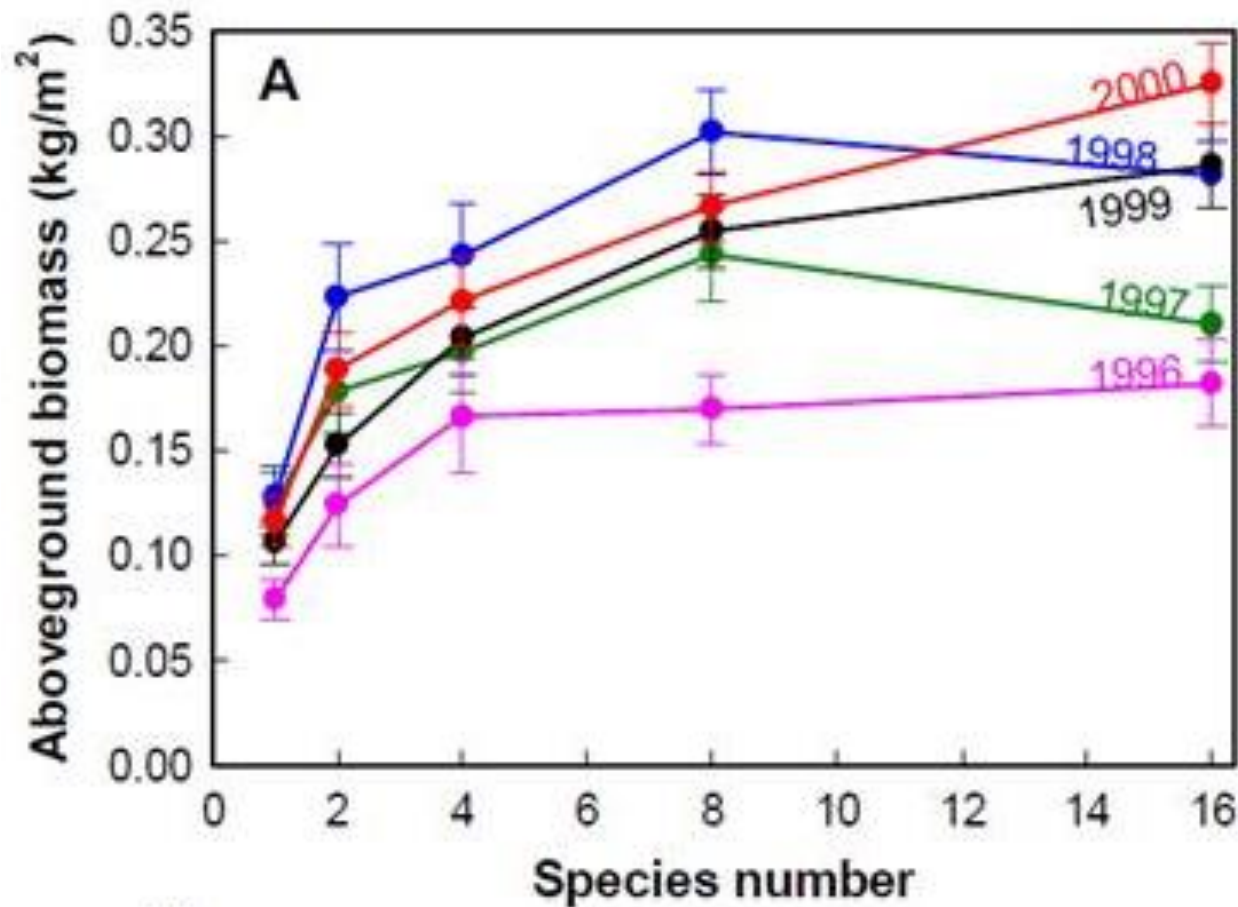


- Variation du nombre d'espèces cultivées sur une parcelle (de 1 à 32)



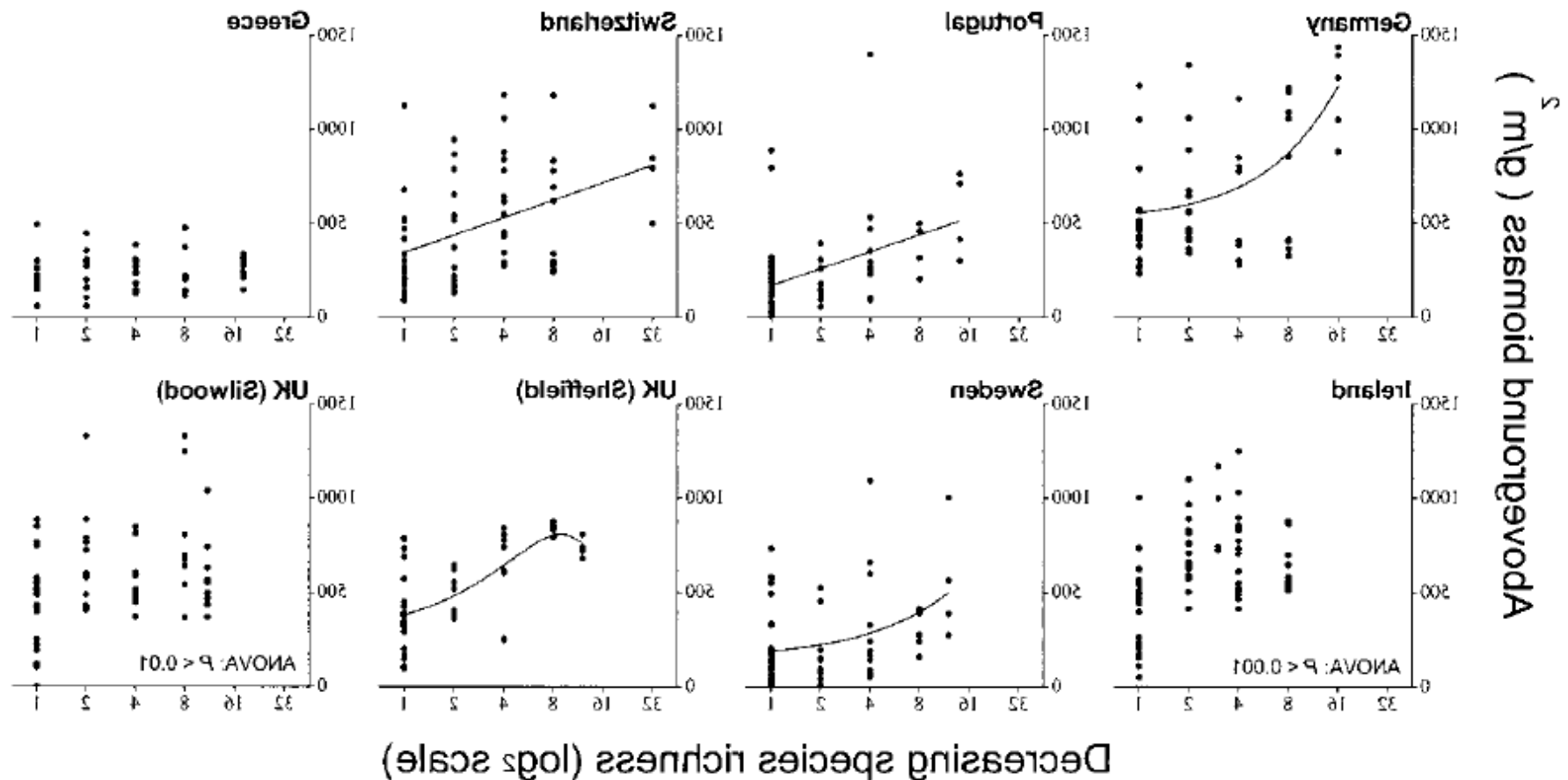
# La productivité est en général corrélée positivement au nombre d'espèces

