

Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses

G. Louarn, G. Corre-Hellou, J. Fustec, E. Lô-Pelzer,
B. Julier, I. Litrico, P. Hinsinger, C. Lecomte

Jeudi 9 décembre 2010



Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Plan

- Introduction
 - Attentes, opportunités et défis des associations
- Compétition pour les ressources entre G et L
 - Rayonnement
 - Eau et éléments minéraux du sol
- Conséquences de la facilitation pour l’N dans la relation G-L
- Quels moyens d’actions pour maximiser les complémentarités?
- Conclusion

Associer graminées et légumineuses



Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Opportunités et attentes actuelles des associations

- Améliorer la stabilité des rendements en quantité et qualité
 - Combiner les atouts des deux familles (utilisation de l'N, périodes de production, valeur alimentaire...)
 - Produire autant voire plus que la meilleure des monocultures

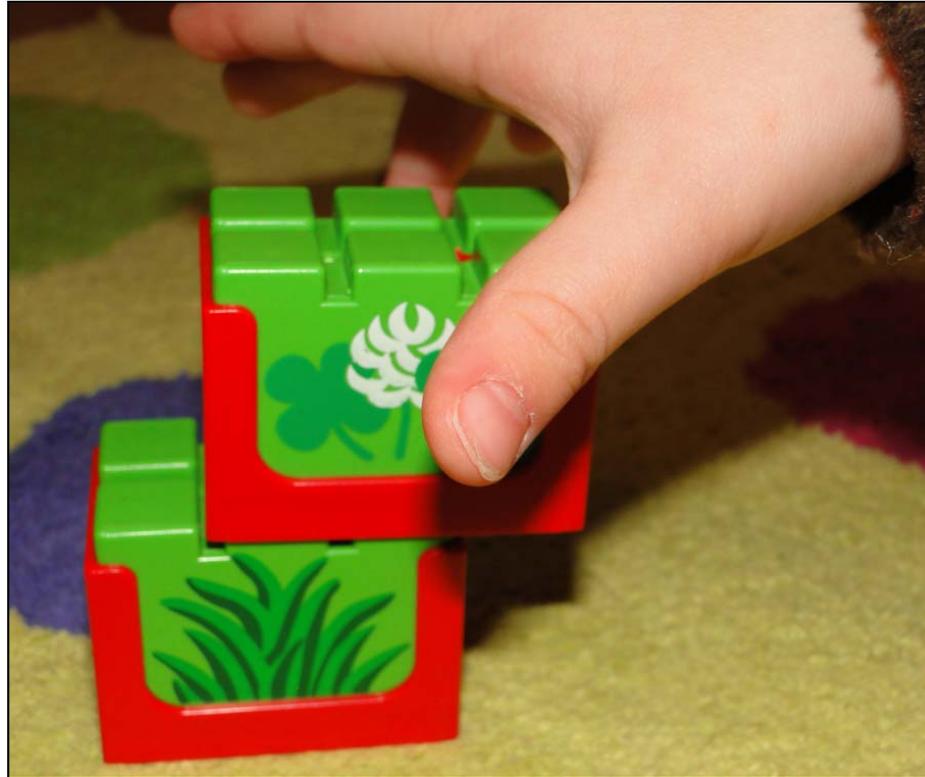
Opportunités et attentes actuelles des associations

- Améliorer la stabilité des rendements en quantité et qualité
- Maîtriser les coûts de production
 - Coût des intrants (fertilisation N / lutte contre les adventices)
 - Prolonger la durée d'exploitation (pérennité)
 - Favoriser le pâturage de légumineuses

Opportunités et attentes actuelles des associations

- Améliorer la stabilité des rendements en quantité et qualité
- Maîtriser les coûts de production
- Préserver l'environnement
 - Réduire les besoins en énergie (1.8 kg EP pour 1 kg engrais N)
 - Limiter les risques de lixiviation des nitrates
 - Impact positif sur la biodiversité (pollinisateurs / auxiliaires)

Une limite à franchir : assurer l'équilibre...



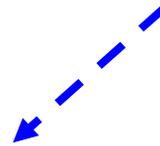
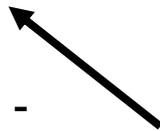
On sait ce que l'on sème, mais on ne sait ce que l'on va récolter

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Une limite à franchir : assurer l'équilibre...



Ressources

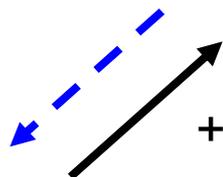
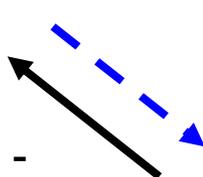
Lumière

Eau

Minéraux (N, P, K, Fe...)

limiter les fronts de
compétition

Une limite à franchir : assurer l'équilibre...



Ressources

Lumière

Eau

Minéraux (N, P, K, Fe...)

