



Services rendus et performances d'associations céréales-légumineuses à graines

Nathalie MOUTIER et Alain BARANGER

INRAE Rennes, UMR IGEPP

Les couverts végétaux en région méditerranéenne
Jeudi 8 décembre 2022

Services et performances attendus des associations végétales

Acquisition, Gestion ressources
lumière, eau, N, P
 Δ croissance, prof racinaire



Conservation biodiversité
 Δ niches, habitats (auxiliaires)

Contrôle bioagresseurs
 Δ dilution, barrière, microclimat,
senescence

Productivité, Qualité
Stabilisation

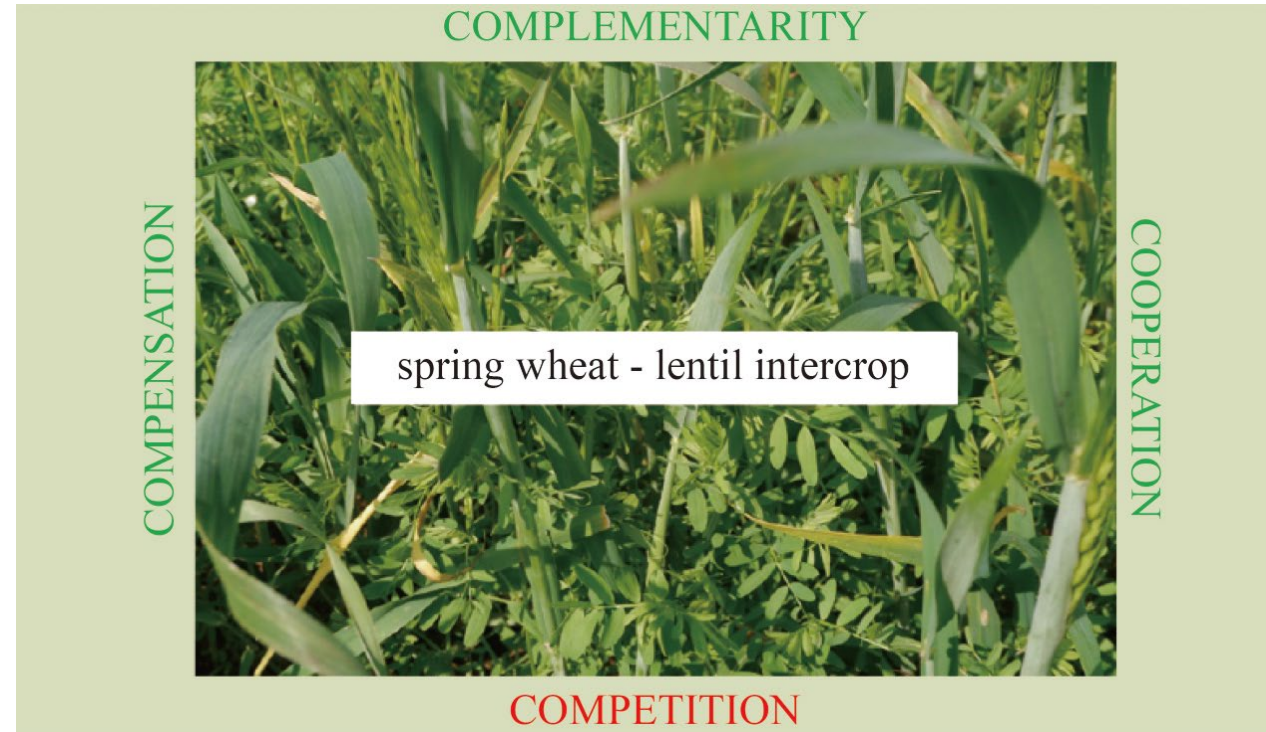
Nutrition animale : Proximité, Aut protéique
Nutrition humaine : Equilibres alimentaires

Adapté de Malézieux et al (2009)
Stomph et al (2020)

L'approche 4C : effets d'interaction attendus entre espèces en mélange

Les espèces en mélange présentent différents besoins en ressources dans l'espace, le temps, ou la forme disponible (nutriments, eau, lumière)

La perte de performance / service d'une espèce est compensée par un gain pour l'autre

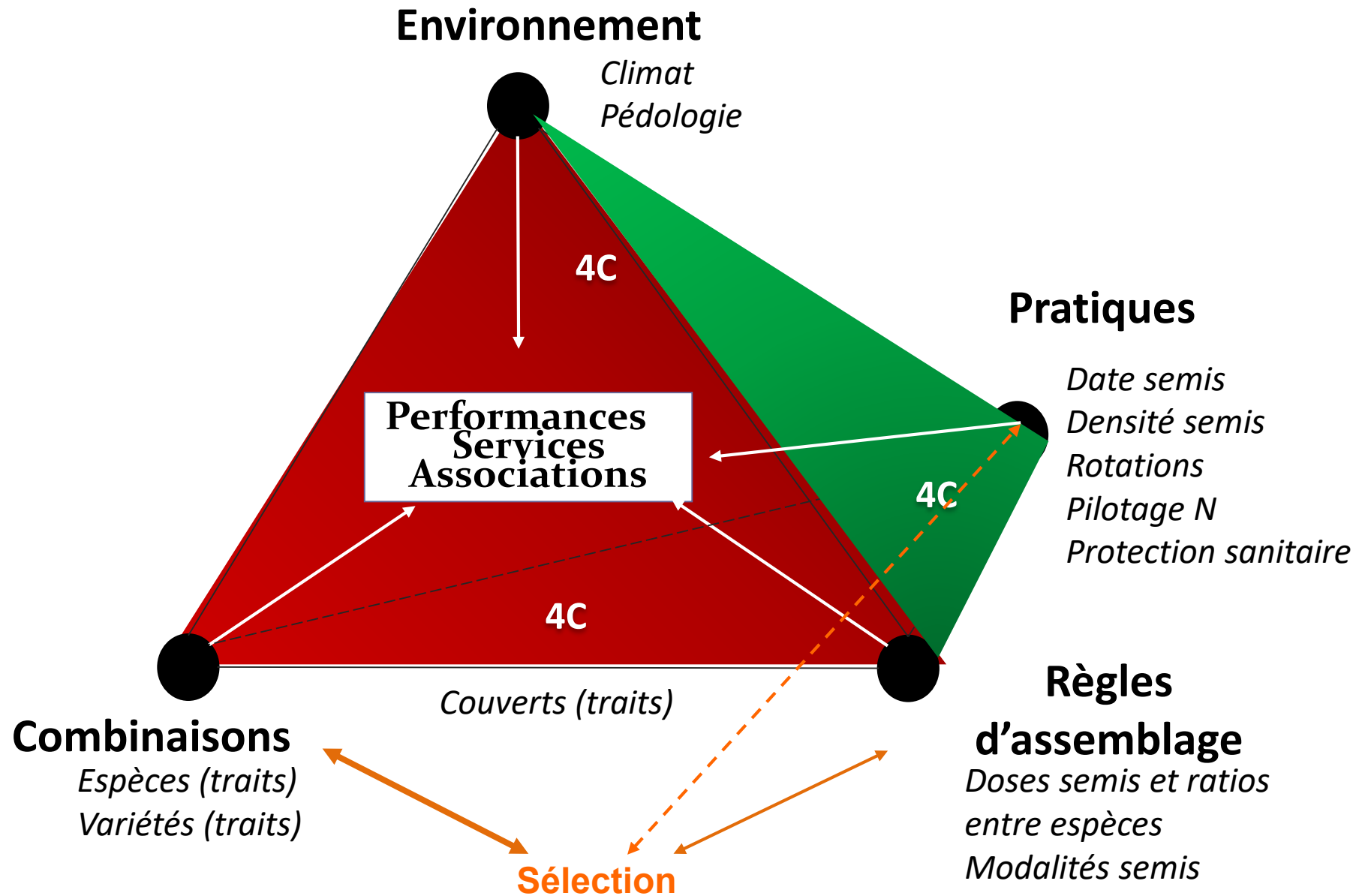


Une modification de l'environnement provoquée par une espèce se fait au bénéfice de l'autre

Une des espèces utilise plus efficacement que l'autre une ressource limitante (nutriments, eau, lumière)