▣ Cedar creek, Etats-Unis



# La productivité est en général corrélée positivement au nombre d'espèces

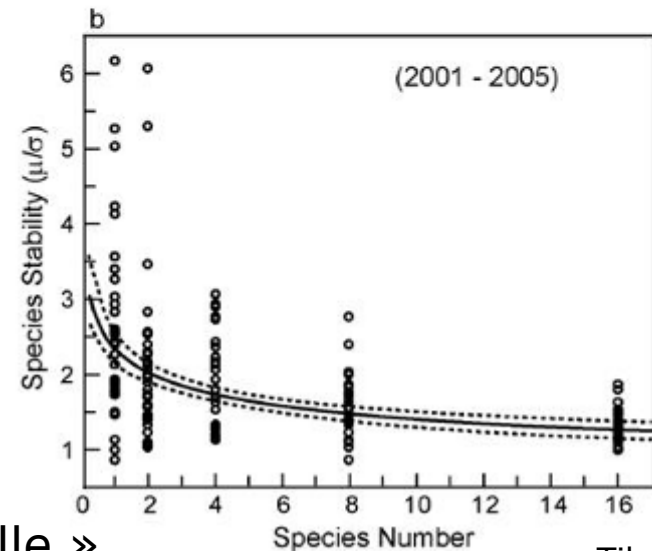
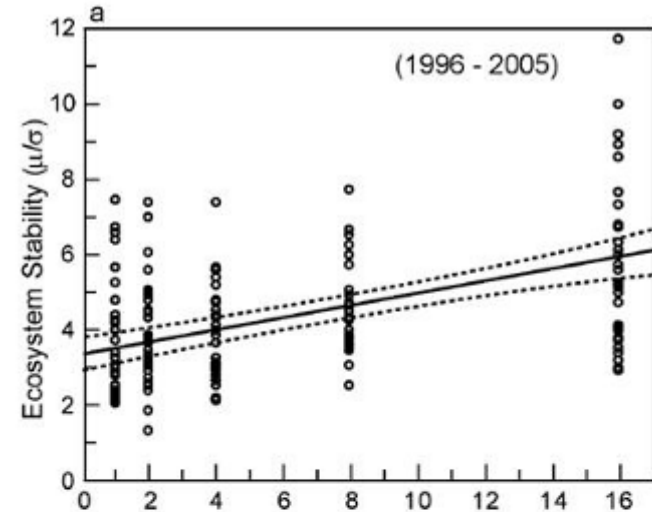
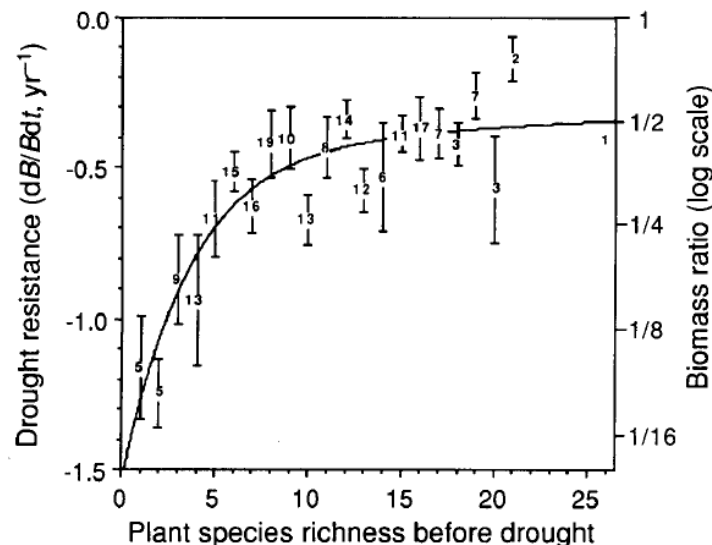
## BIODEPTH, Europe



# La diversité influence également la stabilité et la résilience des prairies



- Les systèmes plus divers sont plus stables
  - Résilience : capacité à retourner à l'équilibre après une perturbation
  - Résistance : capacité à rester à l'équilibre lors d'une perturbation



⇒ Effet « Portefeuille »

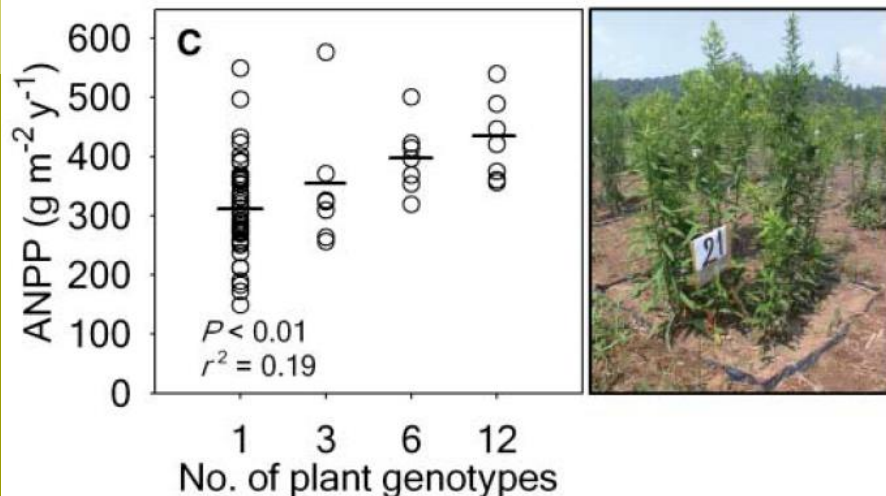
# Des effets similaires de la diversité génétique sur la productivité / stabilité

## □ Espèces sauvages

### ■ *Solidago altissima*

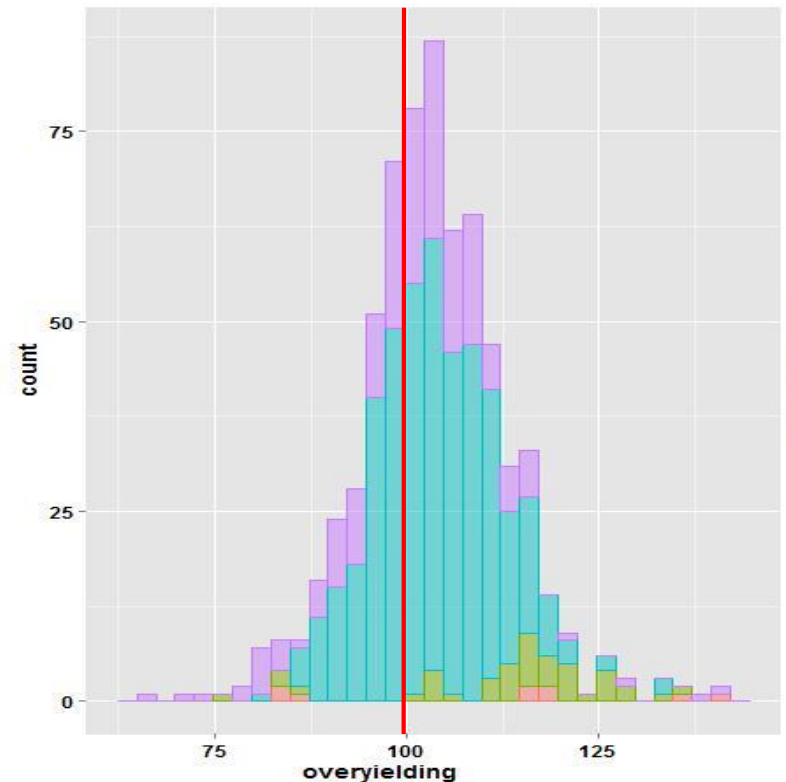


*Solidago altissima*



## □ Espèces cultivées

### ■ *Triticum aestivum*

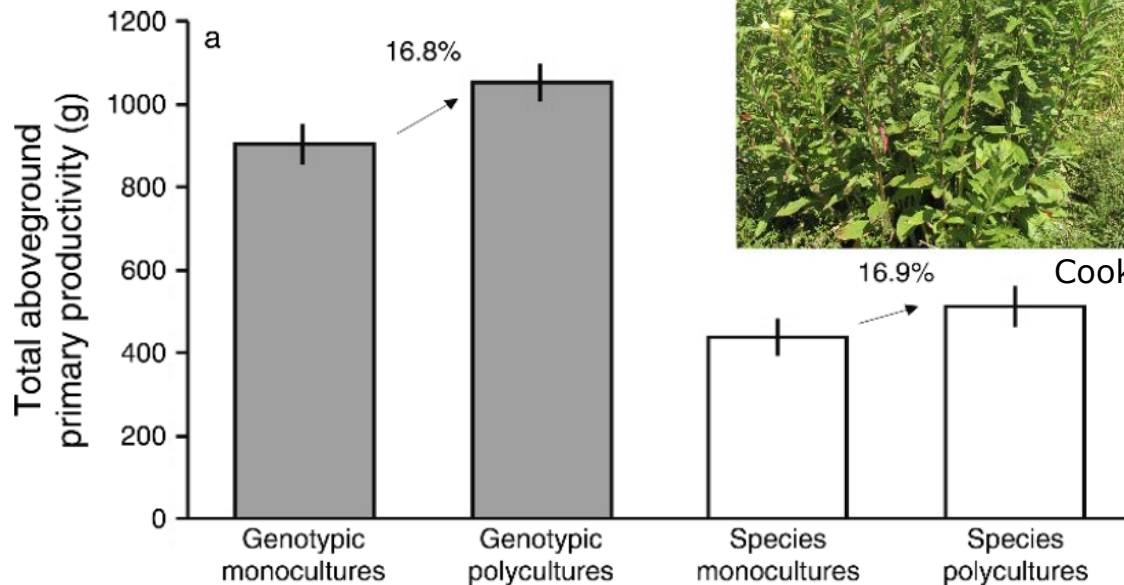




# Effets de la diversité génétique vs. spécifique parfois du même ordre de grandeur

## □ Comparaison de mélanges

- Un vs. plusieurs génotypes d'*Oenothera biennis*
- Une vs. plusieurs espèces ( $\neq$  *Oenothera biennis*)