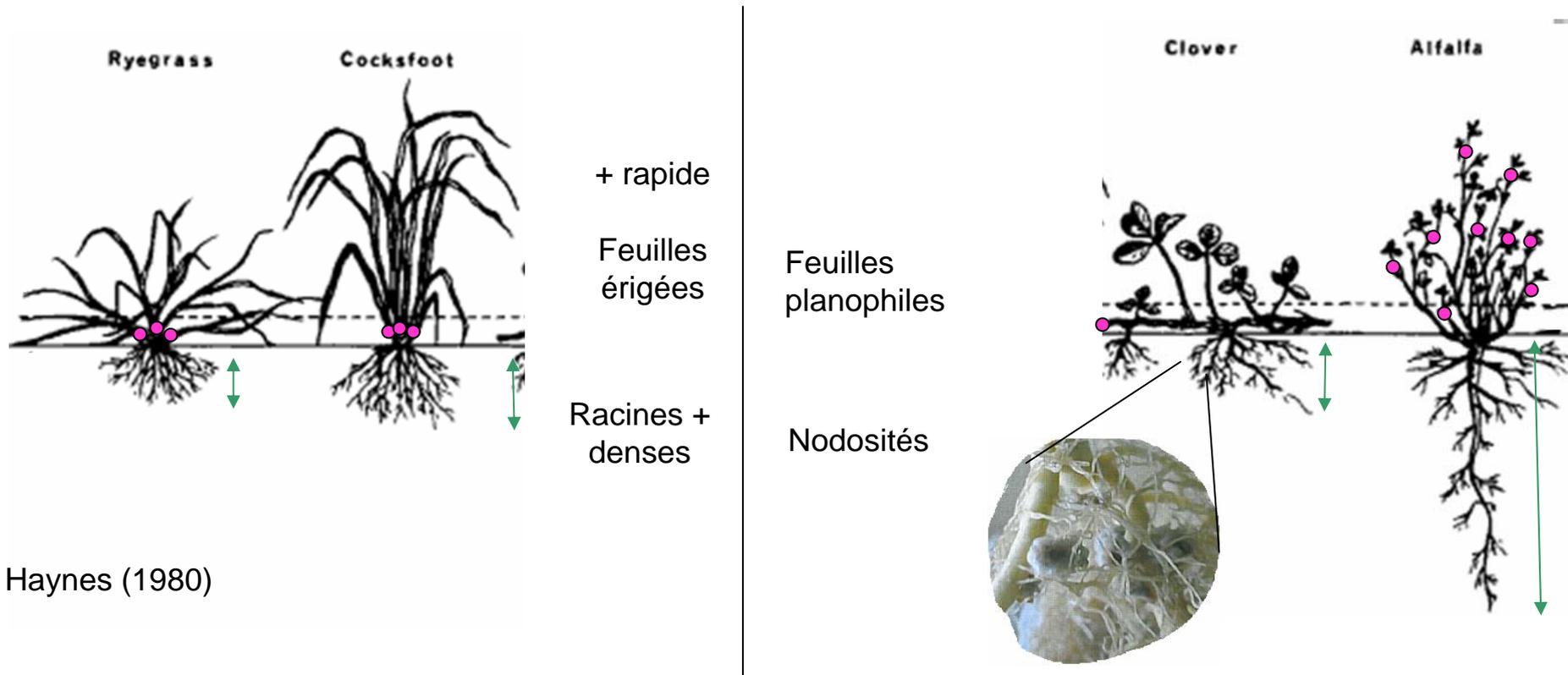
Favoriser les effets de
facilitation

Plan

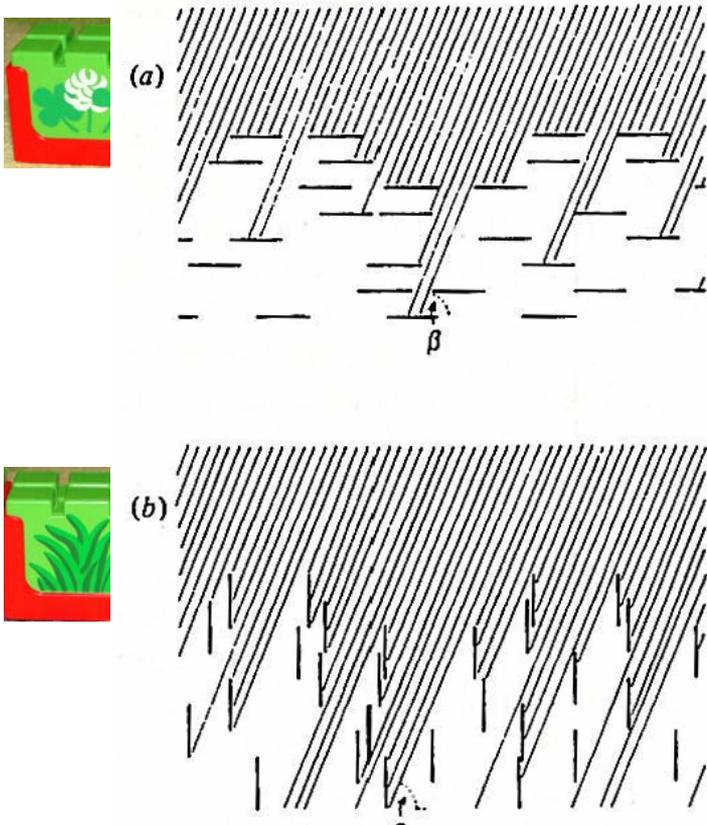
- Introduction
 - Attentes, opportunités et défis des associations
- **Compétition pour les ressources entre G et L**
 - Rayonnement
 - Eau et éléments minéraux du sol
- Conséquences de la facilitation pour l’N dans la relation G-L
- Quels moyens d’actions pour maximiser les complémentarités?
- Conclusion

Compétition : (1)

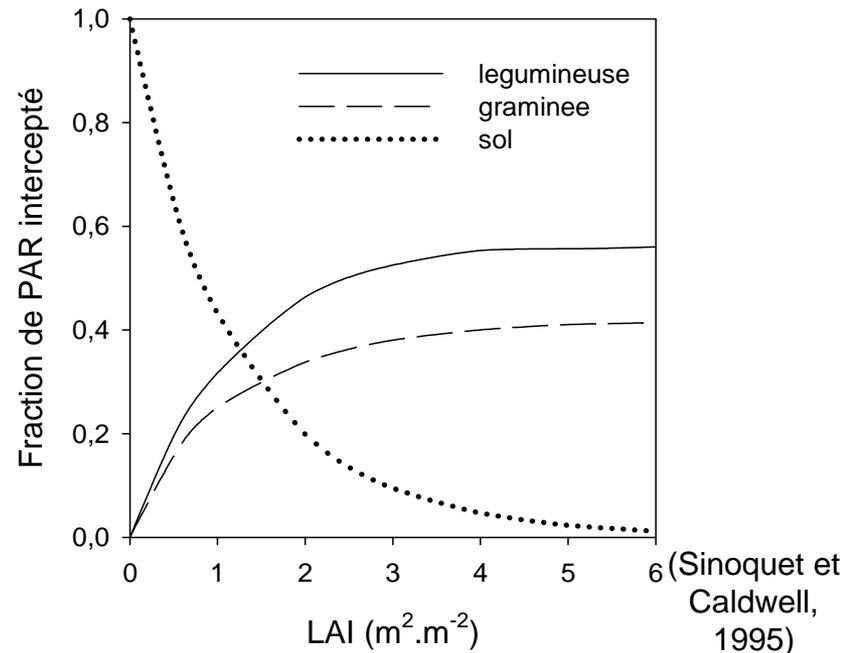
- Des spécificités morphologiques & physiologiques



Compétition : (1) Partager la lumière



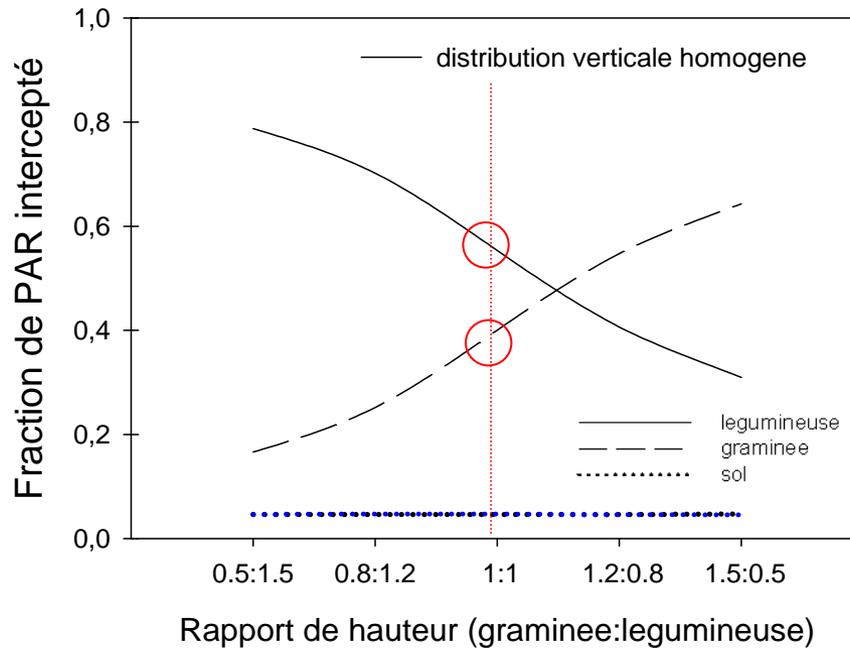
(Jones, 1992)



A même Hauteur, même LAI:
légumineuses plus efficaces
pour capter la lumière

Compétition : (1) Partager la lumière

Effet de la hauteur relative

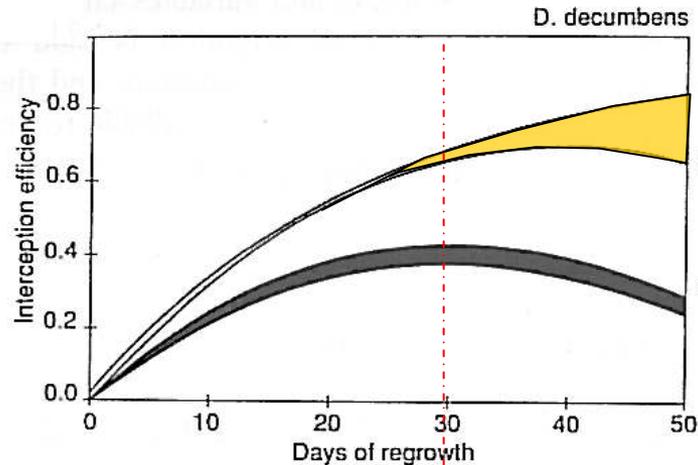


La hauteur relative des deux composantes a un impact très fort

A même LAI -> équilibre atteint pour une graminée légèrement plus haute



Compétition : (1) Partager la lumière

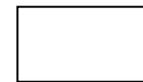


1 – pur

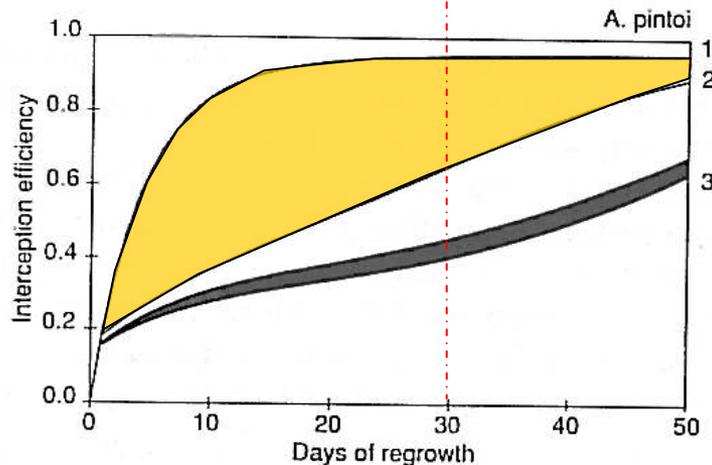
3 - association



Effet imputable à la
baisse de LAI



Effet lié à la compétition



(Sinoquet et
Caldwell, 1995)

