



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie DFE
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Services rendus par la biodiversité à l'agriculture

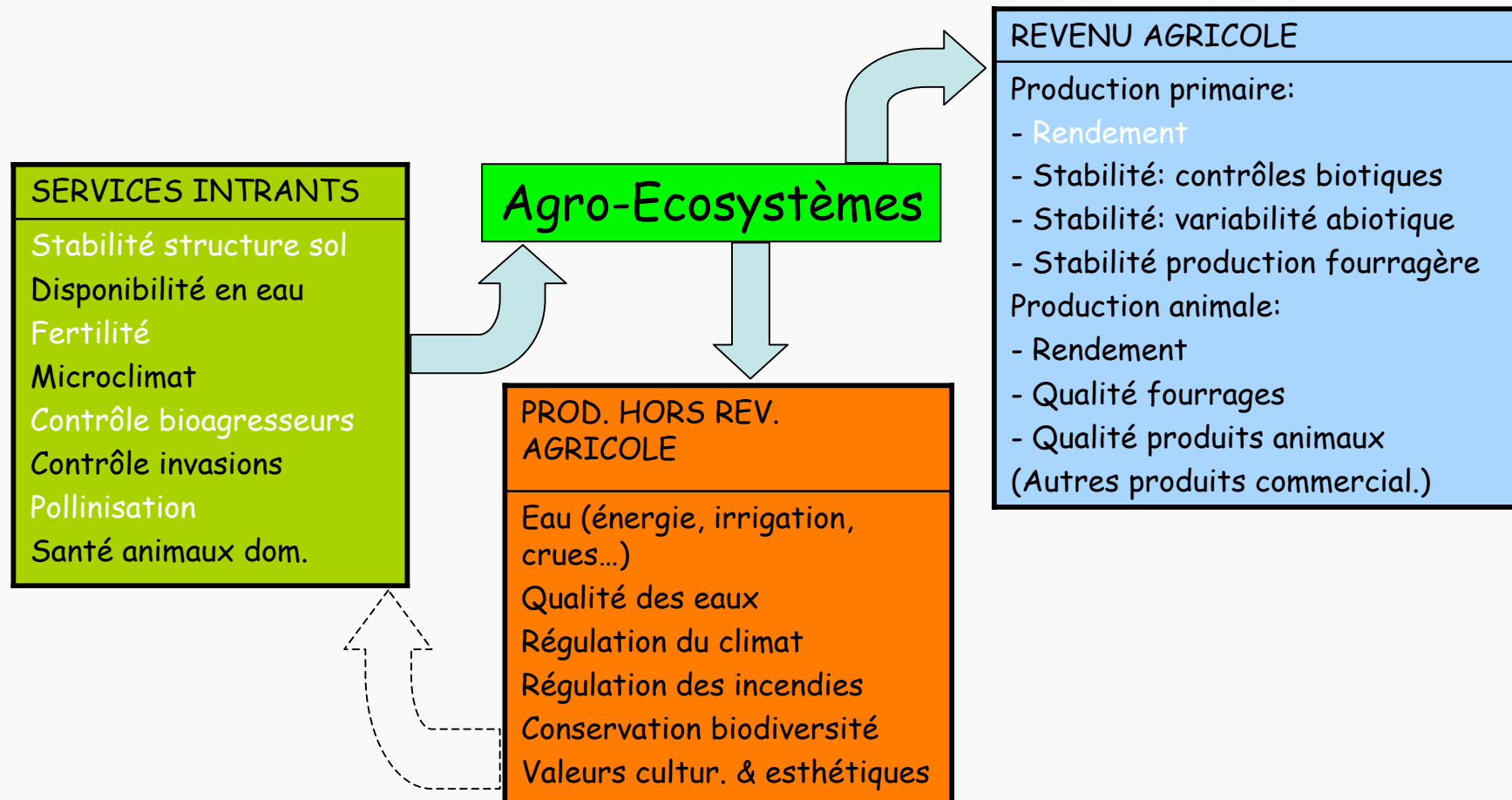
Philippe Jeanneret

Avec la collaboration d'Olivier Huguenin-Elie

13 novembre 2009 - Swiss Forum on Conservation Biology



Services écologiques fournis par la biodiversité des agro-écosystèmes



D'après Lavorel & Sarthou in Leroux *et al.* 2008



Mécanismes liant la diversité aux services des écosystèmes

- **Hypothèse d'échantillonnage**: la probabilité d'avoir les espèces contribuant aux services attendus augmente avec le nombre d'espèces (Huston *et al.* 2000)
- **Hypothèse de complémentarité**: les ressources globales d'un écosystème sont mieux utilisées lorsque de nombreuses espèces sont présentes (Loreau & Hector 2001)