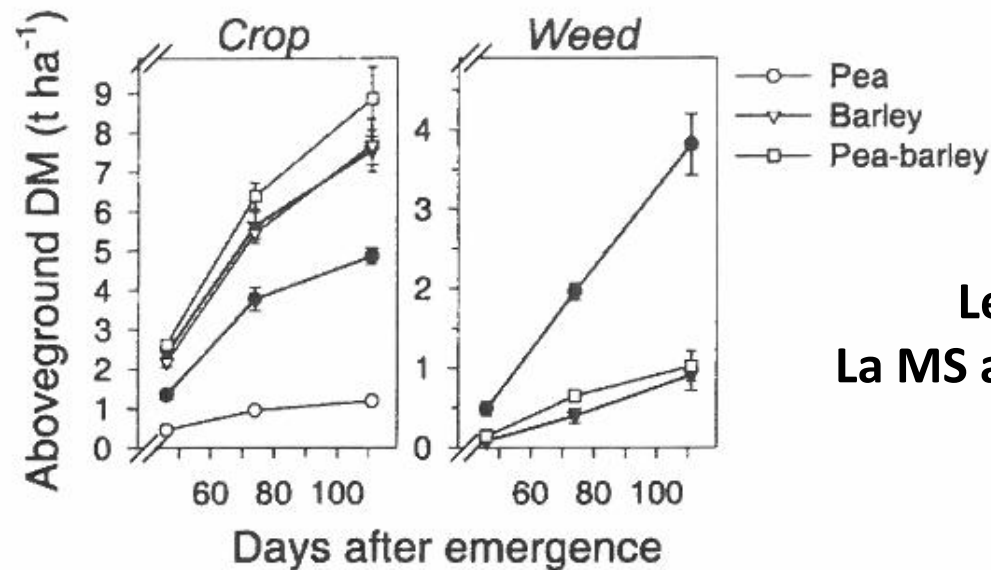
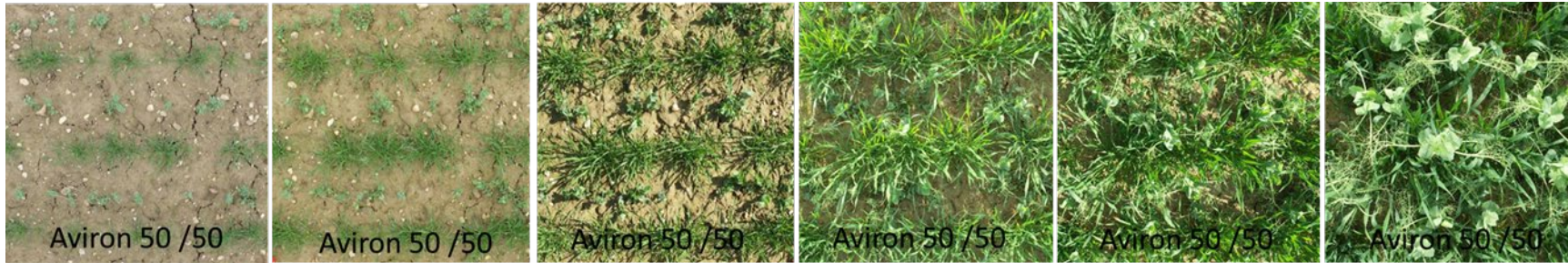
Services et performances attendus des associations végétales

Facteurs impliqués



Services et performances attendus des associations végétales

Le contrôle des adventices



Les associations produisent plus de MS
La MS adventices : Cult Associée < Cult Pure (pois)

Fig. 3. Total aboveground DM production in SC and IC of pea and barley partitioned in weeds, pea and barley. Values are the mean ($n = 8$) \pm S.E. Each specific pattern in the bar plot is associated to the single S.E. error bar.

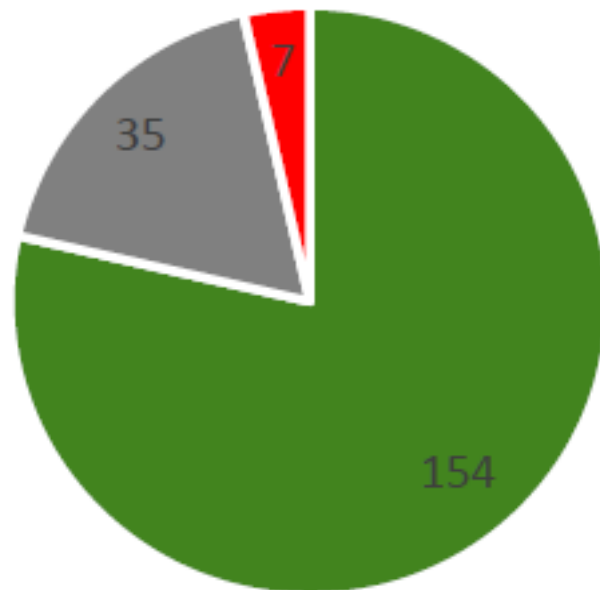
Services et performances attendus des associations végétales

Le contrôle des bioagresseurs

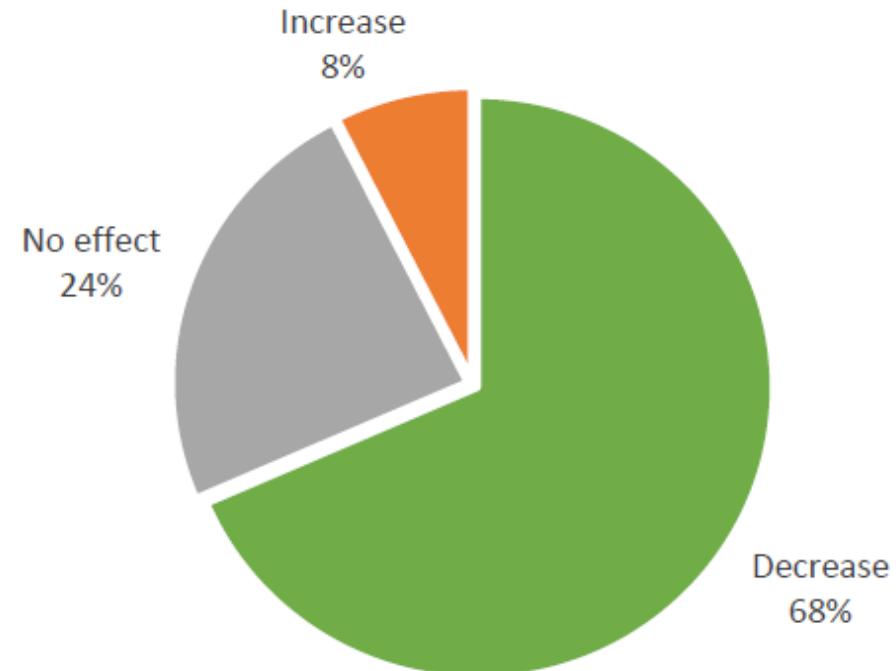
(intercrop* OR "plant mixture*" OR "species mixture*")
AND (disease* OR fung* OR virus* OR pathogen*)
AND NOT (model* OR mycorrhiz* OR nematode*)

(intercrop*) OR ("plant mix*") OR ("species mix*")
AND (pest*) OR (insect*) OR (arthropod*) OR (mite)
OR (gastropod*) OR (nematod*)
AND NOT (tree) AND NOT (review)