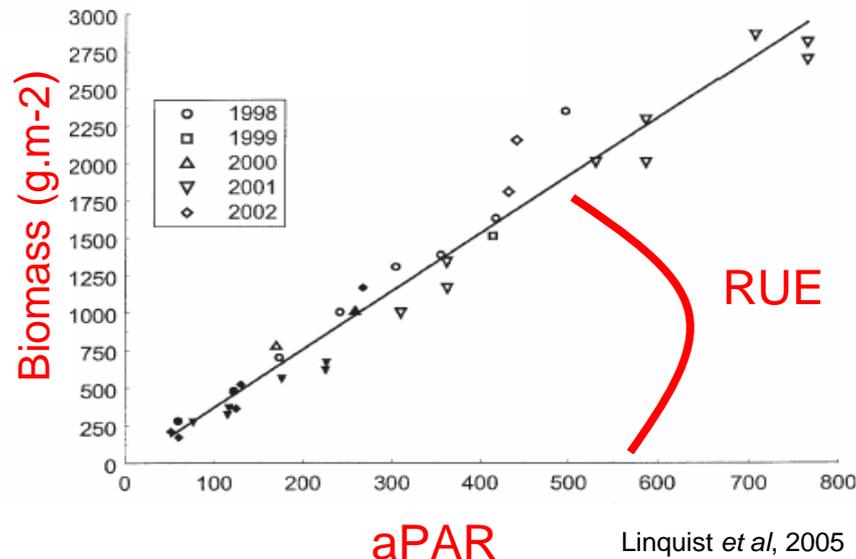
Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Compétition : (1) Partager la lumière

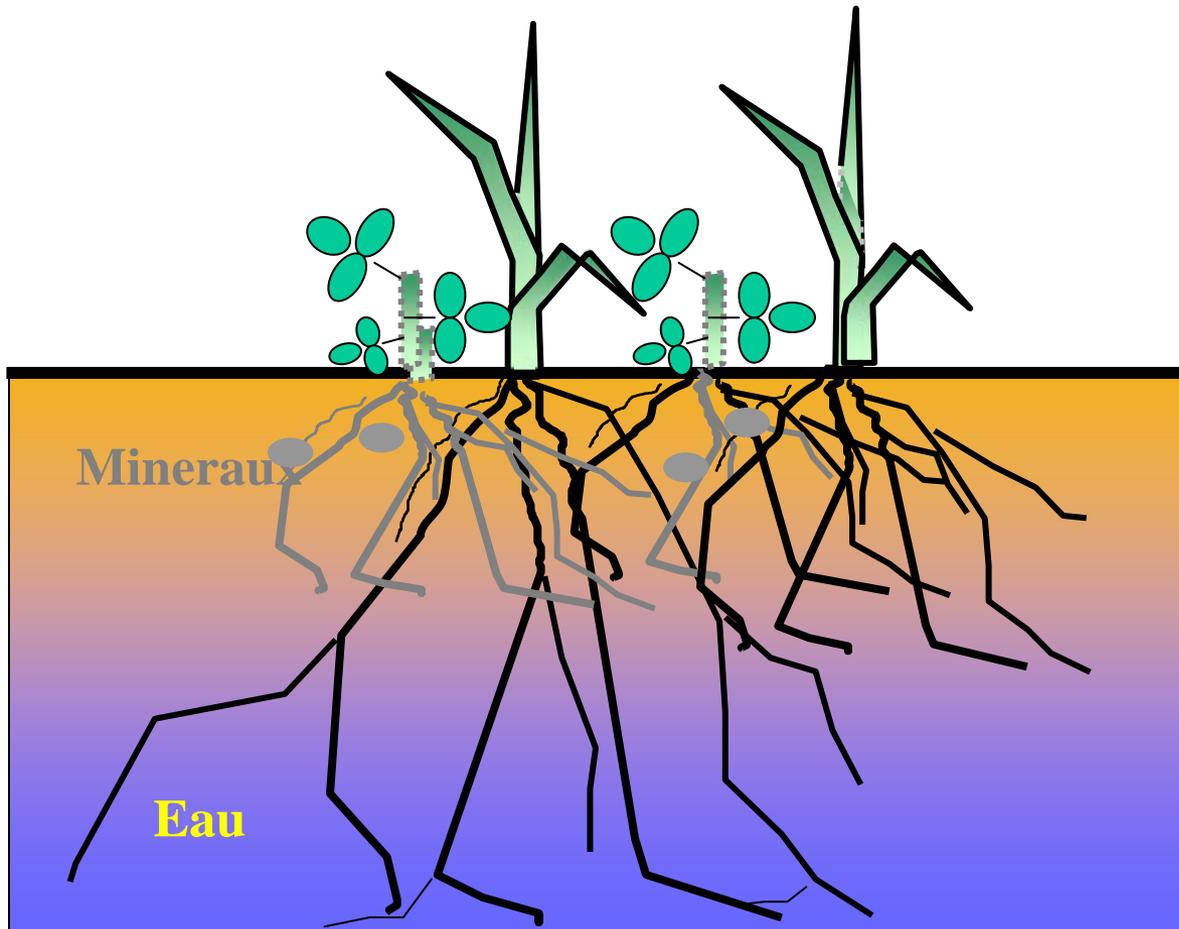
- Le partage de lumière définit la productivité potentielle de chaque composante



$$\text{Biomasse} = \sum_{t=0}^{t=n} PAR_{inc} \cdot \epsilon_i \cdot RUE$$

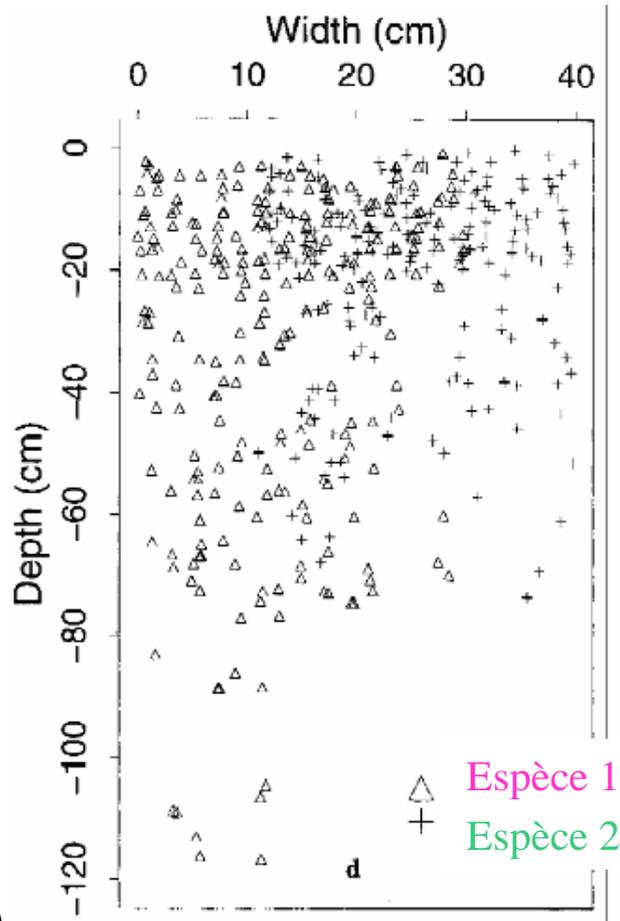
$$\text{Biomasse asso} = \sum_{t=0}^{t=n} PAR_{inc} \cdot \epsilon_{i_{leg}} \cdot RUE_{leg} + \sum_{t=0}^{t=n} PAR_{inc} \cdot \epsilon_{i_{gr}} \cdot RUE_{gr}$$