Cook-Patton et al. *Ecology* 2011

## □ Effets complémentaires des diversités génétique et spécifique

- Effet + de la diversité spécifique sur la productivité, de la diversité génétique sur la stabilité (Prieto et al. *Nature Plants* 2015)

# Mécanismes de la relation diversité / productivité

- Complémentarité entre espèces
  - **Différenciation de niches**

- Cinq groupes fonctionnels

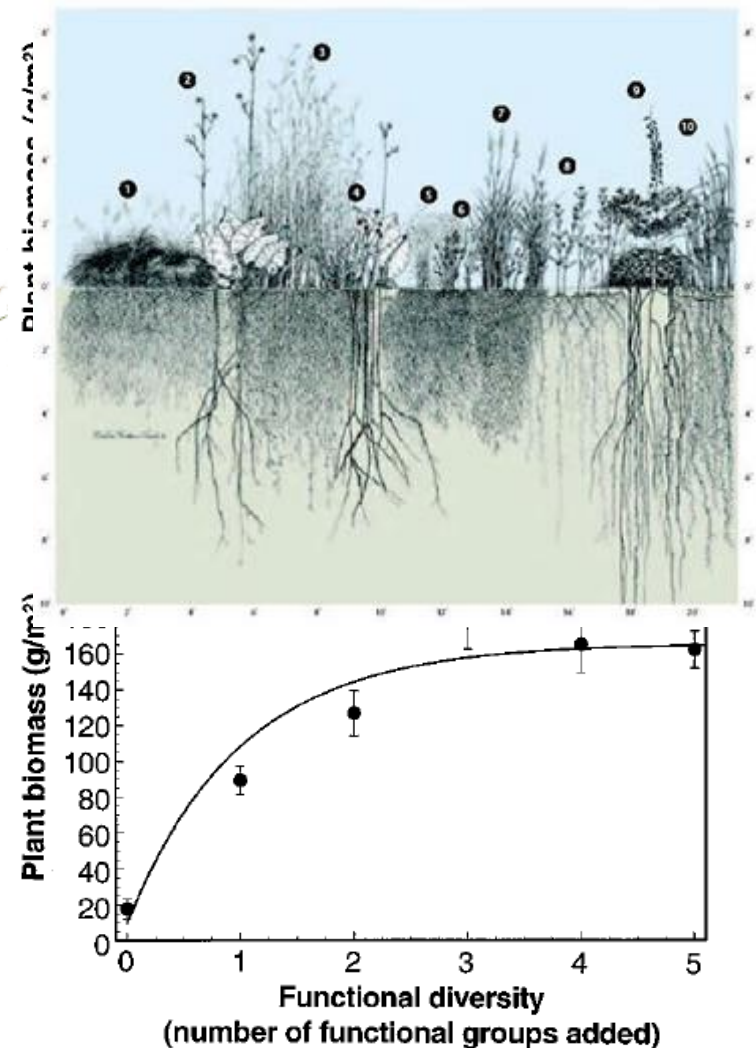
- Fixatrices d'azote
- Graminées  $C_3$
- Graminées  $C_4$
- Herbacées
- Arbustives



- Effets

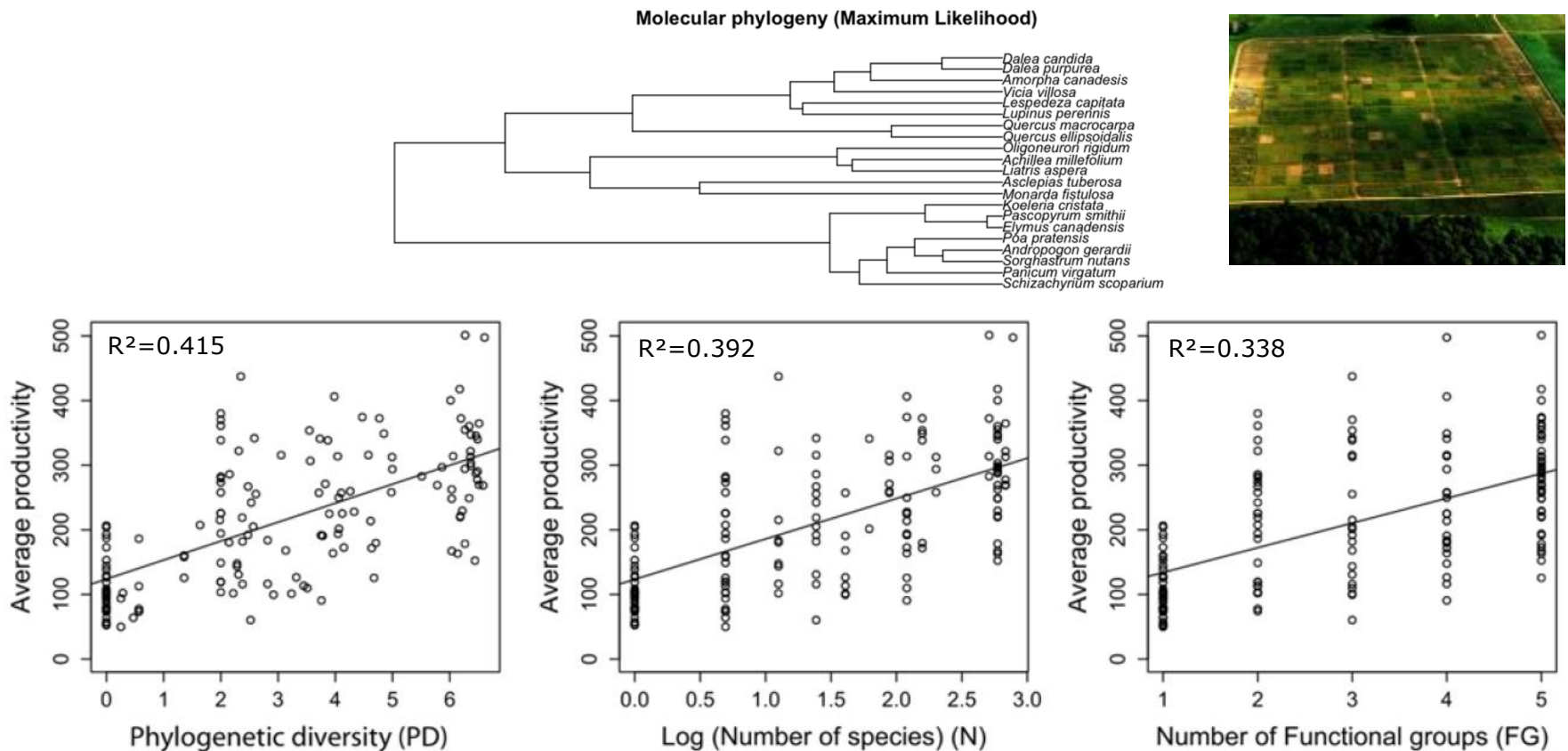
- De la diversité
- De la composition

- Quels traits fonctionnels ?



