

## Séminaire Réseau Prairies - Parcours / 8 mars 2017 Montpellier à Agropolis

*Diversité des ressources végétales : un atout pour les systèmes d'élevage face aux aléas*

*Mots-clés : Systèmes d'élevage - territoires - changements climatiques - changements globaux - ressources fourragères*



# Le fonctionnement des parcours méditerranéens peut-il guider la conception de mélanges fourragers plus résilients?

**Karim Barkaoui**

karim.barkaoui@cirad.fr

En collaboration avec  
l'équipe ECOPAR du CEFE

# Les prairies fournissent de nombreux services écosystémiques

## Prairies =

**26%** de la surface terrestre

**70 %** des surfaces cultivées

## Services =

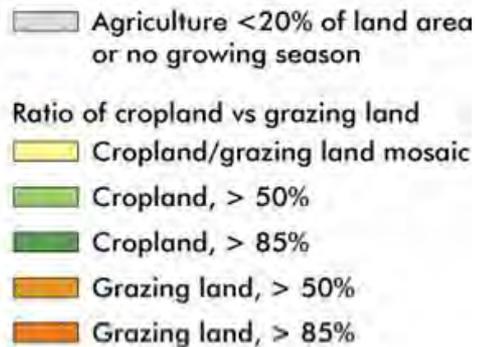
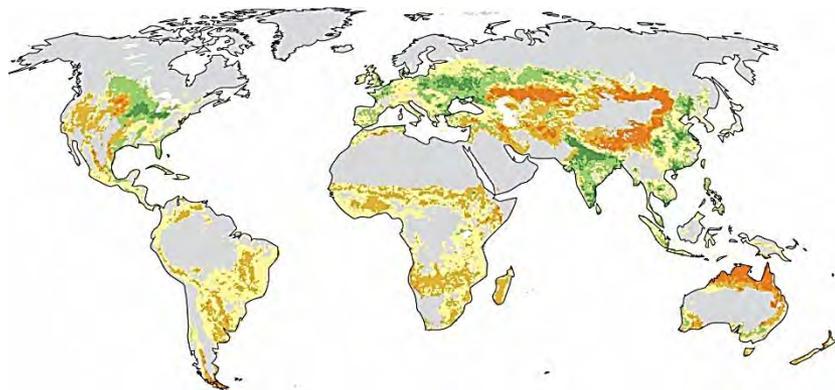
- Production de fourrage
- Protection des sols
- Séquestration du carbone
- Préservation de la biodiversité

**> 800 millions**

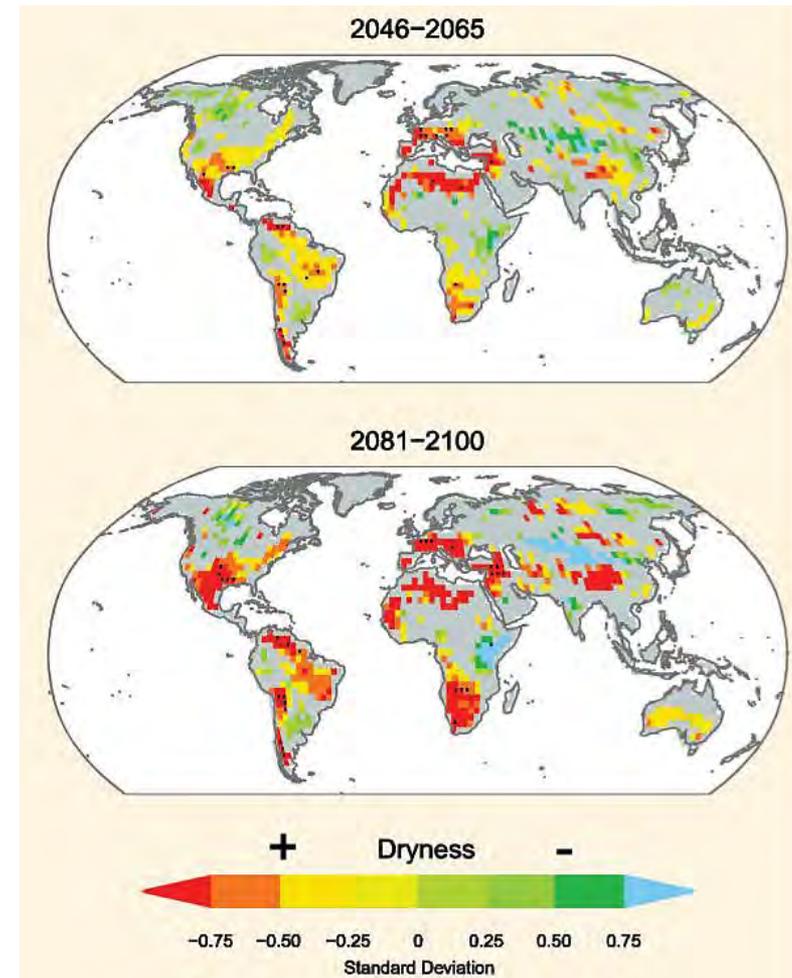
de personnes en dépendent directement

# Les prairies du monde sont menacées par l'aridité croissante

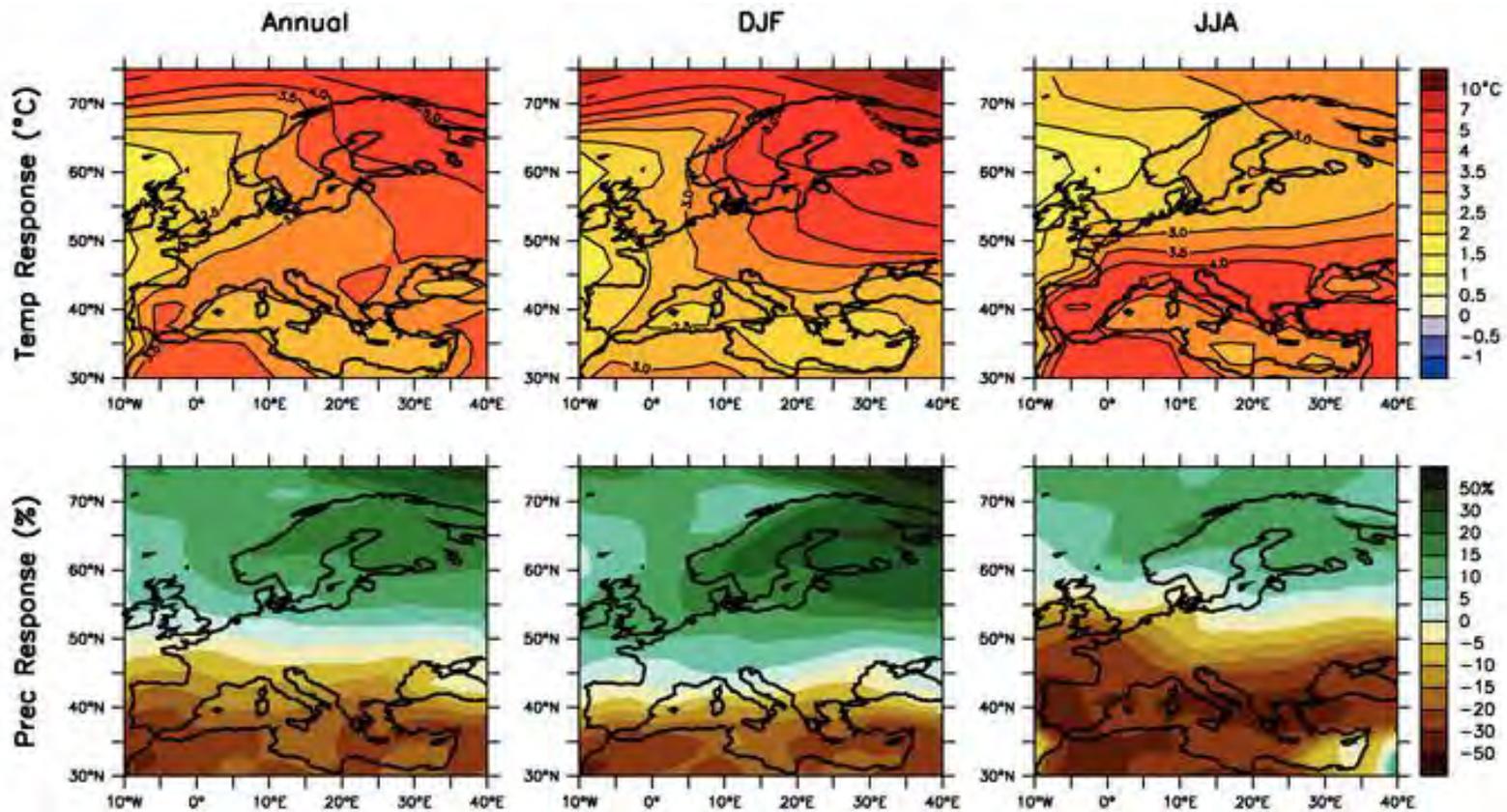
## Répartition des prairies dans le monde



## Projection des sécheresses futures



# En Méditerranée, l'aridité est croissante



La recharge hivernale diminue au Sud de la Méditerranée.  
Les sécheresses estivales augmentent partout.

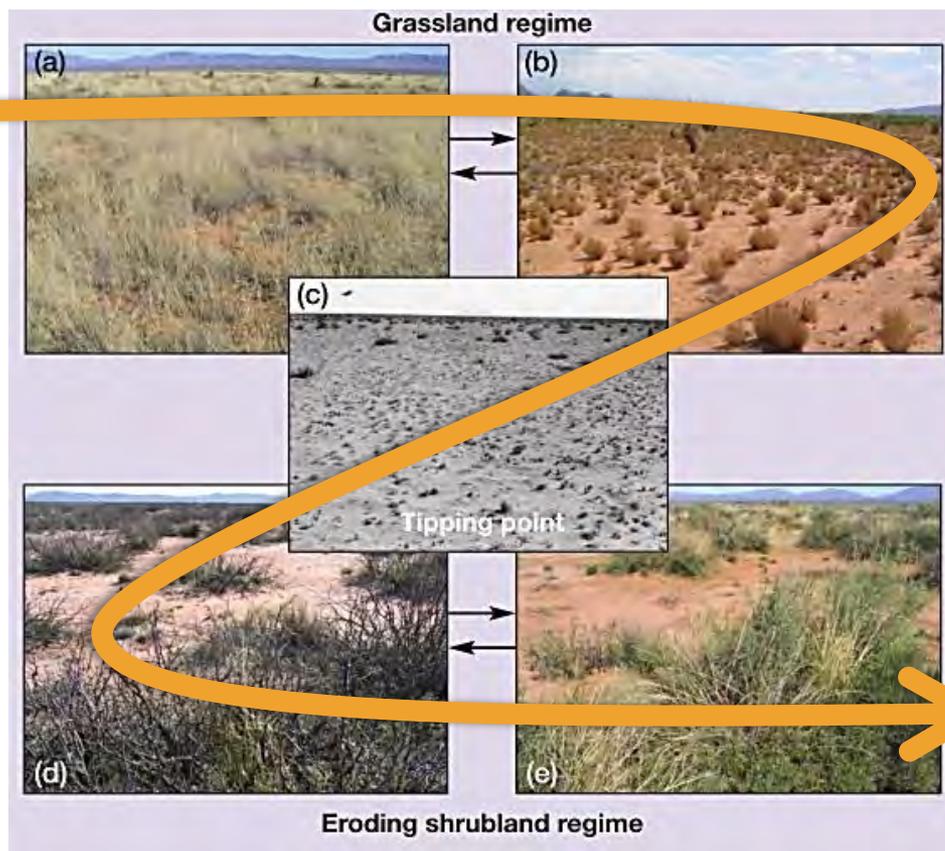
# Stabilité, résilience?