Pathogènes



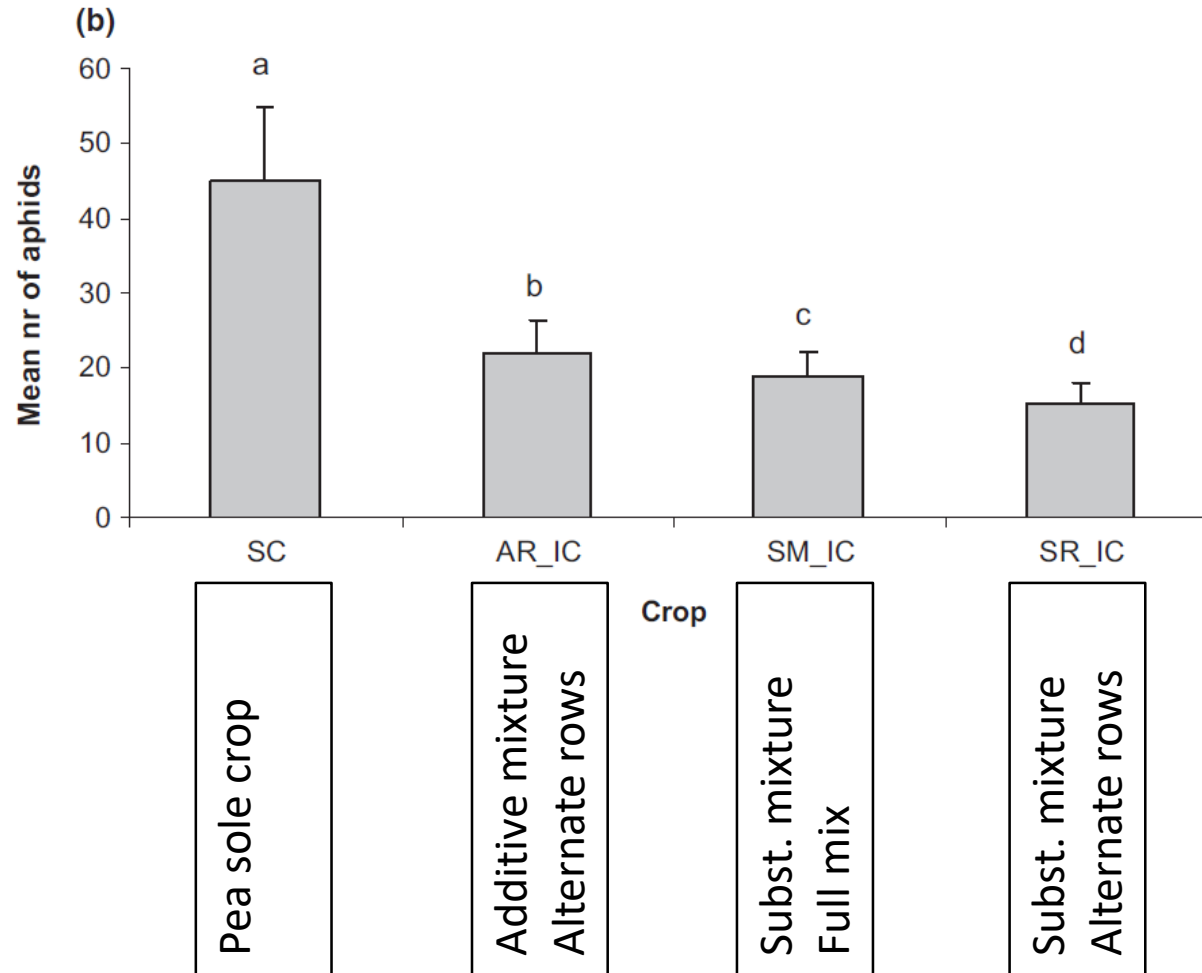
Ravageurs



■ Suppression ■ No effect ■ Increase

Services et performances attendus des associations végétales

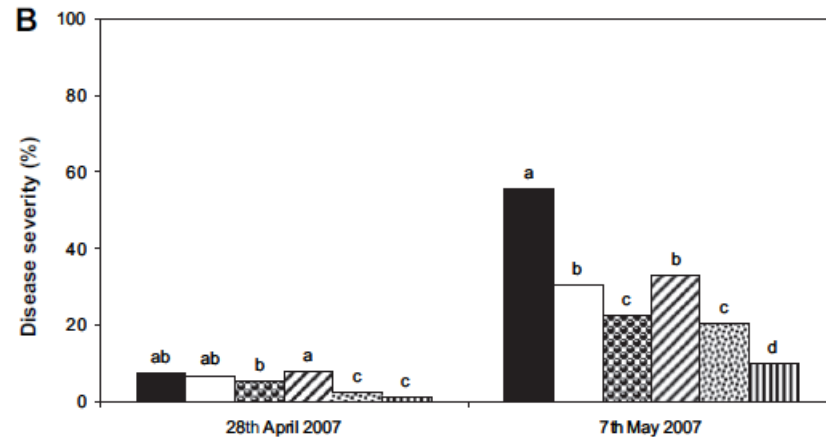
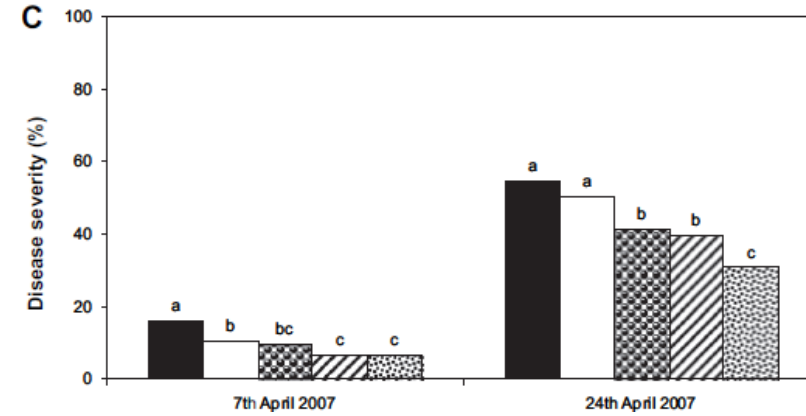
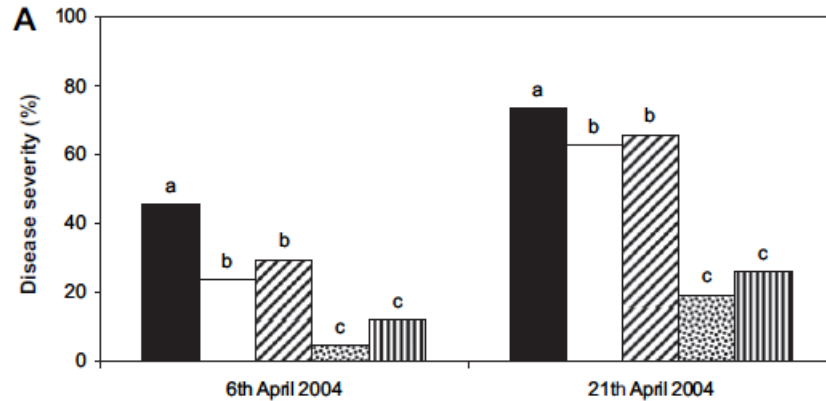
Le contrôle des ravageurs : le puceron du pois dans une association blé dur / pois



Services et performances attendus des associations végétales

Le contrôle des pathogènes : impact des choix d'espèces

Ascochytose du pois : un effet optimisé en association avec la féverole ou le triticale



■ Pea monocrop

□ Oat 50%: Pea 50%

▨ Wheat 50%: Pea 50%

▩ Barley 50%: Pea 50%

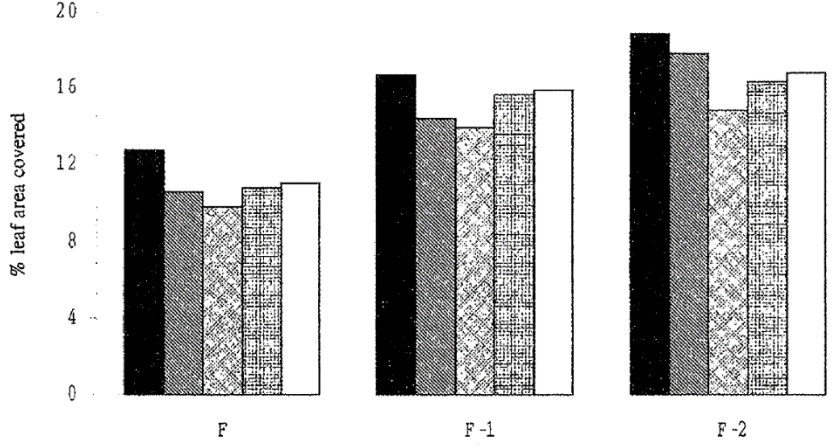
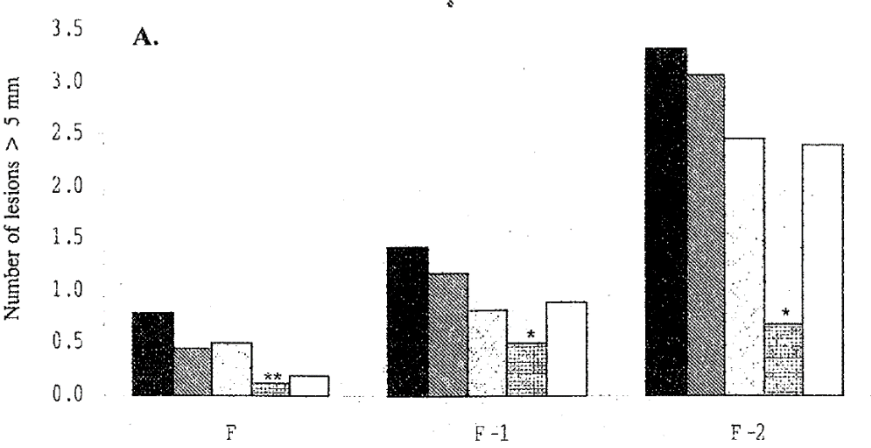
▧ Triticale 50%: Pea 50%