# Différenciation de niches : comment la quantifier ?

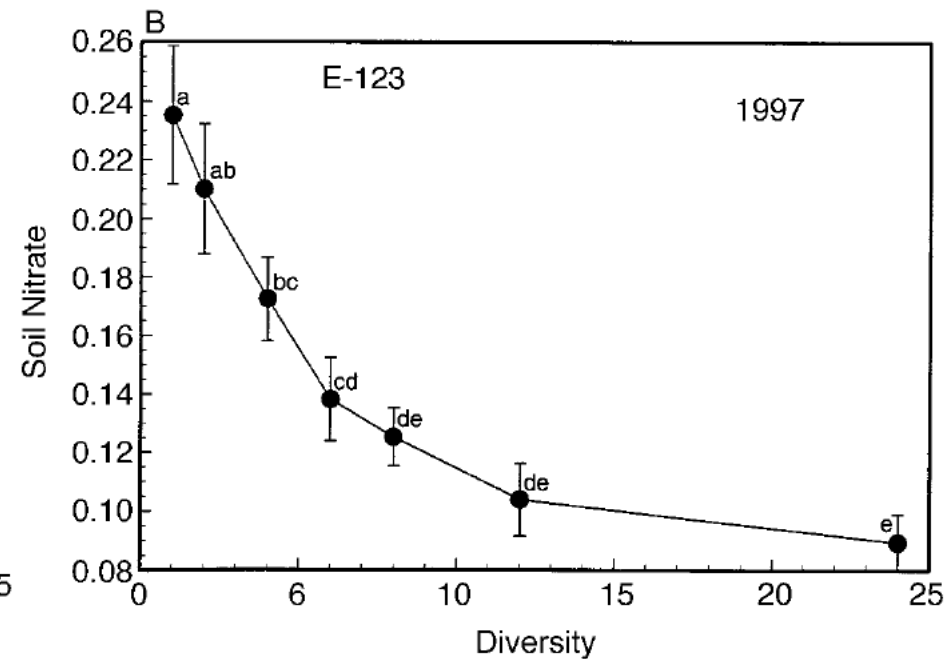
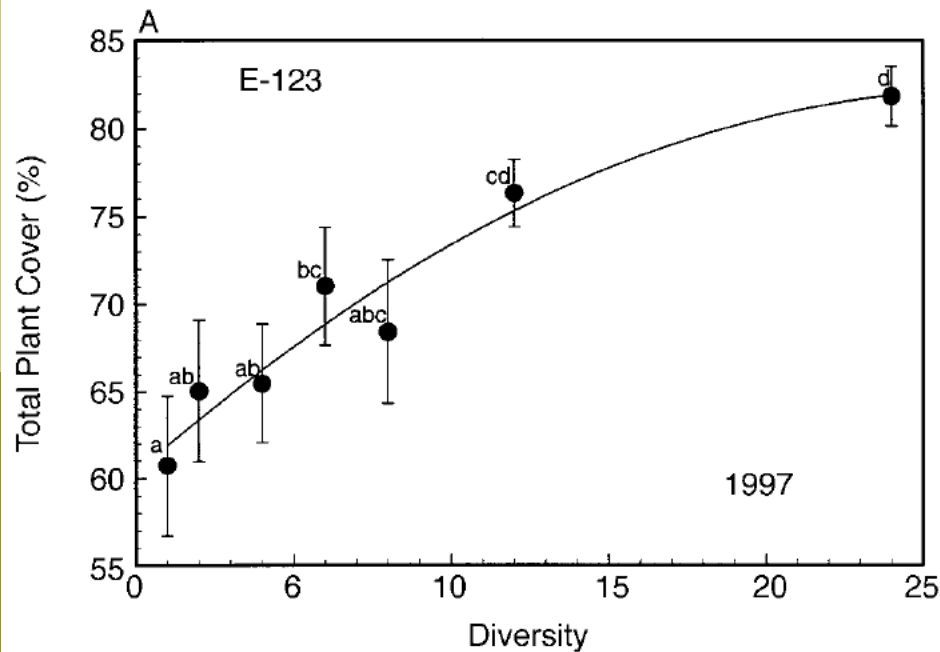
- La diversité phylogénétique explique mieux la productivité que la richesse spécifique ou la richesse fonctionnelle



# Complémentarité par différenciation de niche



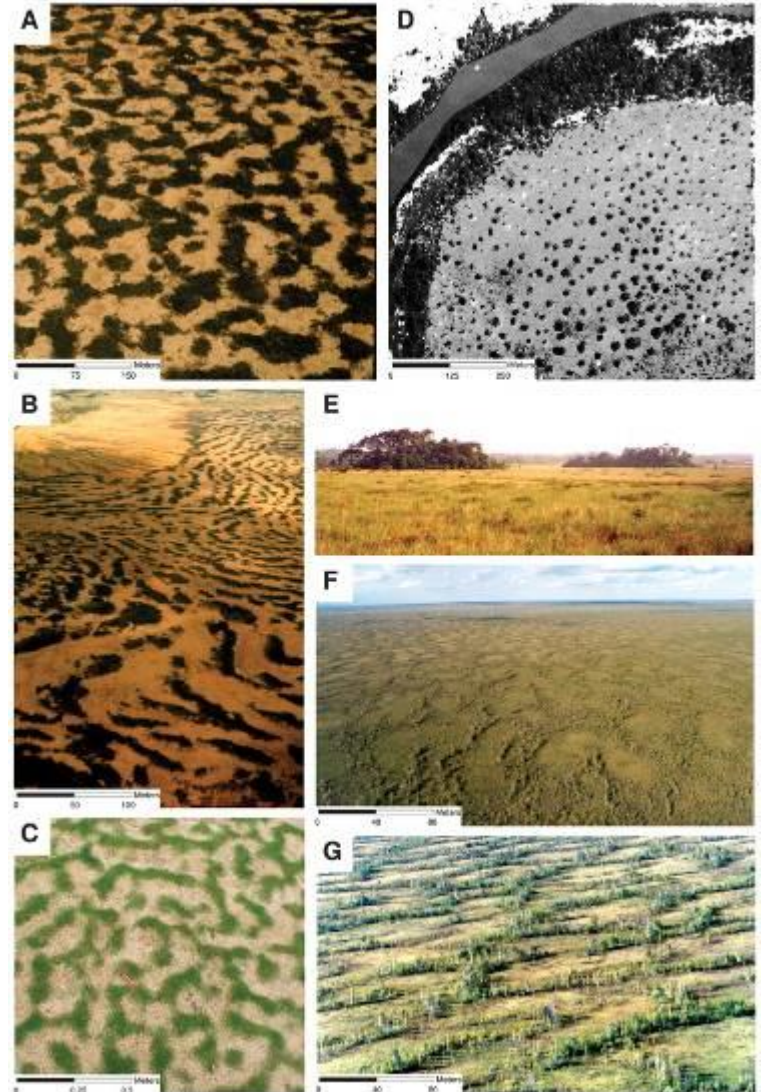
- Meilleure exploitation des ressources disponibles avec plus d'espèces





# Mécanismes de la relation diversité / productivité

- Complémentarité entre espèces
  - **Facilitation** : interaction entre espèces avec un bénéficiaire, pas d'effets négatifs (mutualisme, commensalisme)
  - Chez les plantes, création de conditions favorables à la croissance d'autres espèces
  - Exemple : agroforesterie, couverts plurispécifiques

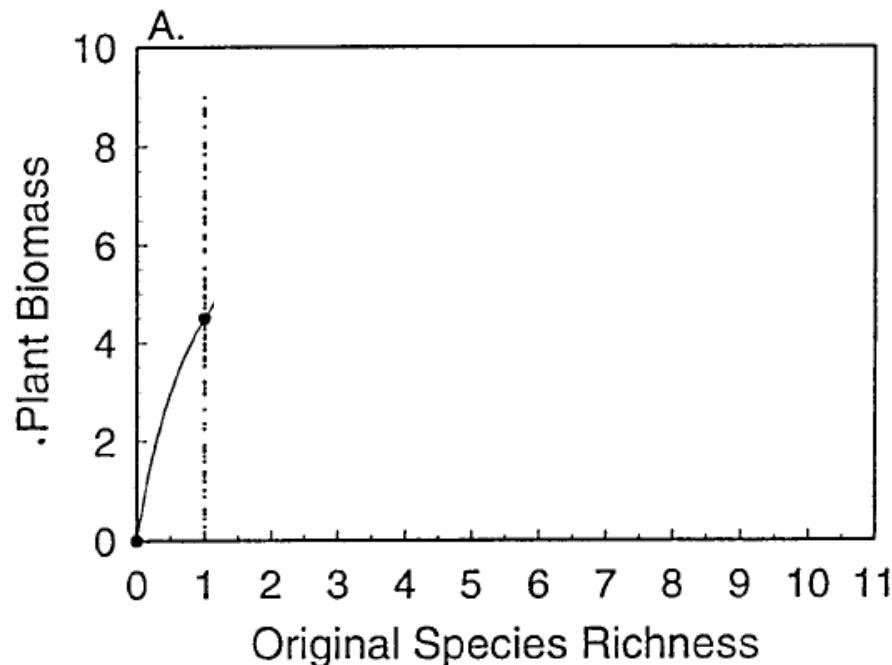




# Mécanismes de la relation diversité / productivité

## □ Effet d'échantillonnage ou de sélection

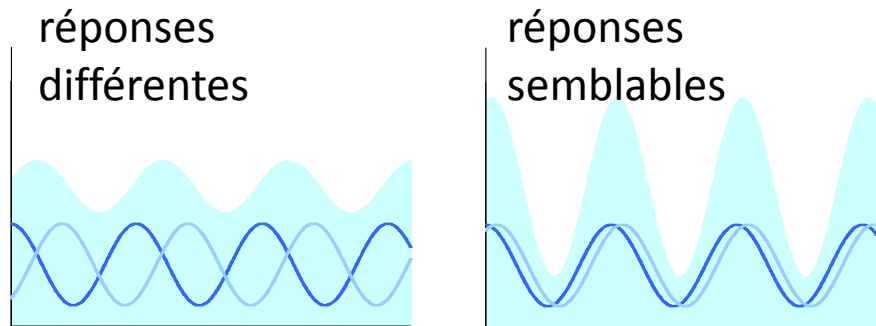
- La présence d'un plus grand nombre d'espèces augmente la probabilité d'échantillonner des espèces très productives
- Si ces espèces dominent la communauté  $\Rightarrow$  augmentation de la productivité moyenne avec le nombre d'espèces