Compétition : (2) Ressources du sol



Compétition : (2) Ressources du sol

Ex: l'eau



(Ozier-
Lafontaine
et al. 1998)

Les besoins :

-> définis par la demande transpiratoire de chaque espèce (partage de la lumière)

Accès aux ressources :

-> densité racinaire

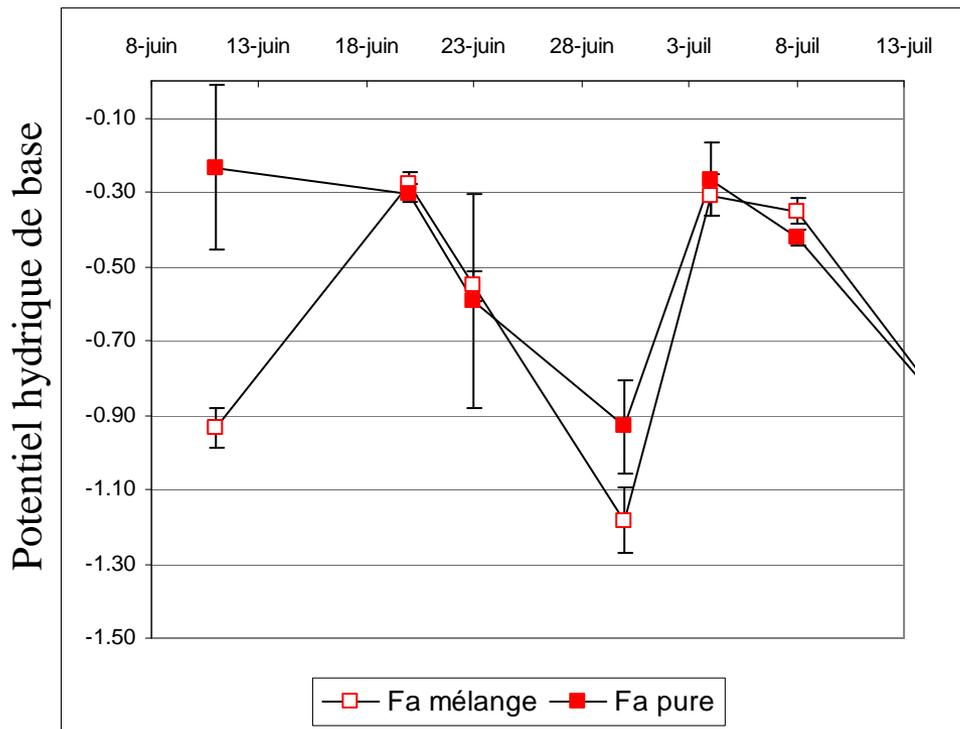
-> profondeur d'enracinement
(vitesse/durée de vie)

Adéquation ressources/besoins

-> niveau de stress / réalisation ou non du potentiel de croissance

Compétition : (2) Satisfaire les besoins en eau

État hydrique de la fétuque en culture pure ou en mélange



	Mélange	Culture pure
Fétuque	-4.6 ^a	-5.4 ^b

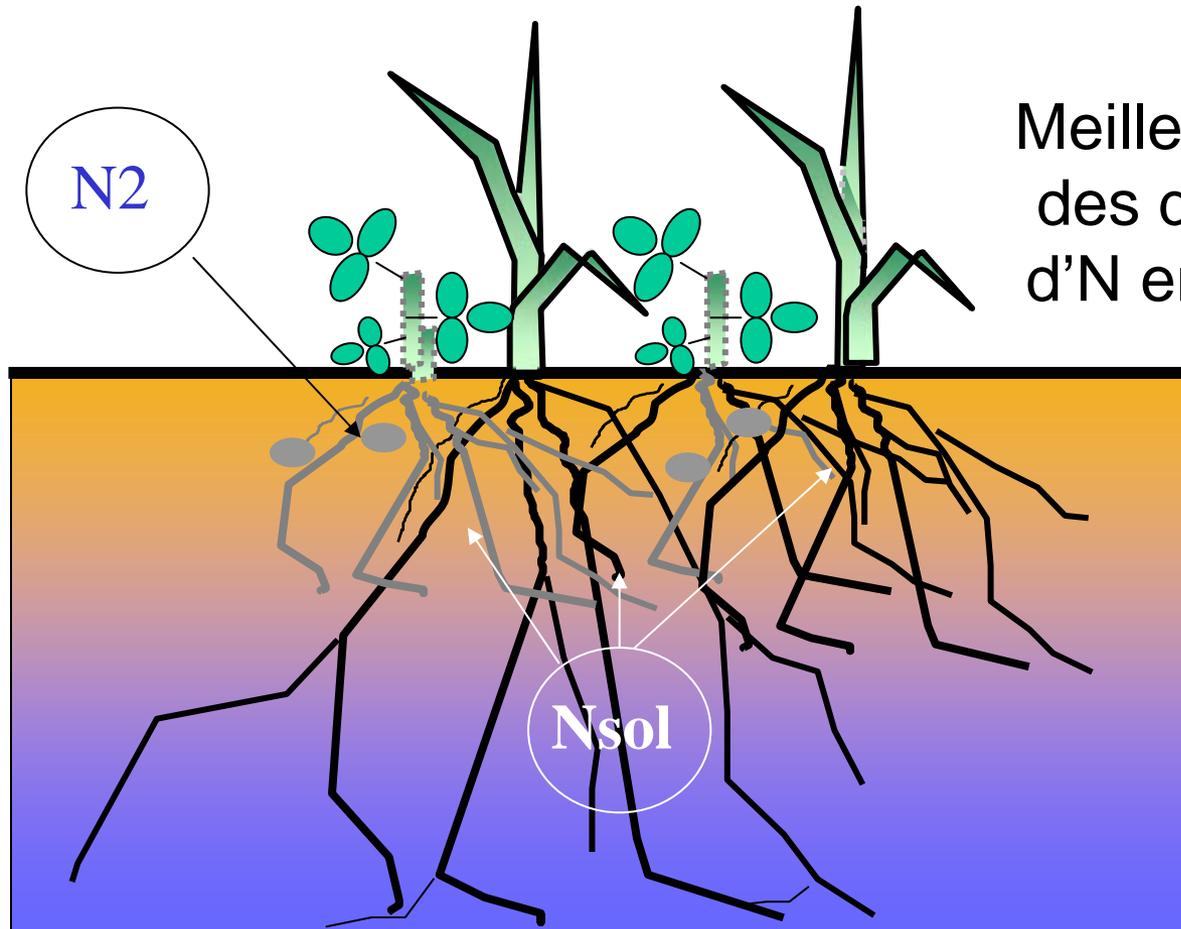
- une origine plus superficielle de l'eau en mélange pour cette espèce
- L'enracinement plus superficiel entraîne une difficulté supplémentaire à satisfaire les besoins

(Durand et al. 2005)

Plan

- Introduction
 - Attentes, opportunités et défis des associations
- Compétition pour les ressources entre G et L
 - Rayonnement
 - Eau et éléments minéraux du sol
- **Conséquences de la facilitation pour l’N dans la relation G-L**
- Quels moyens d’actions pour maximiser les complémentarités?
- Conclusion