- **Hypothèse de redondance - résilience**: quelques espèces seulement contribuent au bon fonctionnement de l'écosystème mais une diversité des espèces plus élevée permet le remplacement en cas de perturbation amenant la perte d'espèces (Lawton & Brown 1993, Bengtsson *et al.* 2003)
- Relations biodiversité (richesse spécifique) et fonctionnement/stabilité des écosystèmes et bénéfices effectifs de cette diversité: TRES VIVE CONTROVERSE dans les années 1990 début 2000.
- AGRICULTURE -> BONNES ESPÈCES SUFFISENT (RENDEMENT PRAIRIES) MAIS FONCTIONS DE CERTAINES ESPÈCES (RARES) MÉCONNUES ET EFFETS DE COMPLÉMENTARITÉ.

Nutzen der funktionellen Biodiversität zur effizienten Raufutterproduktion mit Klee-Gras-Mischungen





Ziel der Mischungen in intensiven Futterproduktionssystemen

NICHT Nachahmen artenreicher Naturwiesen

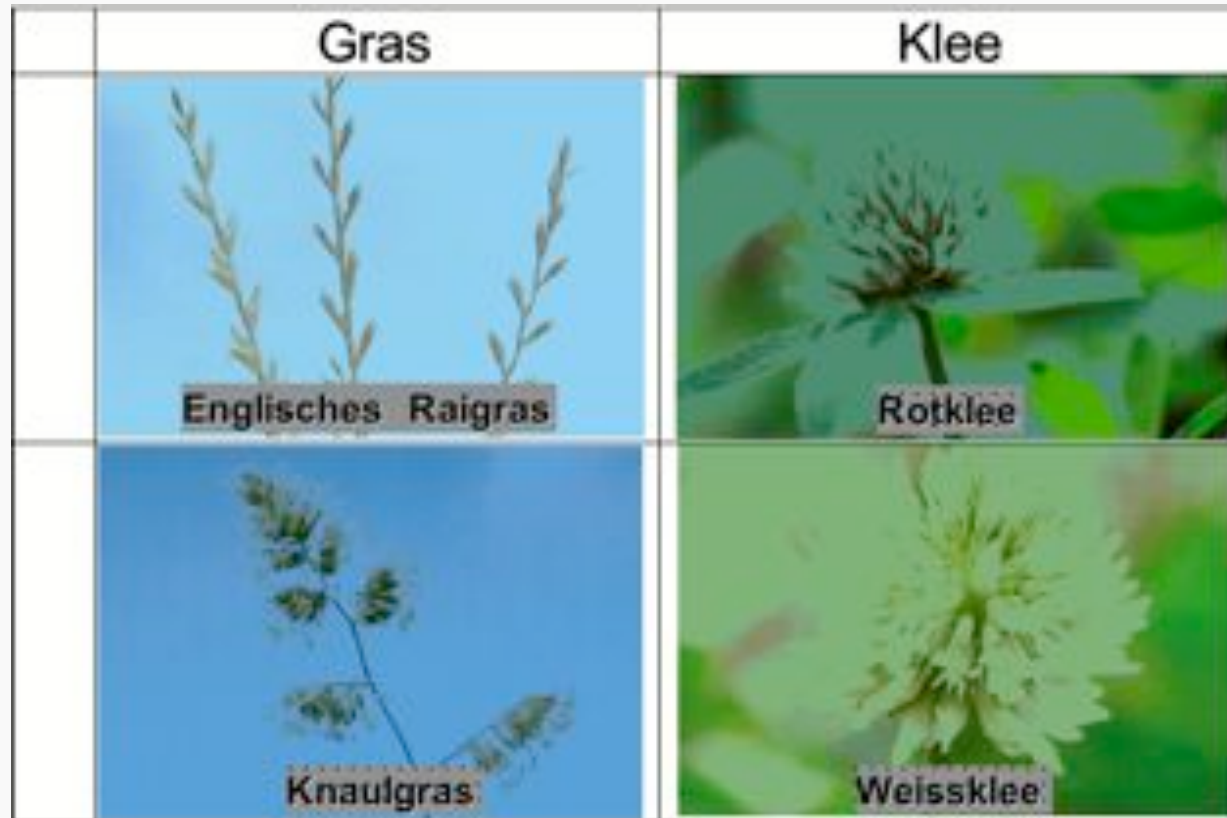
SONDERN einfache Mischungen mit wenigen, gut aufeinander abgestimmten Arten.

