

# Rôle des interactions plante-plante dans la réponse des forêts au changement climatique



Richard Michalet

Université de Bordeaux  
UMR CNRS 5805 EPOC

Yann Vitasse

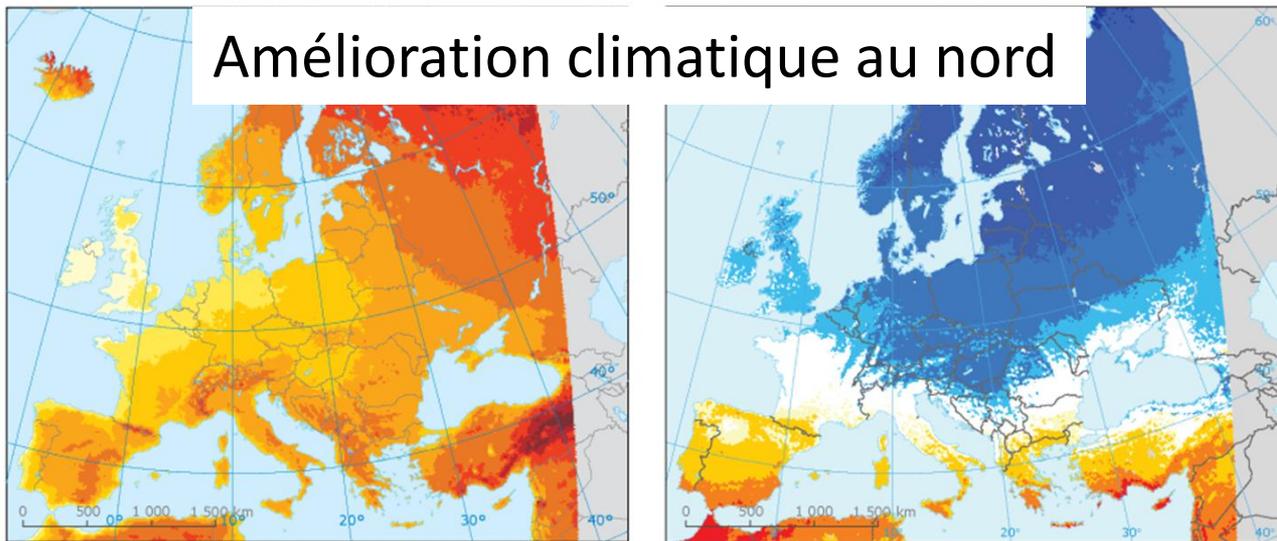
University of Neuchatel,  
WSL Davos Switzerland

Sylvain Delzon

INRA, UMR1202 BIOGECO  
Cestas

# Changement climatique

Amélioration climatique au nord



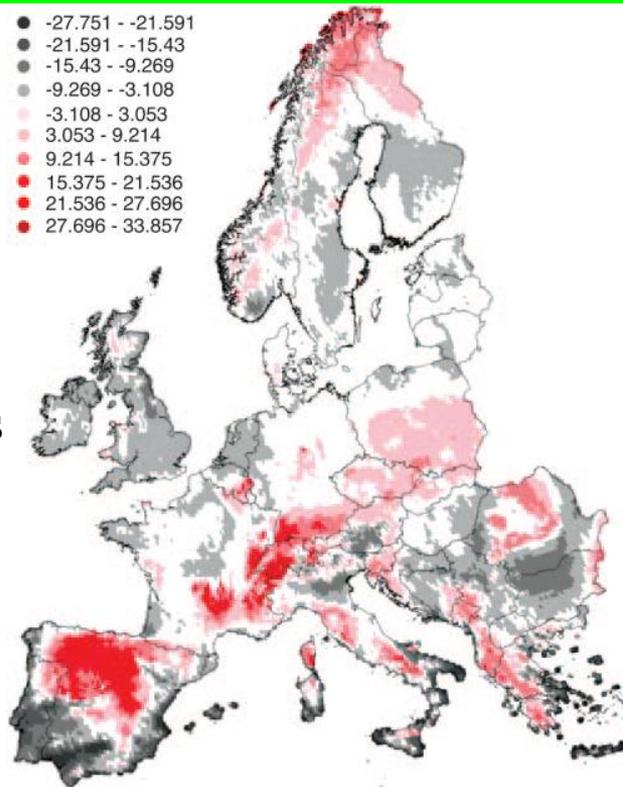
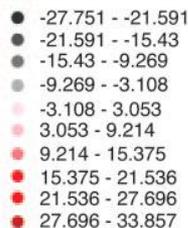
Projected changes in annual mean temperature (left) and annual precipitation (right)



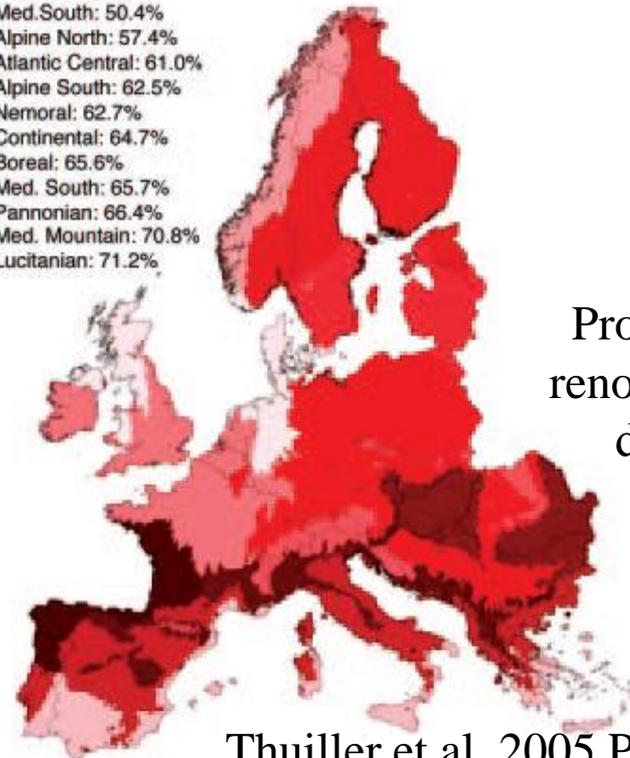
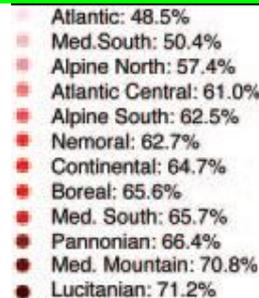
Péjoration climatique au sud