# Effets de la diversité sur la stabilité

## ■ Réponses différentes des espèces à la variabilité environnementale

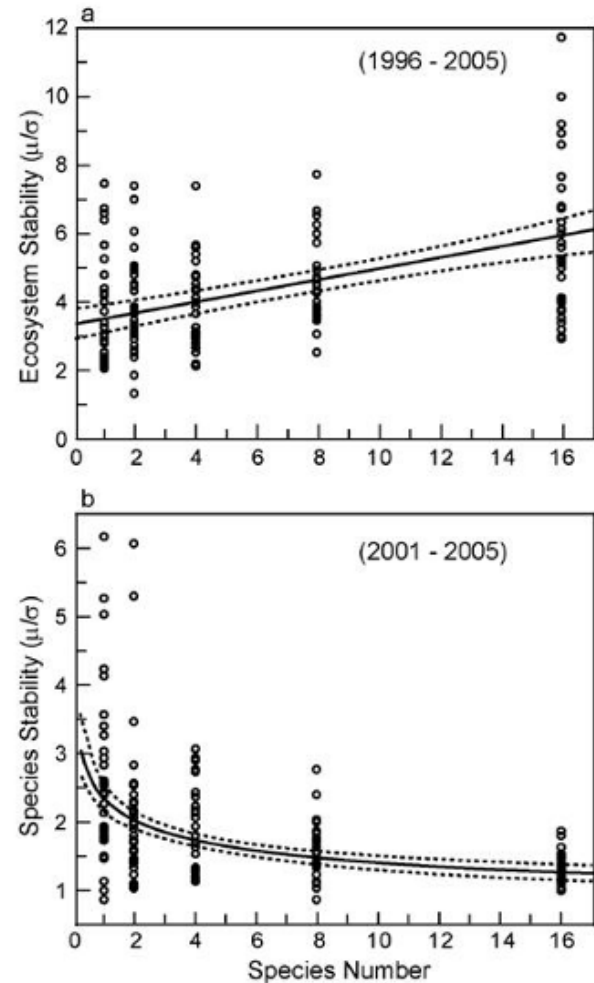
### ■ Asynchronie



### ■ Effet portefeuille

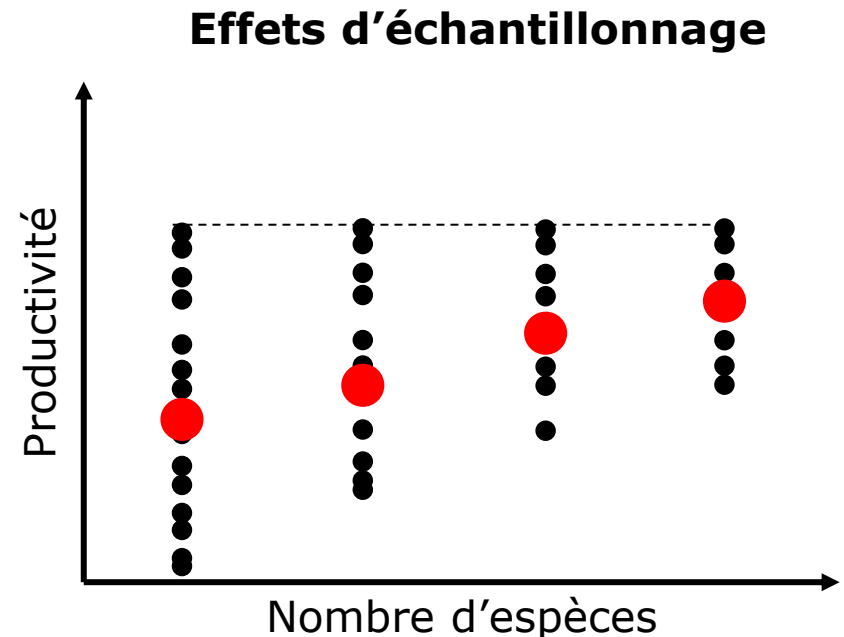
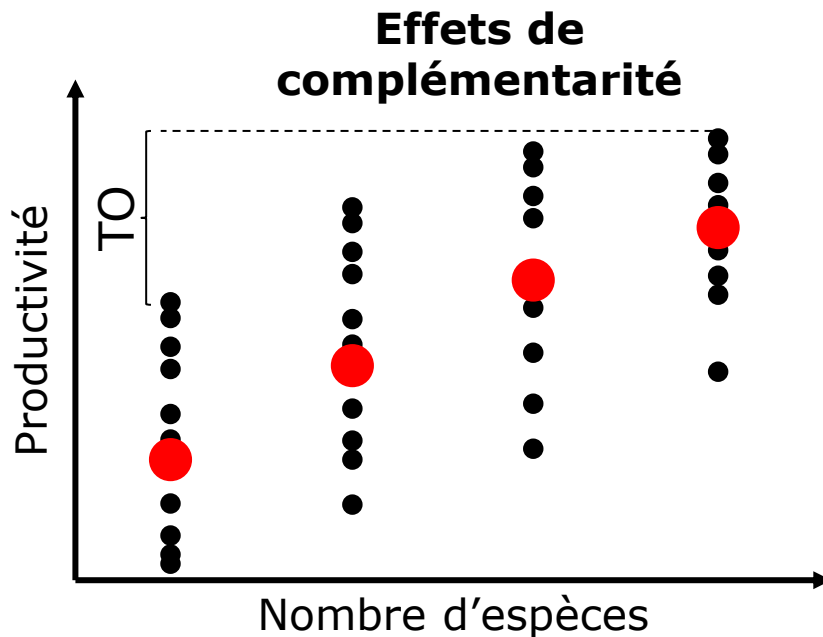
- Indépendance de la dynamique des espèces

### ■ Effet d'assurance



# Quels effets relatifs de la complémentarité et de la sélection ?

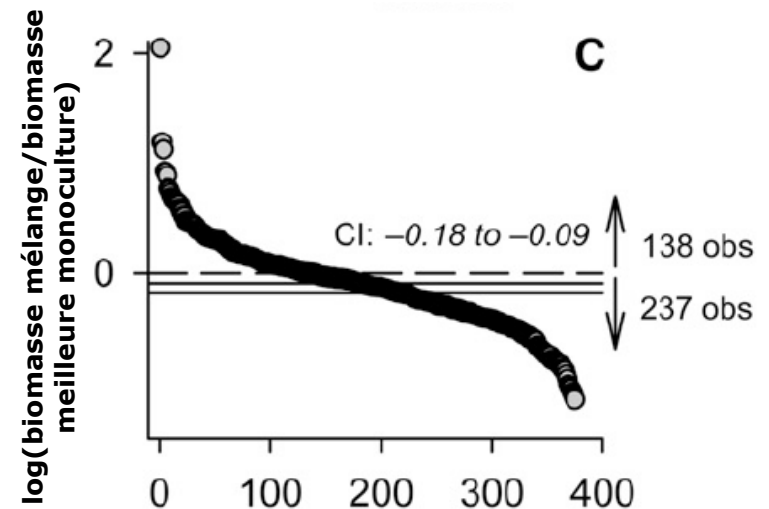
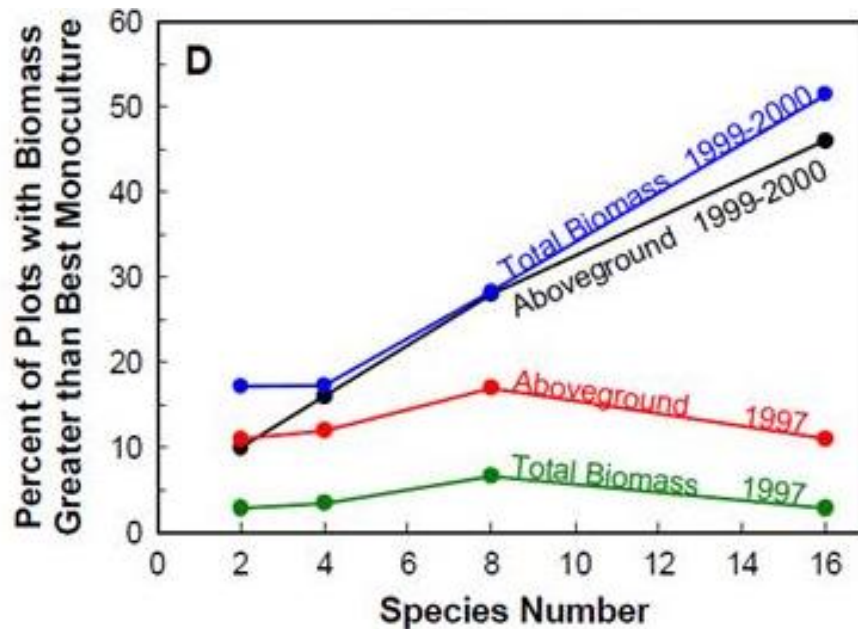
- ▣ Avec des effets de complémentarité
  - ⇒ transgressive overyielding