= 2 concepts différents

Etat de l'écosystème

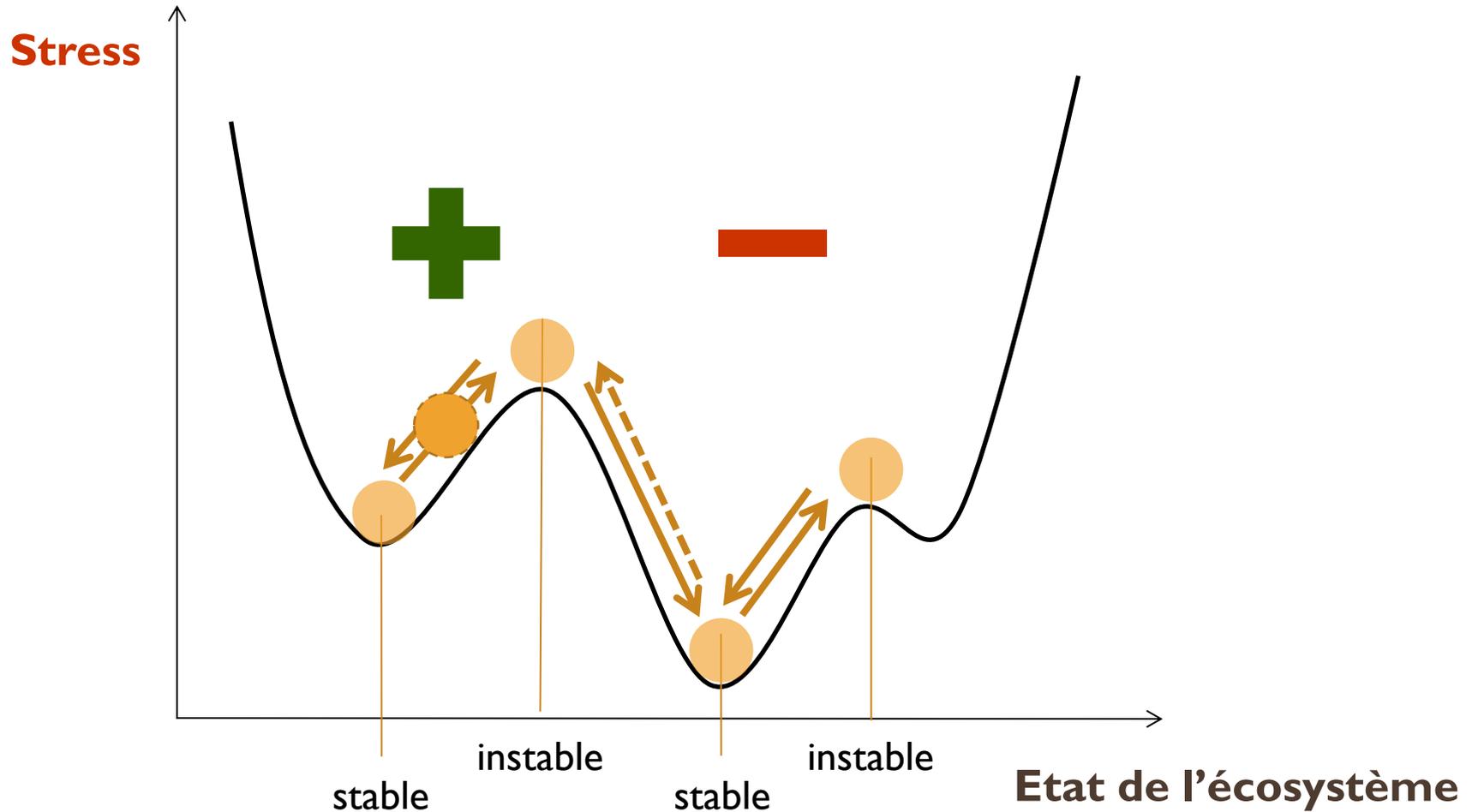
Services

**Stress**  
Sécheresse  
prolongée  
+  
surpâturage



# Stabilité, résilience?

= 2 concepts différents



# La résilience des écosystèmes

**Résilience =**  
Résistance + Reprise

## Résistance

Capacité à croître malgré  
les conditions défavorables

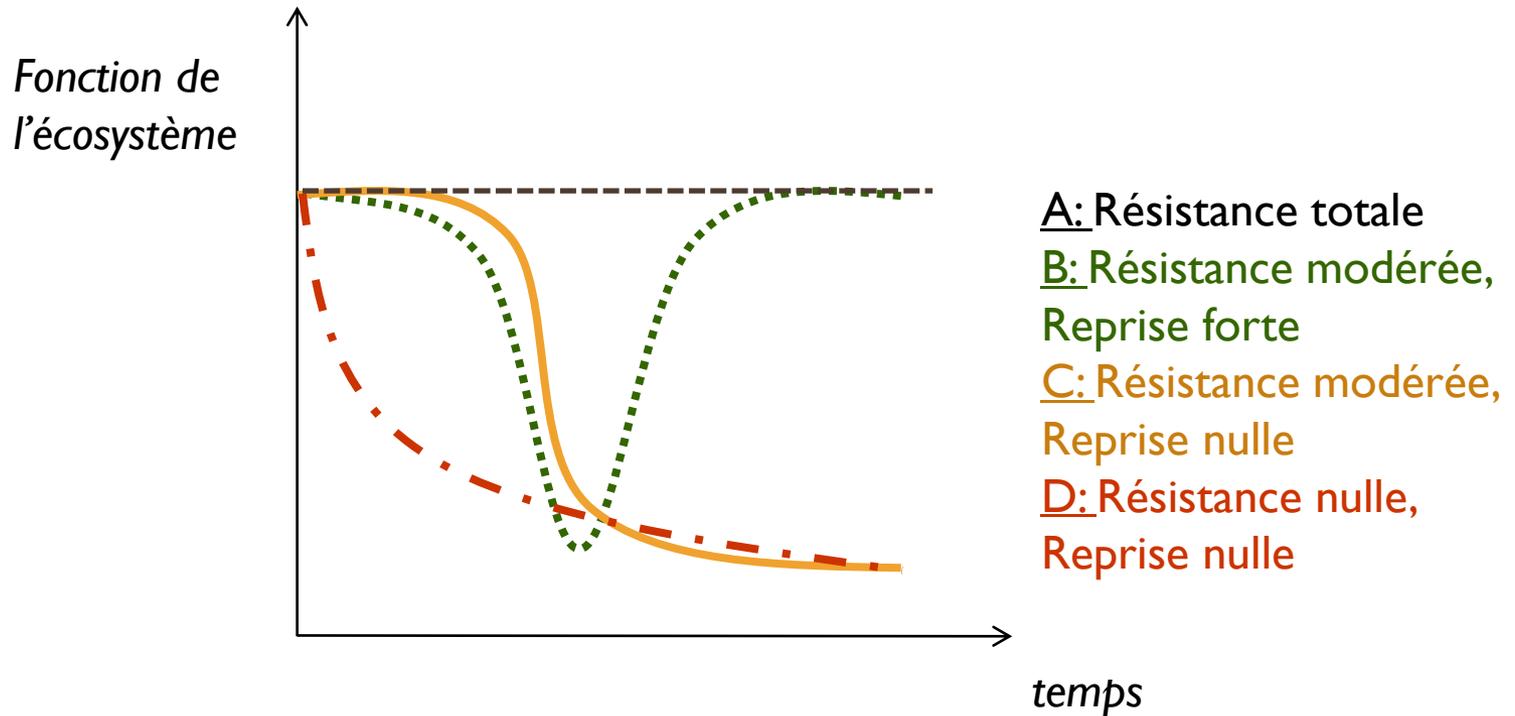


## Reprise

Capacité à croître dès que  
les conditions redeviennent  
favorables

# La résilience des écosystèmes

**Résilience =**  
Résistance + Reprise



# Améliorer la résilience des prairies

Intensité des sécheresses



Monospécifique

Agro

Eco

Plurispécifique

Productivité

Résistance

Stratégie de tolérance,  
d'évitement



Persistance

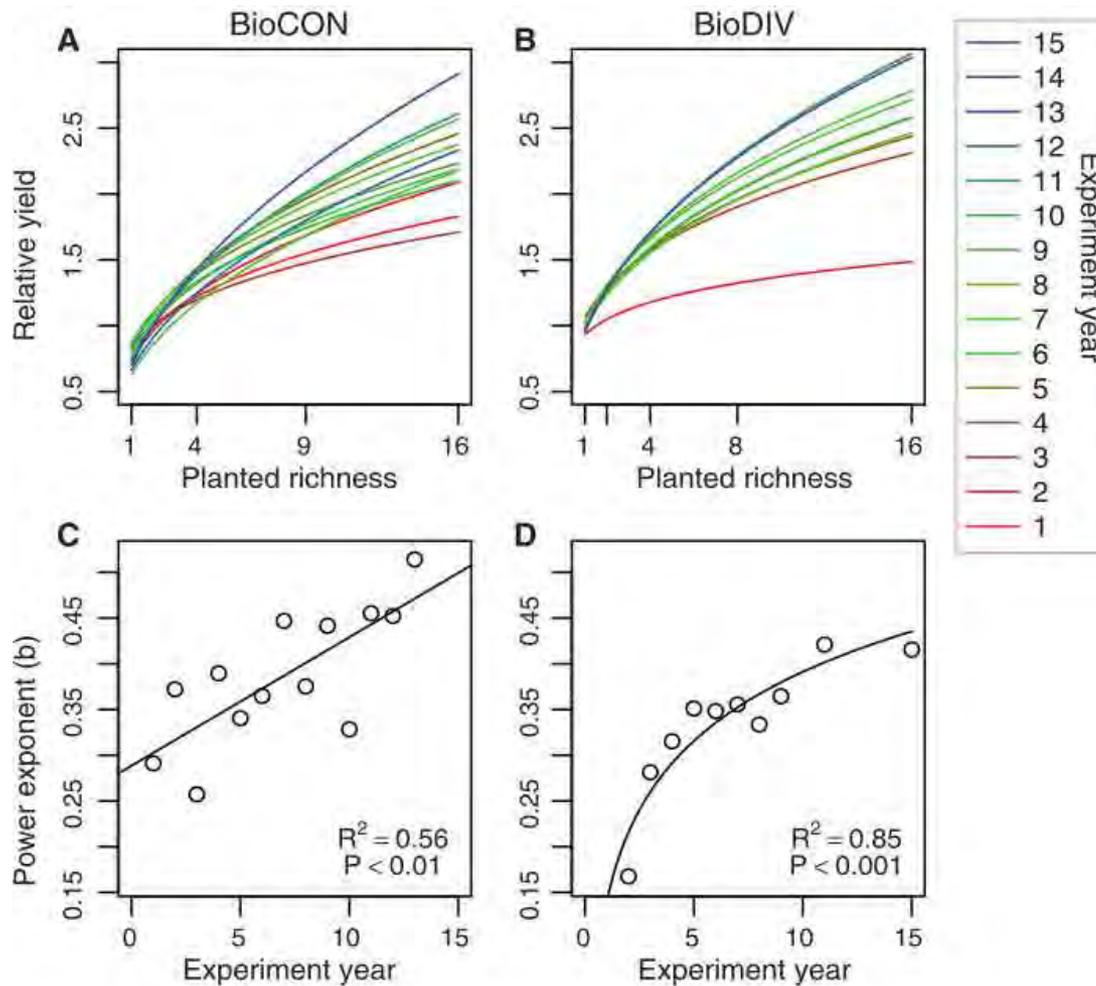
Reprise

Stratégies de survie,  
de dormance

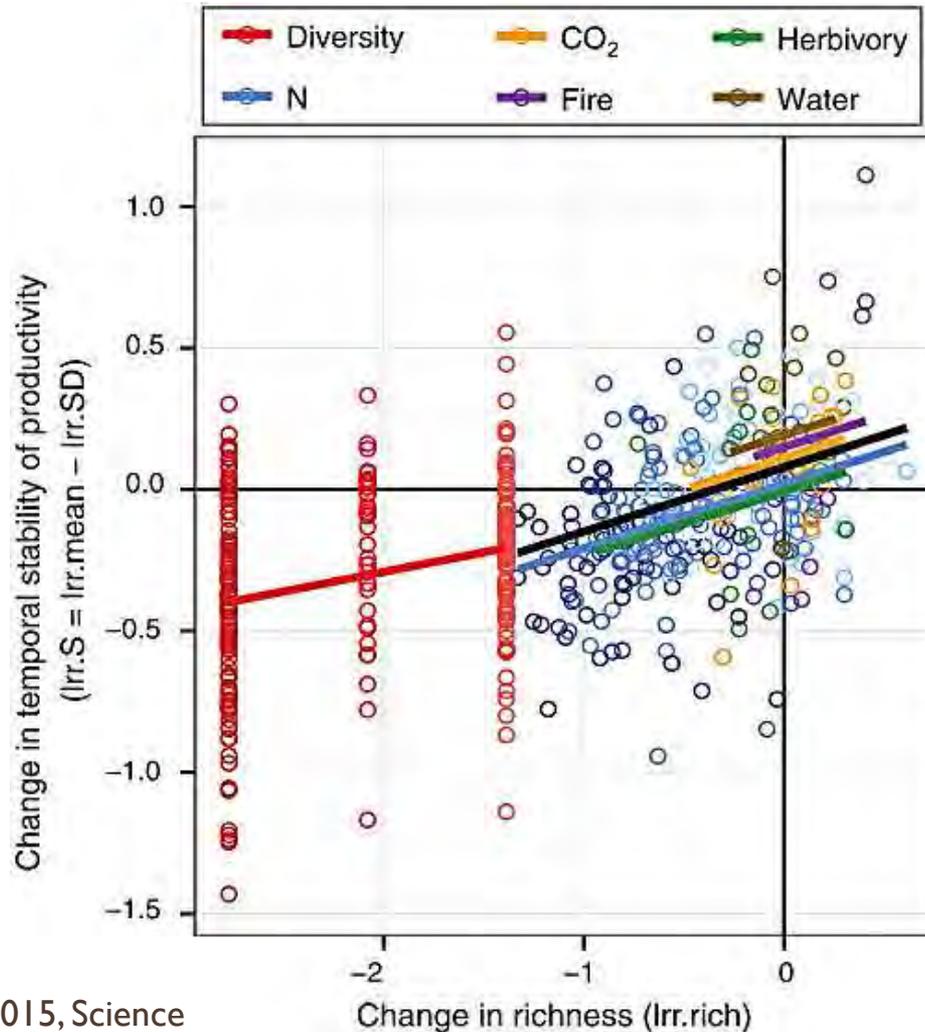


Quel rôle de la biodiversité végétale?