Prédictions horizon  
2100 Cordex 2014

# La prédiction des changements d'aires des espèces à l'aide des modèles d'enveloppes climatiques



Projection des pertes d'espèces en Europe

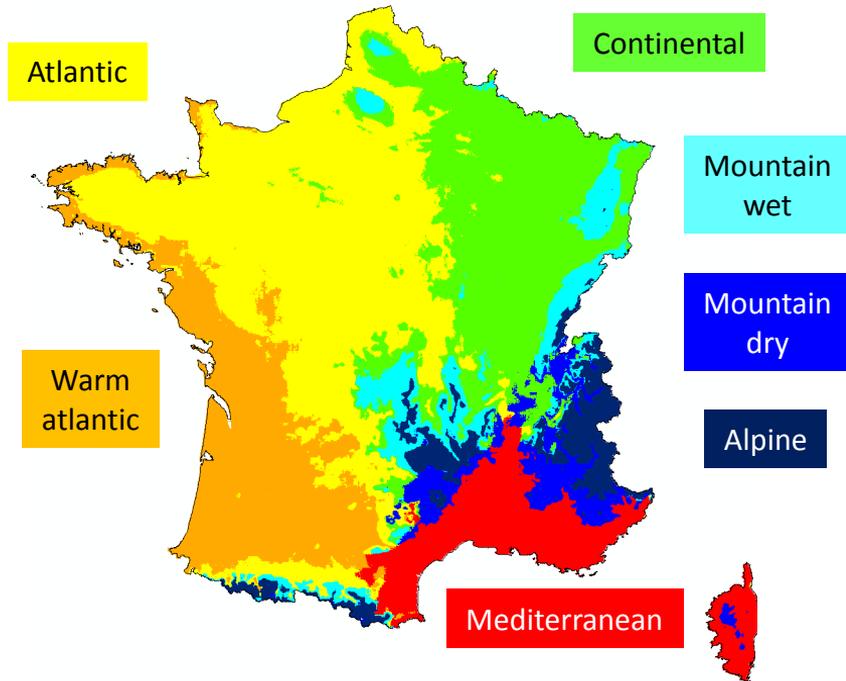


Projection des renouvellements d'espèces

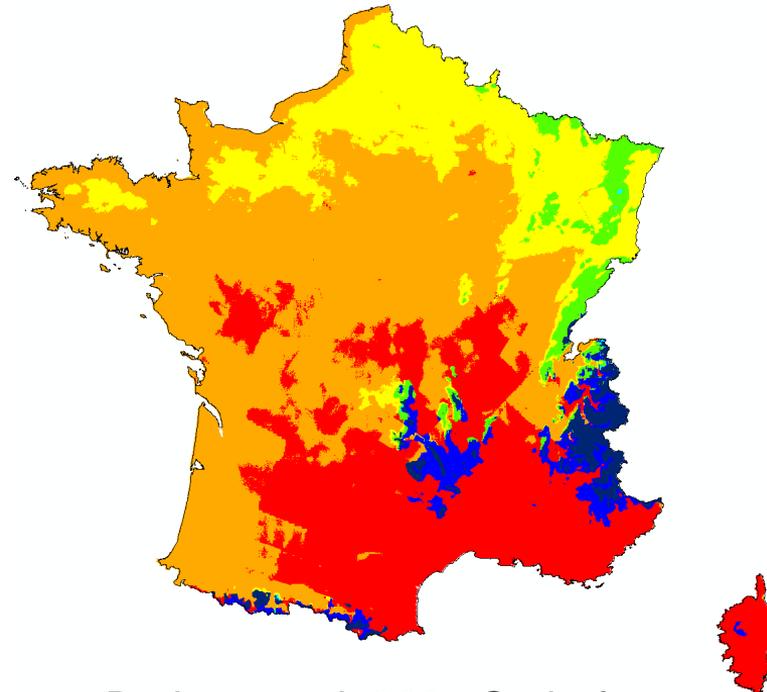
Thuiller et al. 2005 PNAS

# Les changements prédits pour les forêts françaises

## Climat 1980

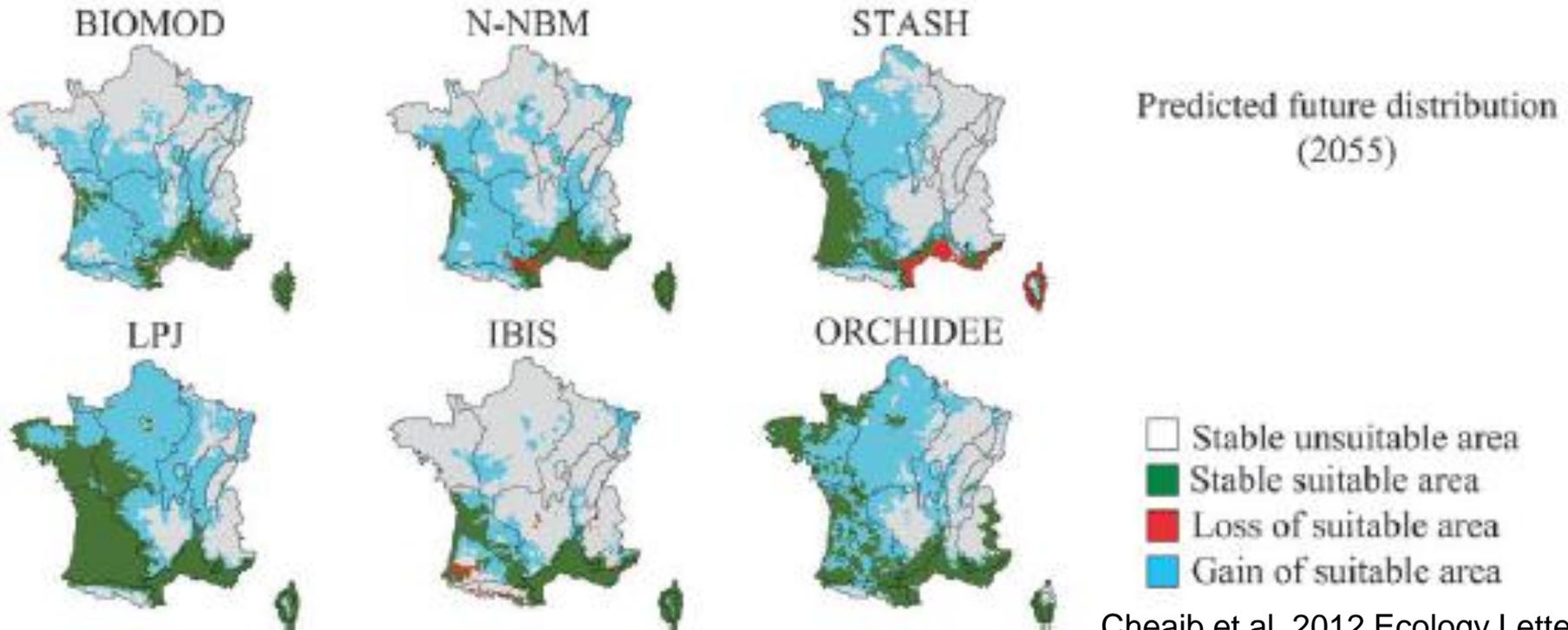


## Climat 2100



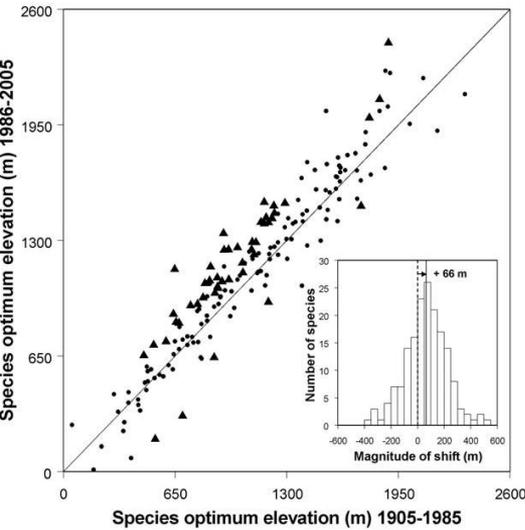
Badeau et al. 2005 Carbofor

# Prédiction de l'aire du chêne vert en 2055



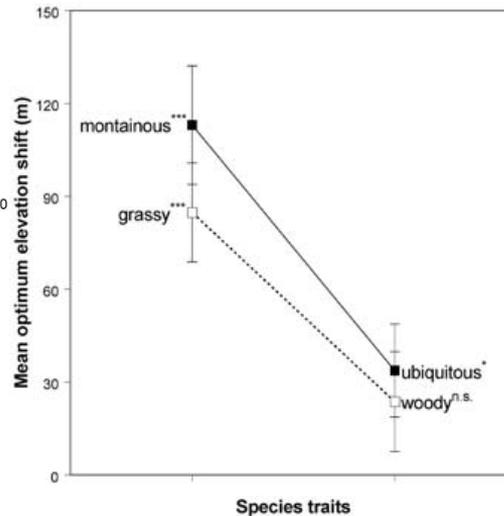
Cheib et al. 2012 Ecology Letters

# Les changements déjà observés dans les sous-bois des forêts françaises



Le changement altitudinal moyen des espèces est de 29.4 m/décade, soit  $0.39^{\circ}\text{C}$  en 22 ans, **soit  $1.5^{\circ}\text{C}$  pour l'horizon 2100.**

Sur 171 espèces 118 ont migré vers le haut et 53 sont descendues en altitude.



Le changement est plus important pour les espèces de montagne que pour les espèces ubiquistes et pour les plantes herbacées que pour les ligneux.

Lenoir et al. 2008 Science

# Validité des prédictions des modèles d'enveloppes climatiques?

Les changements observés sont donc nettement inférieurs aux changements prédits par les modèles d'enveloppes climatiques

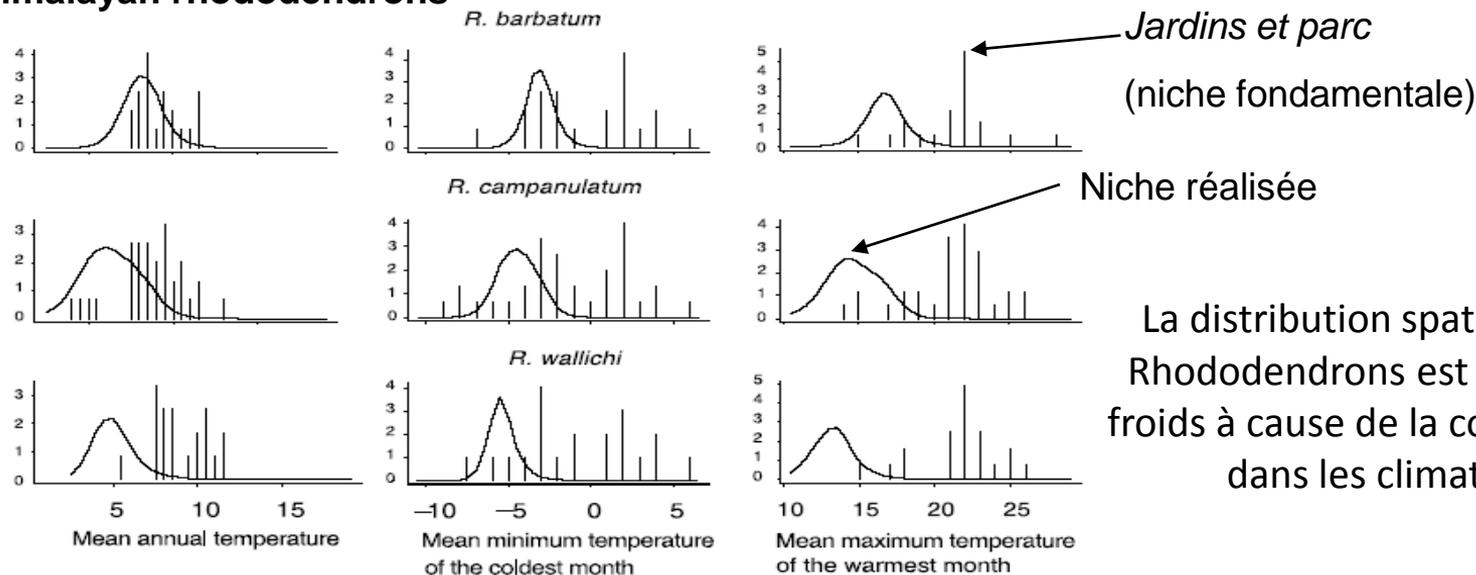
En effet, le postulat de base de ces modèles est que les relations entre la distribution spatiale des espèces et le climat sont stables dans le temps.

C'est ignorer la distinction existant entre niche fondamentale et réalisée des espèces et le rôle des interactions biotiques dans la distribution des espèces

# Niches fondamentale et réalisée des Rhododendrons

## Himalayan rhododendrons

Standardized number of occurrences



La distribution spatiale naturelle des Rhododendrons est limitée aux climats froids à cause de la compétition existant dans les climats favorables

Si le climat se réchauffe mais que la compétition est stable les Rhododendrons ne changeront pas d'aire de distribution.....

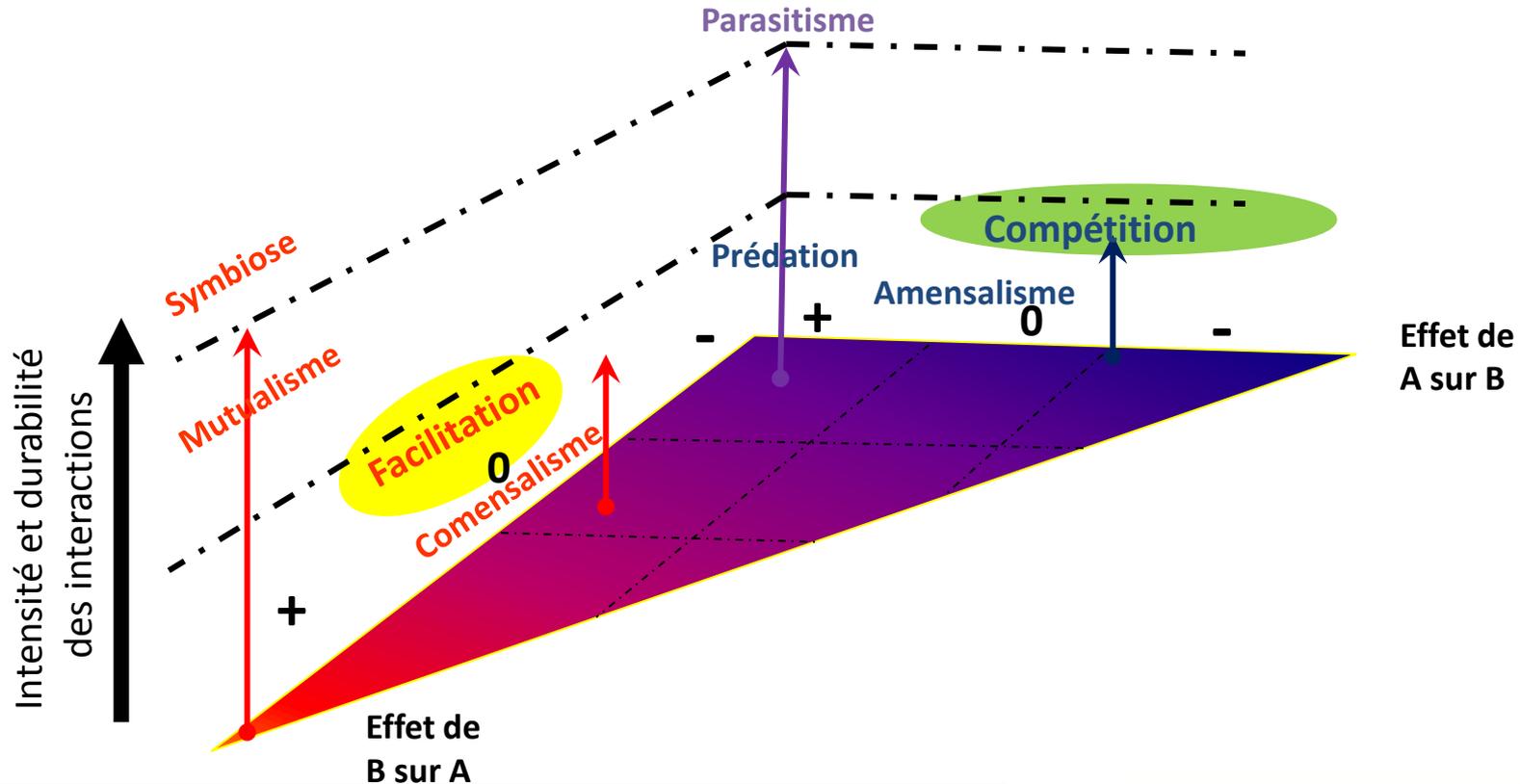
Si la compétition augmente leur aire de distribution pourrait même diminuer!

Vetaas 2002 Journal of Biogeography

# L'enjeu majeur

Peut-on prédire les changements d'interactions le long des gradients environnementaux et donc leur évolution avec le changement climatique?

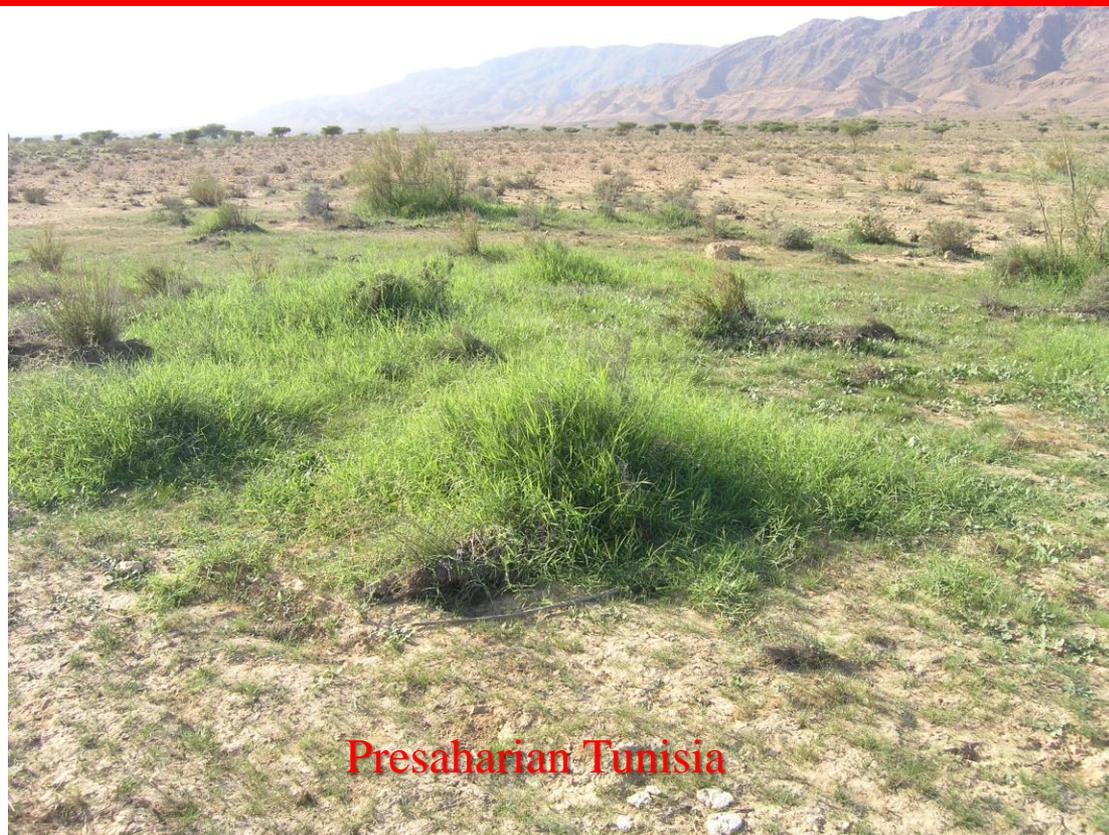
# Les interactions biotiques dans les communautés



# La facilitation par les espèces « nurse » dans les environnements arides



Sonoran  
desert  
Arizona



Presaharian Tunisia

# La facilitation par les plantes en coussins dans les pelouses alpines



# La facilitation des jeunes arbres dans la succession autogénique



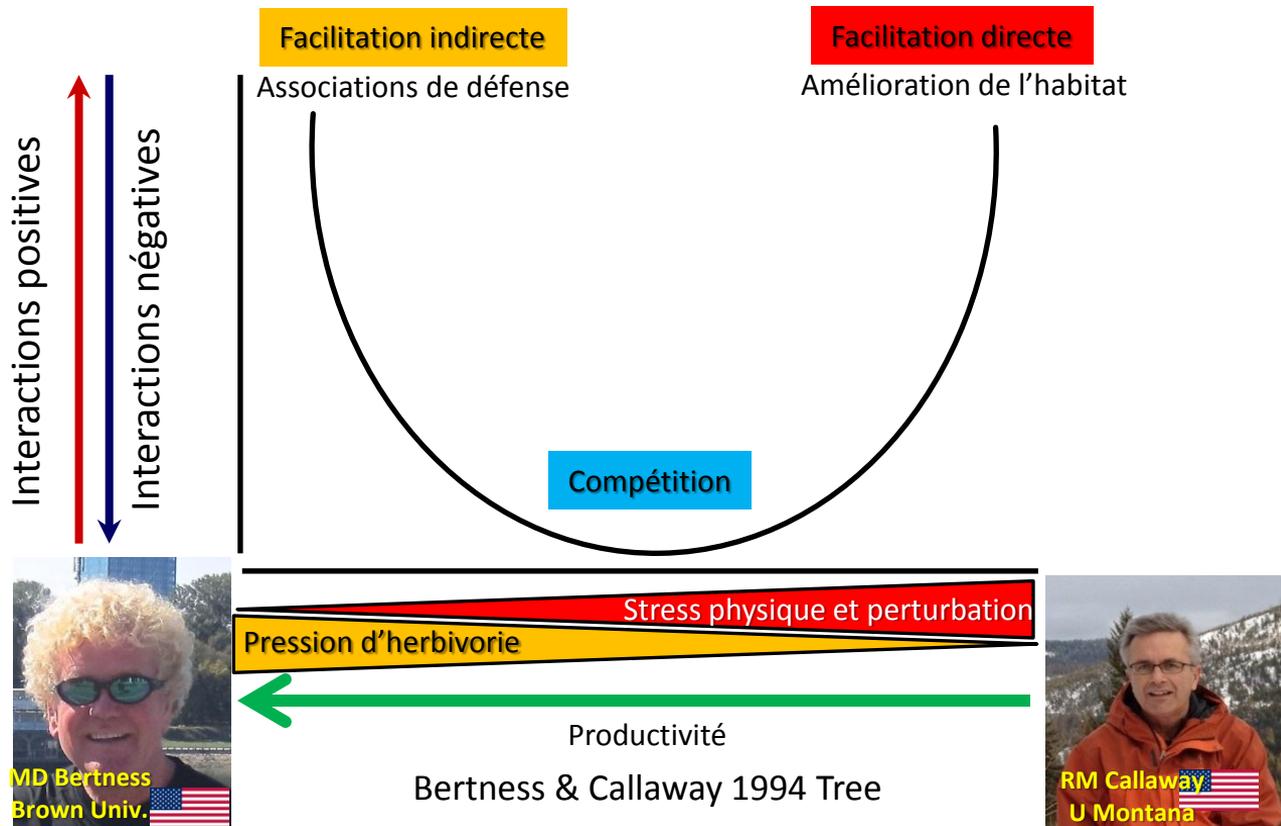
*Abies pinsapo* facilité par les pins en Andalousie



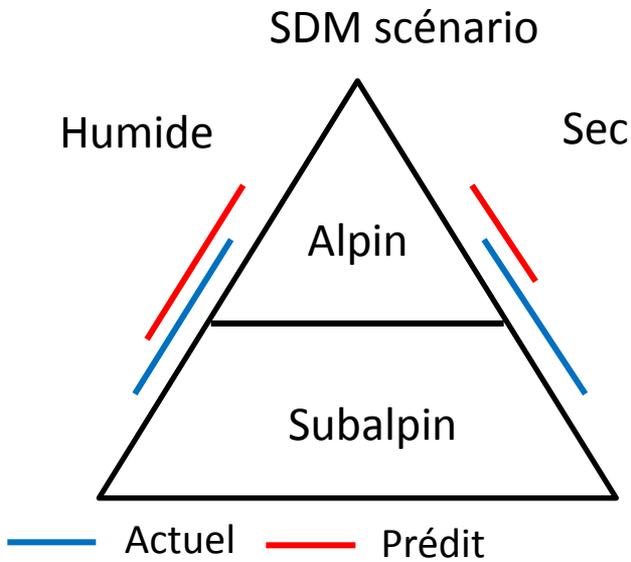
Individus « grillés » en pleine lumière



# Compétition et facilitation: le modèle dominant de la littérature (SGH)

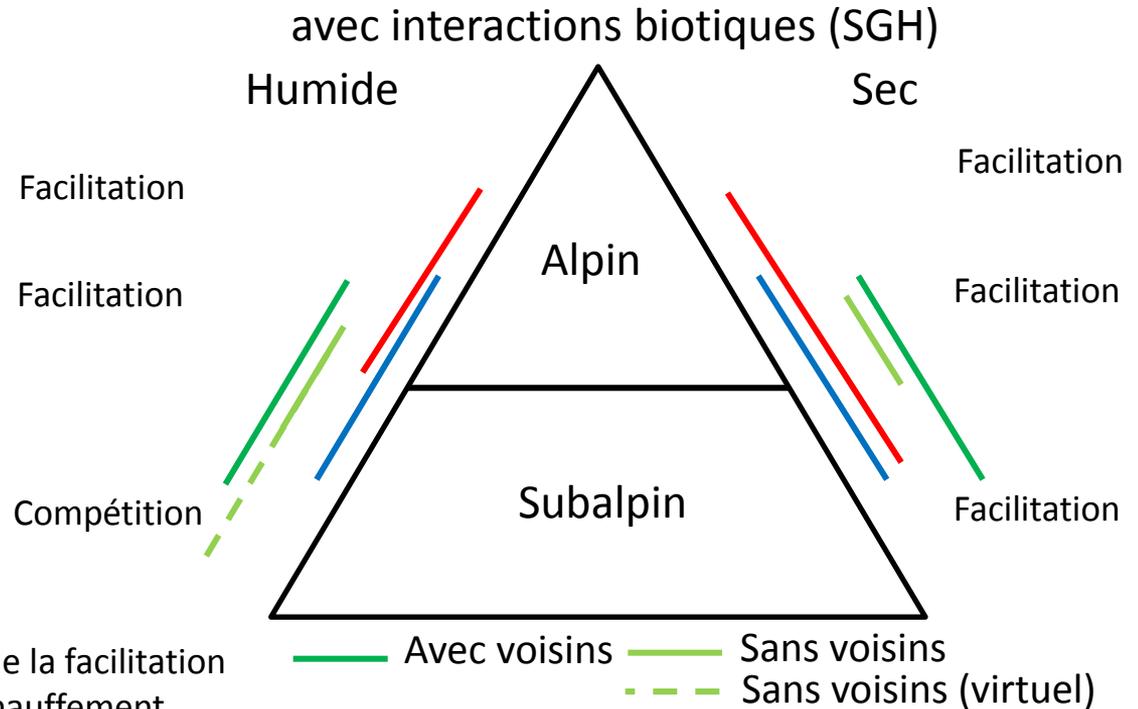


# Rôle médiateur des interactions plante-plante dans la réponse des espèces au changement climatique



L'augmentation de la compétition et l'élévation de la facilitation en altitude devraient exacerber les effets du réchauffement.

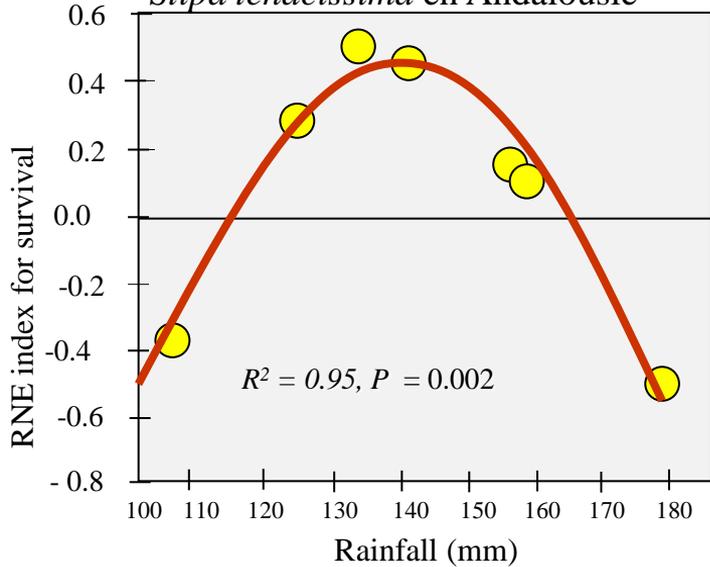
Michalet et al. 2014 *Funct. Ecol.*



L'augmentation de la facilitation à basse altitude devrait tamponner les effets négatifs de l'aridification.

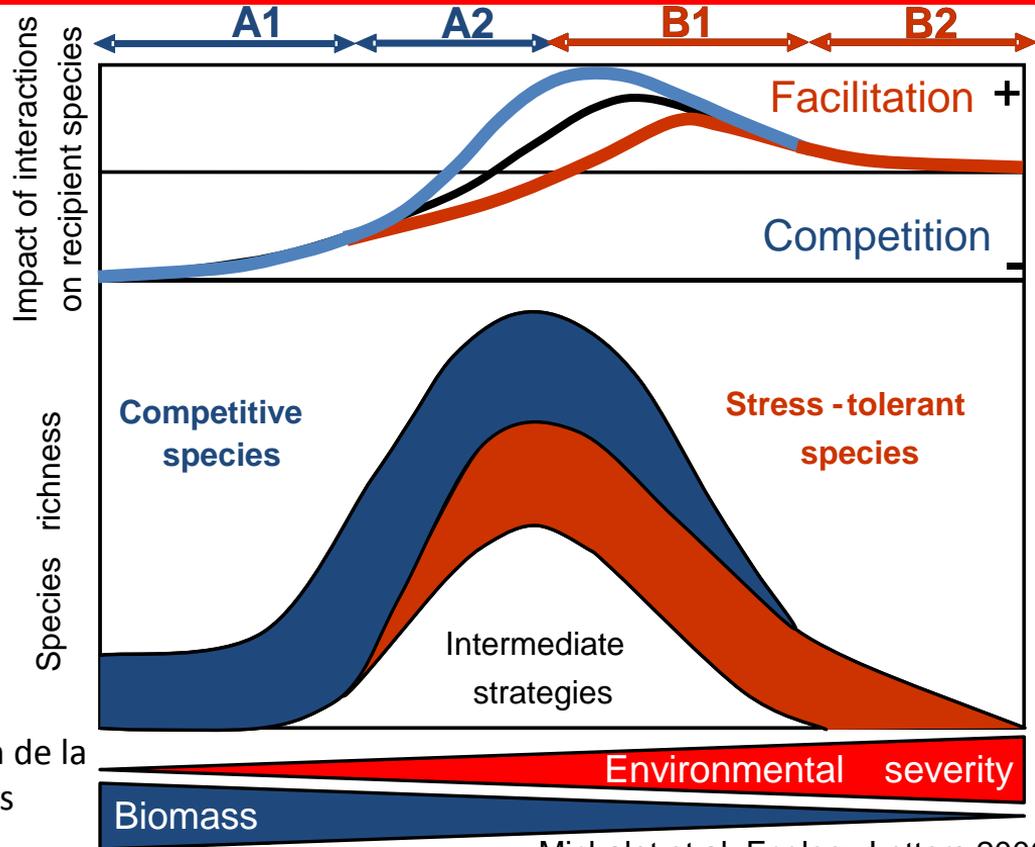
# Les modèles alternatifs de la littérature sur la facilitation

Réponse de *Pistacia lentiscus* à l'effet de *Stipa tenacissima* en Andalousie



Maestre & Cortina 2004 Proc. R. Soc. Lond.

L'augmentation de la compétition ou la simple disparition de la facilitation en climat sec pourrait ainsi exacerber les effets négatifs du changement climatique.



Michalet et al. Ecology Letters 2006

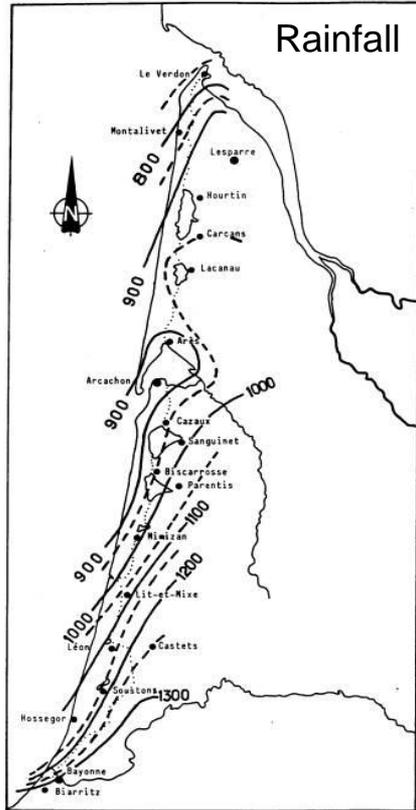
# Interactions biotiques et régénération des chênes en forêts dunaires

## Les patrons de régénération

Quercus ilex

Quercus robur

Quercus suber



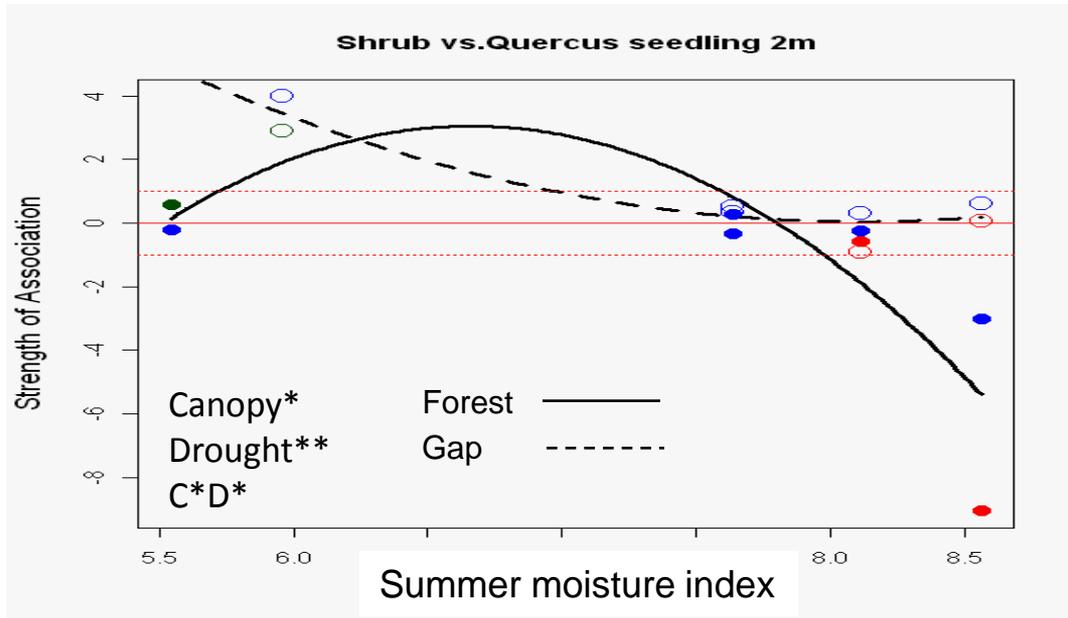
North

South

Quercus ilex

Quercus robur

Quercus suber



Muhamed et al. Ann. For. Sci. 2013

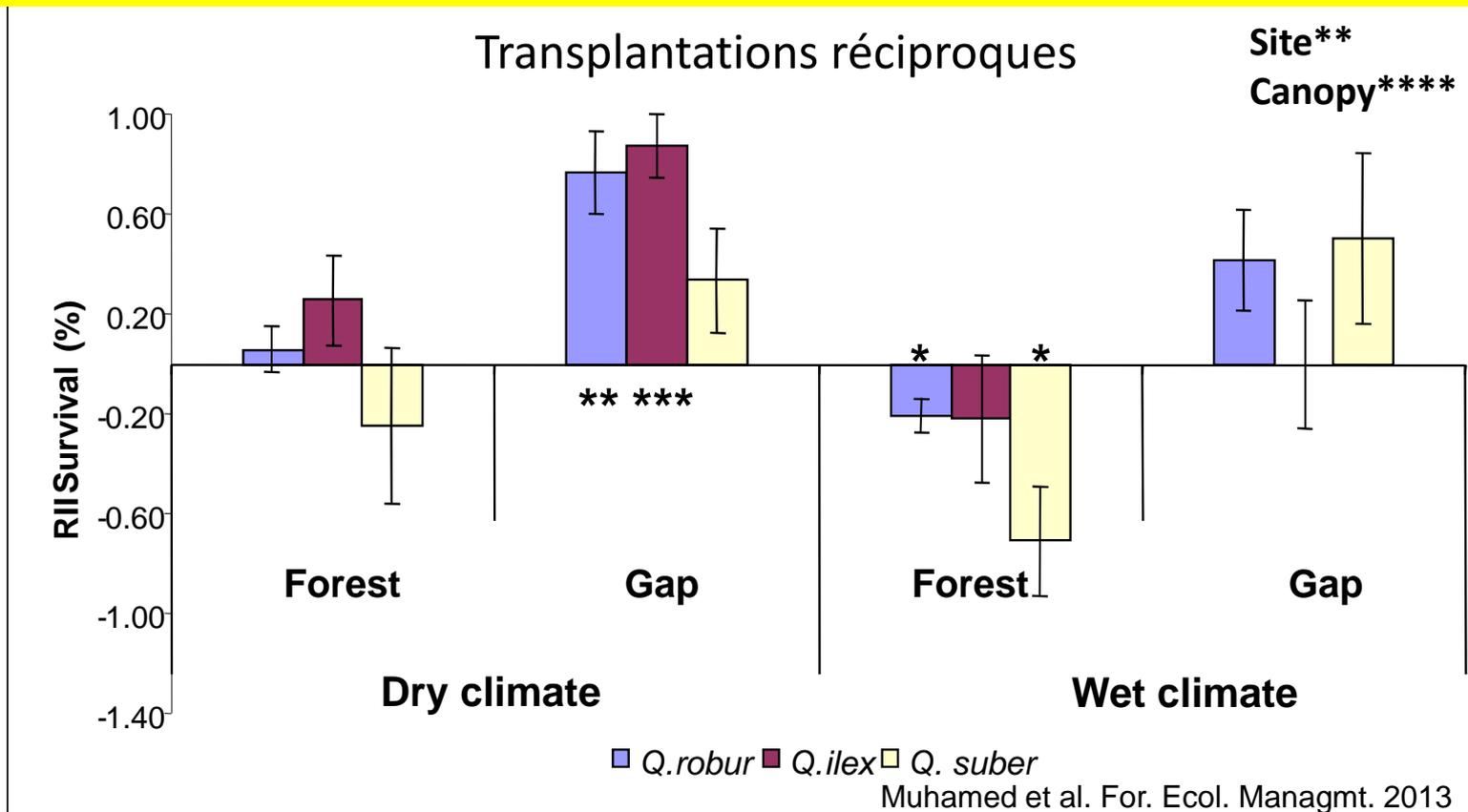


INRA  
SCIENCE & IMPACT

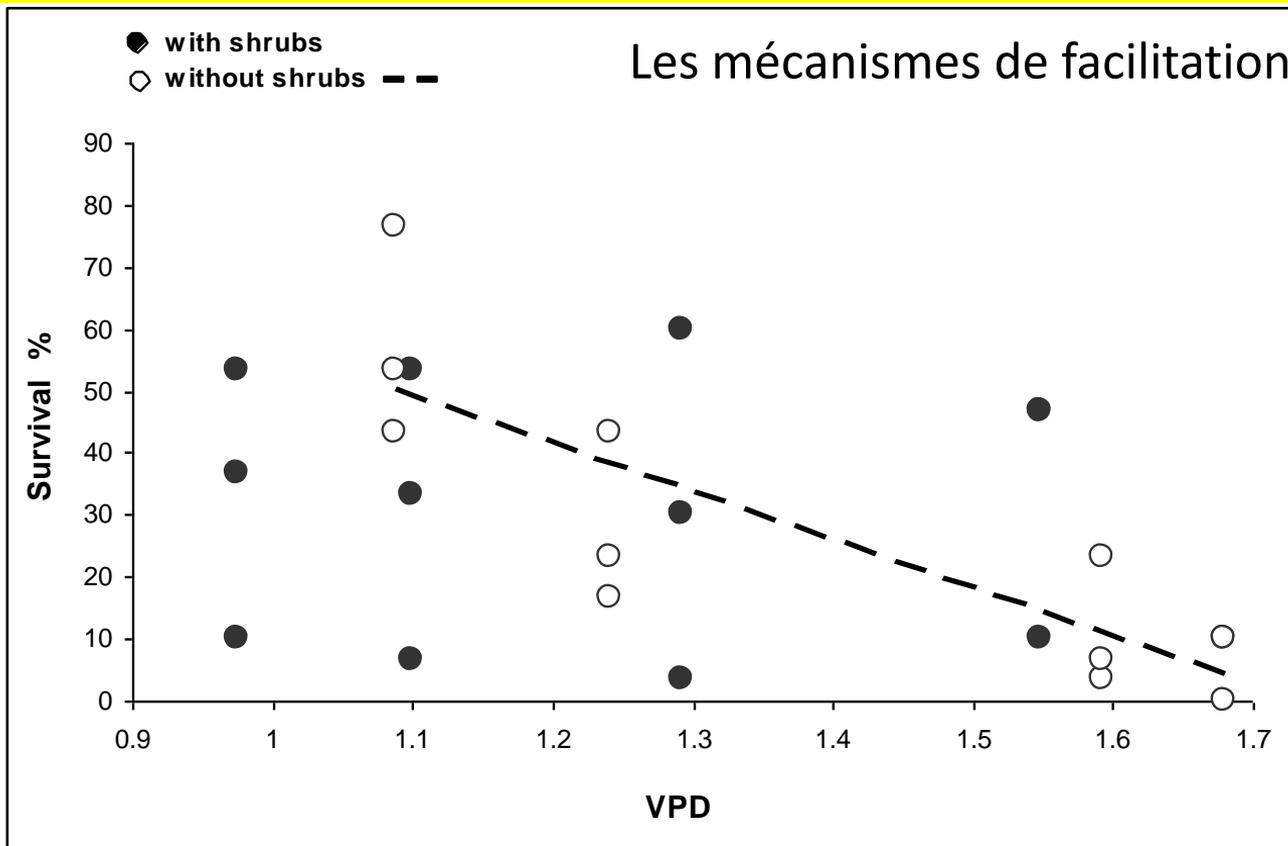


CARREFOURS  
DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE

# Interactions biotiques et régénération des chênes en forêts dunaires



# Interactions biotiques et régénération des chênes en forêts dunaires

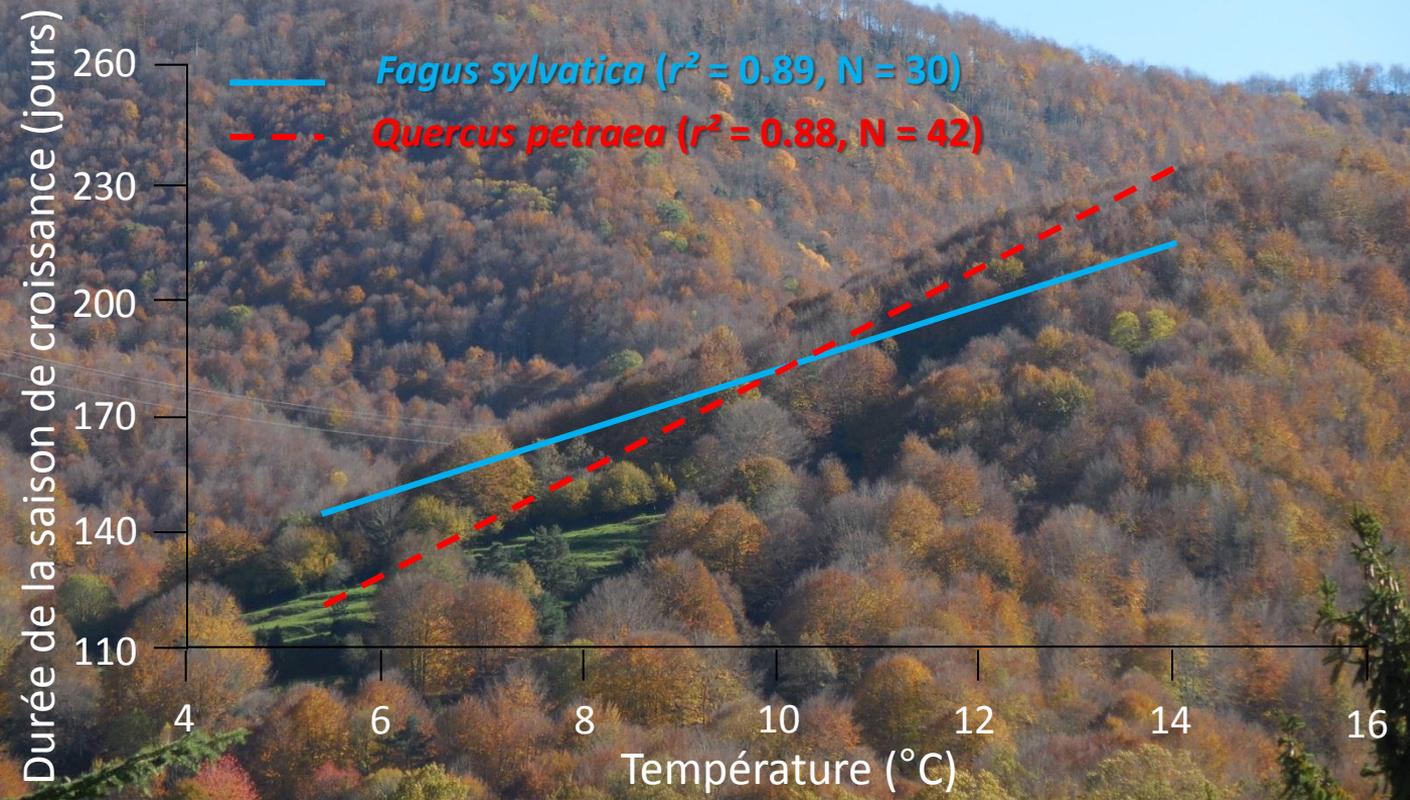


Muhamed et al. For. Ecol. Mangmt. 2013

L'augmentation de la sécheresse estivale avec le changement climatique devrait:

1. diminuer la compétition au sud de l'Aquitaine,
  2. augmenter la facilitation au nord de l'Aquitaine
- et ainsi tamponner les effets du changement climatique.

# Rôle de la sensibilité phénologique à la température dans les interactions chêne-hêtre en climat tempéré humide



Le chêne souffre-t-il de compétition dans les forêts de l'étage montagnard?

Si c'est le cas, le changement climatique devrait diminuer sa compétition subie en altitude ce qui accélérerait sa migration altitudinale.

Vitasse et al. 2008 Oecologia

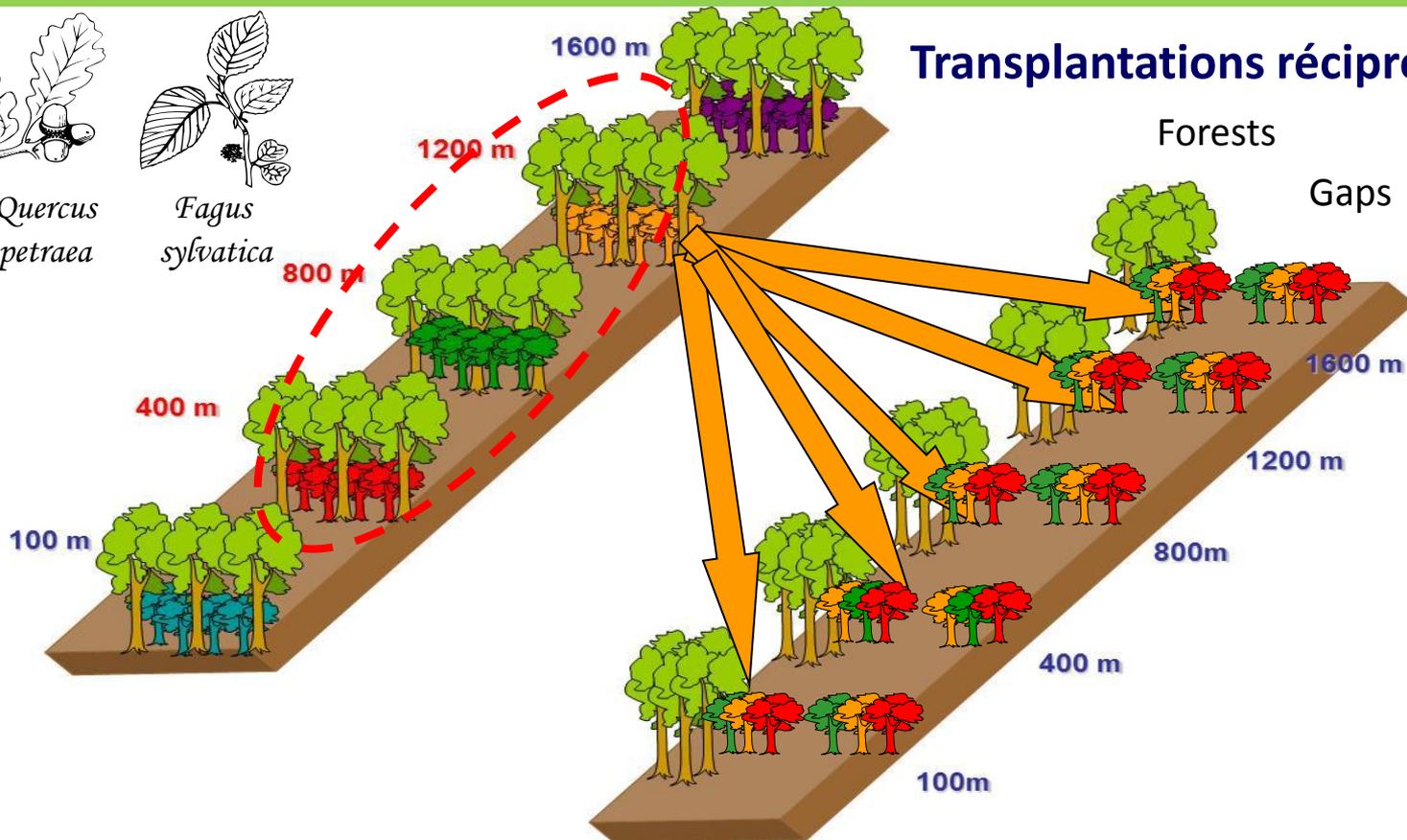
# Rôle de la sensibilité phénologique à la température dans les interactions chêne-hêtre



*Quercus  
petraea*



*Fagus  
sylvatica*



## Transplantations réciproques

Forests

Gaps



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT



CARREFOURS  
DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE

# Rôle de la sensibilité phénologique à la température dans les interactions chêne-hêtre

*Fagus sylvatica*



*Quercus petraea*



Forêt communale de Lourdes 488 m

Transplantation  
réciproques *in situ*...

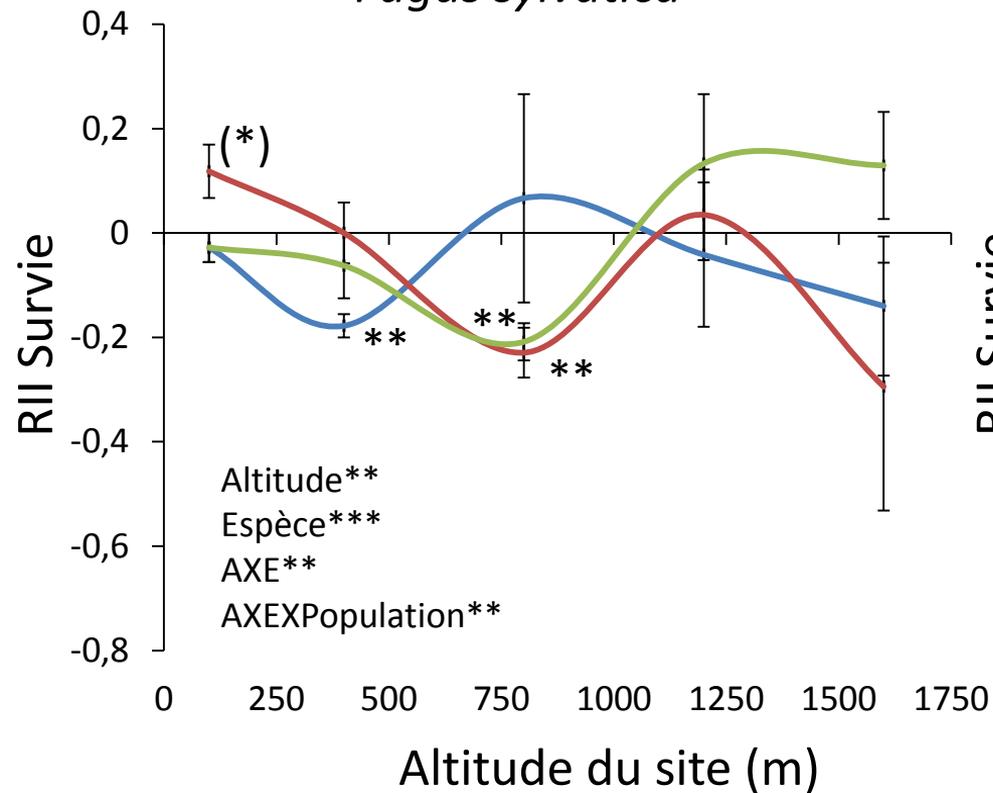


Forêt domaniale de Laveyron 131 m

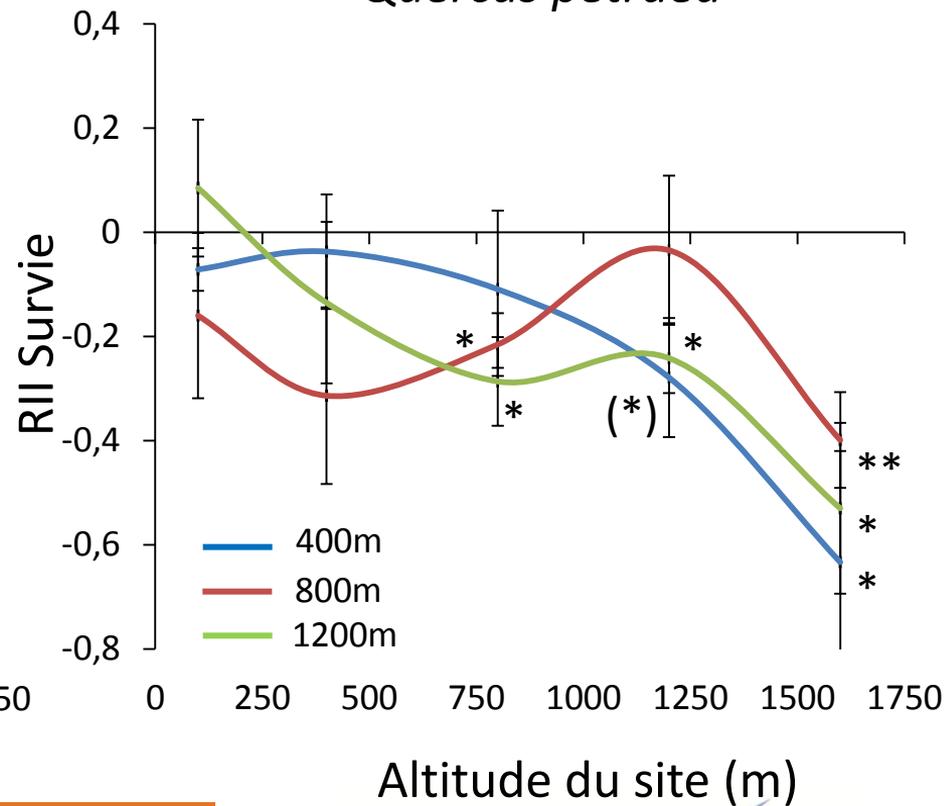


Plateau de Lienz 1533 m

*Fagus sylvatica*



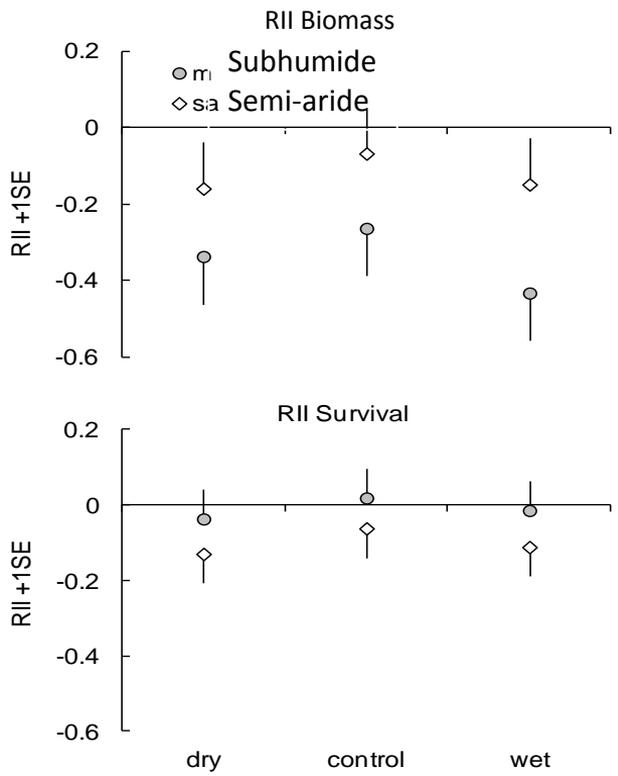
*Quercus petraea*



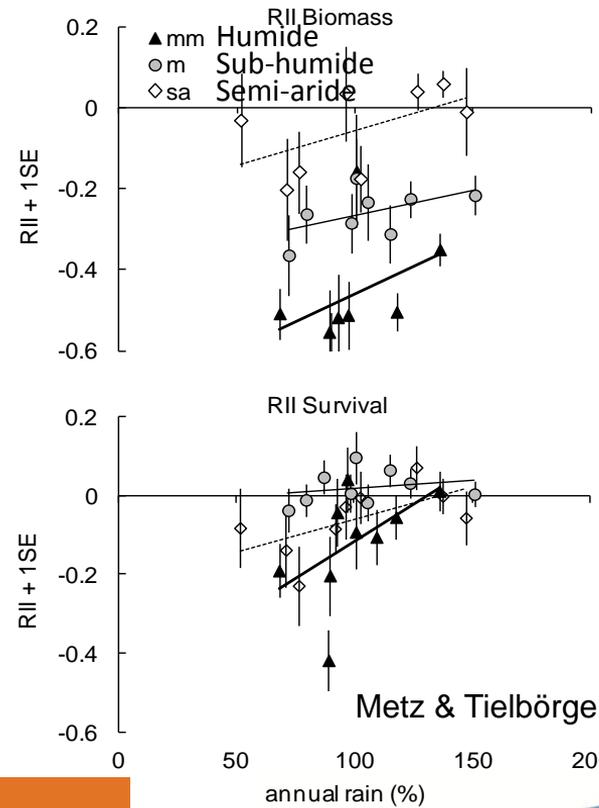
Le changement climatique devrait donc diminuer la compétition subie par le chêne en altitude et ainsi accélérer sa migration altitudinale au dépend du hêtre.

Les variations d'interactions biotiques le long d'un gradient de ressource chaleur sont ainsi comparables aux variations d'interactions le long d'un gradient de ressource hydrique avec augmentation de la compétition lorsque la ressource diminue.

## Experimental gradients across sites

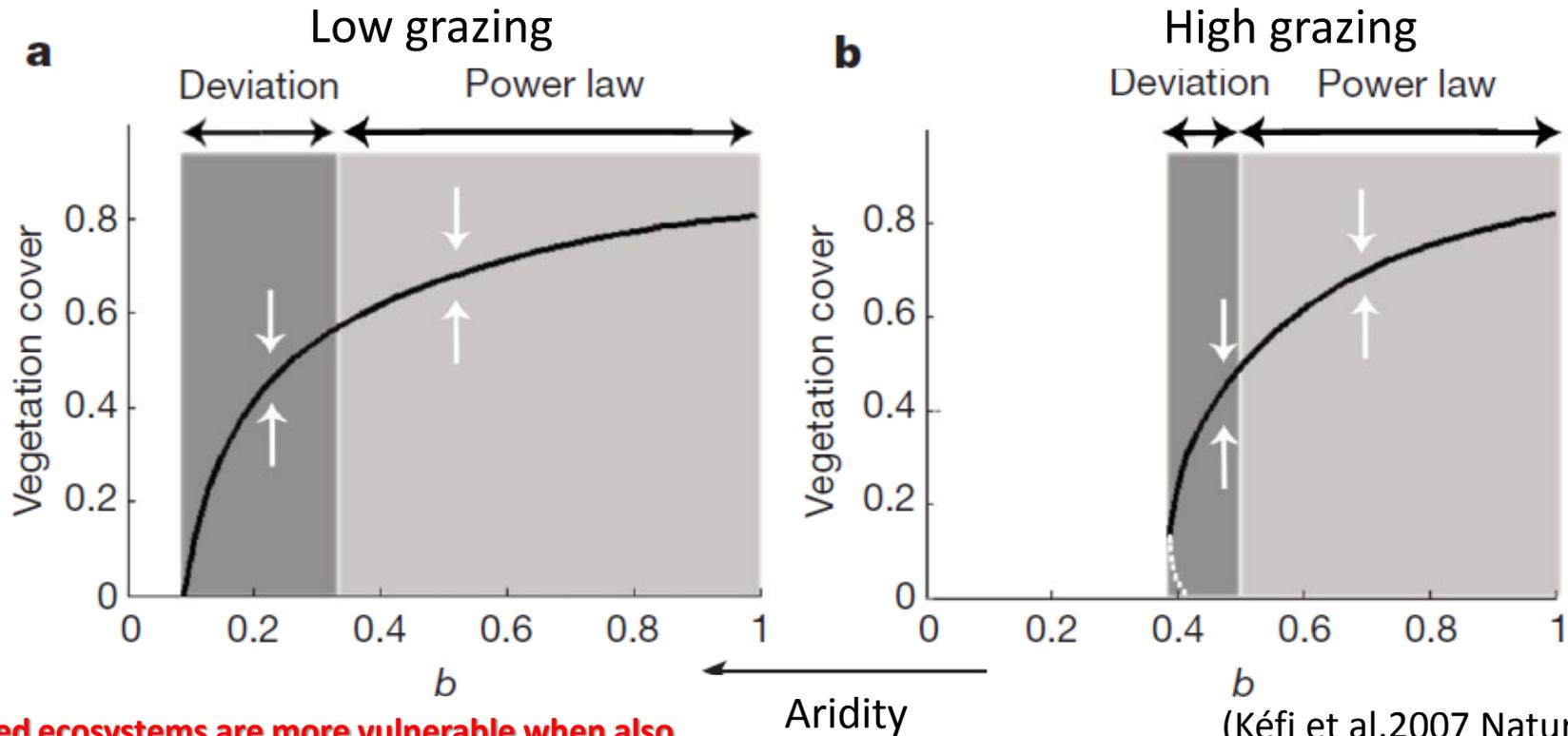


## Temporal gradient within sites



Metz & Tielbörger *Funct. Ecol.* 2016

# Le rôle des perturbations sur les effets du changement climatique



(Kéfi et al.2007 Nature)

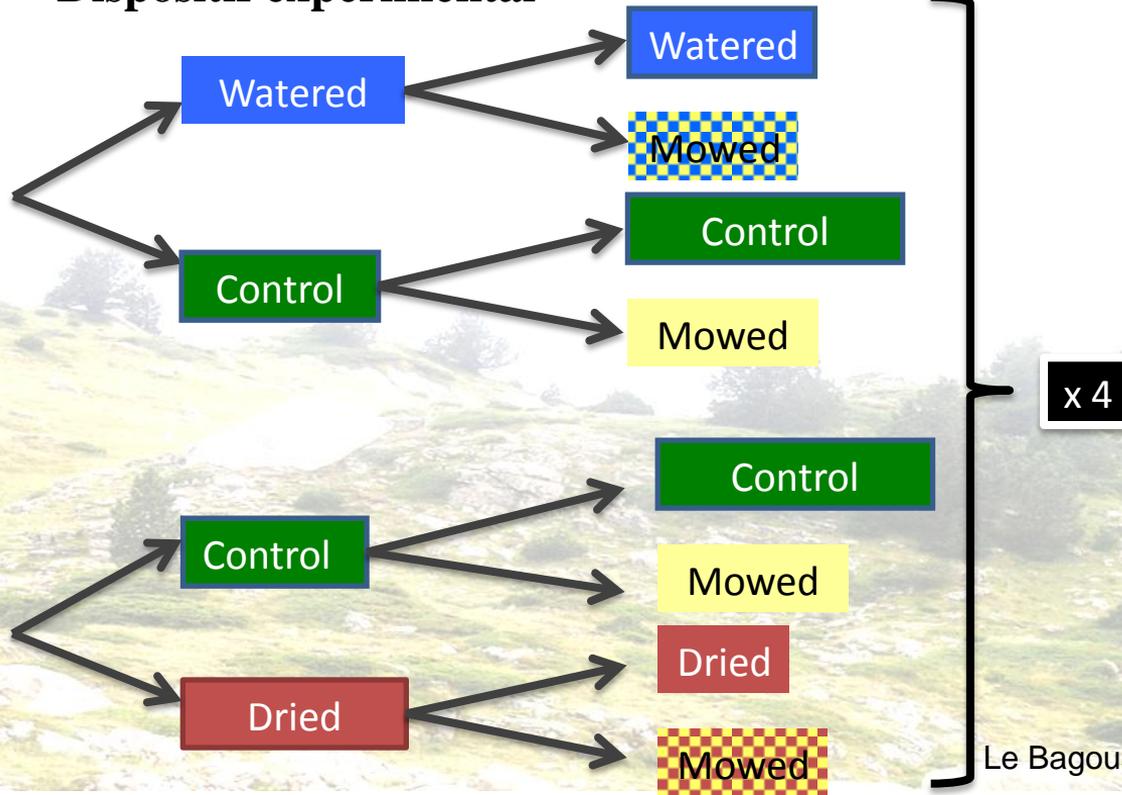
**Water-stressed ecosystems are more vulnerable when also subjected to high levels of disturbance**

# Le rôle des perturbations: exemple des estives des Pyrénées

## Dispositif expérimental

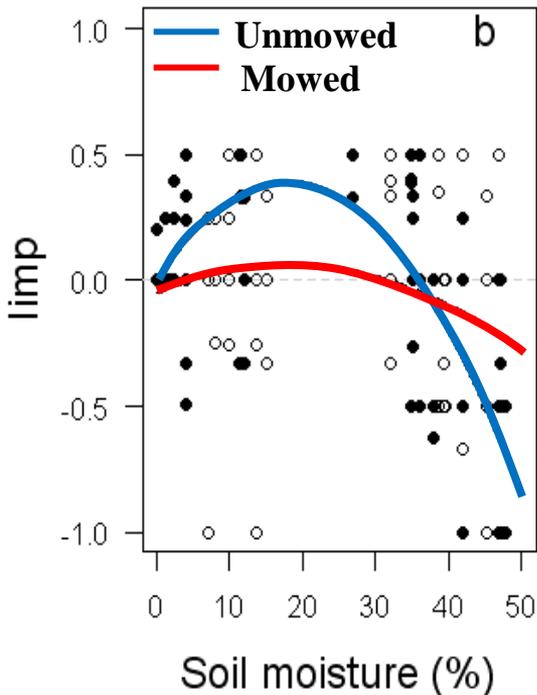


8 points along a natural water-stress gradient + 8 experimental points



Le Bagousse-Pinguet et al. Oikos 2014

## Interaction importance



| Source of variations                      | Intensity (RII) |          |             | Importance ( $I_{imp}$ ) |          |                  |
|---|-----------------|----------|-------------|--------------------------|----------|------------------|
|   | <i>Df</i>       | <i>F</i> | <i>P</i>    | <i>df</i>                | <i>F</i> | <i>P</i>         |
| <i>Soil moisture</i>                      | 1               | 4.62     | <b>0.03</b> | 1                        | 9.10     | <b>0.003</b>     |
| <i>Mowing</i>                             | 1               | 0.005    | 0.94        | 1                        | 7.17     | <b>0.008</b>     |
| <i>Soil moisture x Mowing</i>             | 1               | 1.33     | 0.25        | 1                        | 3.14     | 0.07             |
| <i>Soil moisture<sup>2</sup></i>          | 1               | 1.60     | 0.21        | 1                        | 19.99    | <b>&lt;0.001</b> |
| <i>Soil moisture<sup>2</sup> x Mowing</i> | 1               | 0.45     | 0.50        | 1                        | 6.43     | <b>0.012</b>     |
| <i>Error model</i>                        | 130             |          |             | 130                      |          |                  |