# Quels effets relatifs de la complémentarité et de la sélection ?

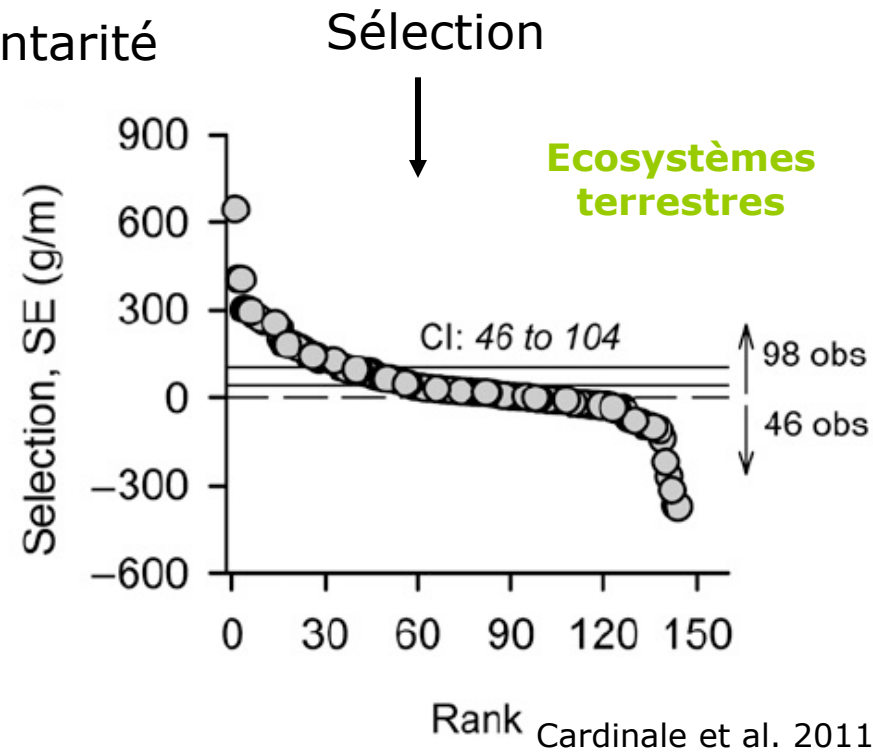
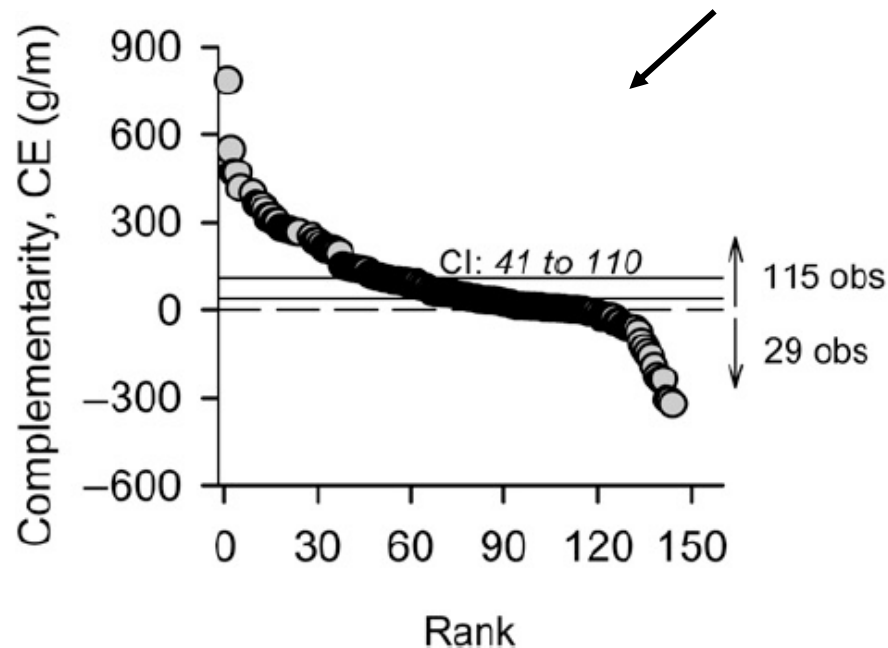


- « Transgressive overyielding » : en général assez faible, rarement observé



# Quels effets relatifs de la complémentarité et de la sélection ?

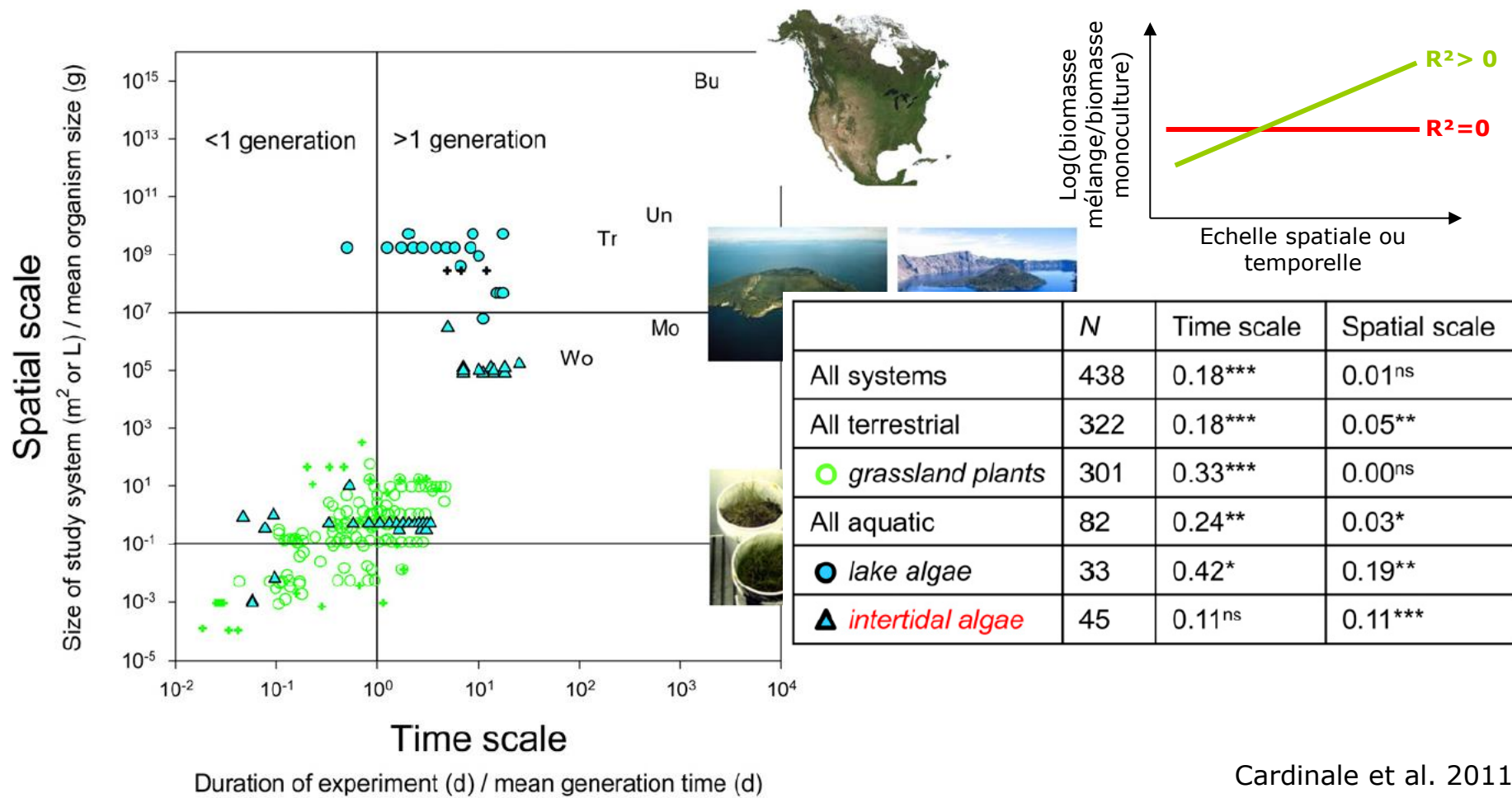
- Méthode statistique pour décomposer les effets relatifs de chaque mécanisme
  - Loreau & Hector *Nature* 2001
  - $\text{Rend}_{\text{obs}} - \text{Rend}_{\text{att}} = \underbrace{E(\text{Abond})E(\text{Rend})}_{\text{Complémentarité}} + \underbrace{\text{Cov}(\text{Abond}, \text{Rend})}_{\text{Sélection}}$





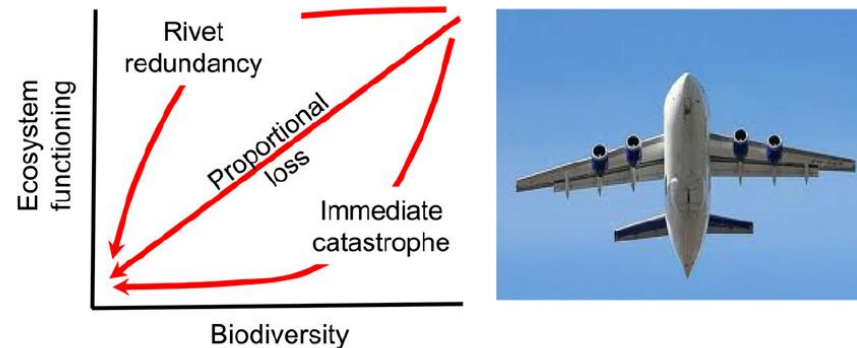
# Questions ouvertes sur la relation diversité/productivité-stabilité