▤ Faba bean 50%: Pea 50%

Services et performances attendus des associations végétales

Le contrôle des pathogènes : impact des choix variétaux

Helminthosporiose et rouille brune de l'orge



Otira
 + Prima (lupin)
 + Columbo (faba bean)
 Otira
 + Prima (lupin)
 + Columbo (faba bean)
 + Bohartyr (pea)
 + Agadir (pea)
 Otira
 + Prima (lupin)
 + Columbo (faba bean)
 + Bohartyr (pea)
 + Agadir (pea)



Helminthosporiose



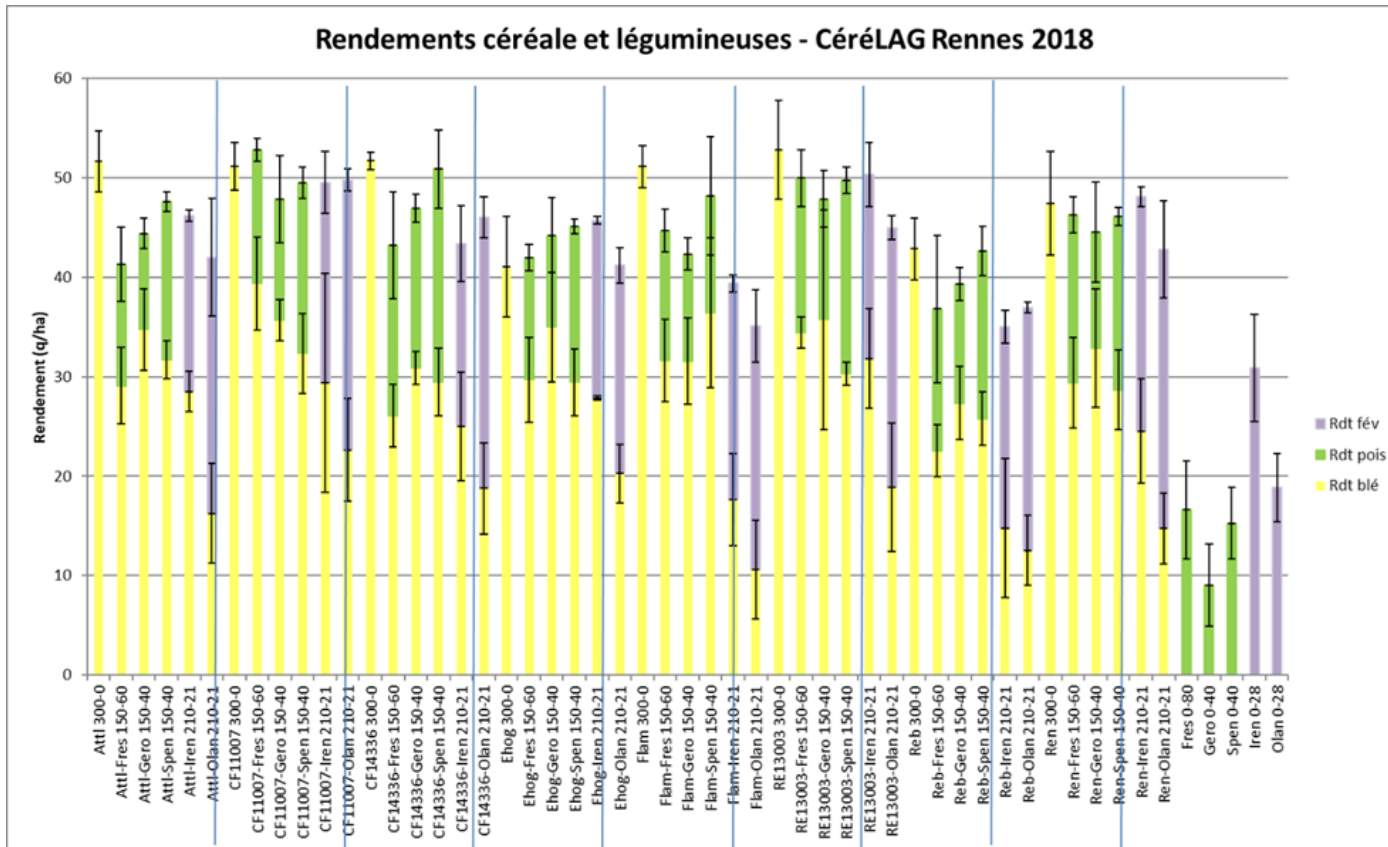
Rouille brune

Services et performances attendus des associations végétales

La performance en association tient compte de celle de la culture pure

Land Equivalent Ratio (LER)

Surface en culture pure qui serait nécessaire pour produire le rendement obtenu en culture associée



$$LER_{tot} = LER_{Wheat} + LER_{Legume}$$

$$\frac{Y_{W(IC)}}{Y_{W(SC)}} + \frac{Y_{L(IC)}}{Y_{L(SC)}}$$

Effet Producteur

Aptitude à préserver le rdt en association
Géotype focal

Effet Associé

Aptitude à préserver le rdt en association
Géotype compagnon

Aptitude à l'association
(comparaison variétés blé)

Services et performances attendus des associations végétales

Impact du choix varietal chez le blé sur les performances d'associations avec des variétés testeurs de pois protéagineux et de féverole ?

Variétés de blé
(8)



Haut / bas pot. rdt
Précoces / mi tardifs
Court / Haut

Testeurs de légumineuses
Pois – Féverole (5)

Faible / Forte couv. sol
Précoces / tardifs
Court / Haut

Dispositif RCB Subst :
40 IC, 13 SC
9 environnements

Frontiers in Plant Science

ORIGINAL RESEARCH
published: 09 June 2022
doi: 10.3389/fpls.2022.877791



Mixing Ability of Intercropped Wheat Varieties: Stability Across Environments and Tester Legume Species