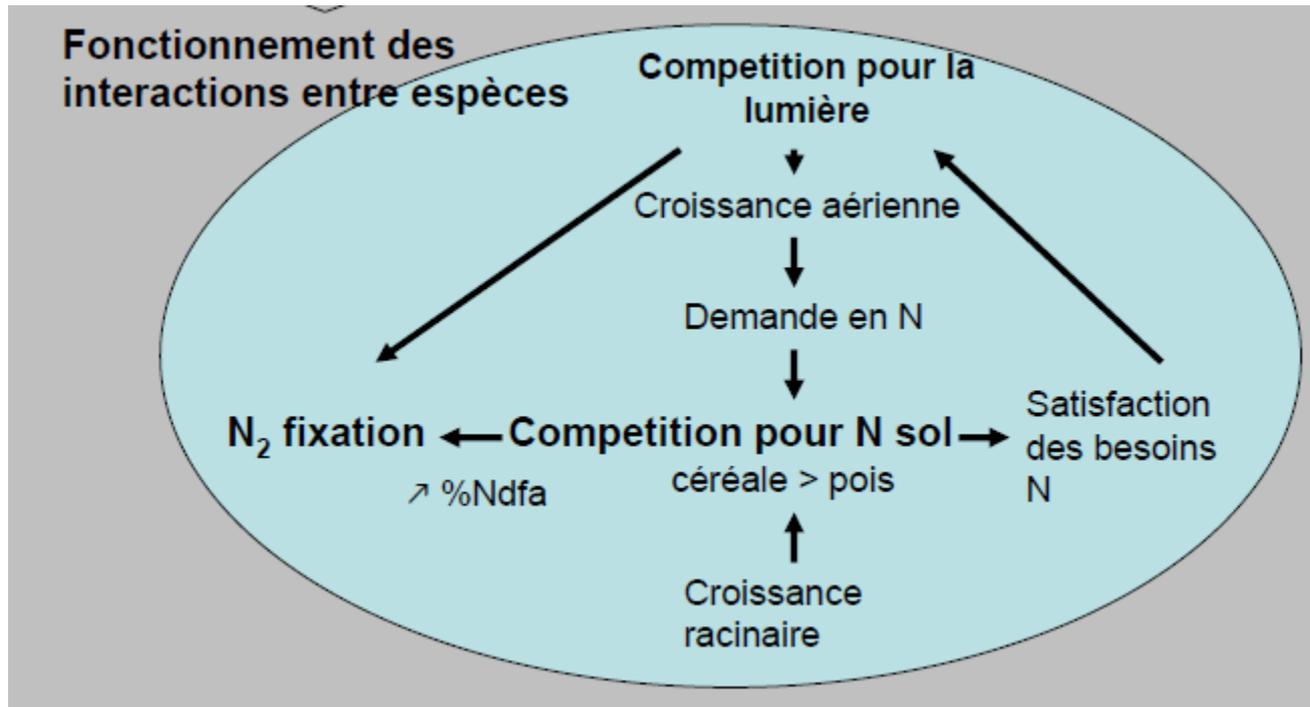
Facilitation (1) Complémentarité de niche (N)



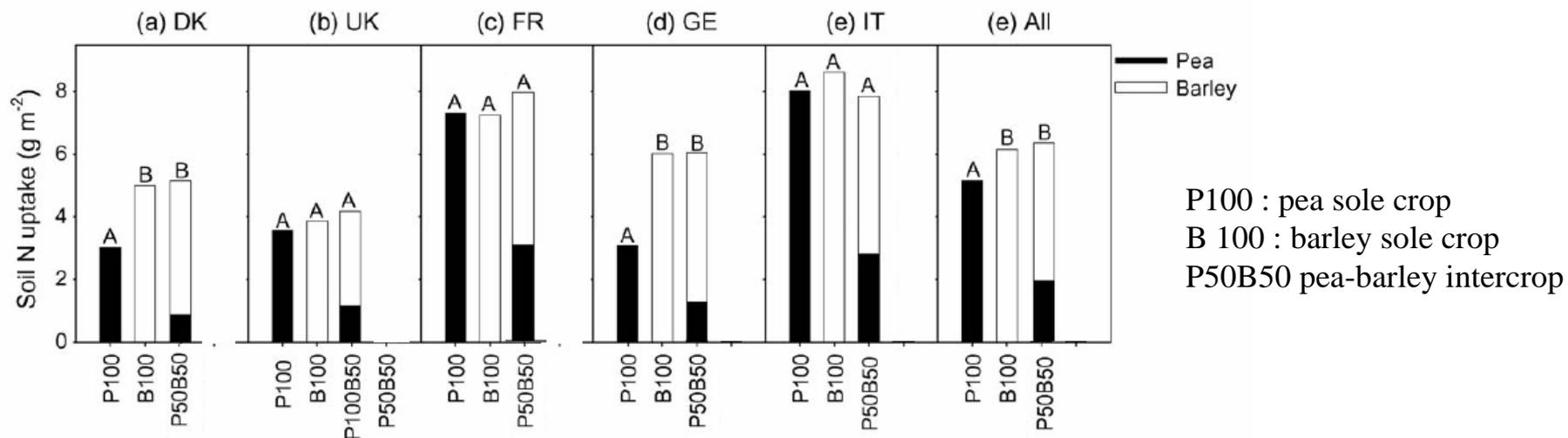
Meilleure utilisation
des deux sources
d’N en association

Facilitation (1) Complémentarité de niche (N)

- Une spécialisation des partenaires:



Facilitation (1) Complémentarité de niche (N)



Ndfa

	DK	UK	FR	GE	IT	All
Pois pur	67.9	72.3	46.6	81.4	62.6	66.16
Association	75.3	79.2	52	84.3	75.7	73.3

Pois-Orge (Hauggaard-Nielsen et al., 2009)

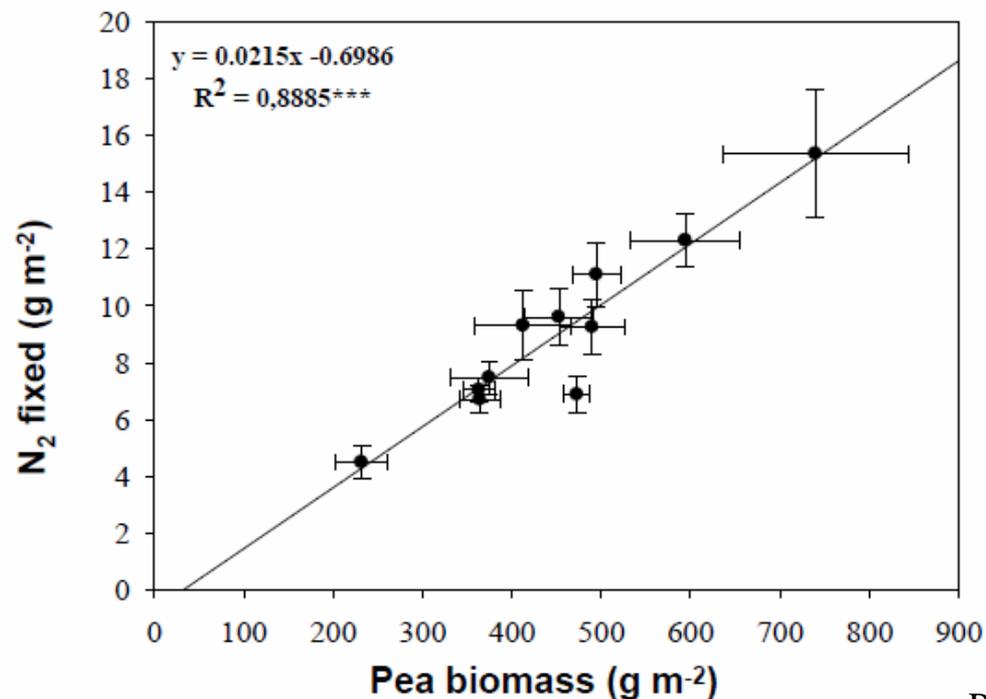
Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Facilitation (1) Complémentarité de niche (N)

- Une relation étroite de la fixation avec la croissance aérienne et le partage de lumière



Pois-Blé (Core-Hellou et al.)