## Extension à d'autres échelles spatiales/temporelles ?

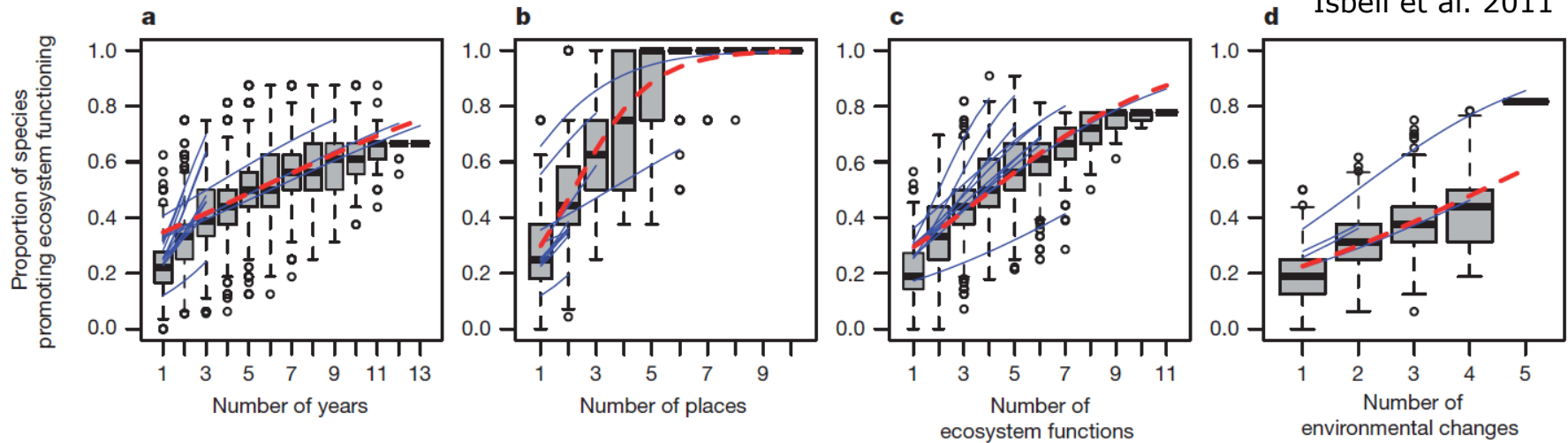


# Questions ouvertes sur la relation diversité/productivité-stabilité

## ■ Quelle redondance des espèces ?

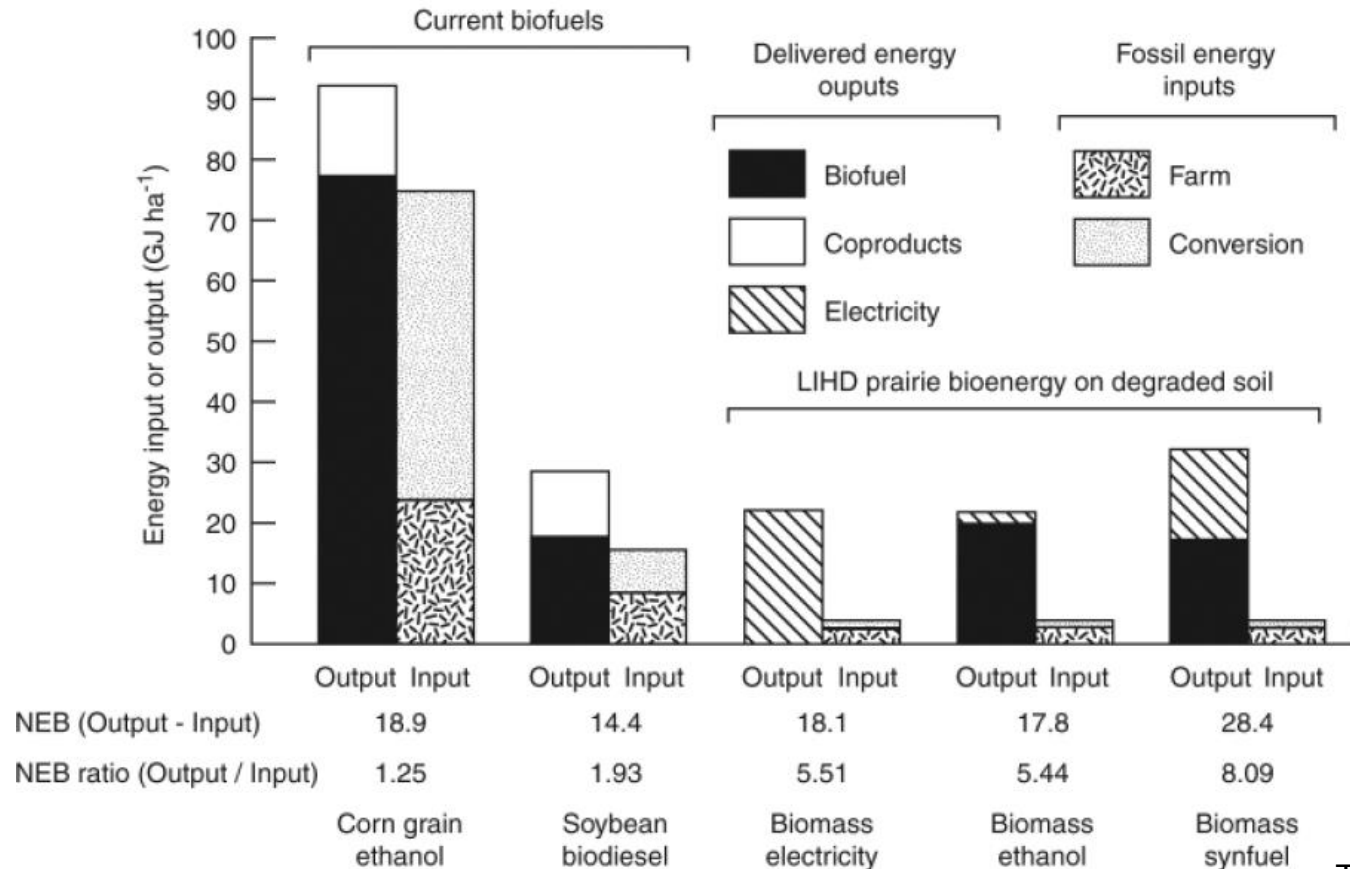


- Les espèces à conserver ne sont pas les mêmes d'un système à l'autre



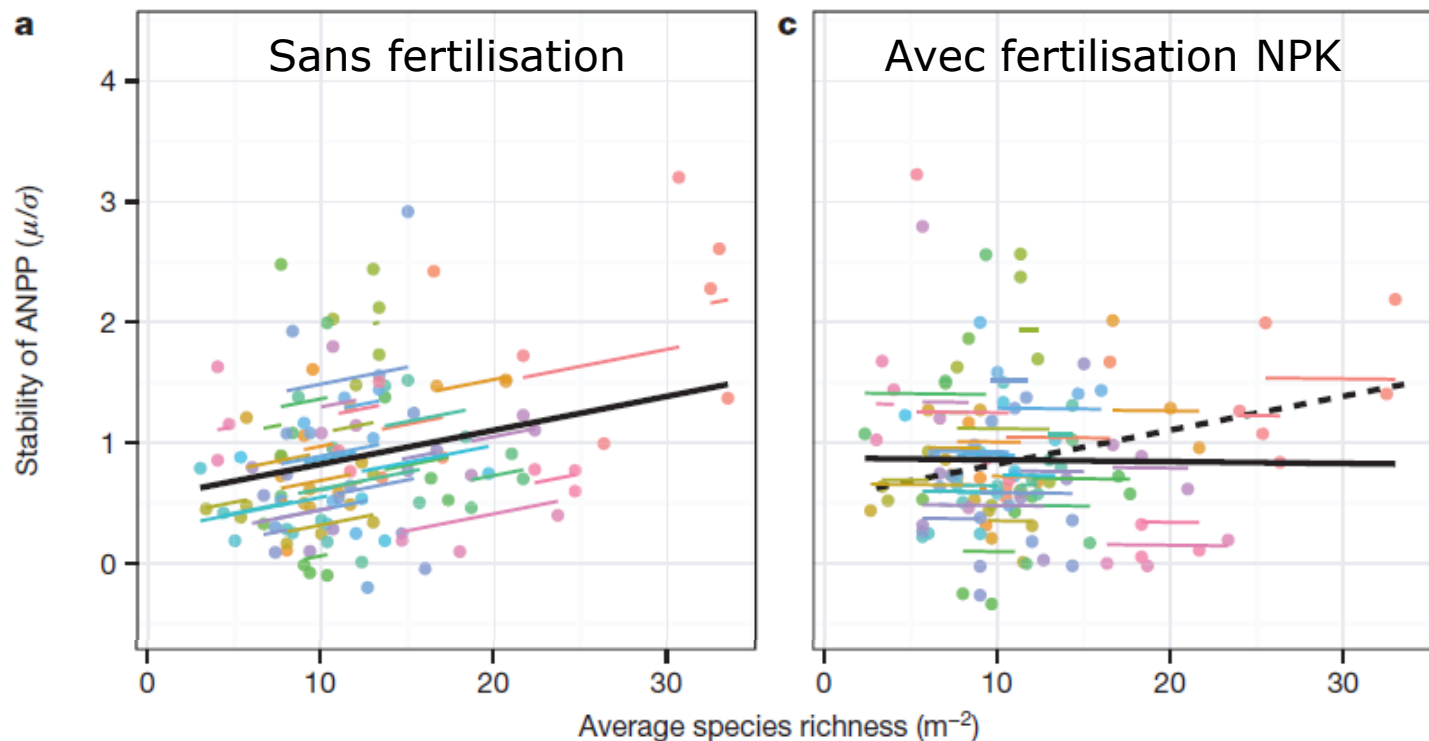
# Transferts vers l'agronomie ? Utilisation de mélanges variétaux et couverts plurispécifiques