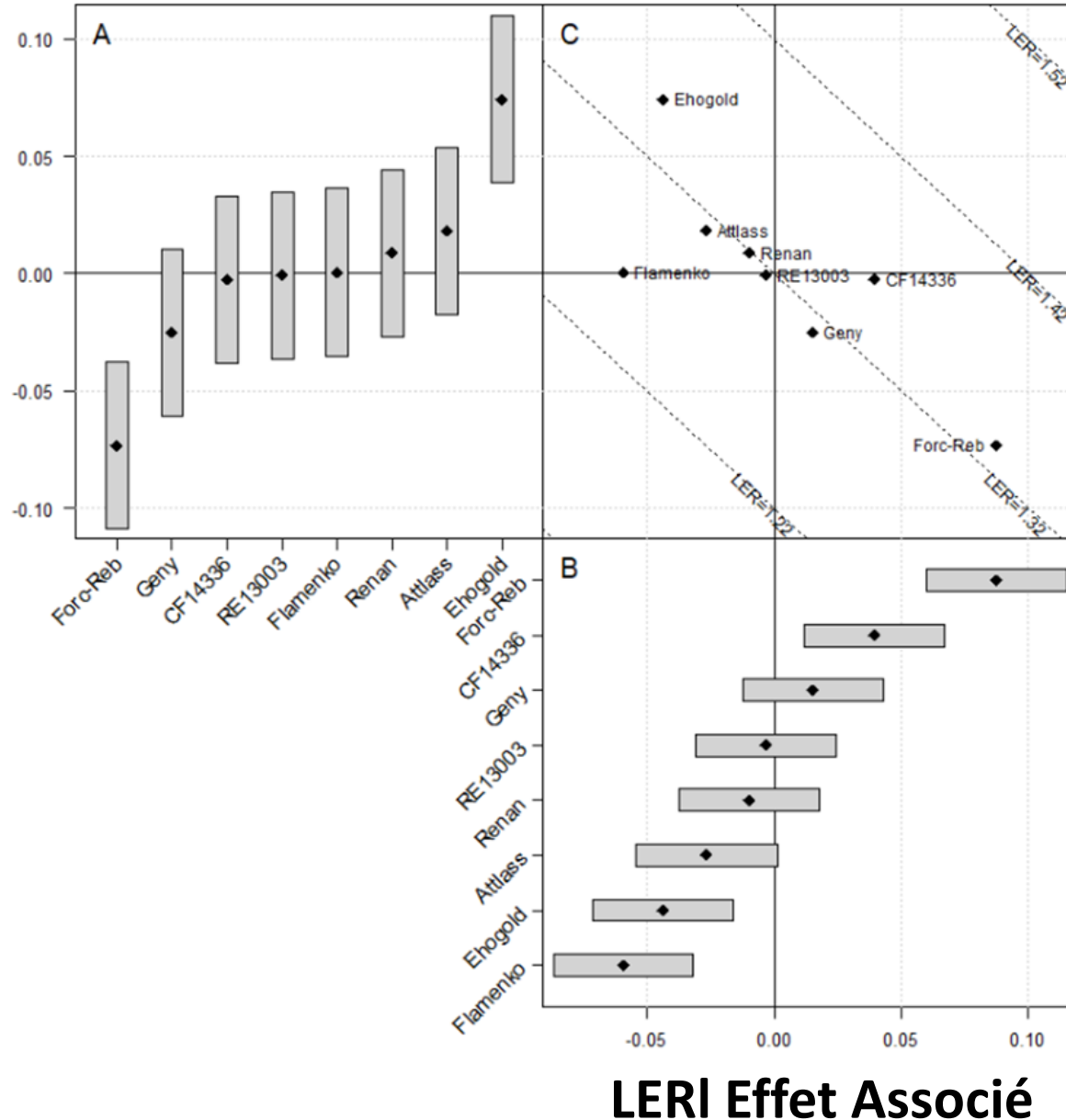
N. Moutier^{1*}, A. Baranger¹, S. Fall¹, E. Hanocq², P. Marget³, M. Floriot⁴ and A. Gauffreteau⁵

¹ INRAE, Institut Agro Agrocampus Ouest, Université de Rennes 1, UMR 1349 IGEPP, Le Rheu, France, ² INRAE, UE 0972 GCIE, Estrées-Mons, Péronne, France, ³ INRAE, UE 115 Epoisses, Bretenièrre, France, ⁴ Agri-Obtentions, Orsonville, France, ⁵ INRAE, AgroParisTech, Université Paris Saclay, UMR 211 Agronomie, Thiverval-Grignon, France

Services et performances attendus des associations végétales

Effets producteurs et associés sont significativement corrélés, mais...

LERw
Effet Producteur



Ehogold : EP élevé, EA faible

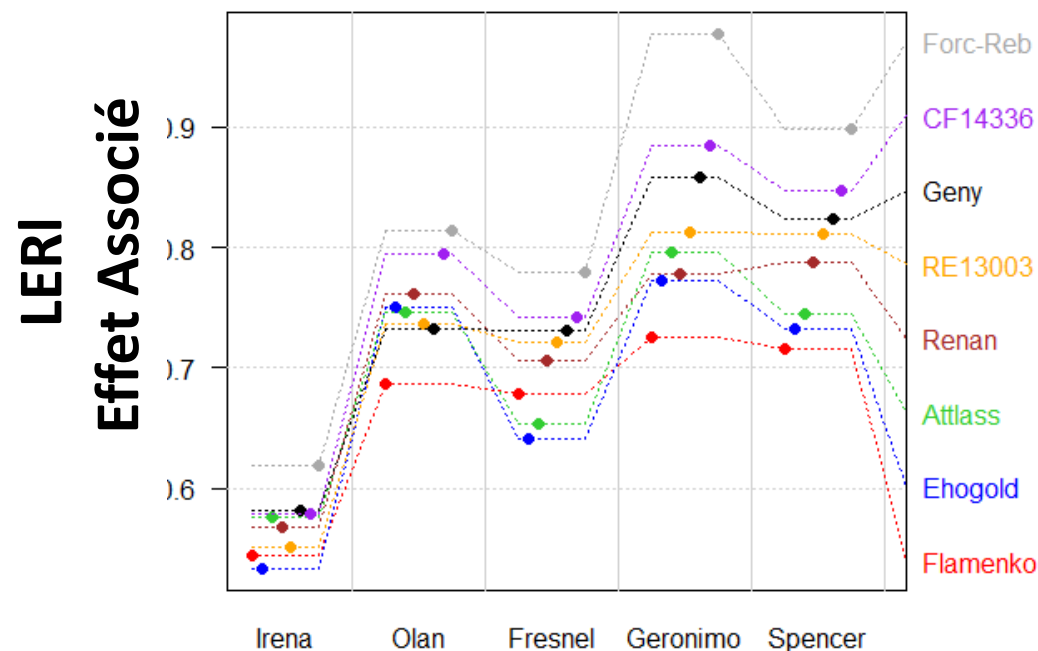
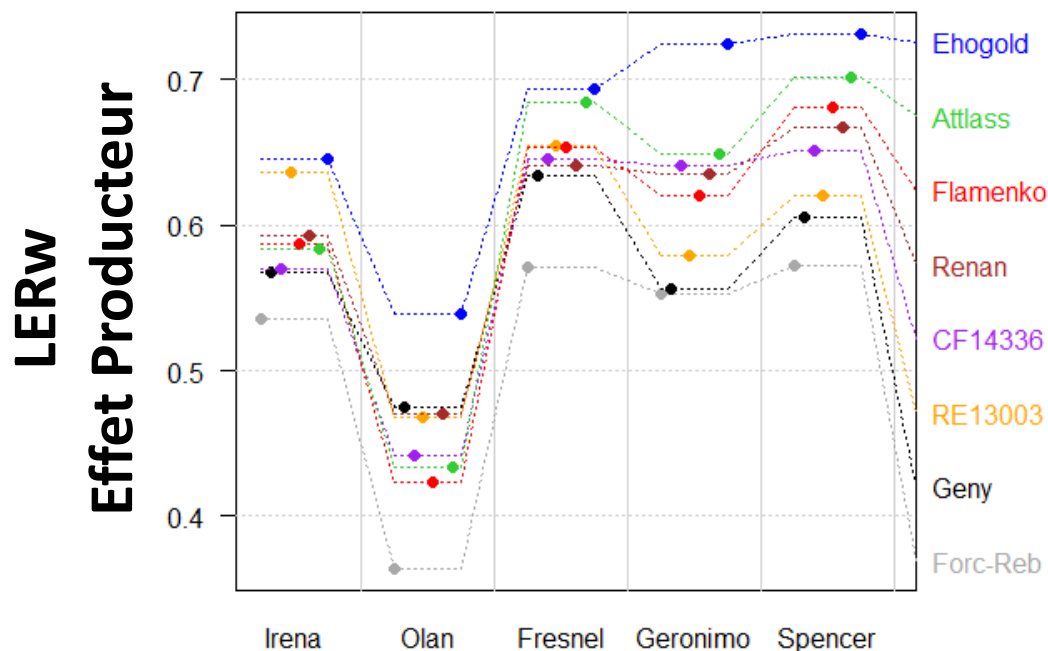
Flamenko : EP moyen, EA faible

CF14336 : EP moyen, EA élevé

Services et performances attendus des associations végétales

Les interactions génotype blé x testeur légumineuse sont quantitatives

Certains testeurs (pois Hr) permettent de mieux distinguer les effets producteurs et associés des génotypes de blé