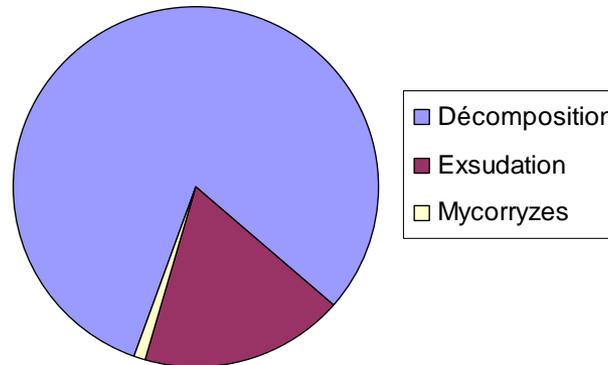
Facilitation (2) Transferts d’N

- Plusieurs voies de transfert

Routes principales:	Décomposition de la litière et des organes souterrains (racines nodules) Excréments de l’animal en pâture
Autres Routes	Exsudation de composés subles par les racines et nodules Connection directe via les mycorrhyzes Microfaune attaquant les racines N ₂ O et NH ₃ émis par les légumineuses

(Frame et Laidlaw, 2005)

Ex: prairie
fauchées



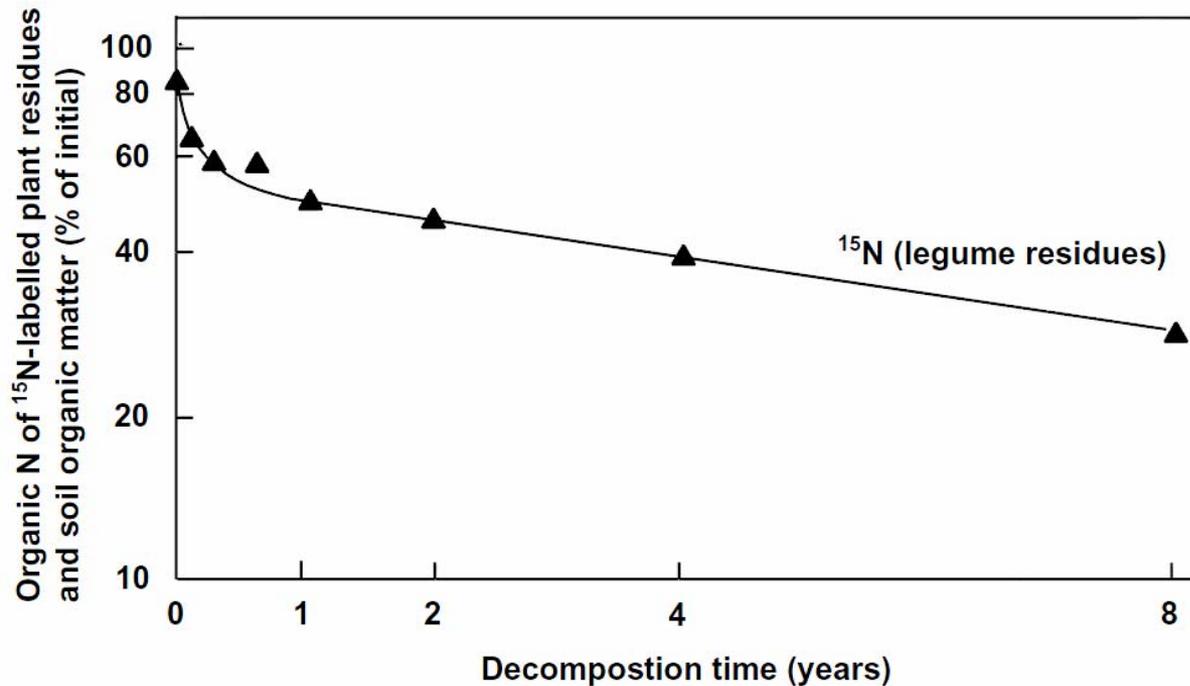
Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Facilitation (2) Transferts d’N

- Des transferts importants surtout sur le moyen/long terme

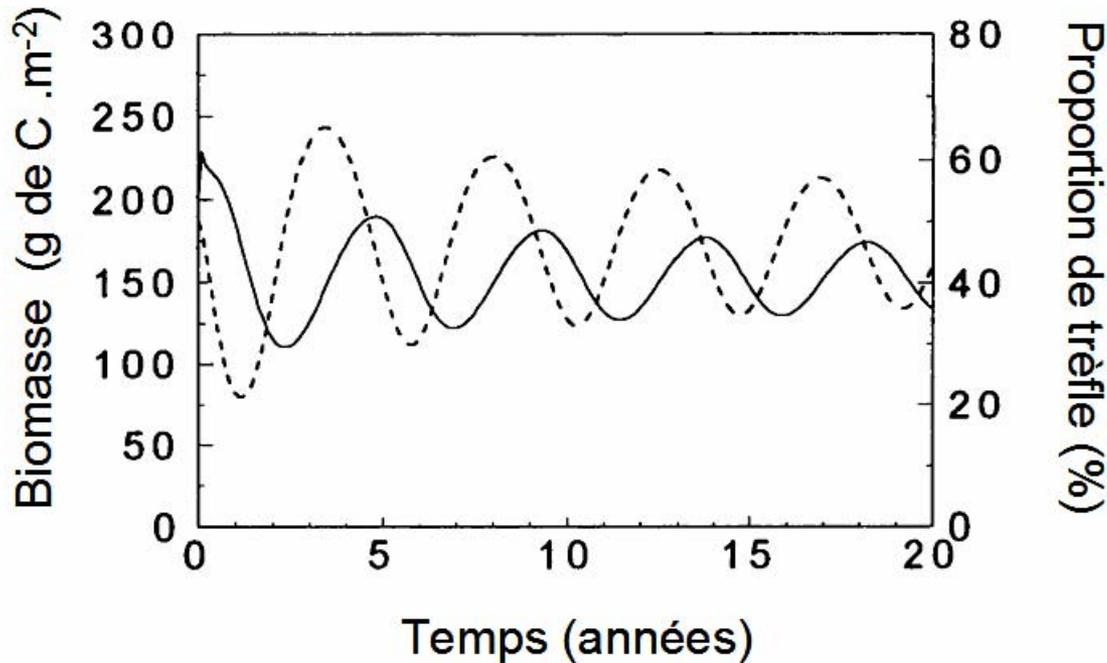


Filiery, 2001

Cinétiques
lentes des voies
de transferts
principales

->Effet de la
végétation sur le
milieu (Nsol)
produit avec un
délai

Facilitation (2) Transferts d’N



Pas « une » situation d'équilibre, mais un équilibre dynamique

Couplé avec les effets de la végétation sur Nsol (alternance Nsol fort/faible)

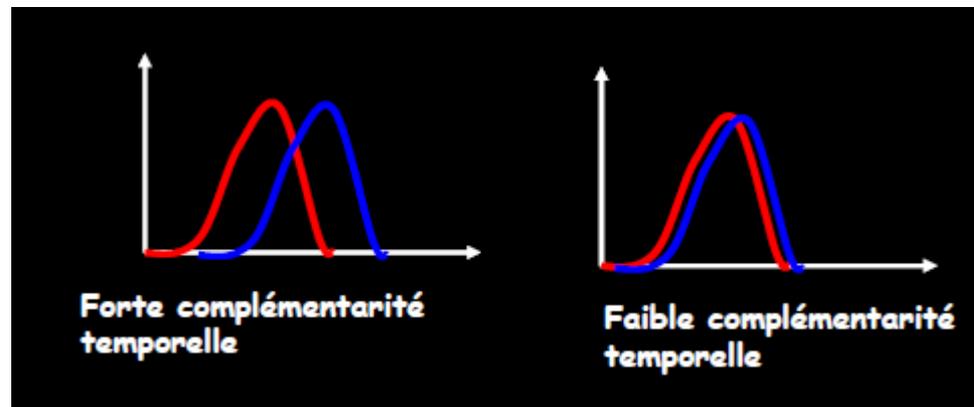
Schinning & Pearson, 1996

Plan

- Introduction
 - Attentes, opportunités et défis des associations
- Compétition pour les ressources entre G et L
 - Rayonnement
 - Eau et éléments minéraux du sol
- Conséquences de la facilitation pour l’N dans la relation G-L
- **Quels moyens d’actions pour maximiser les complémentarités?**
- Conclusion