Le Bagousse-Pinguet et al. Oikos 2014

# Le rôle des perturbations: exemple des estives des Pyrénées

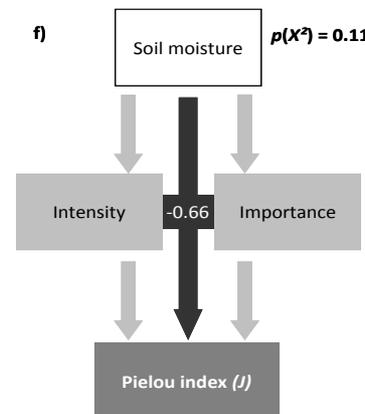
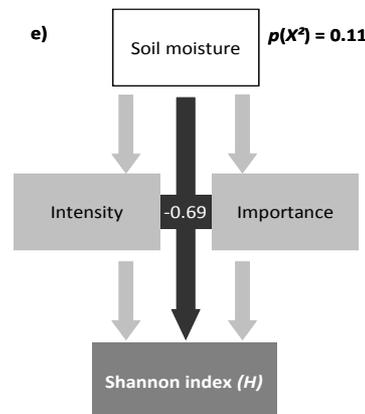
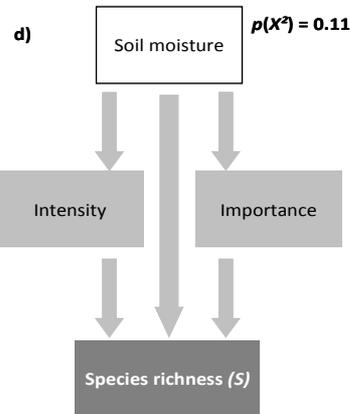
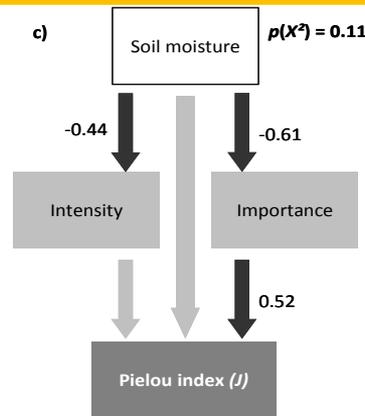
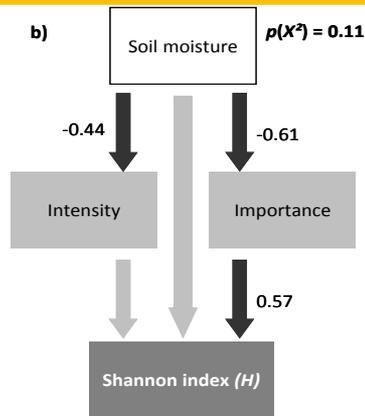
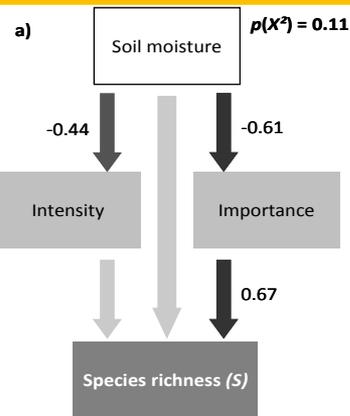
Sans fauche

La facilitation tamponne l'effet négatif de la sécheresse sur la diversité en absence de perturbations

Fauché

La perturbation fait collapser la facilitation et ainsi son effet tampon sur la diversité qui passe sous le contrôle direct négatif de la sécheresse

Le Bagousse-Pinguet et al. Oikos 2014



## Conclusions

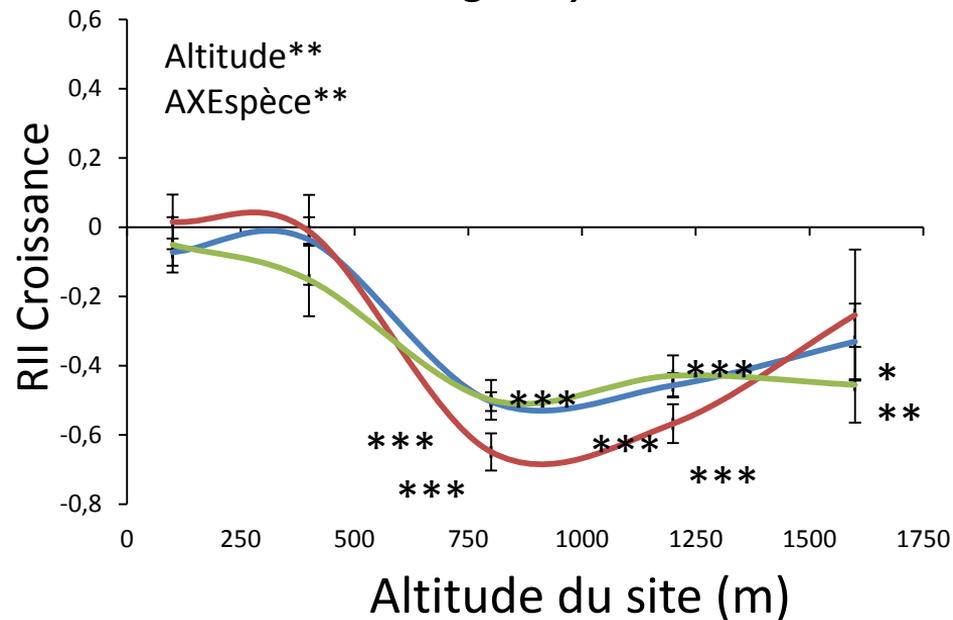
Les interactions biotiques peuvent exacerber ou tamponner les effets du changement climatique selon que celui-ci diminue ou augmente le stress pour les espèces végétales et selon également l'évolution des interactions le long des gradients de stress.

L'enjeu majeur est donc de progresser dans notre connaissance des changements d'interactions le long des gradients de stress. C'est en particulier dans les environnements secs que notre connaissance est encore insuffisante et ce d'autant plus que l'évolution des interactions est particulièrement complexe et dépendante des approches utilisées (spatiale, temporelle ou expérimentale).

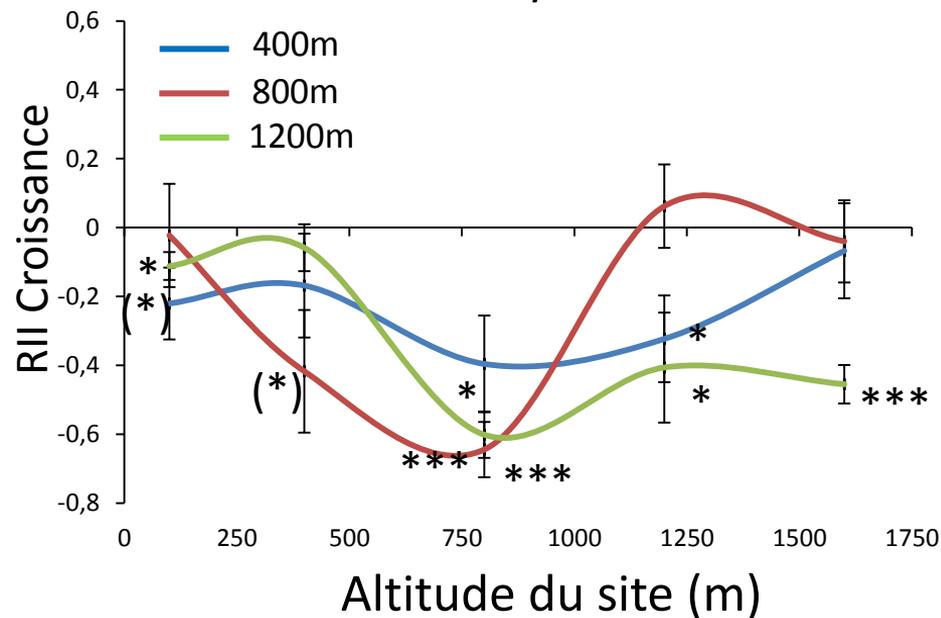
La perturbation est un facteur qui peut aussi très fortement affecter le rôle des interactions biotiques et notamment l'effet médiateur de la facilitation sur la diversité et le fonctionnement des écosystèmes. En absence de perturbation la résistance des écosystèmes forestiers au changement climatique sera sans doute très importante, de part l'importance de ces effets médiateurs.

# Rôle de la sensibilité phénologique à la température dans les interactions chêne-hêtre

## *Fagus sylvatica*

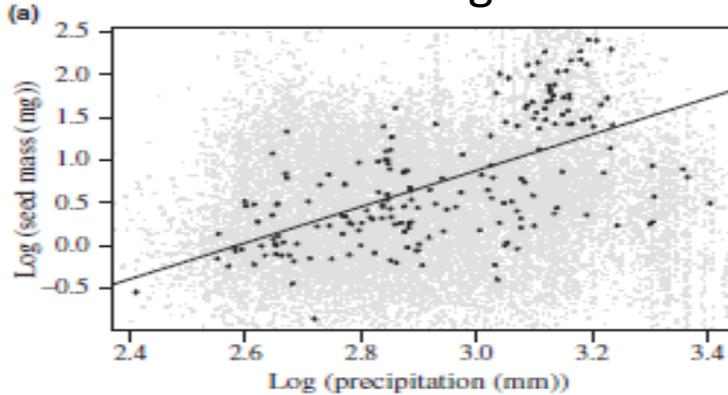


## *Quercus petraea*



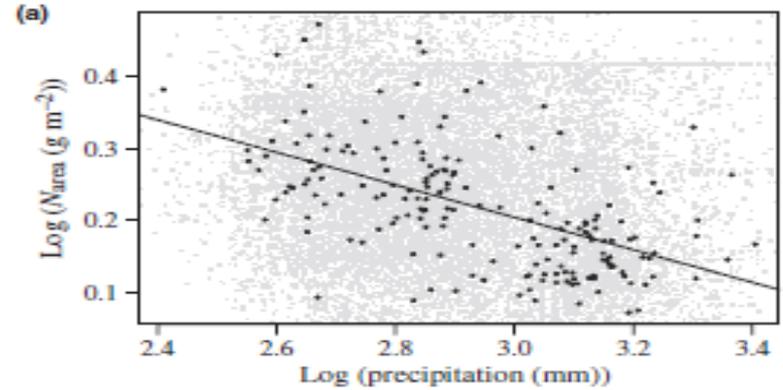
# Importance de la méthode: exemple des traits dans la prairie américaine

## Masse des graines



Gradient naturel

## Teneur en azote foliaire



Gradient expérimental