Performances de mélanges binaires en couverts intermédiaires Impact des choix d'espèces

Avec légumineuse

pois – moutarde

pois – avoine

pois – phacélie

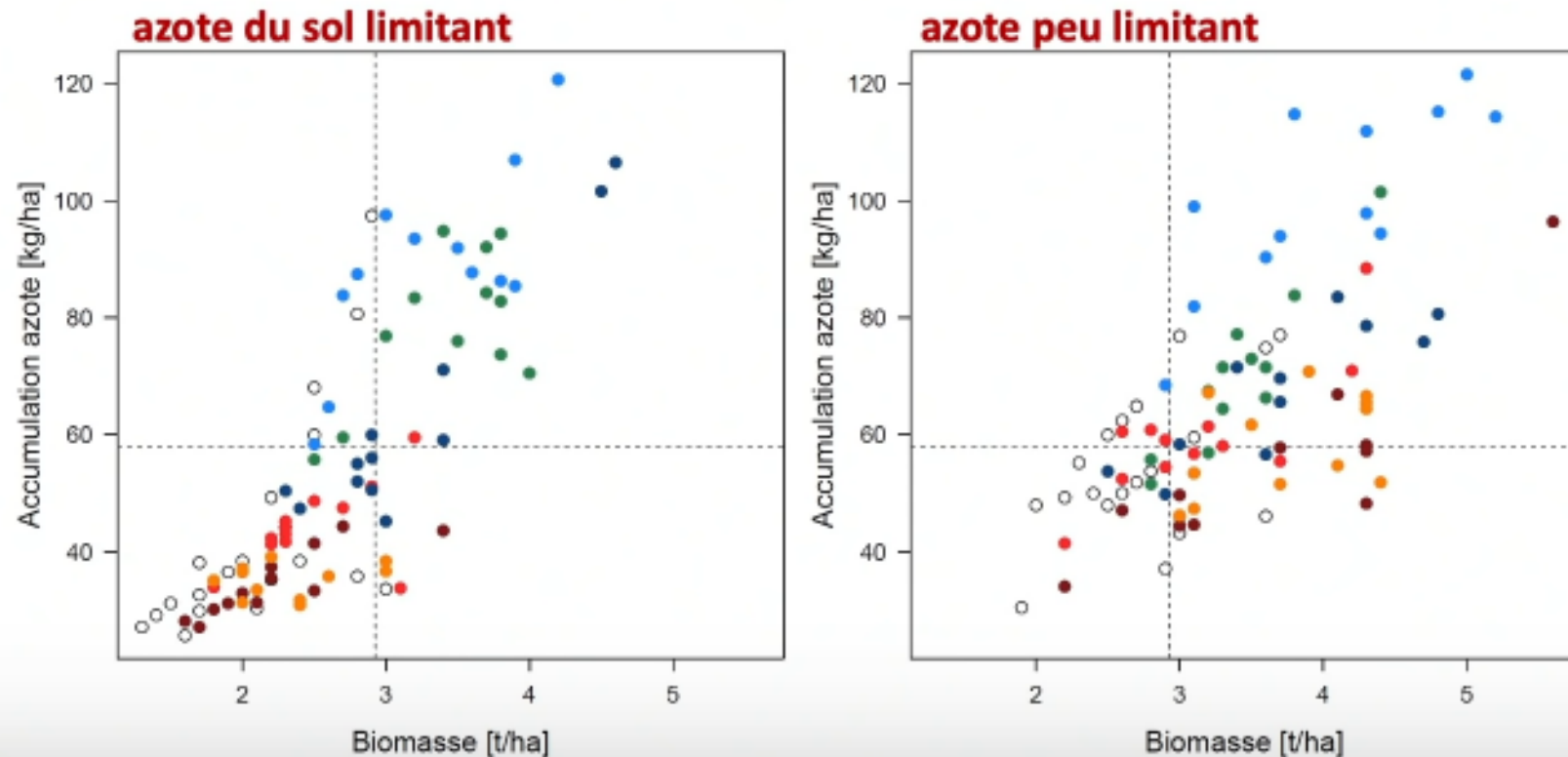
Points blancs = espèce pure

Sans légumineuse

moutarde – avoine

moutarde – phacélie

avoine - phacélie



Services et performances attendus des associations végétales

Une stratégie basée sur l' (ou les) objectif (s)



Semis additif
DS haute Leg / faible céréale
Compromis date de semis
Pas de fertilisation



Semis additif
DS faible Leg / haute céréale
Date de semis céréale
Pilotage par l'N



Semis substitutif
DS moy Leg / moy céréale
Compromis date de semis
Pas de fertilisation

Services et performances attendus des associations végétales

Perspectives et champs d'exploration

Processus

Usage différencié des ressources
Epidémiologiques
Interactions plante – plante
Impact de la diversité

Intégration des associations dans les rotations

Fréquences de retour
Précédents
Co-contrôle de cortèges de bioagresseurs
Couplages couverts inter ?



Standardisation pour la production et la nutrition

Gestion hétérogénéité
Indicateurs
Tri
Stockage

Qualité de la récolte pour la nutrition

Elevage : ration standard ?
Nut humaine : panification, allergènes, gluten



**Merci pour votre
attention**

Abiotic resource use

Light, Water, Nutrients

$$\bullet \text{ use efficiency} = \frac{\text{kg yield or biomass per unit resource available}}{\text{resource captured per unit resource available}} \times \frac{\text{conversion efficiency}}{\text{yield or biomass per unit resource captured}}$$

Acquisition efficiency = the fraction of the available resource that is captured or net taken up

Conversion efficiency = the ratio between biomass or yield and the amount of acquired res.

Resource use efficiency is the product of the two

“One of the most important advantages of intercropping
**is the more efficient acquisition and/or conversion
of the available resources**
leading to an increased productivity
compared with the sole crops that constitute the intercrop”

Abiotic resource use

Light radiation interception is much higher in a Wheat/Maize intercrop than in a sole Maize crop

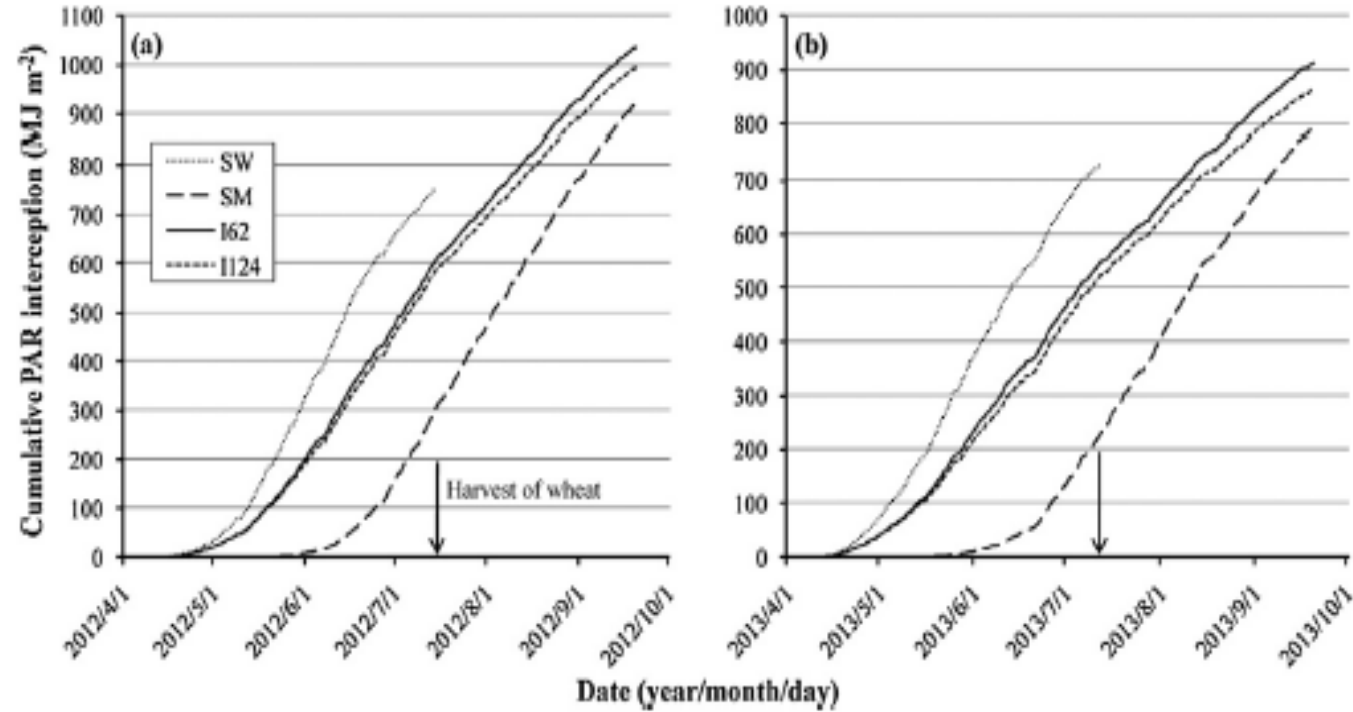
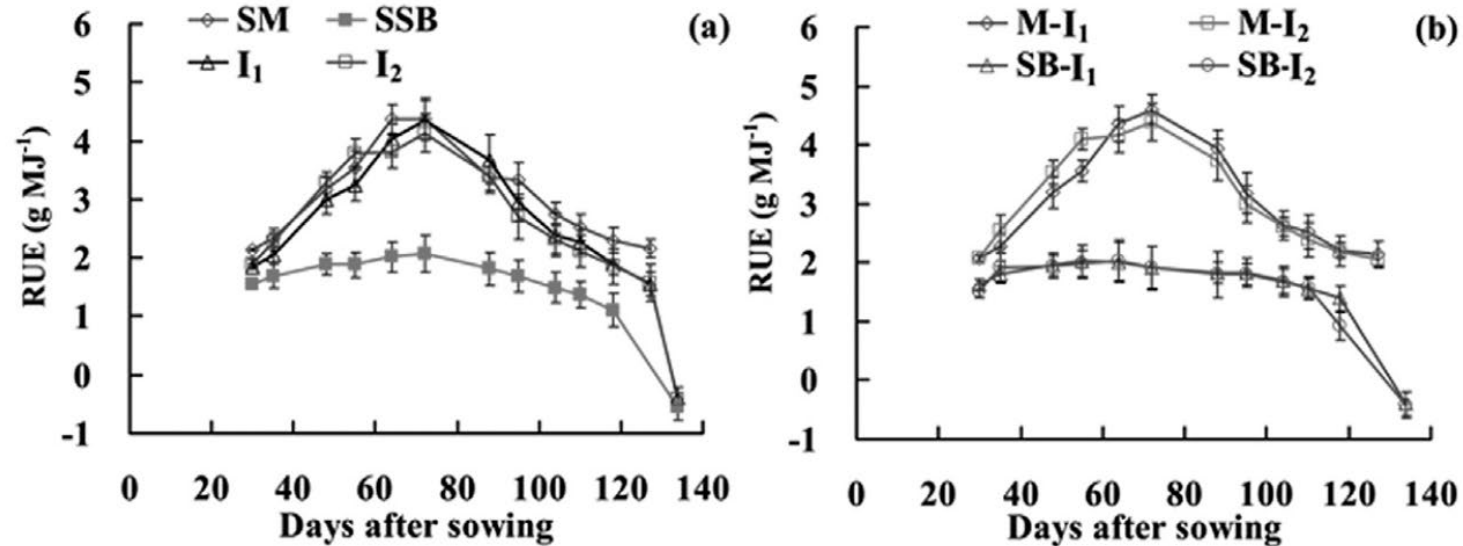


Fig. 5. Time course of the estimated cumulative PAR interception of sole-cropped and intercropped crops in 2012 (a) and 2013 (b).

Abiotic resource use

Radiation use efficiency is much higher in a Soybean/Maize intercrop than in a sole Soybean crop



An intercrop of short C₃ and tall C₄ species might increase system light conversion efficiency resulting from complementary use of light, since the taller C₄ species can express its higher photosynthetic capacity associated with its C₄ pathway at high light (upper layer of the canopy), while C₃ species may perform relatively better than C₄ at low light intensity (e.g. lower canopy layer)

Fig. 7. Change in the mean values of radiation use efficiency (RUE) with time in each treatment (a) and for component crops in intercropping (b) over three growing seasons in north China. SM, sole crop maize. SSB, sole crop soybean. I₁, three rows of soybean alternated with one row of maize. I₂, three rows of soybean alternated with two rows of maize.

Abiotic resource use

A better water acquisition both in superficial and deeper layers in intercrops

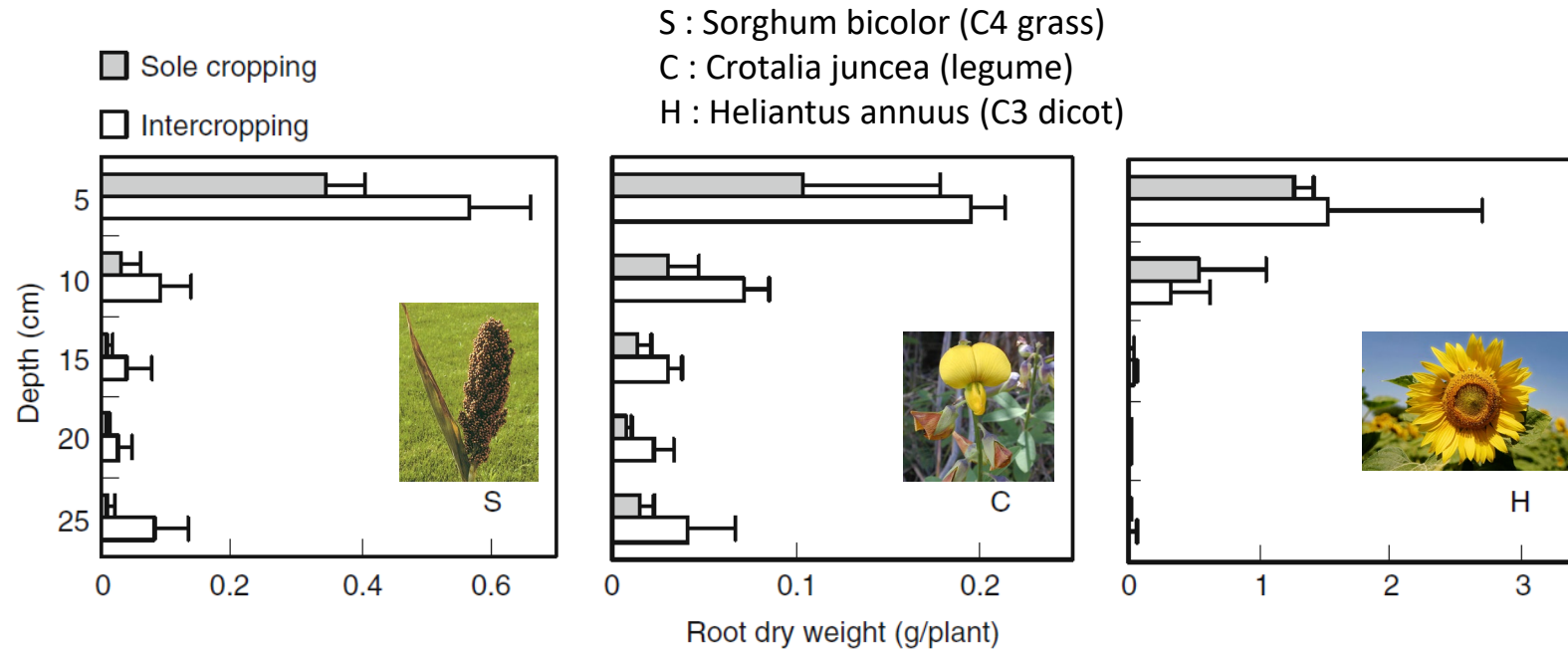
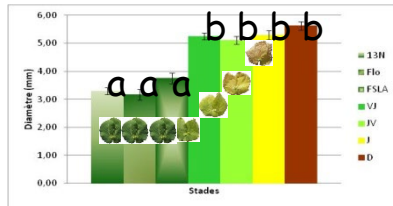
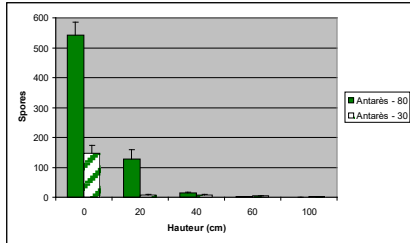
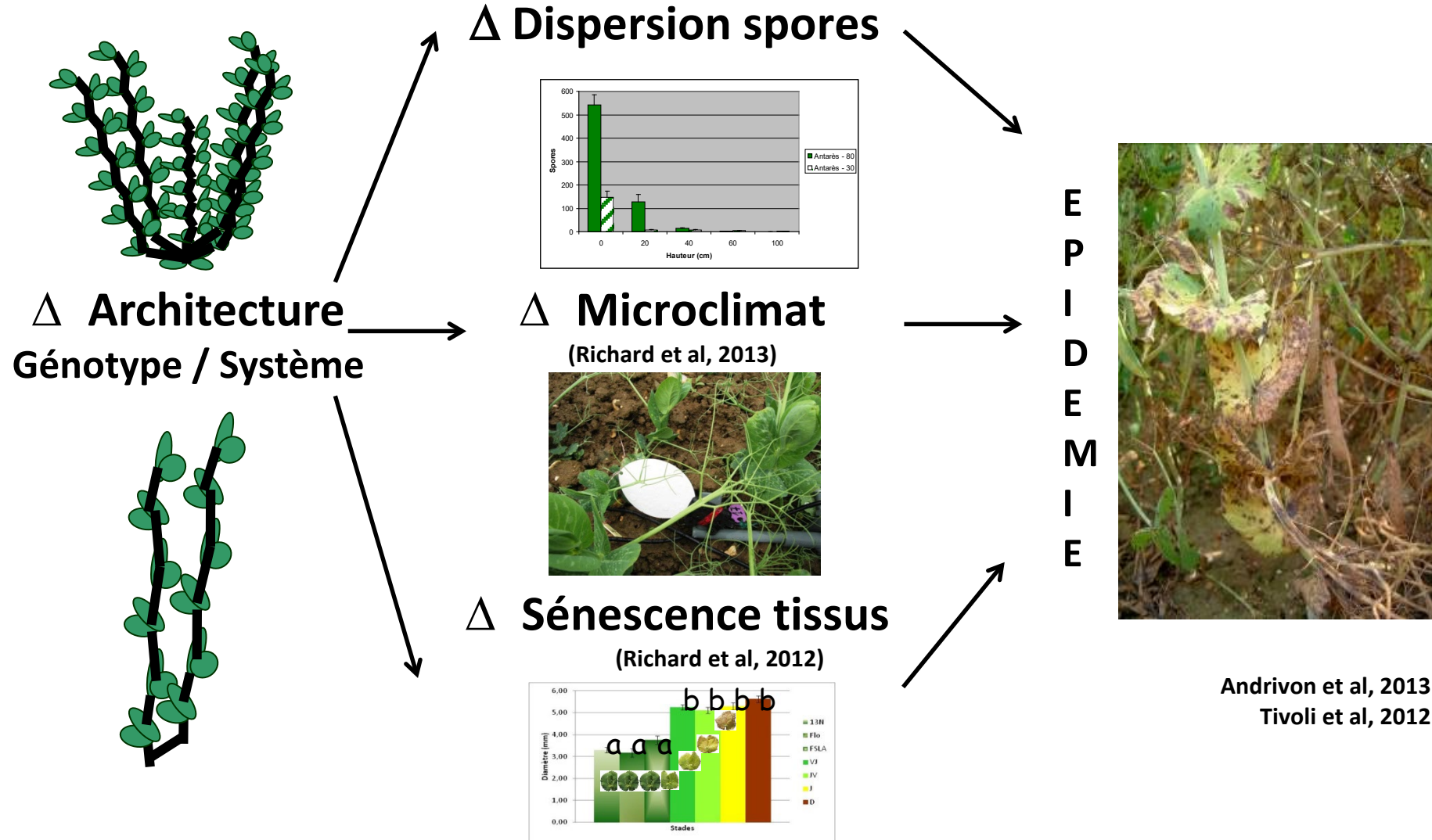


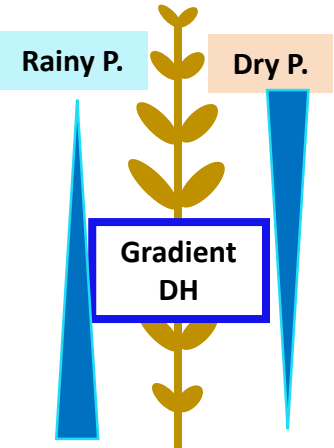
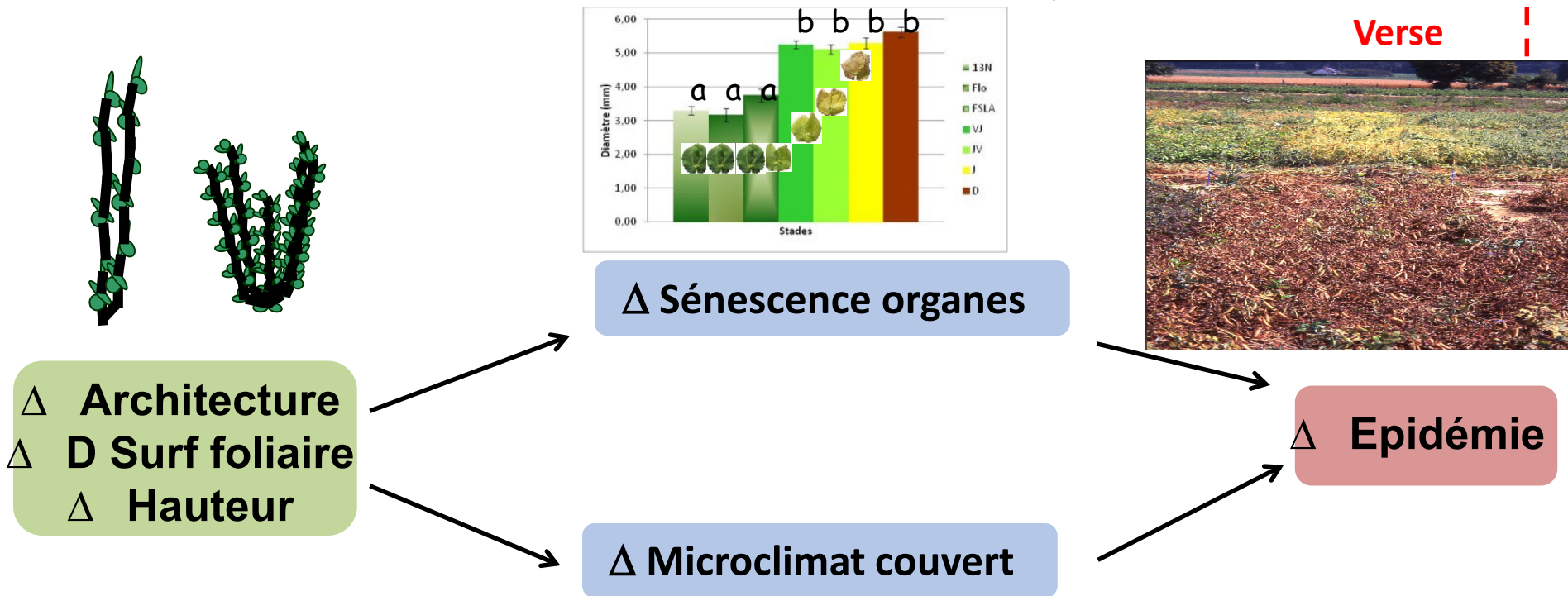
Fig. 4 Root dry weight per plant under sole cropping and intercropping along the depth at 42 days after sowing. The error bar shows the standard deviation

Architectures de couverts de pois et contrôle des épidémies aériennes d'ascochytose



Comment l'architecture de la plante ou du couvert influence t-elle l'épidémie au champ ?

Processus impliqués



Richard et al, 2012, 2013 ; Andrivon et al, 2013 ; Tivoli et al, 2012