Complémentarité (1) Choix spécifique/variétal

- Maximiser la production c'est maximiser l'interception et l'utilisation des ressources dans l'espace et dans le temps
 - Complémentarité dans la forme (Nmin/N2) et/ou l'origine des ressources (légumineuse à enracinement profond)
 - Complémentarité temporelle (décalage de cycles /pics de besoins)

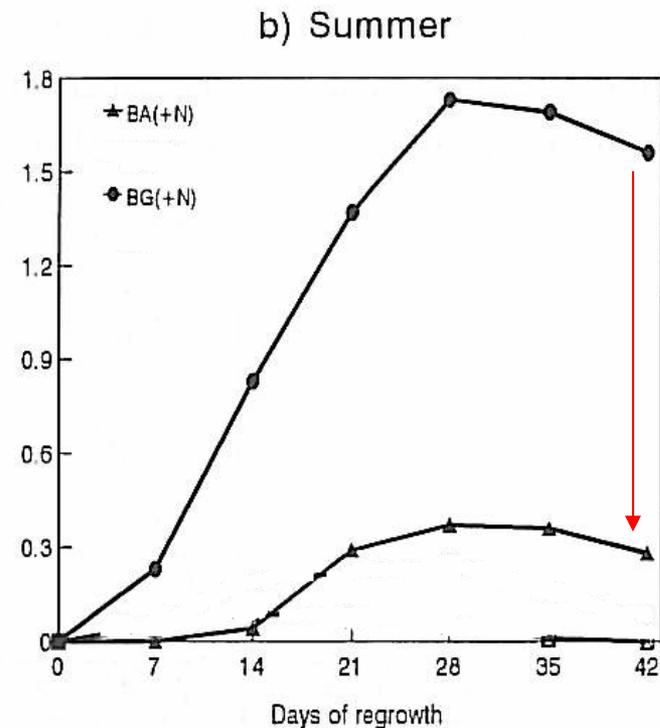
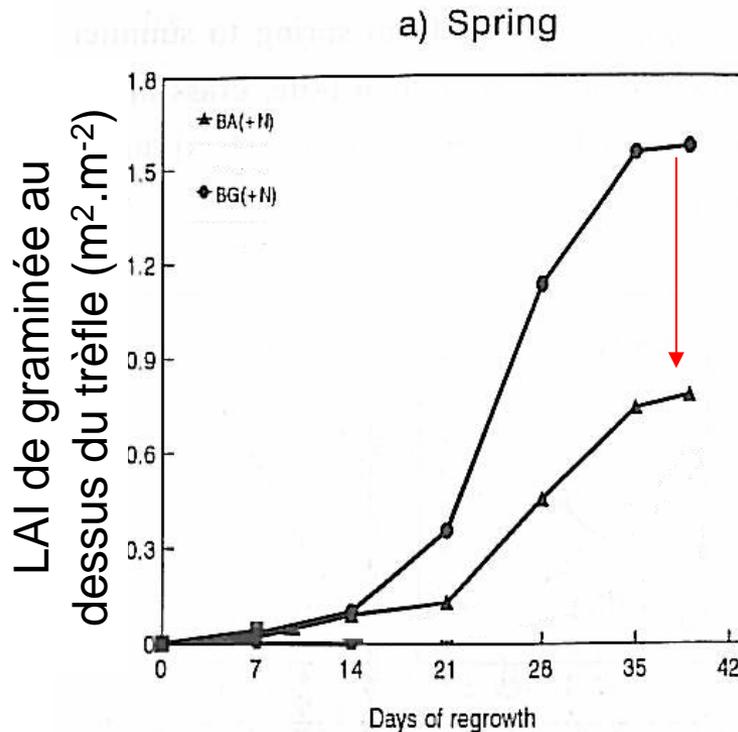


Complémentarité (1) Choix spécifique/variétal

- Maximiser la production c'est maximiser l'interception et l'utilisation des ressources dans l'espace et dans le temps
 - Complémentarité dans la forme (Nmin/N2) et/ou l'origine des ressources (légumineuse à enracinement profond)
 - Complémentarité temporelle (décalage de cycles /pics de besoins)
- Maintenir dans le temps un équilibre passe par:
 - Une limitation des compétitions asymétriques (lumière en particulier)
 - L'utilisation d'espèces/variétés dominées capables de recoloniser (reproduction végétative/sexuée)

Complémentarité (1) Choix spécifique/variétal

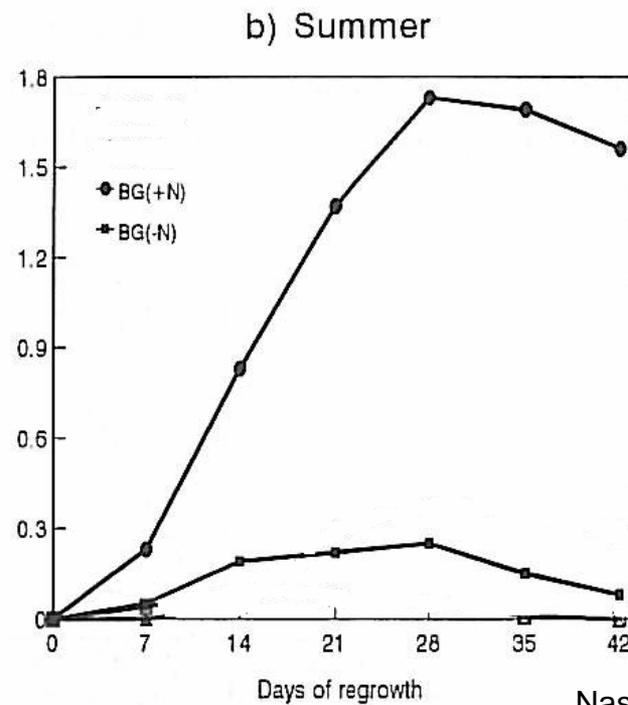
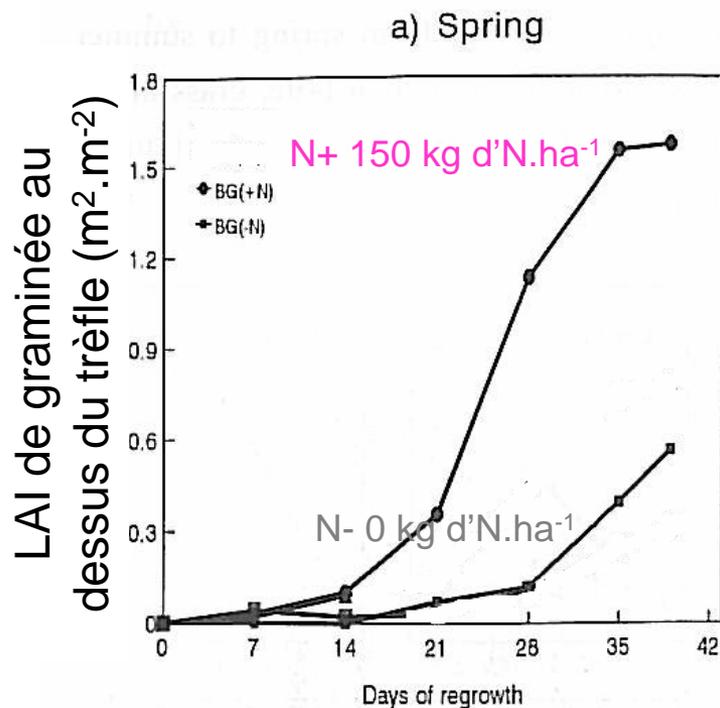
Ex: Variétés de trèfle type géant pour ↓ la dominance de la graminée (TB-RGA)