- Alternative aux agro-carburants : production de carburants à partir de prairies



# Questions ouvertes sur la relation diversité/productivité-stabilité

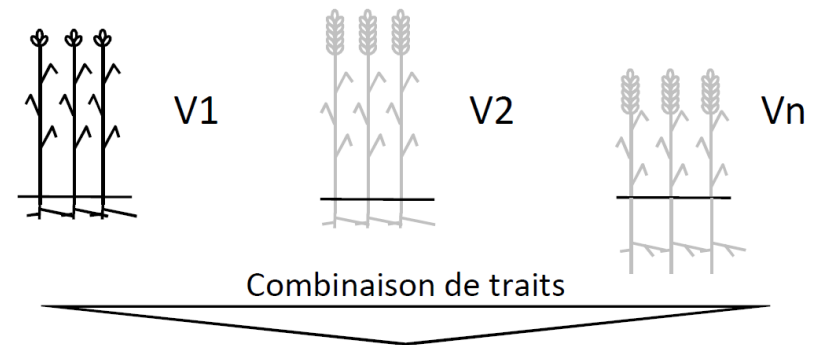
- Comment les effets de la diversité dépendent-ils de l'environnement ?
  - Effets plus importants de la diversité en environnements stressants ?
  - En bas intrants ?



# Questions ouvertes sur la relation diversité/productivité-stabilité

## □ Comment choisir les variétés / espèces associées ?

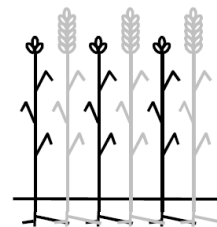
- Les approches par traits permettent-elles de comprendre/ prédire les meilleures associations ?



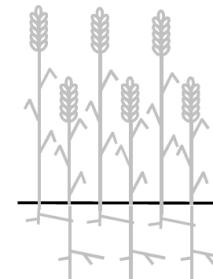
- Quelles combinaisons de traits ?

- Critères écologiques
- Autres critères

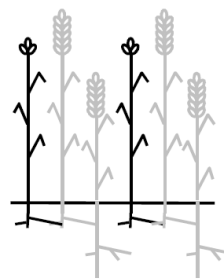
Association de traits  
corrélés négativement  
(rendement vs. résistance)



Variance d'un trait  
(hauteur / profondeur  
des racines)



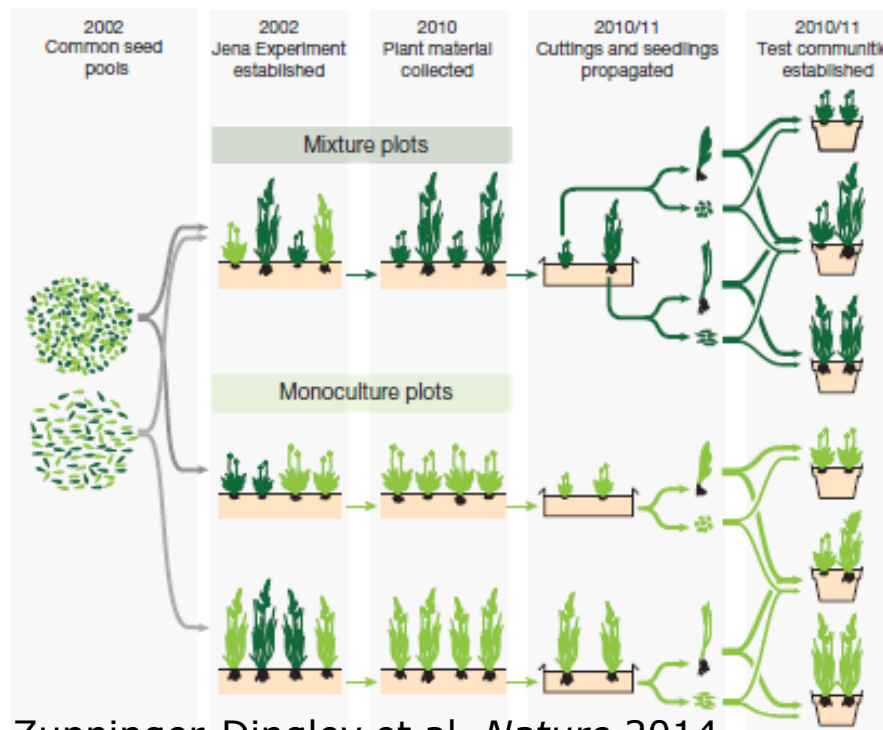
Combinaison  
des deux



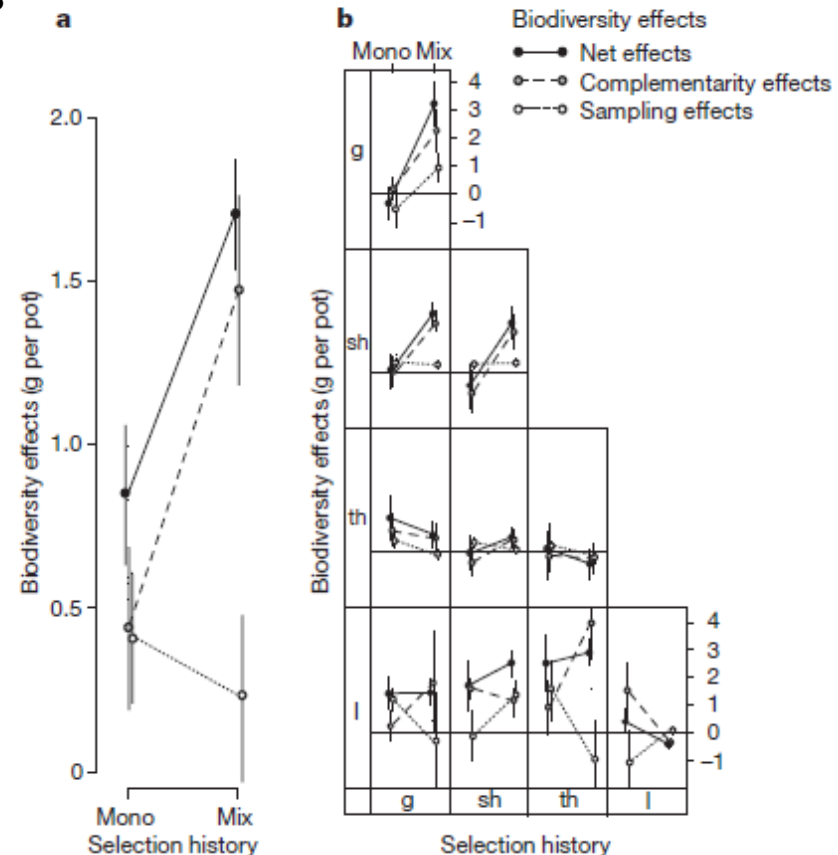


# Questions ouvertes sur la relation diversité/productivité-stabilité

- Peut-on sélectionner pour l'aptitude au mélange ?
  - Si oui, comment ? Sur quels traits ?
  - Augmentation des effets de complémentarité après plusieurs générations d'évolution en mélanges



Zupping-Dingley et al. *Nature* 2014



# Conclusions

---

- Effets de complémentarité répandus
  - Importance de maintenir la diversité génétique / spécifique
  - Il est possible de sélectionner pour plus de complémentarité
  - Plus grand bénéfice de la diversité en conditions bas intrants ?
  
- Mais beaucoup de questions en suspens

**Merci!**