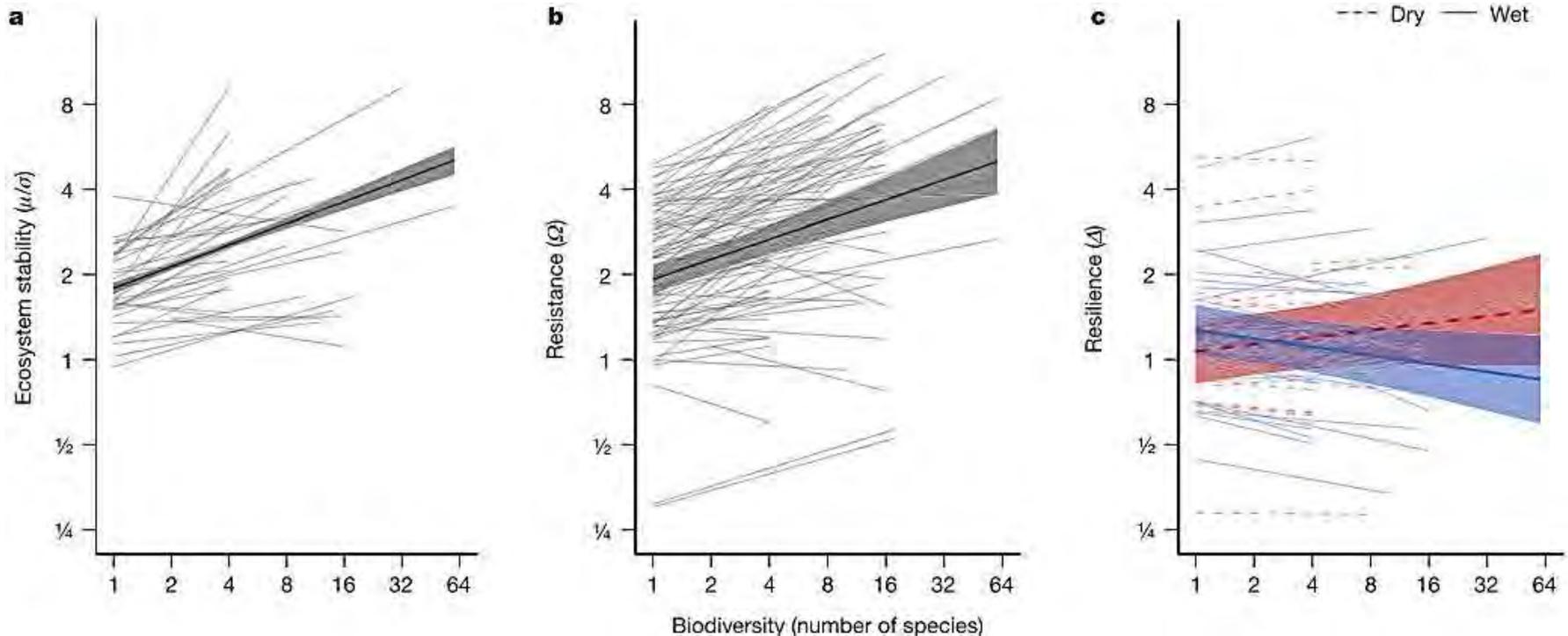
# La biodiversité des plantes améliore la productivité des écosystèmes



# La biodiversité des plantes diminue la variabilité de la productivité



# La biodiversité des plantes améliore-t-elle la résilience des écosystèmes?



Le nombre d'espèces est-elle la bonne métrique?

# De quelle biodiversité parle-t-on?

## fonctions

Interception de la lumière,  
compétition aérienne

Reproduction,  
régénération

Croissance végétative,  
utilisation des ressources

Absorption de l'eau et  
des minéraux,  
compétition souterraine



## traits

Hauteur des plantes

Masse des graines

Surface spécifique  
foliaire, teneur en  
matière sèche des  
feuilles

Profondeur racinaire,  
surface spécifique racinaire

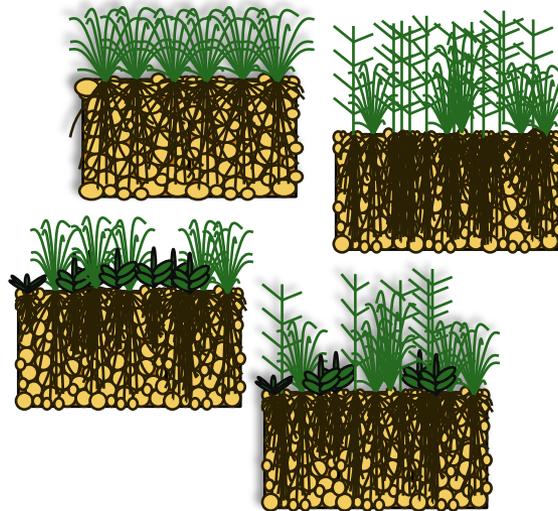


# A quel niveau d'organisation?

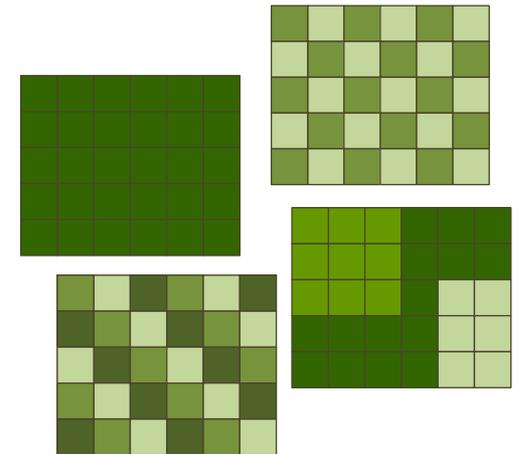
## Plante



## Communauté



## Ecosystème (ou méta-communauté)

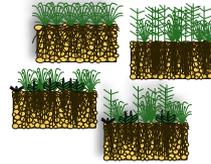


# Quels mécanismes associés?



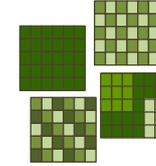
## Plante

- Evitement
- Tolérance
- Dormance
  
- Plasticité phénotypique
  
- Diversité génotypique



## Communauté

- Corrélation traits de réponse et d'effet
  
- Complémentarité vs. redondance fonctionnelle
  
- Complexité des réseaux trophiques



## Ecosystème (ou méta-communauté)

- Hétérogénéité environnementale (zone refuge)
  
- Asynchronie des communautés
  
- Connectivité
  
- Etats alternatifs difficile à atteindre

# Comment combiner les espèces?

## La Nature comme modèle?

Observation des écosystèmes « naturels »



Identification des propriétés qui  
permettent la résilience



Proposition de règles d'assemblage

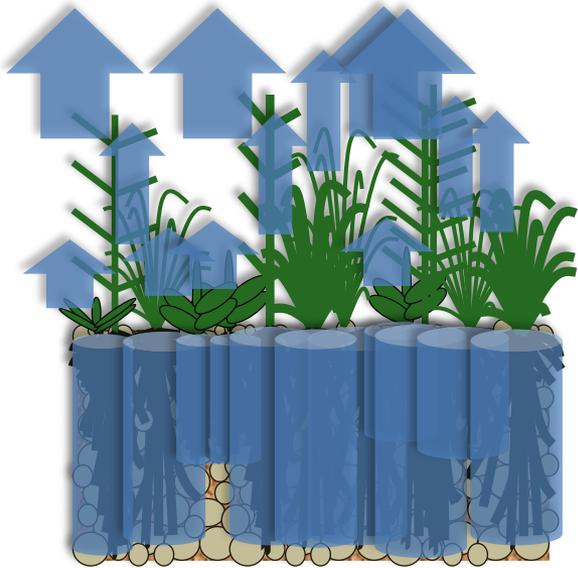


Evaluation des mélanges

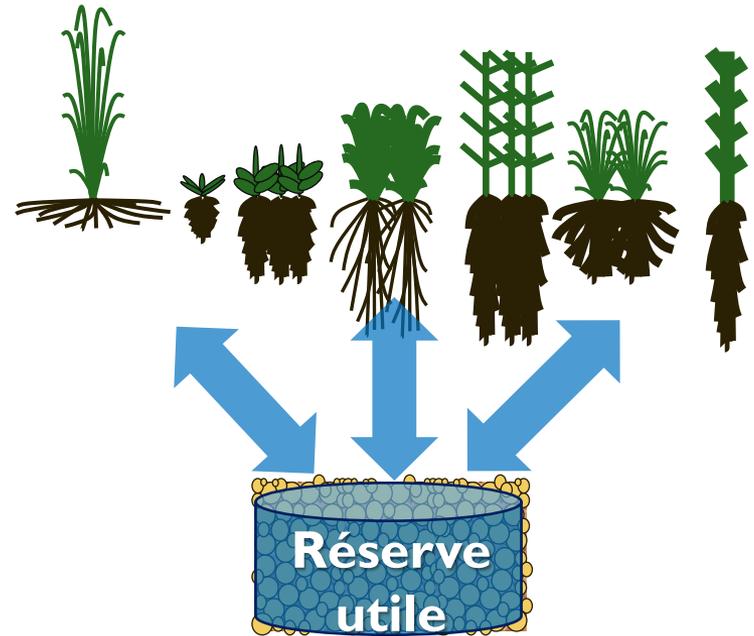
# Comment combiner les espèces?

?

1



2

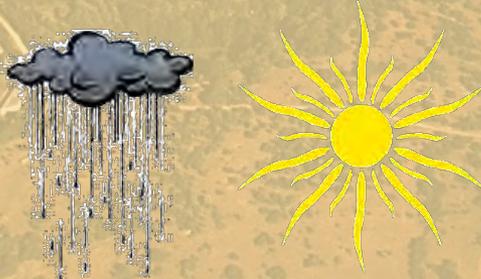




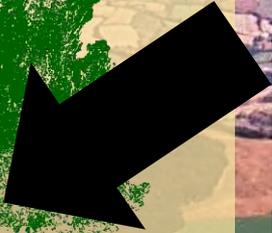
# Causse Larzac

- Climat méditerranéen
- plateau calcaire karstique
- parcours peu productifs, riches en espèces
- pression de pâturage maîtrisée

Un seul climat



Un gradient de sol



# Des conditions édaphiques contrastées

< 10 cm de profondeur  
> 90 % de sables dolomitiques

Sols sableux  
superficiels

> 120 cm de profondeur  
> 30 % d'argiles

Sols argileux  
profonds

# Des communautés végétales différentes



*Festuca christiani-bernardii*



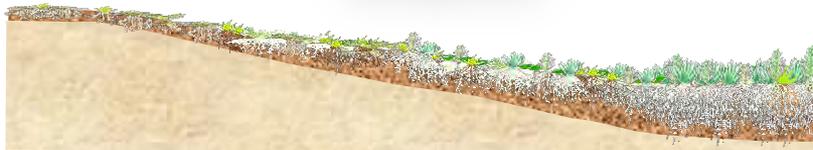
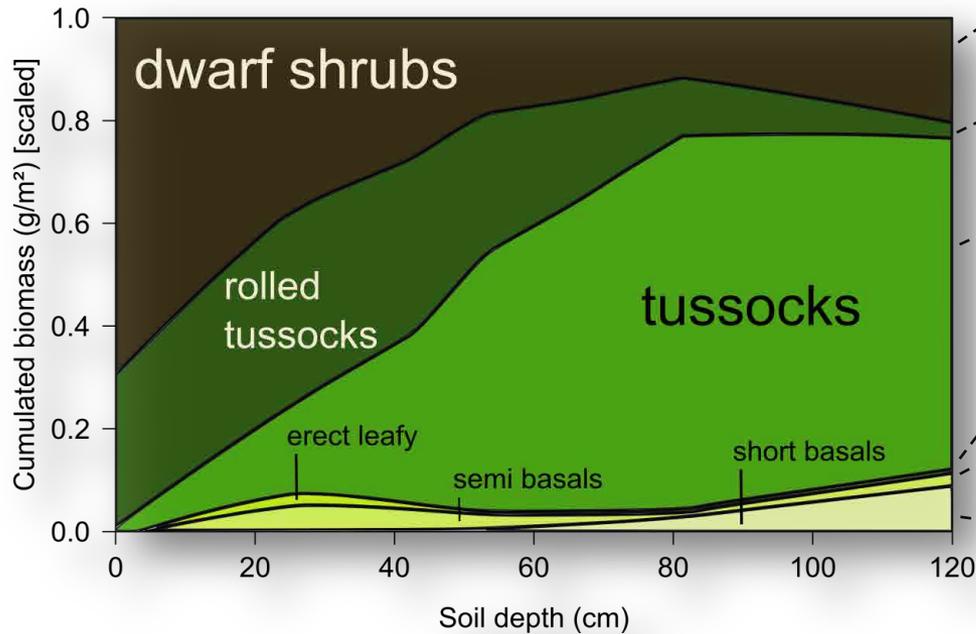
*Stipa pennata*



*Bromus erectus*



# Des communautés végétales différentes



*Thymus dolomiticus,*  
*Helianthemum canum...*

*Festuca christiani-bernardii,*  
*Stipa pennata...*

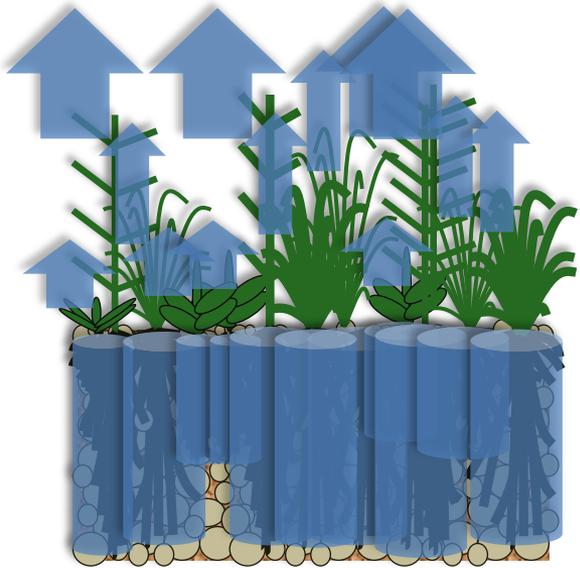
*Bromus erectus,*  
*Carex humilis...*

*Cerastium pumilum,*  
*Sherardia arvensis...*

*Lotus corniculatus,*  
*Sanguisorba minor...*

*Hieracium pilosella,*  
*Achillea millefolium...*



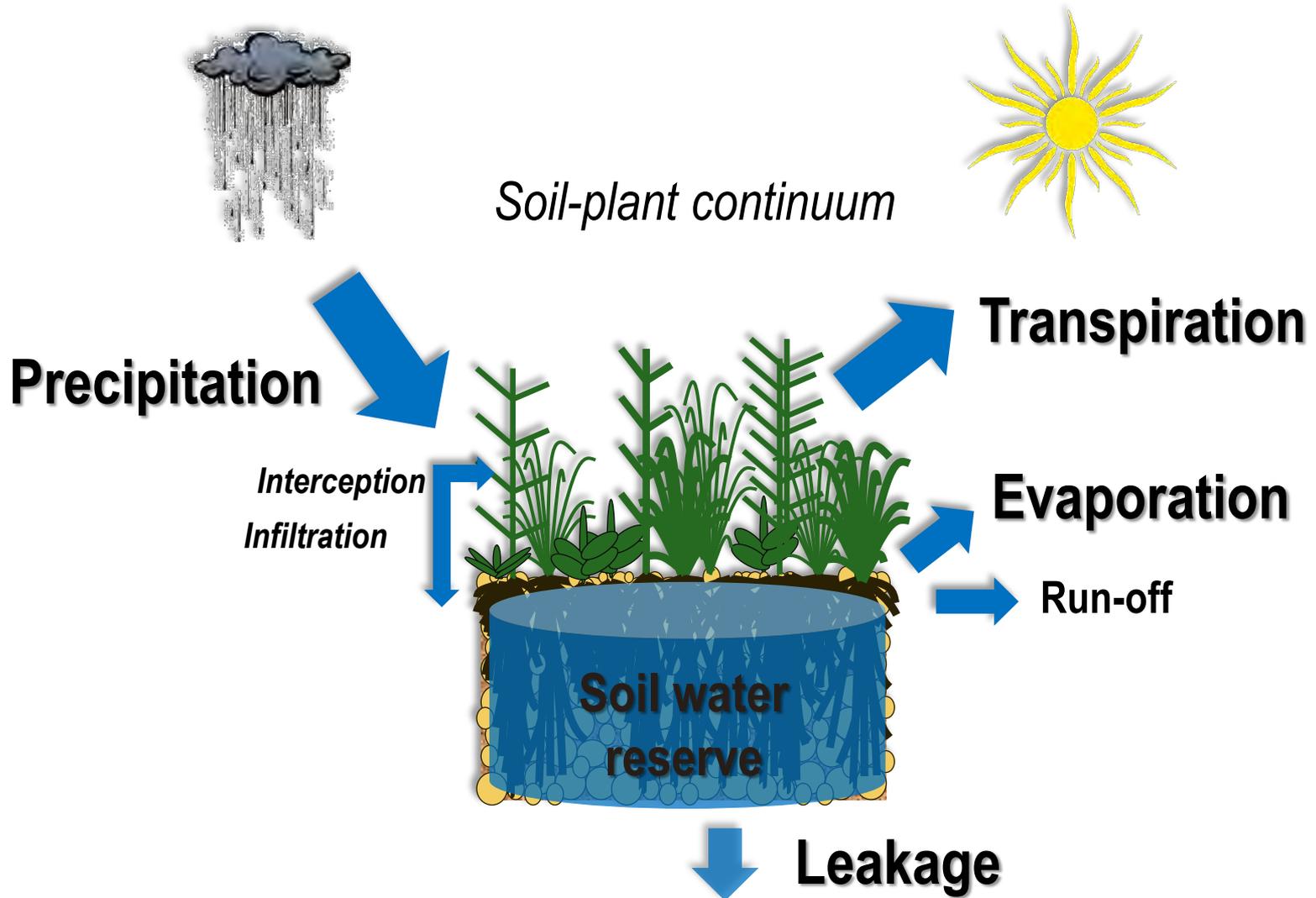


# 12 parcelles le long du gradient de sol

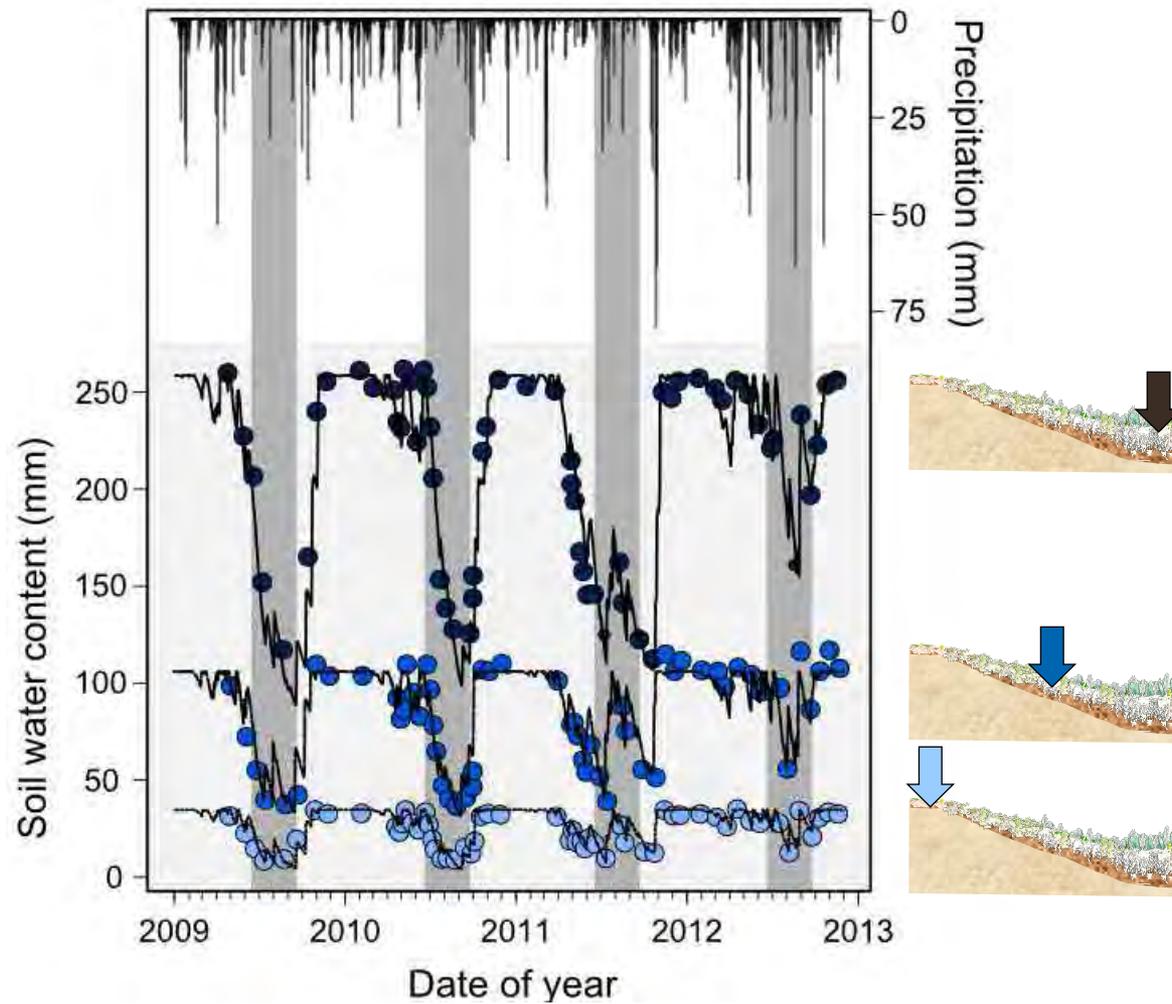
I



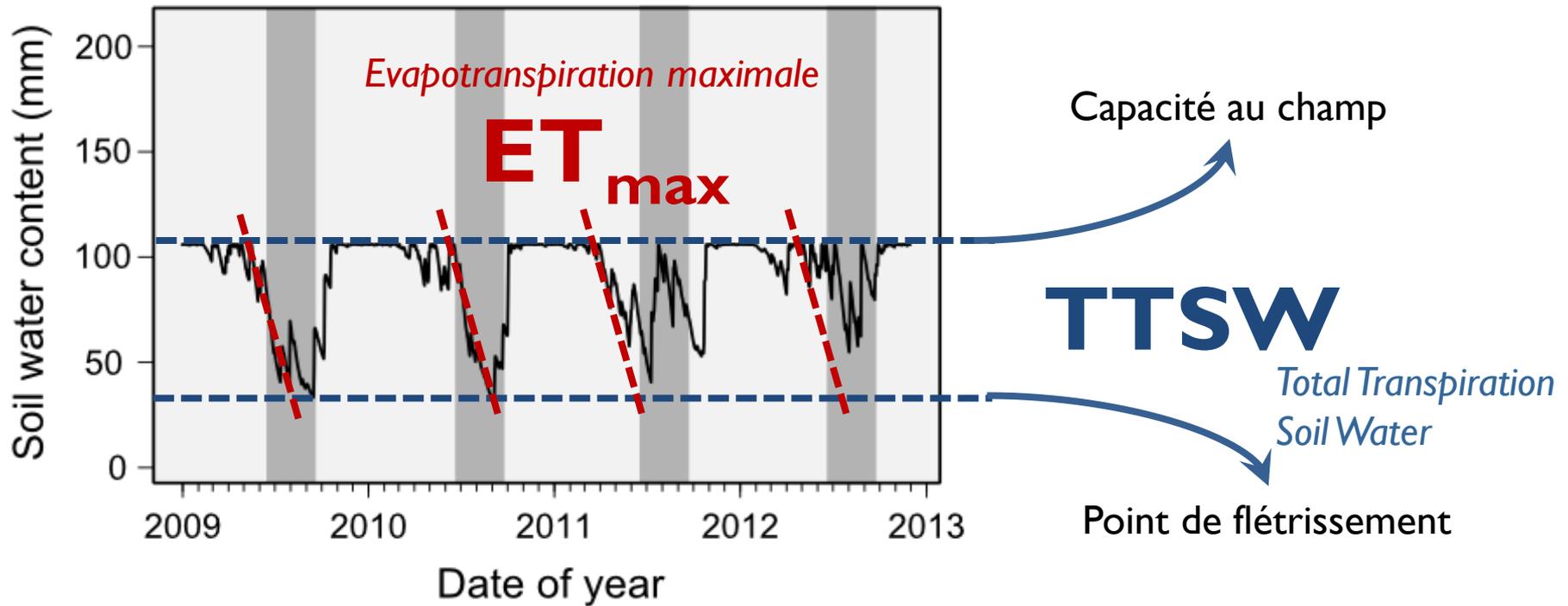
# Bilan hydrique des communautés



# Bilan hydrique des communautés

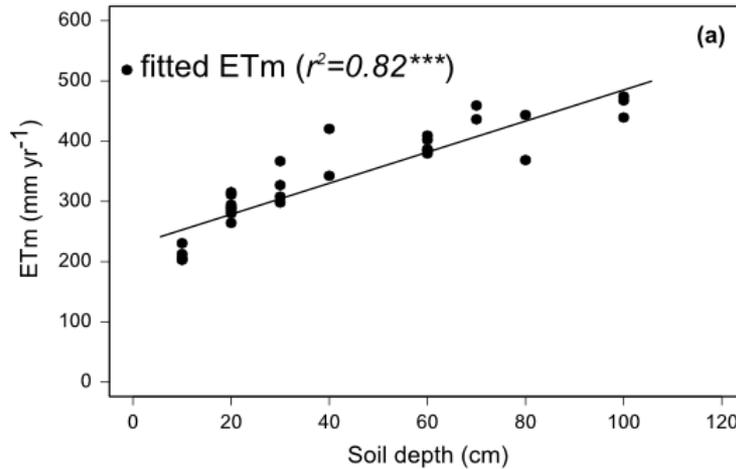


# Paramètres du bilan hydrique



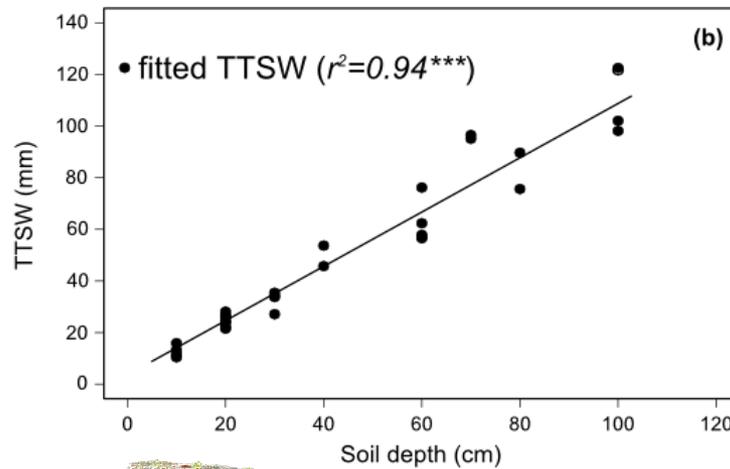
# Paramètres du bilan hydrique

**ET<sub>max</sub>**

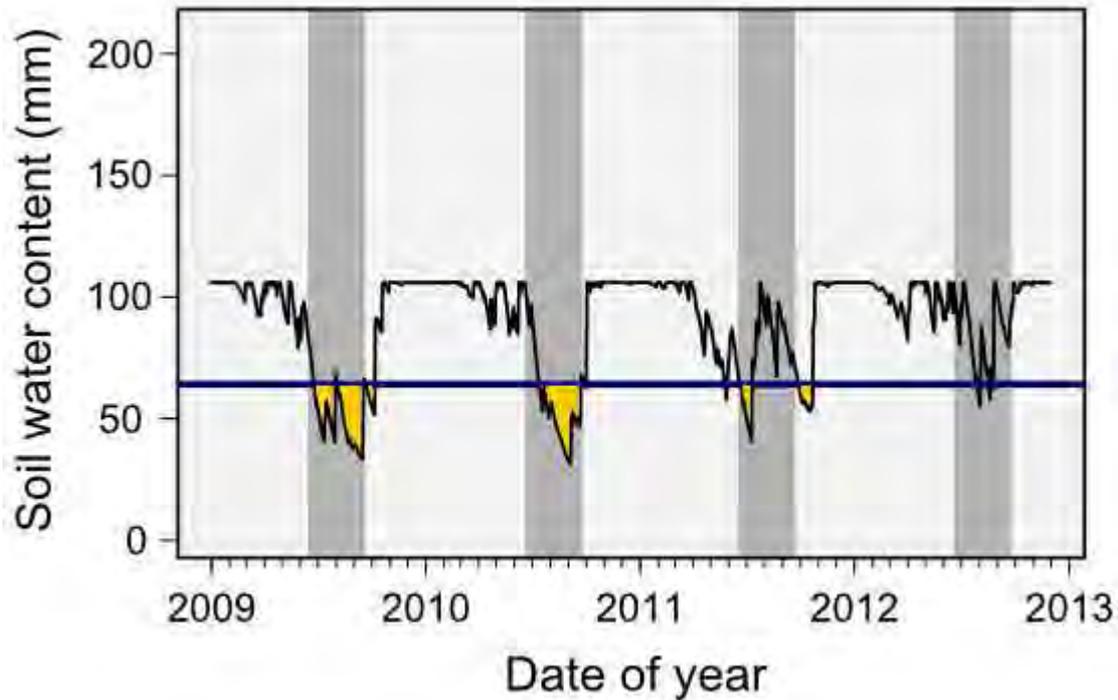


*proportionality*

**TTSW**



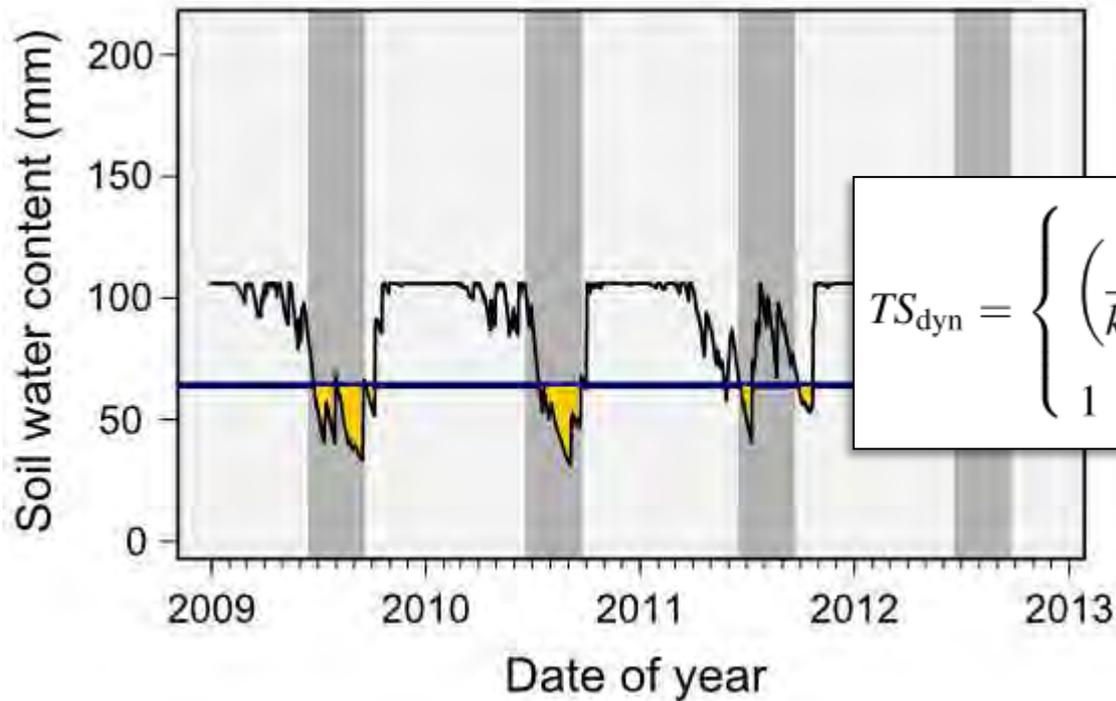
# Dynamique du stress hydrique



Seuil de stress  
= 30% TTSW



# Dynamique du stress hydrique



Dynamic water stress index

$$TS_{\text{dyn}} = \begin{cases} \left( \frac{\bar{T}_{\text{red}} \cdot \bar{D}}{k \cdot D_{\text{seas}}} \right)^{1/\sqrt{F}} & \text{if } \bar{T}_{\text{red}} \cdot \bar{D} < k \cdot D_{\text{seas}} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

# Comparaison avec une communauté virtuelle de référence

**Communauté réelle**



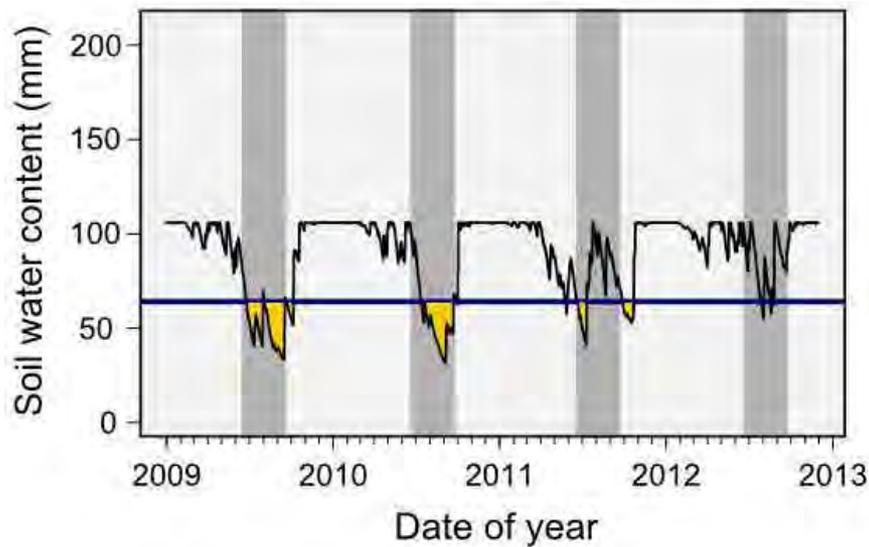
**Communauté de référence**



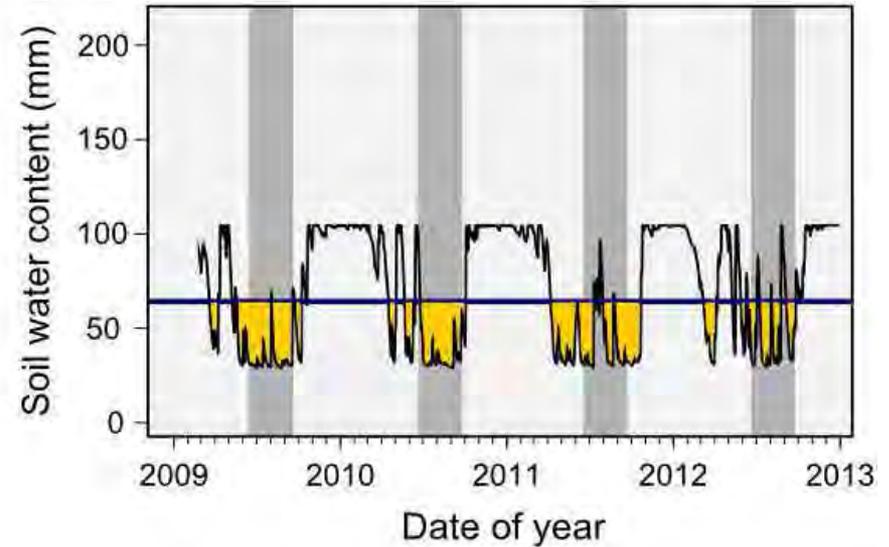
⇒ *Test de l'importance relative des facteurs abiotiques (sols)  
et biotique (communauté végétale)*

# Comparaison avec une communauté virtuelle de référence

## Communauté réelle



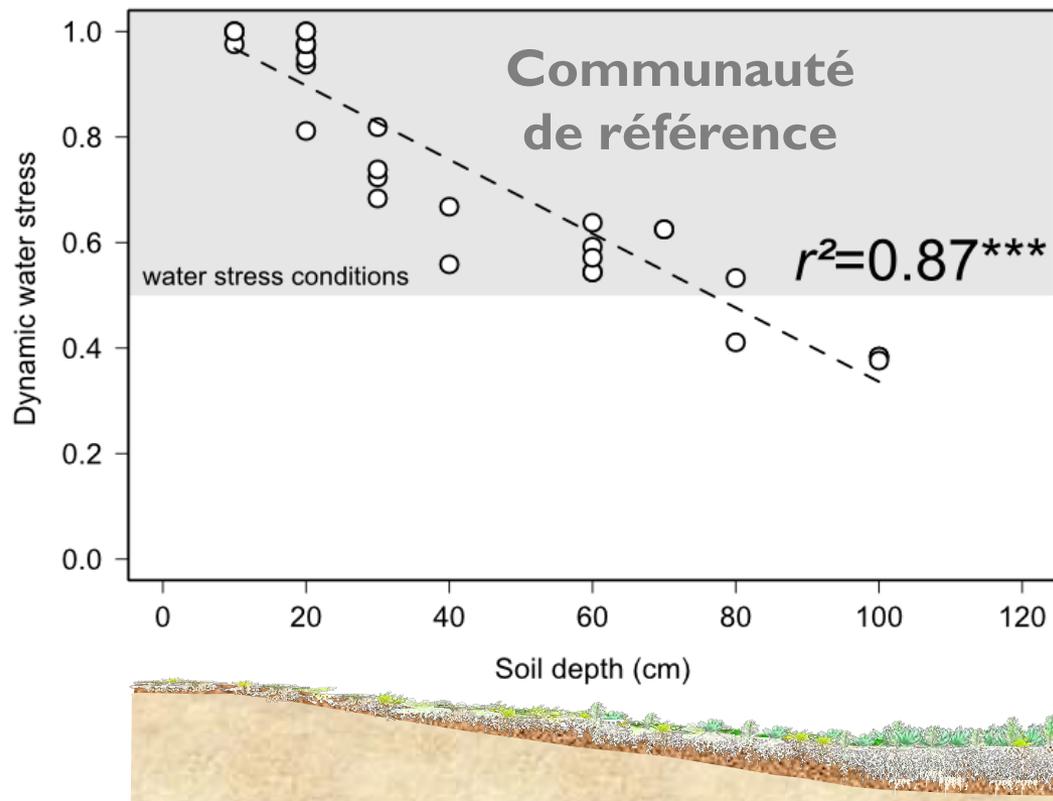
## Communauté de référence



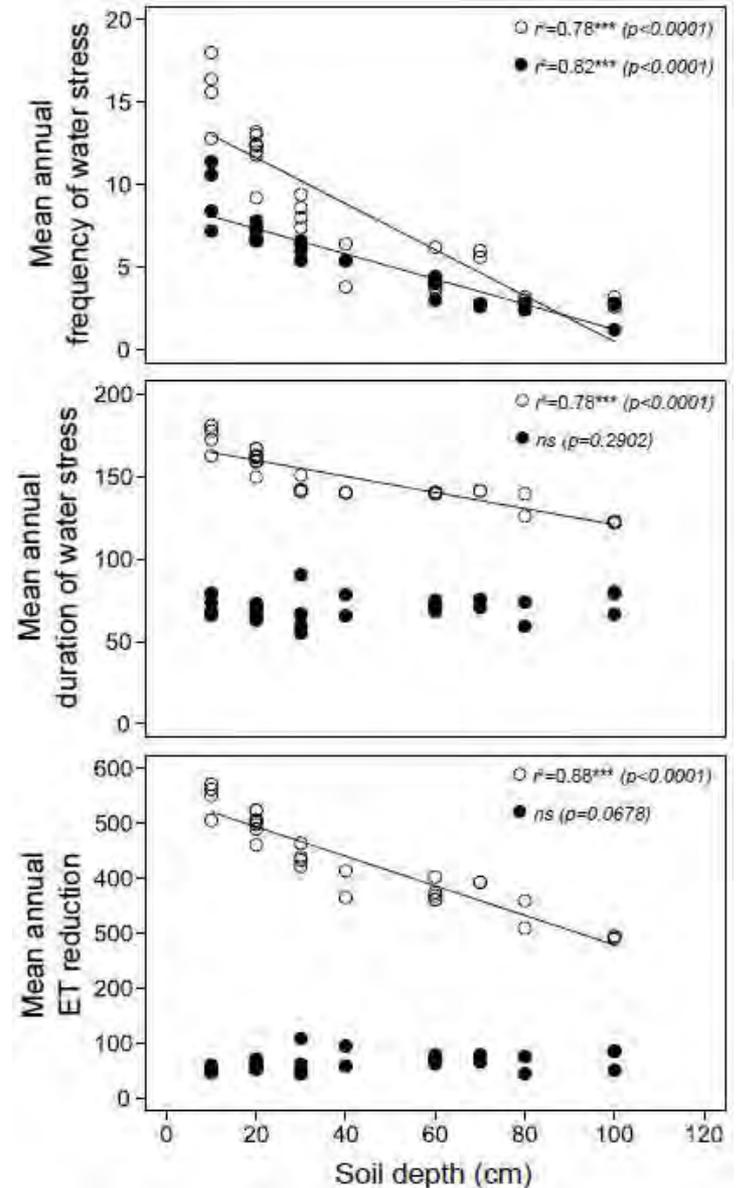
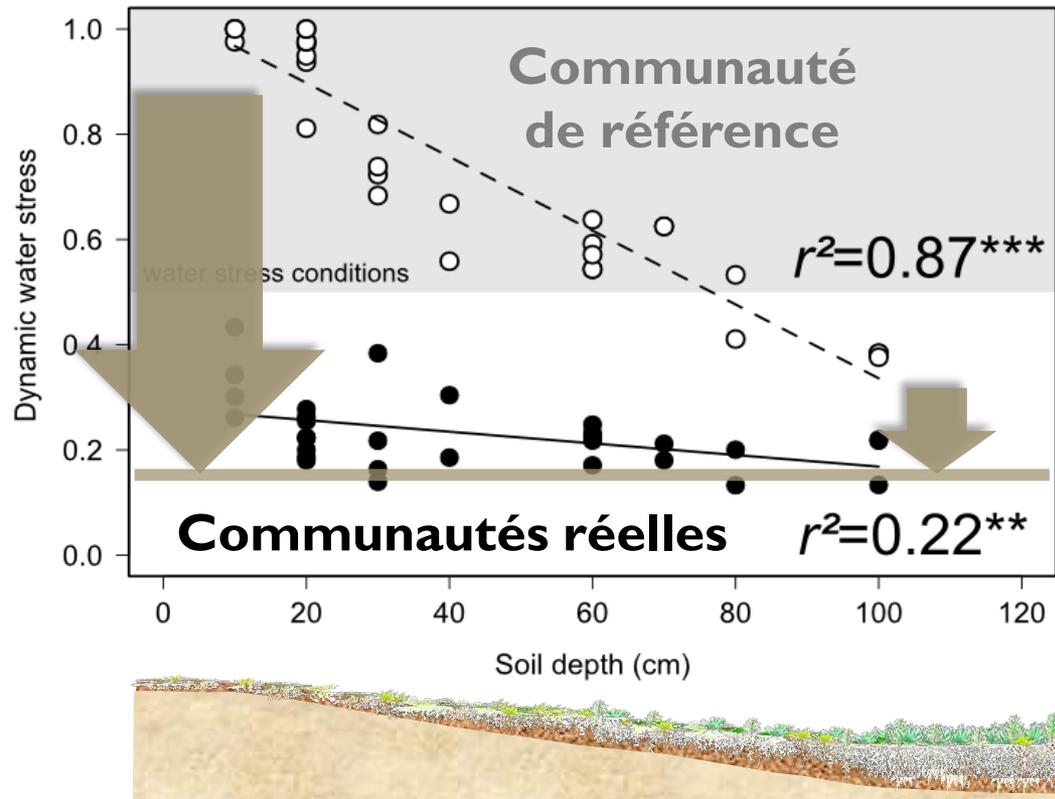
Stress= **sol** x **communauté**

Stress= **sol**

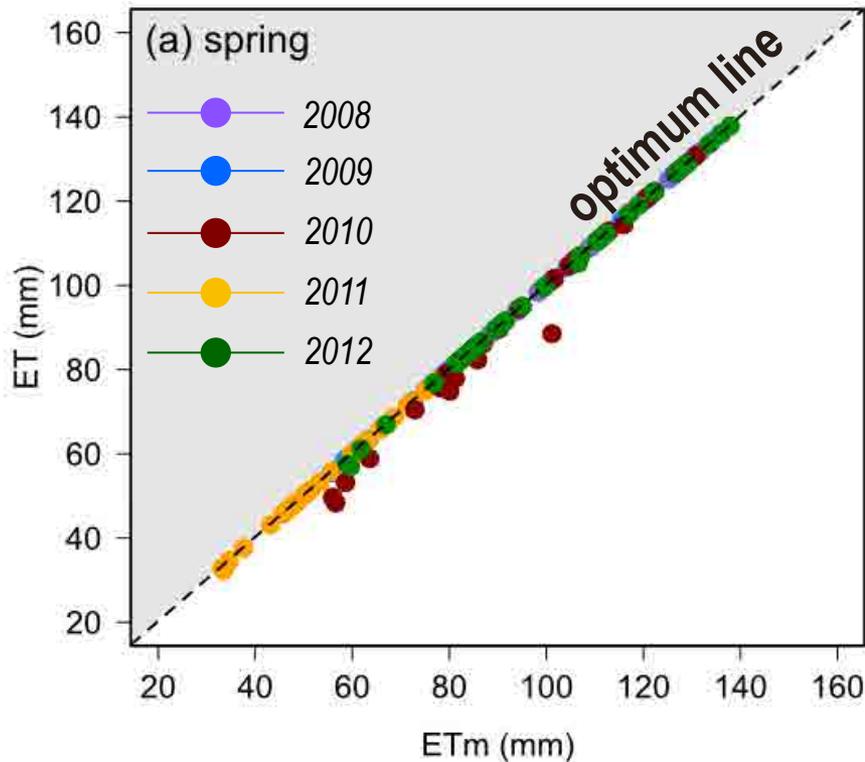
# Effet des conditions édaphiques sur la dynamique du stress



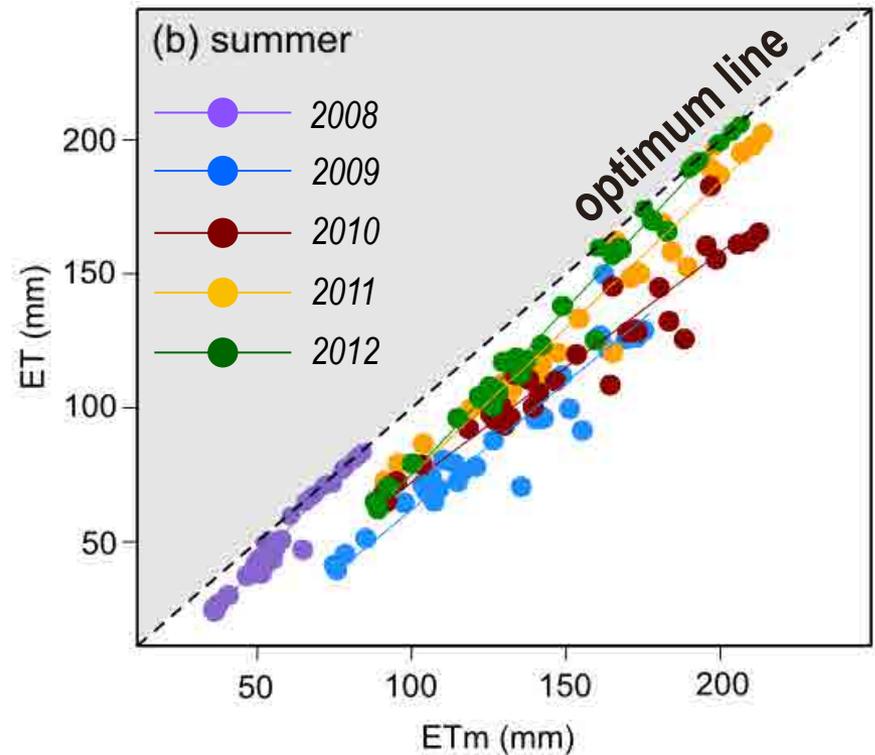
# Le stress est tamponné par le fonctionnement de la végétation



# Le stress est tamponné par le fonctionnement de la végétation

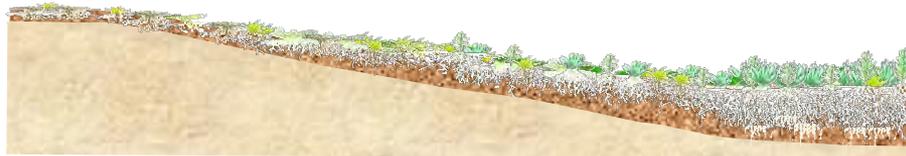
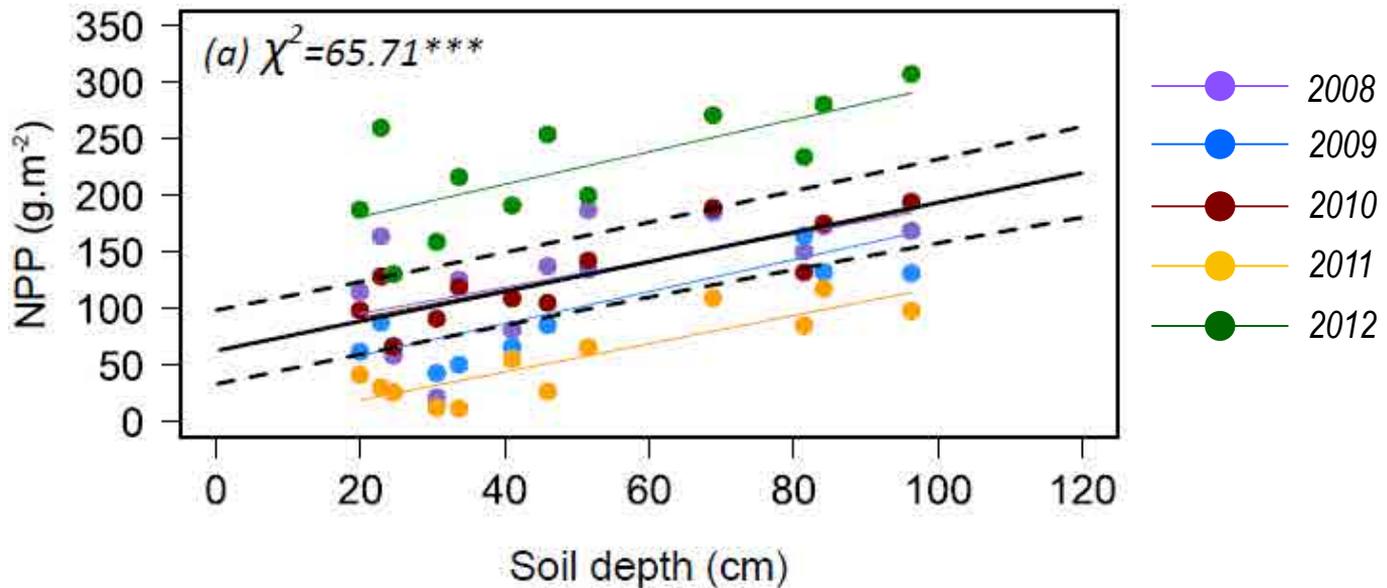


**Pas de stress au printemps**

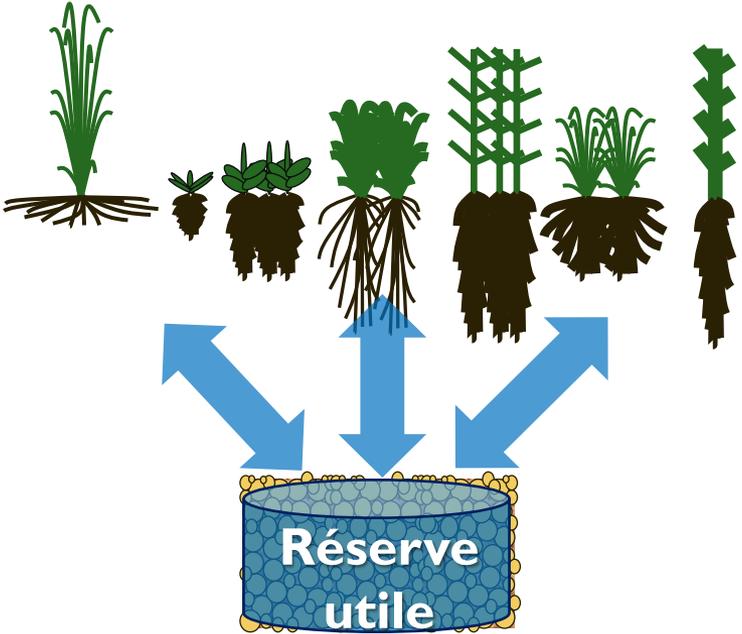


**Des stress comparables en été**

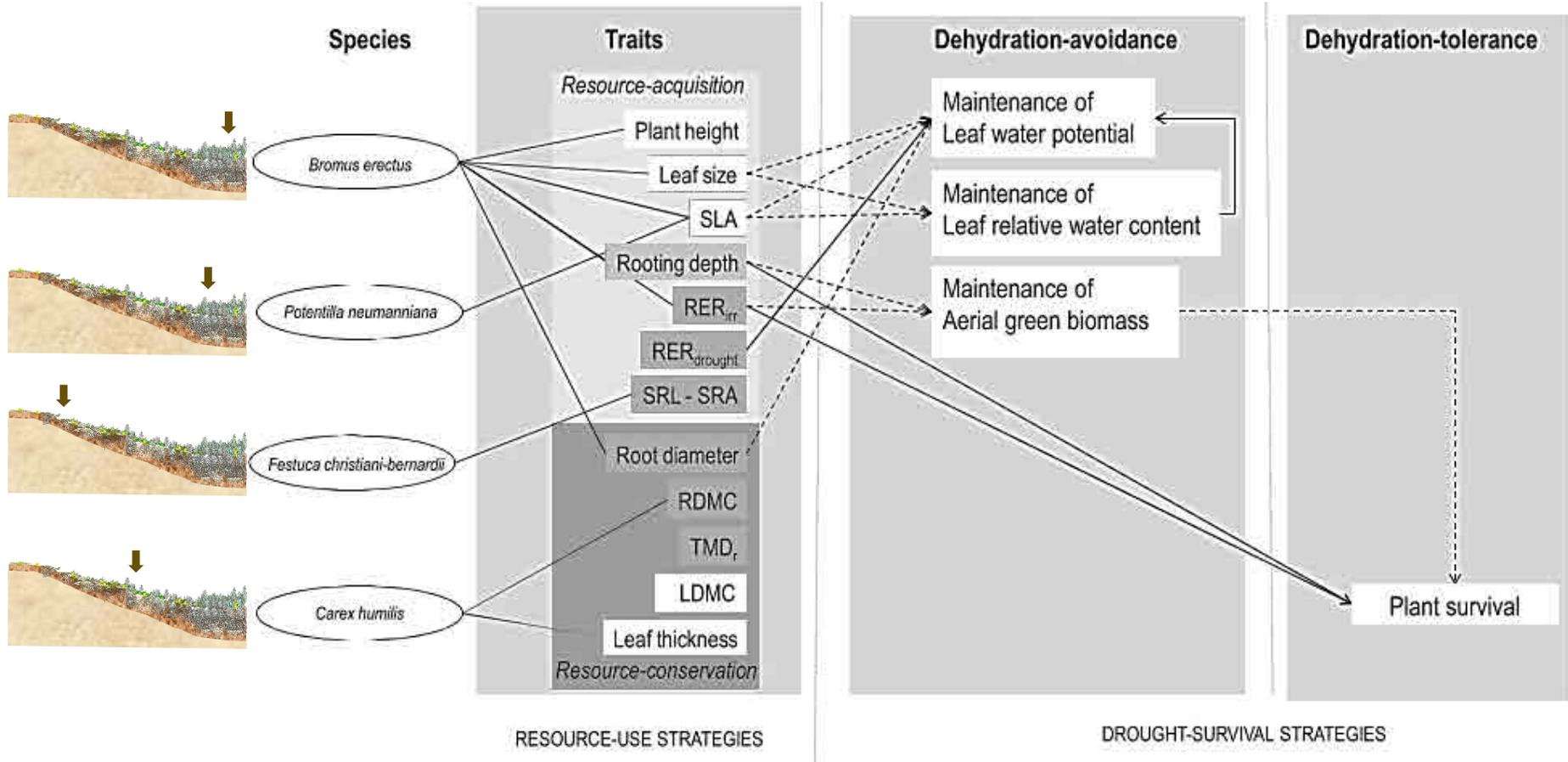
# Le stress est-il tamponné par la productivité?



2



# Caractérisation des stratégies d'utilisation des ressources et de survie des plantes



# Caractérisation des stratégies d'utilisation des ressources et de survie des plantes

## Espèces natives (La Fage) :



→ *Bromus erectus*



→ *Festuca christiani-bernardii*



→ *Carex humilis*



## Cultivars méditerranéens:



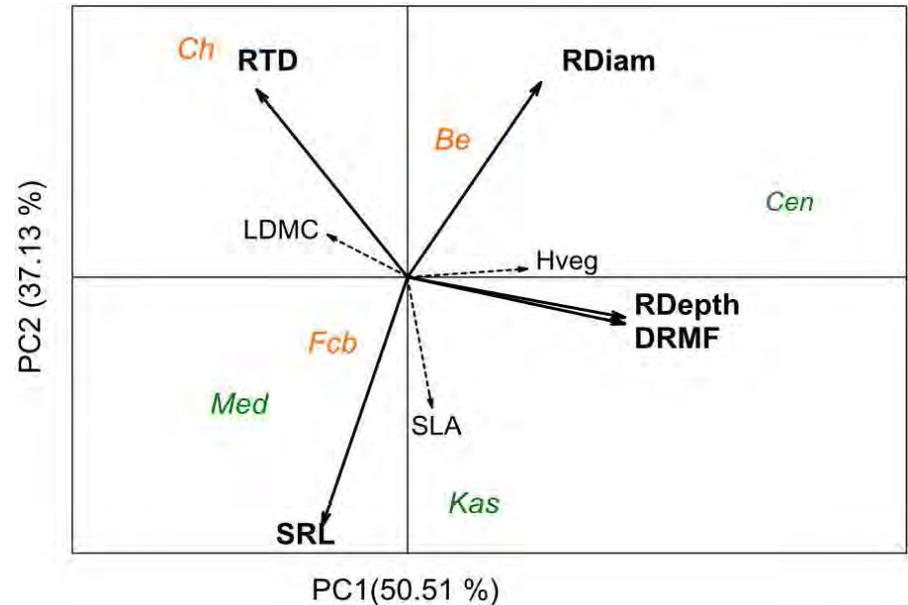
→ *Dactylis glomerata* (var. Kasbah)



→ *Dactylis glomerata* (var. Medly)

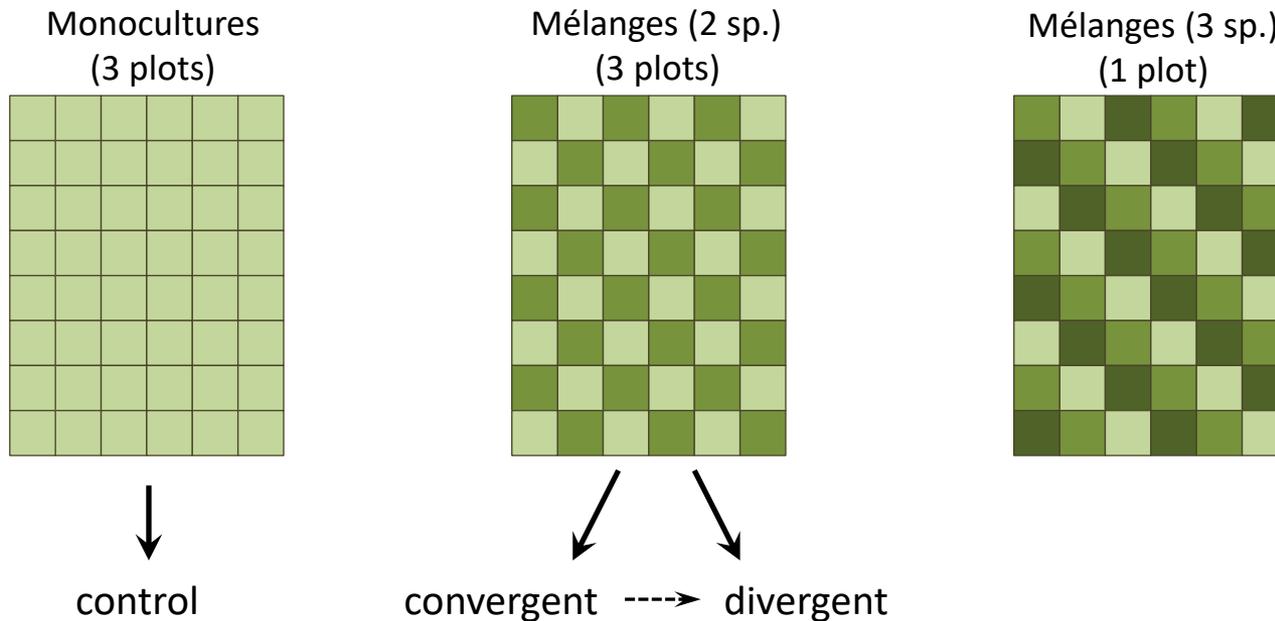


→ *Festuca arundinacea* (var. Centurion)



Coordonnée sur l'axe 1: composition fonctionnelle racinaire  
Distance sur l'axe 1: divergence fonctionnelle racinaire

# Test de mélanges construits sur la base des traits fonctionnels des espèces



*H01: la composition (moyenne) fonctionnelle racinaire détermine la résilience*  
*H02: la divergence (distance) fonctionnelle racinaire améliore la résilience*

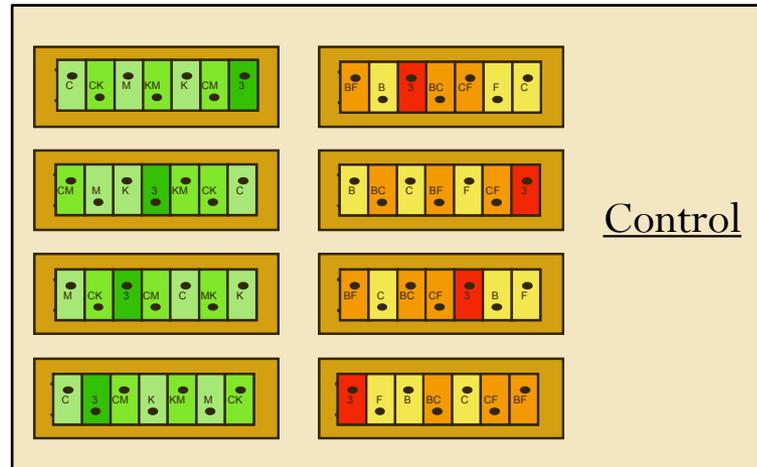
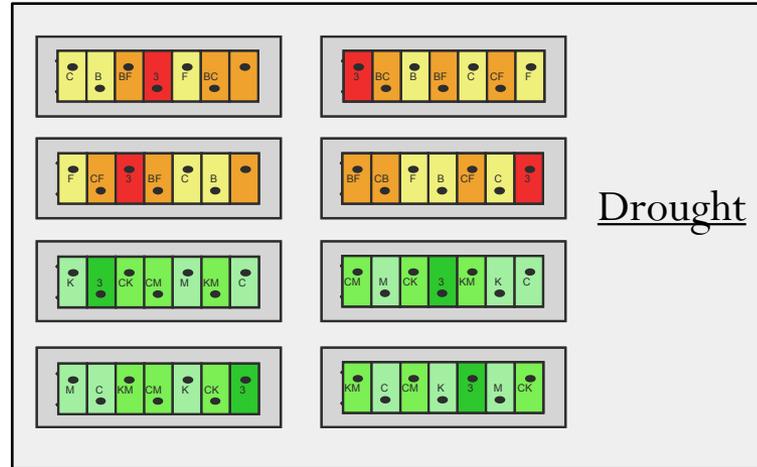
# 2 scénarios climatiques



Exclusion de pluies



Placettes expérimentales  
(2m x 0,7m)



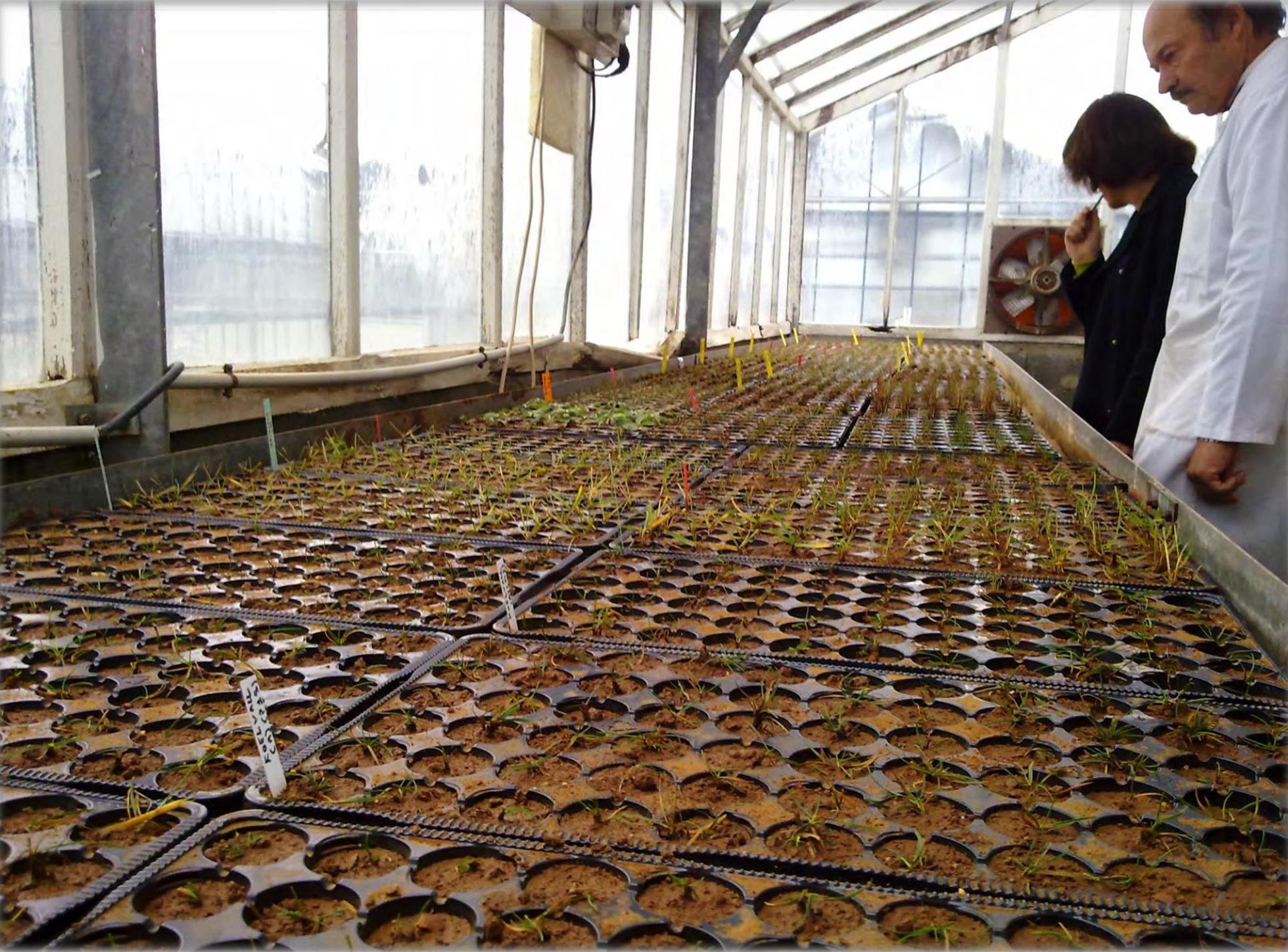
Déficit hydrique estival

**- 550 mm**

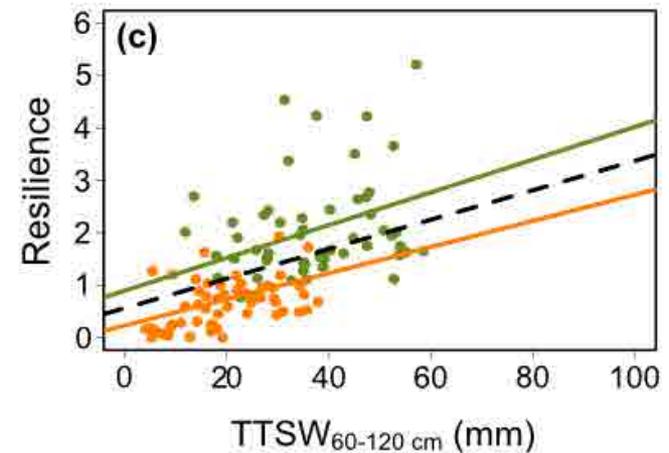
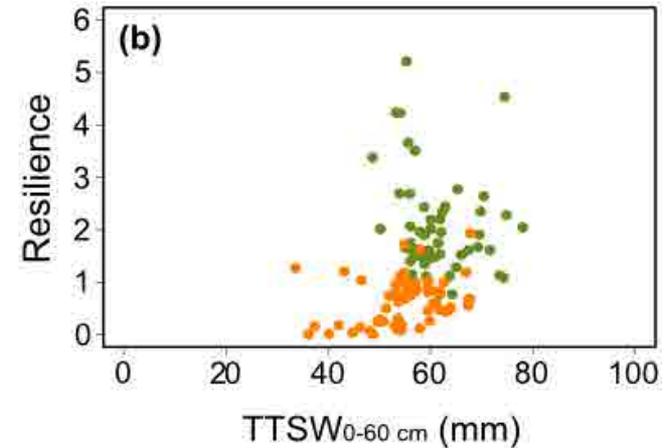
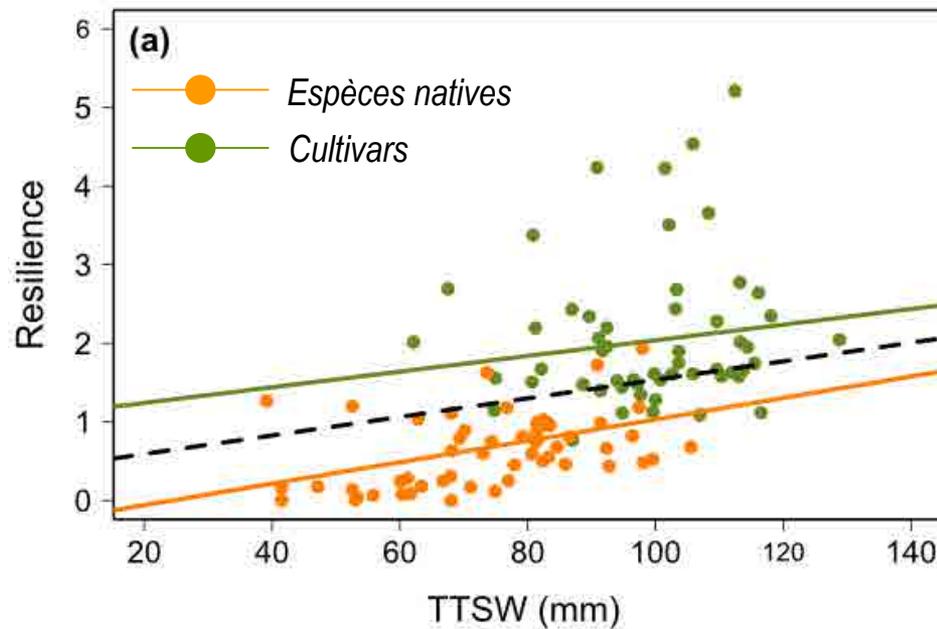
**- 400 mm**

- Monocultures
- Mixtures (2 sp.)
- Mixtures (3 sp.)

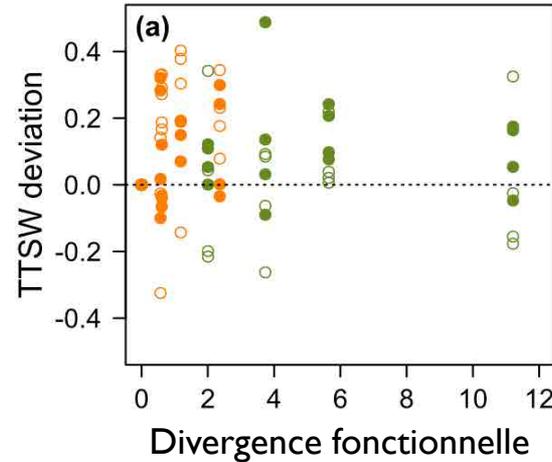
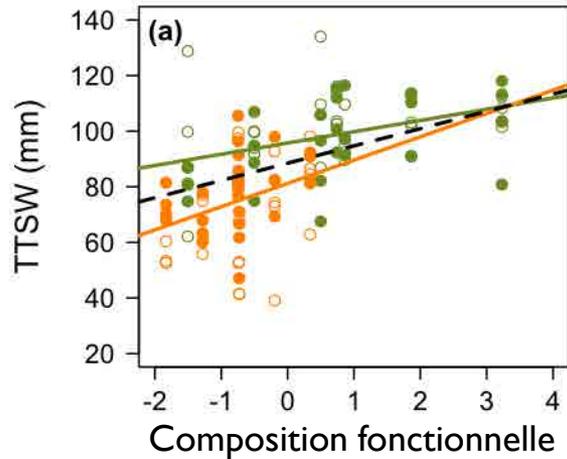




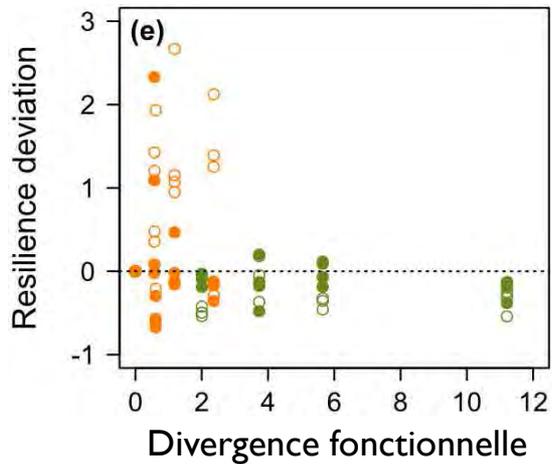
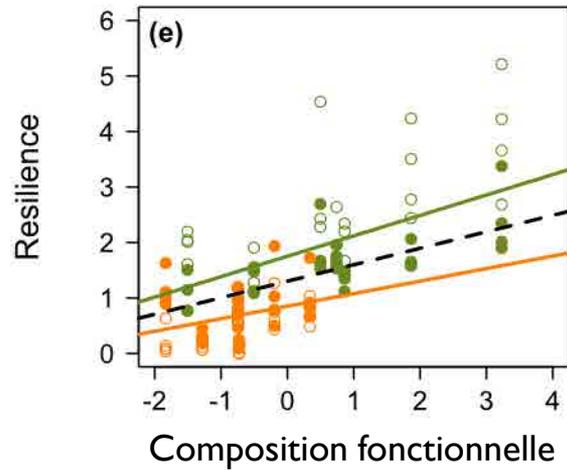
# L'accès à l'eau en profondeur améliore la résilience des mélanges



# Un effet marquant de la composition fonctionnelle des mélanges



● *Espèces natives*  
● *Cultivars*



- Effet de la composition fonctionnelle partagé entre espèces natives et cultivars
- Pas d'amélioration grâce à la divergence fonctionnelle
- Pas d'interaction avec les scénarios de sécheresse.

# Conclusion

- **Importance fondamentale de la composition fonctionnelle**

=> contrôle la productivité, tamponne le stress...

=> Vers un optimum éco-hydrologique?

A l'échelle de l'écosystème, la diversité entre les communautés permet de s'adapter à l'hétérogénéité environnementale.

- **Peu d'effet visible de la diversité fonctionnelle**

=> Complémentarité fonctionnelle? Changement d'hierarchie des espèces?

=> Résilience à plus long-terme?

- **La conception de mélanges complexes résilients reste un challenge**

=> Quelles règles d'assemblages des plantes?

=> Intégrer les aléas!

=> Pratiques d'élevage!

# Merci pour votre attention



**Karim Barkaoui**  
karim.barkaoui@cirad.fr

En collaboration avec  
l'équipe ECOPAR du CEFE