Nassiri, 1998

Complémentarité (2) Fertilisation

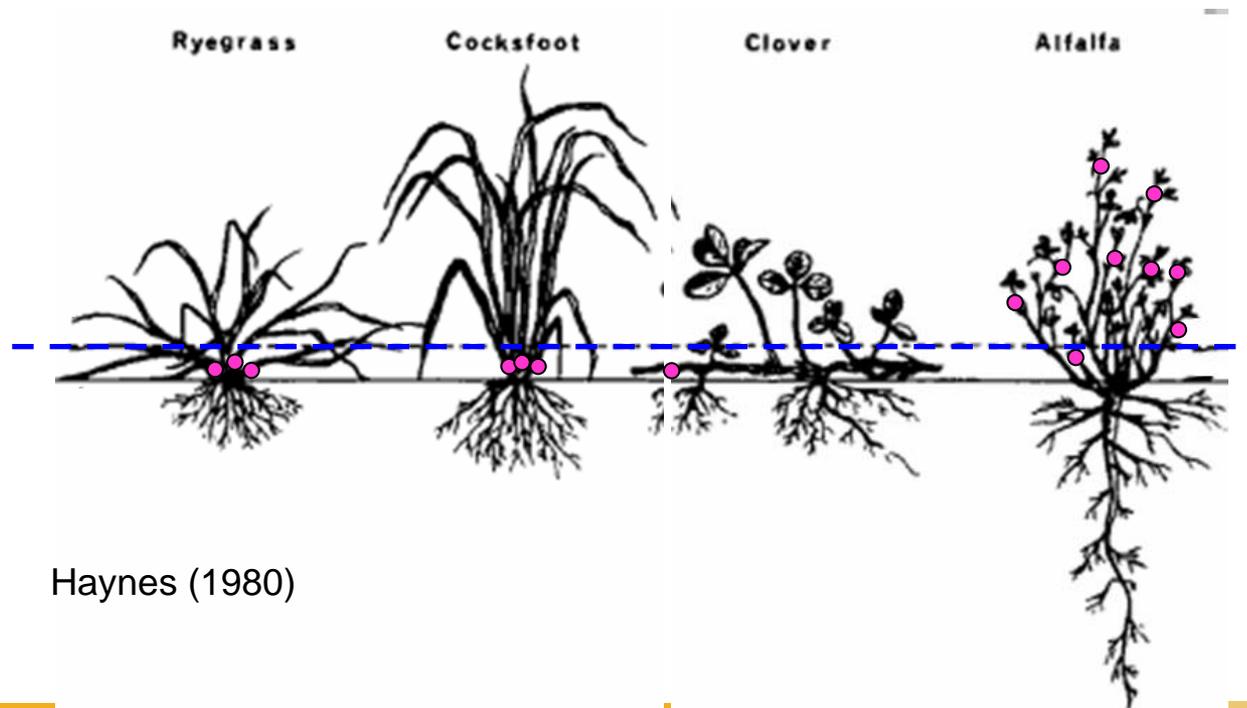
Ex: Ajuster la fertilisation azotée



Nassiri, 1998

Complémentarité (3) Mode d'exploitation

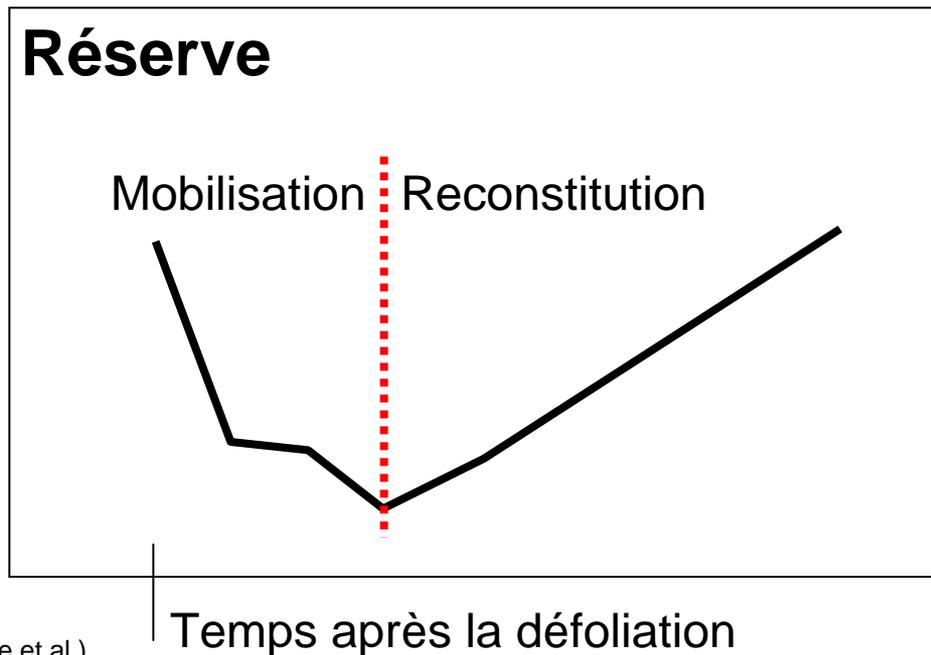
- Fréquence, intensité et période de défoliation
 - Rencontre d'un agent avec une structure (disposition des apex, age des feuilles résiduelles)



Haynes (1980)

Complémentarité (3) Mode d'exploitation

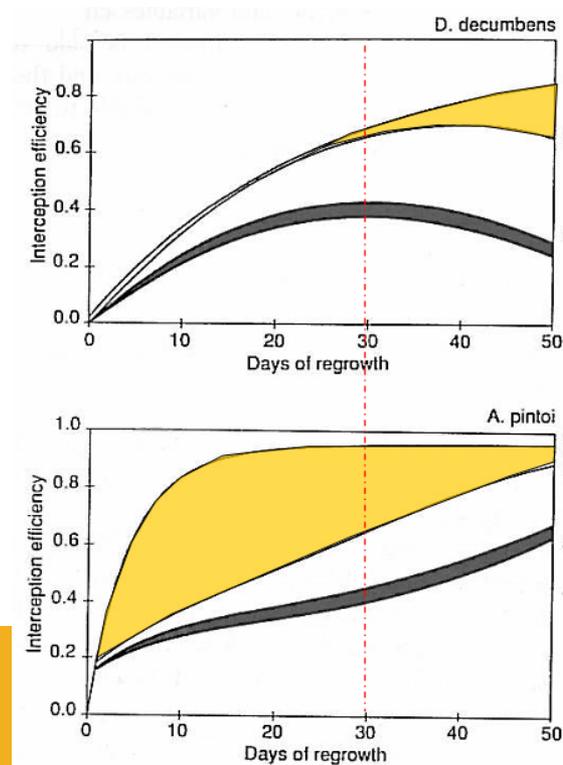
- Fréquence, intensité et période de défoliation
 - Rencontre d'un agent avec une structure (disposition des apex, age des feuilles résiduelles) ... et un état physiologique (réserves C, N...)



- Espèce/génotype
- Fréquence/intensité de défoliation
- Facteurs de l'environnement

Complémentarité (3) Mode d'exploitation

- Fréquence, intensité et période de défoliation
 - Rencontre d'un agent avec une structure (disposition des apex, age des feuilles résiduelles) et un état physiologique (réserves C, N...)
 - Moyen de moduler la compétition



Conclusions

- Le développement des associations représente à la fois une opportunité et un challenge pour une agriculture productive et respectueuse de l'environnement
- Malgré des complémentarités évidentes, la tendance naturelle est à un déséquilibre assez fort (généralement en faveur de la graminée)
- Le maintien dans le temps de deux composantes productives passe par l'application d'actions appropriées par l'agriculteur lors de la conduite de la culture

Quelques défis futurs

- Mieux connaître le matériel végétal disponible et son comportement en association / identifier des règles d'assemblage génériques
- Améliorer la compréhension des cycles de fonctionnement de la végétation en interaction avec le milieu pour des groupes plus variés de légumineuses (faible propagation végétative...) et pour des interactions multiples entre ressources (eau, phosphore...)
- Développer des indicateurs de fonctionnement (INN) et de performance environnementale adaptés aux associations

Merci de votre attention



Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA