

Les processus de complémentarité de niche et de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leur efficacité pour l'acquisition des ressources abiotiques.

- ▶ Justes E, Bedoussac L, Corre-Hellou G, Fustec J, Hinsinger P, Jeuffroy M-H, Journet E-P, Louarn G, Naudin C, Pelzer E





# Les associations végétales : définition et exemples

- Une association est la culture simultanée de deux espèces ou plus sur la même surface pendant une période significative de leur croissance (Willey, 1979)
- Une définition qui recouvre une diversité de systèmes :



Cultures annuelles



Systèmes prairiaux



Agroforesterie



Sylvopastoralisme



Arbres - Arbustes

- Principes de l'écologie (ex: interactions, diversité, services écosystémiques)
- Pratique traditionnelle plus ou moins répandue (PVD vs. Europe ; Alim. A. vs. H.)



# Compétition pour l'utilisation de mêmes ressources

D'après : van Asten, Wairegi, Mukasa, Uringi (2011) - *Agricultural Systems* 104:326-334

- Dans les peuplements mono-spécifiques et pluri-spécifiques les plantes sont en compétition lorsqu'elles utilisent les mêmes ressources abiotiques, au même endroit et en même temps.



Compétition pour la lumière

Compétition pour l'eau et les minéraux



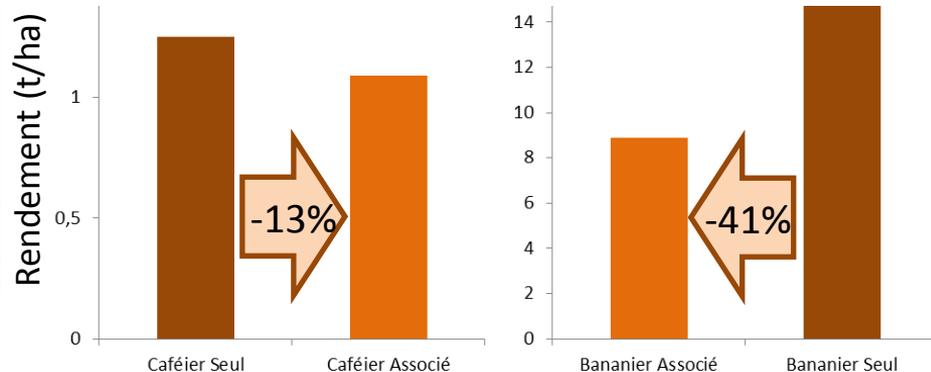
Culture de café mono-spécifique



Association caféier/banancier

Colombie ; [www.fao.org](http://www.fao.org)

Produit Brut : 1170 vs 1745 \$/ha en SC vs IC → +49%





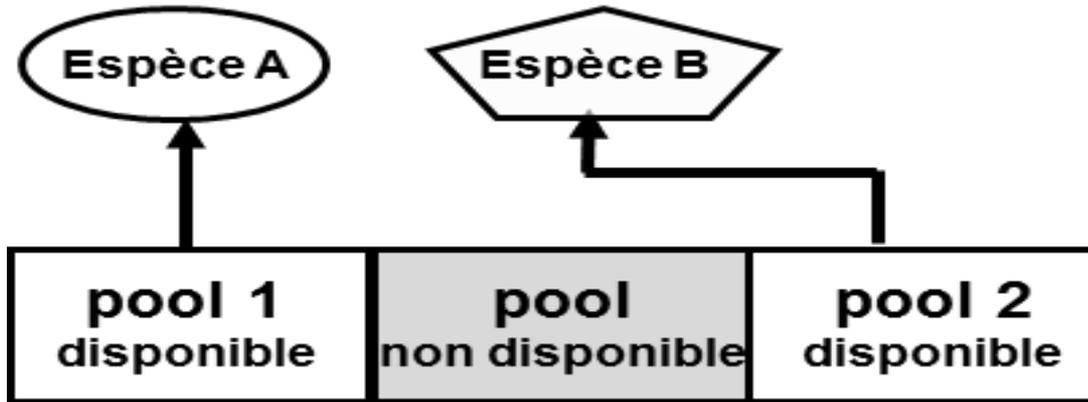
# Complémentarité de niche dans les associations

D'après : Garnier et Navas (2011) ; Chesson (2000) ; Fridley (2001)

- La complémentarité de niche correspond à :
  - L'utilisation d'une même ressource de façon différée dans le temps ou dans l'espace
  - L'exploitation de formes biogéochimiques différentes



*Parc à Faidherbia albida*



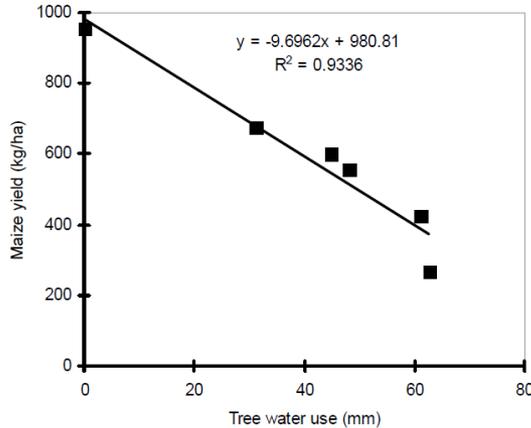
*Association blé dur-féverole*



# Complémentarité de niche asynchrone

- Exemple de l'utilisation asynchrone de l'eau dans les parcs à *Faidherbia albida*

Ong CK, Leakey RRB (1999)  
*Agroforestry Systems* 45:109-129



- Plus des remontées capillaires
- Plus de l'enrichissement des strates superficielles du sol en MO par les feuilles

Roupsard O et al. (1999), *Functional Ecology* 13:460-472

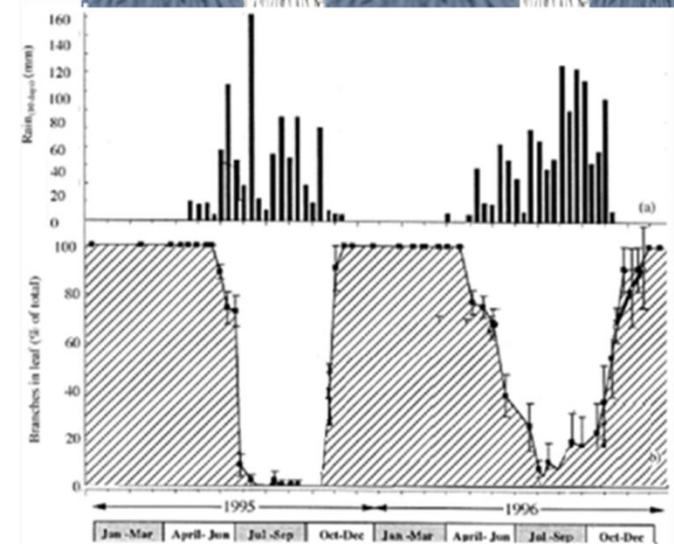
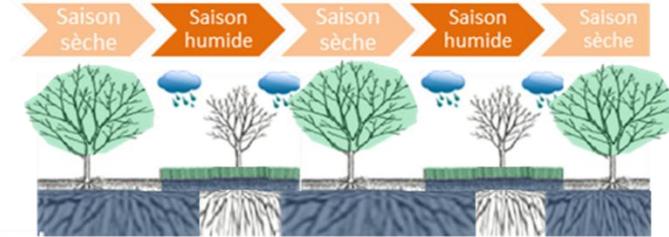
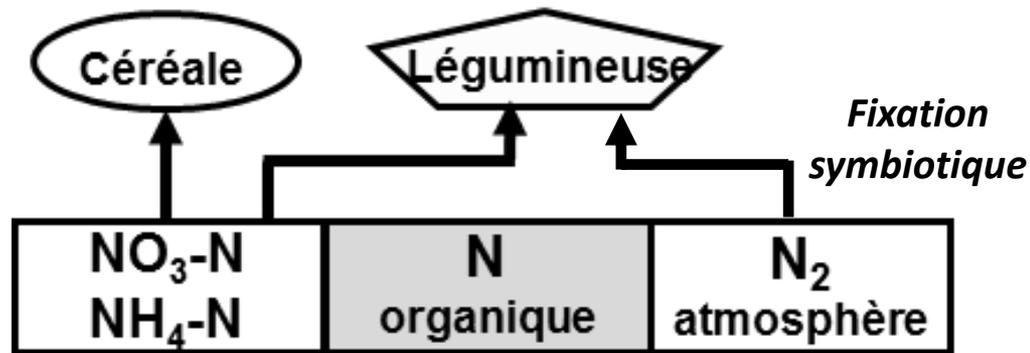


Figure 2. Regression of tree water use and maize yield in the 1996 long rains, Matchakos, Kenya.

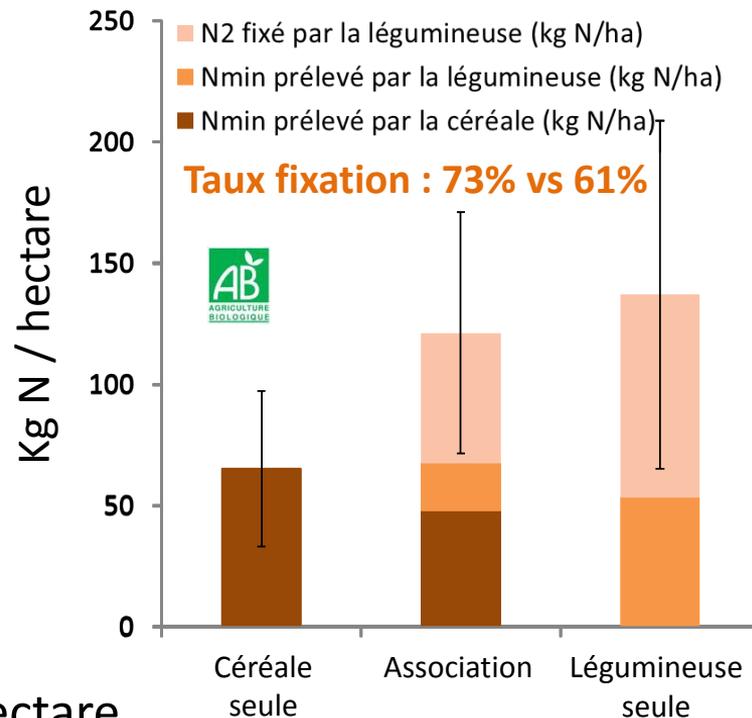


# Le plus souvent : compétition et complémentarité

Adapté de Bedoussac et al., *Agronomy for Sustainable Development* (Accepté)



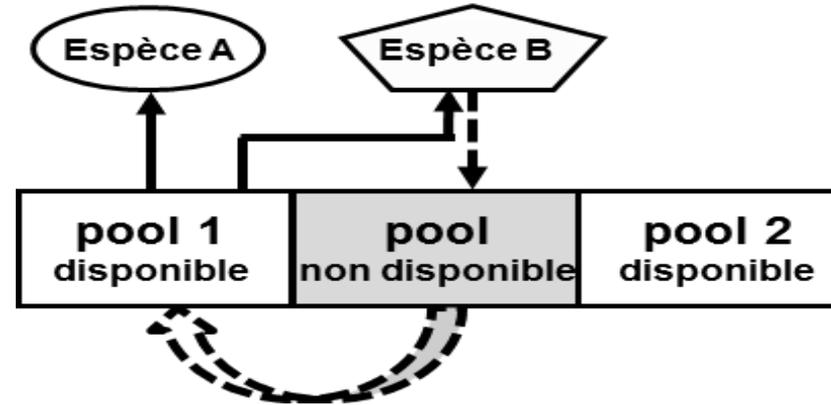
- Compétition entre céréale et légumineuse pour l'acquisition de l'N minéral du sol
- Complémentarité de niche entre céréale et légumineuse ( $\text{N}_{\text{min}}$  vs  $\text{N}_2$ )
- Plus de  $\text{N}_2$  fixé/plante mais moins de  $\text{N}_2$  fixé/hectare





# Facilitation : accéder à des ressources inaccessibles

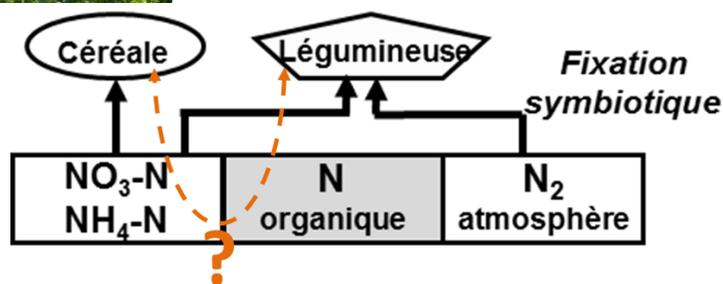
- La facilitation correspond au cas où une espèce augmente la croissance ou la survie de l'espèce qui lui est associée (Callaway, 1995) à travers l'amélioration des conditions environnementales (température, ombre, disponibilité des ressources, ...)
  - Soit de façon directe :  
interactions plante-plante
  - Soit de façon indirecte :  
interactions via les communautés microbiennes et mycorhizes du sol



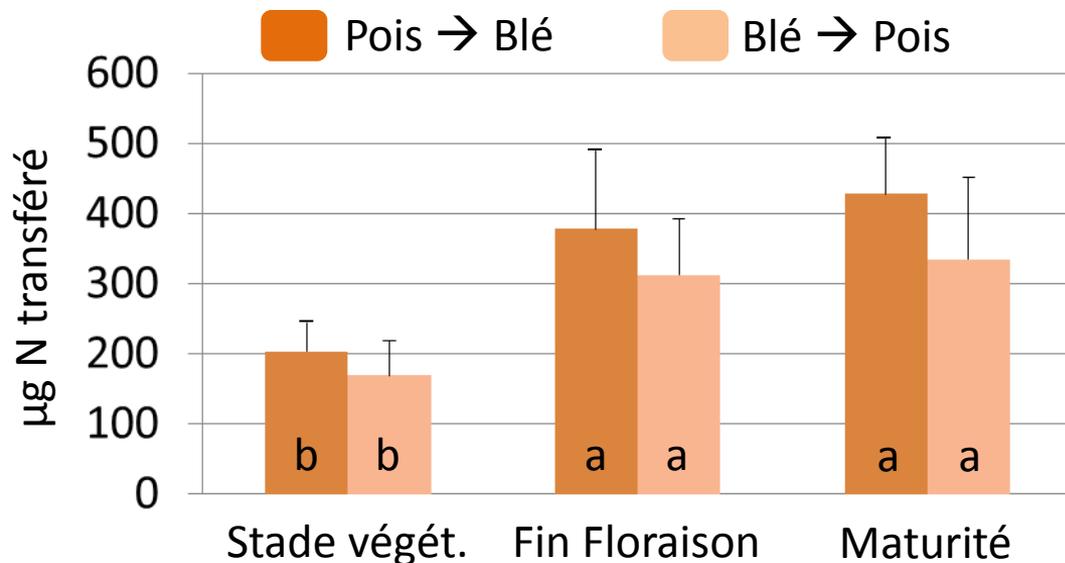


# Les transferts d'azote entre plantes associées

D'après : Fustec J, Malagoli P, 2012, Ecole chercheurs - Montpellier



- Sol INRA Melgueil
- Pots de 10L
- Marquage  $^{15}\text{N}$  limbes
- 1 pois associé à 2 blés



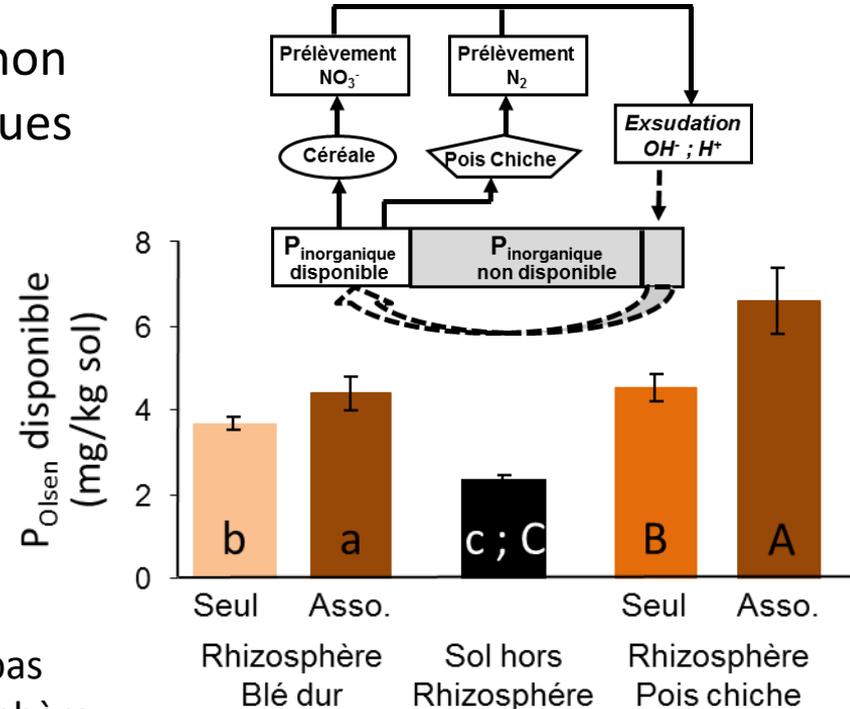
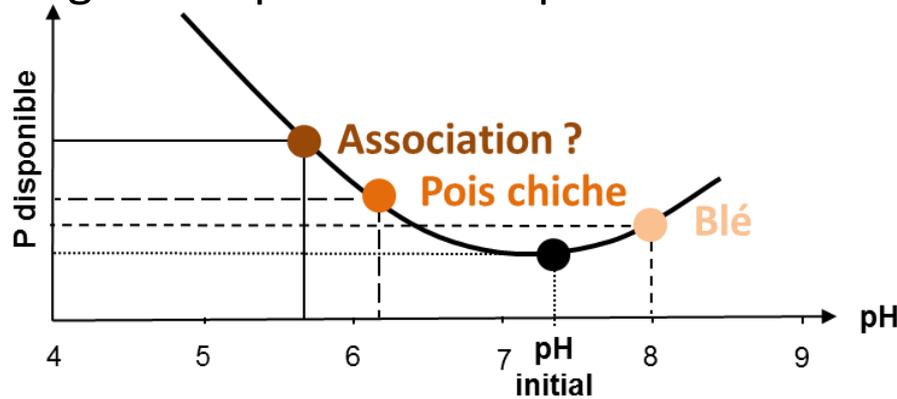
- Il existe des transferts faibles d'N entre plantes (<1% de l'N des plantes)
- Dans le cas des cultures annuelles le bilan est nul



# Facilitation biogéochimique pour le Phosphore

D'après : *Betencourt, Duputel, Colomb, Desclaux, Hinsinger (2012) - Soil Biol. Biochem. 46*

- Mobilisation d'un pool de P initialement non disponible via des processus rhizosphériques engendrés par l'autre espèce



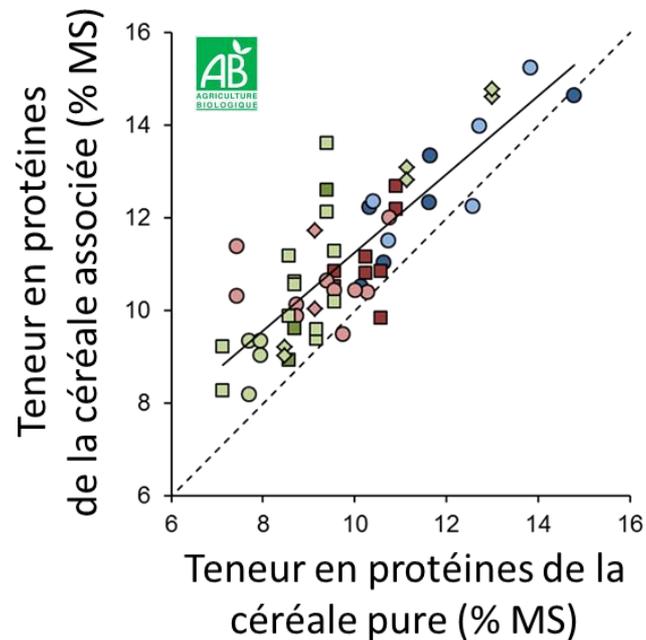
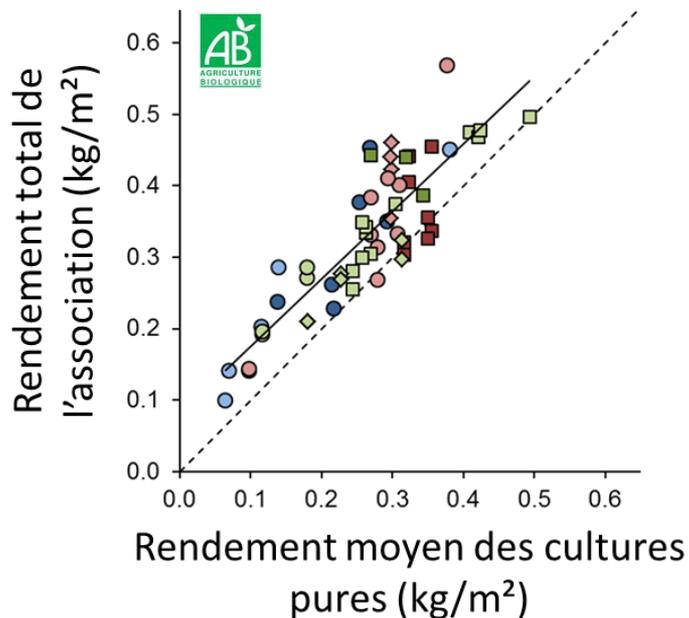
- Les modifications de pH sont faibles et n'expliquent pas l'augmentation de la disponibilité du P dans la rhizosphère





# Complémentarité, compétition et facilitation pour accroître les rendements et la qualité des grains

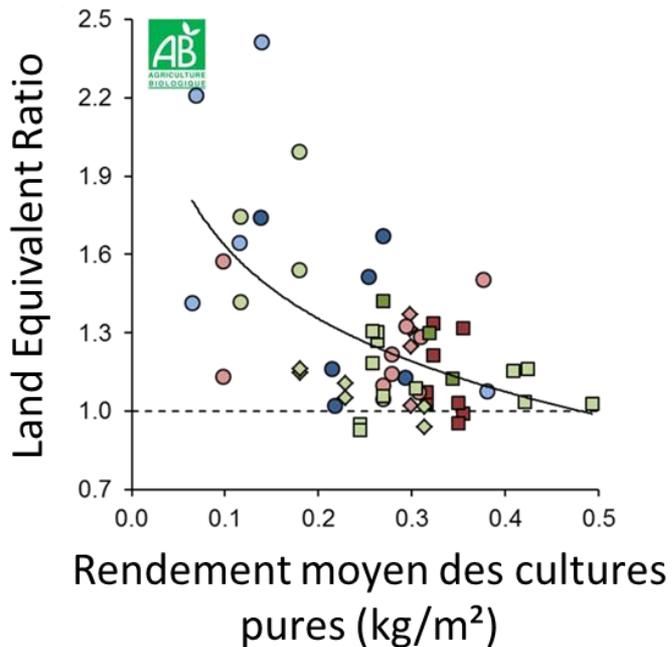
D'après : Bedoussac et al., *Agronomy for Sustainable Development* (Accepté)





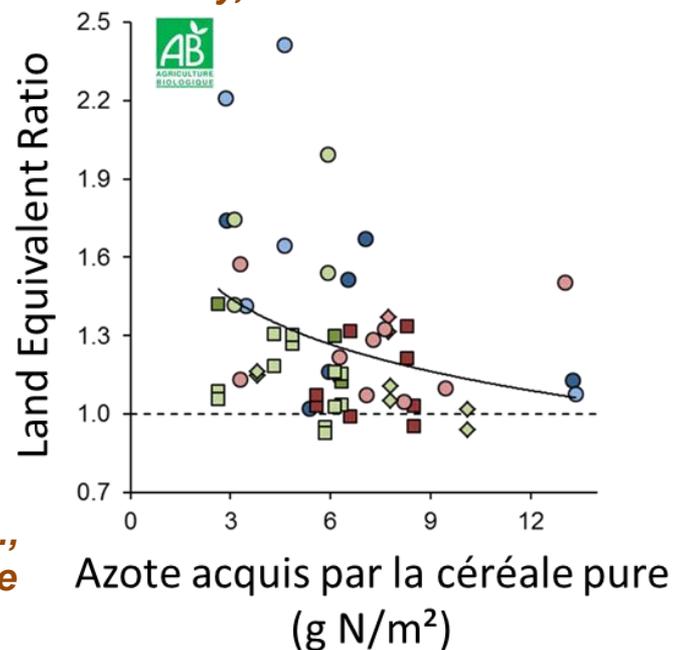
# Complémentarité et facilitation surtout en conditions limitantes : Compétition Complémentarité

*D'après : Bertness et Callaway, 1994*



- Blé tendre - Féverole
- Blé tendre - Pois
- Orge - Féverole
- Orge - Pois
- Blé dur - Féverole
- Blé dur - Pois

*D'après : Bedoussac et al., Agronomy for Sustainable Development (Accepté)*





## Conclusions et perspectives

- Compétition inter-spécifique peut rimer avec amélioration de la productivité et de la qualité des produits récoltés.....mais sous certaines conditions :
  - Pas de forte compétition pour les mêmes ressources (dans le temps, l'espace ou la forme chimique des nutriments) (ex. complémentarité « partielle » pour la lumière)
  - Occurrence de facilitation (ex. P) et/ou de complémentarité de niche (ex. N, eau)
- **Intérêts des cultures associées surtout en conditions limitantes**
- Complémentarités interspécifiques fonction des choix d'espèces, variétés, fertilisation, structure de peuplement...
- Des transferts d'N très faibles en cultures annuelles mais significatives en cultures pérennes pour expliquer l'amélioration des performances



# Merci pour votre attention

- Bedoussac L., Journet E-P., Hauggaard-Nielsen H., Naudin C., Corre-Hellou G., Prieur L., Jensen E.S., Justes E., 2014. Chapter 3: Eco-Functional Intensification by Cereal-Grain Legume Intercropping in Organic Farming Systems for Increased Yields, Reduced Weeds and Improved Grain Protein Concentration. In: S. Bellon and S. Penvern (Eds.), "Organic Farming, prototype for sustainable agricultures?" Springer, Dordrecht, pp 47-64. ISBN 978-94-007-7926-6
- Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifaï M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnès V., Boucheny P., Carrouée B., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard M.-C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M., Justes E., Jeuffroy M.H., 2012. Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. European Journal of Agronomy. 40, 39–53.



Cultures annuelles



Systèmes prairiaux



Agroforesterie



Sylvopastoralisme



Arbres - Arbustes