Vorteile der einzelnen Arten nutzen.



Versuch COST 852 in der Schweiz

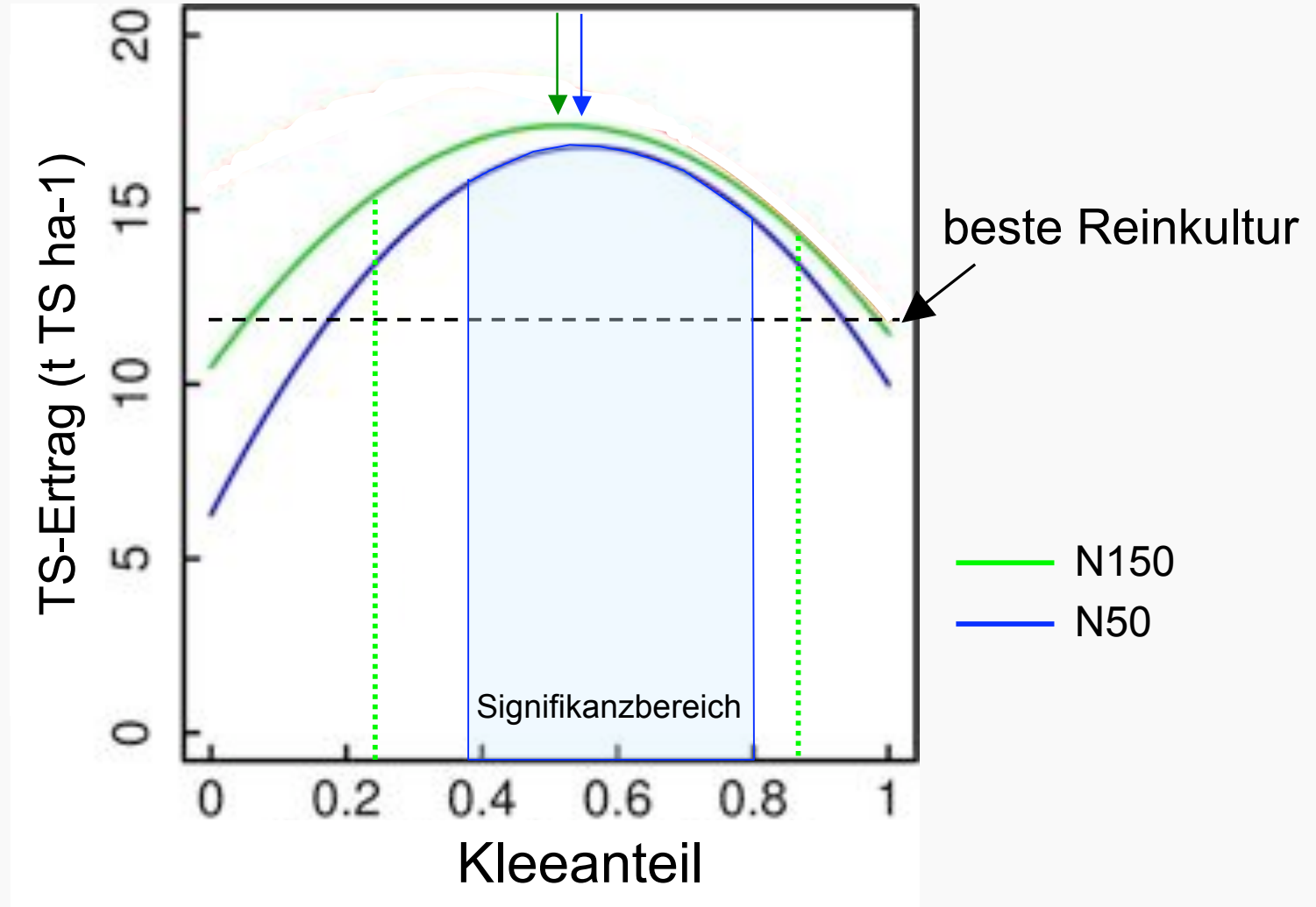
Methode: Produktive Arten geprüft



Nyfelner *et al.* 2009, *Journal of Applied Ecology*



Ertragreicher als die beste Reinkultur



Nyfelner *et al.* 2009, *Journal of Applied Ecology*



Komponenten der Mischungseffekte

Overyielding		
N150	Mischung zwischen GK	Mischung von GG oder KK
Jahr 1	41%***	6%*
Jahr 2	59%***	ns
Jahr 3	43%***	12%**

- Effekt zwischen Gras & Leguminosen (GK) viel wichtiger als zwischen Gras-Gras oder Klee-Klee
- Trotzdem Gras-Gras (GG) und Klee-Klee (KK) Effekte

Nyfeler et al. 2009, Journal of Applied Ecology



Diversité génétique





Diversité génétique

La diversité génétique est indispensable pour la réponse des espèces et des populations ...

- ... à la sélection naturelle au travers des changements environnementaux,
- ... à la sélection au travers de processus ciblés
 - Screening de traits d'espèces ou sélection d'écotypes par les sélectionneurs,
 - La sélection permet l'adaptation aux conditions environnementales, la résistance aux maladies, etc.,
 - Cas particulier remarquable: variétés et races adaptées aux conditions locales qui permettent de limiter les intrants (agriculture biologique)



Diversité génétique

- 143 espèces sauvages sont considérées en Suisse comme prioritaires pour des utilisations possibles,
- 83% des espèces de plantes en Suisse sont des „crop wild relatives“ ⇒ potentiel comme nouvelles plantes cultivées.

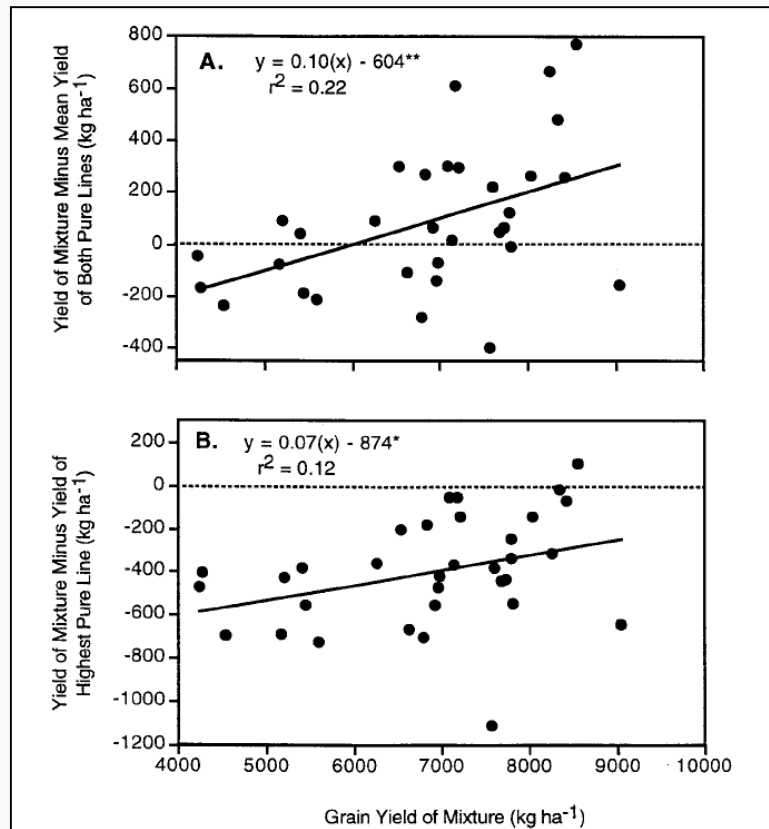
Exemples et utilisation:

- **Plantes fourragères** collectées dans les Alpes qui sont à la base de plusieurs variétés de fétuque des prés, de fétuque élevée et de dactyle,
- 800 variétés de **vignes** en Europe occidentale,
- 2500 **variétés fruitières** (il y a 80 ans: 5000).
 - Buts : qualité, quantité, mûrissement précoce, tardif, garde, résistance aux maladies et ravageurs, etc.
 - Innombrables exemples d'utilisation des ressources génétiques en agriculture !



Diversité génétique

Des mélanges de variétés peuvent produire plus de grains mais cette relation dépend de l'environnement



Exemple: 6 variétés de blé d'automne et 15 mélanges 2 par 2.

Gallandt *et al.* 2001, *Crop Science*



Services intrants - le sol

- Pas de littérature qui montre un effet quantitatif de la biodiversité sur la **stabilité des sols** mais des effets de la présence et l'abondance de **groupes fonctionnels**,
- Le maintien de la **fertilité** est le résultat d'effets complexes de la biodiversité. Les effets de la **diversité fonctionnelle** sont connus plutôt que ceux de la diversité *per se*,
- Quelques exemples: structure du sol, taux de décomposition, croissance des plantes et productivité primaire.



Structure du sol et biodiversité

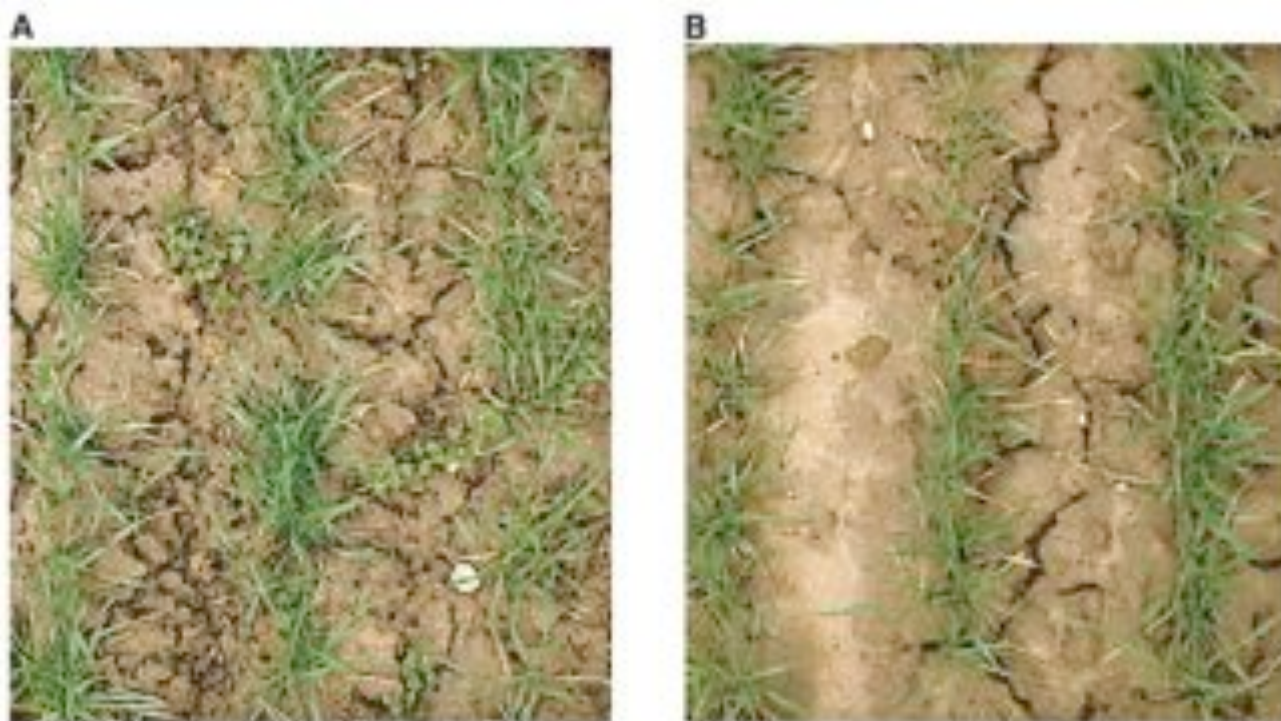


Fig. 3. Biodynamic (A) and conventional (B) soil surface in winter wheat plots. Earthworm casts and weed seedlings are more frequent in the biodynamic plot. Disaggregation of soil particles in the conventional plots leads to a smoother soil surface. Wheat row distance is 0.167 m. Source: T. Alföldi, Research Institute of organic Agriculture [Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)].

Mäder et al. 2002, Science

Effet d'un groupe fonctionnel: les vers de terre

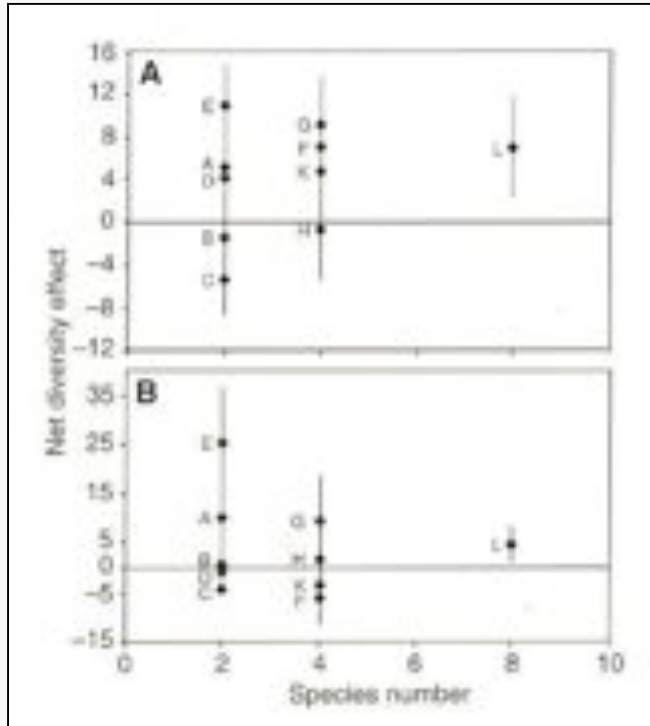
La production de déjections des vers de terre peut atteindre 75 -100 tones/ha (Stöckli 1928)

Services rendus par la biodiversité à l'agriculture

Philippe Jeanneret | © Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

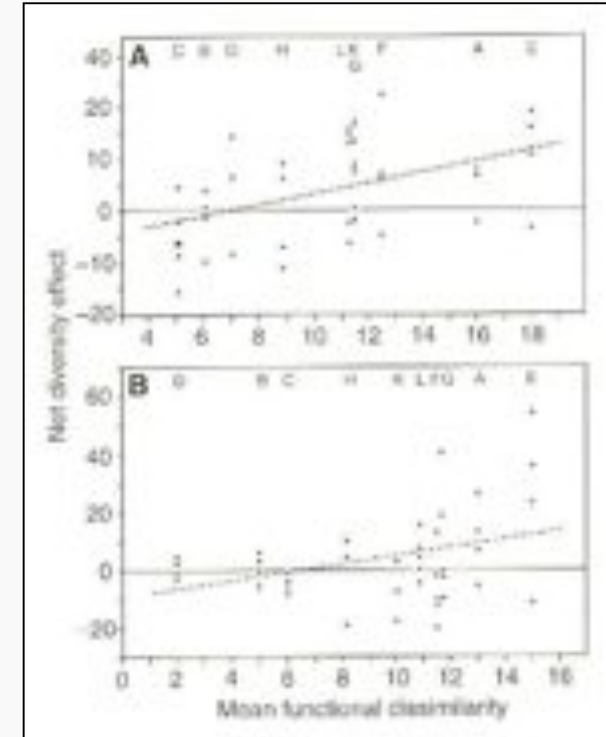


Taux de décomposition et biodiversité



En présence de vers de terre, isopodes et chilopodes:

A: respiration
B: perte de masse de litière

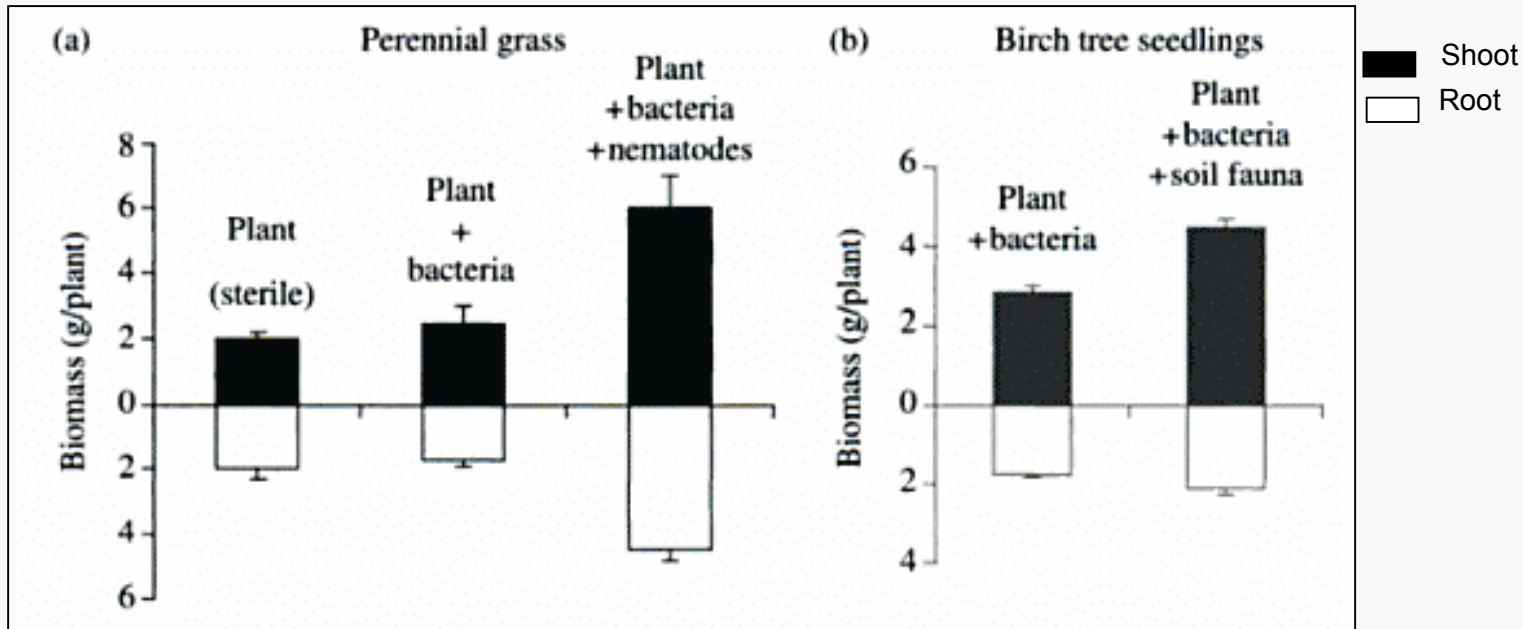


Ce n'est pas l'augmentation du nombre d'espèces de macrofaune qui génère une augmentation des taux de décomposition mais la **présence simultanée d'espèces présentant une dissimilitude fonctionnelle importante**. De plus, des communautés avec les mêmes nombres d'espèces mais différentes composition en espèces ont des effets différents sur les processus de l'écosystème sol.

Heemsbergen *et al.* 2004, *Science*



Croissance des plantes et biodiversité

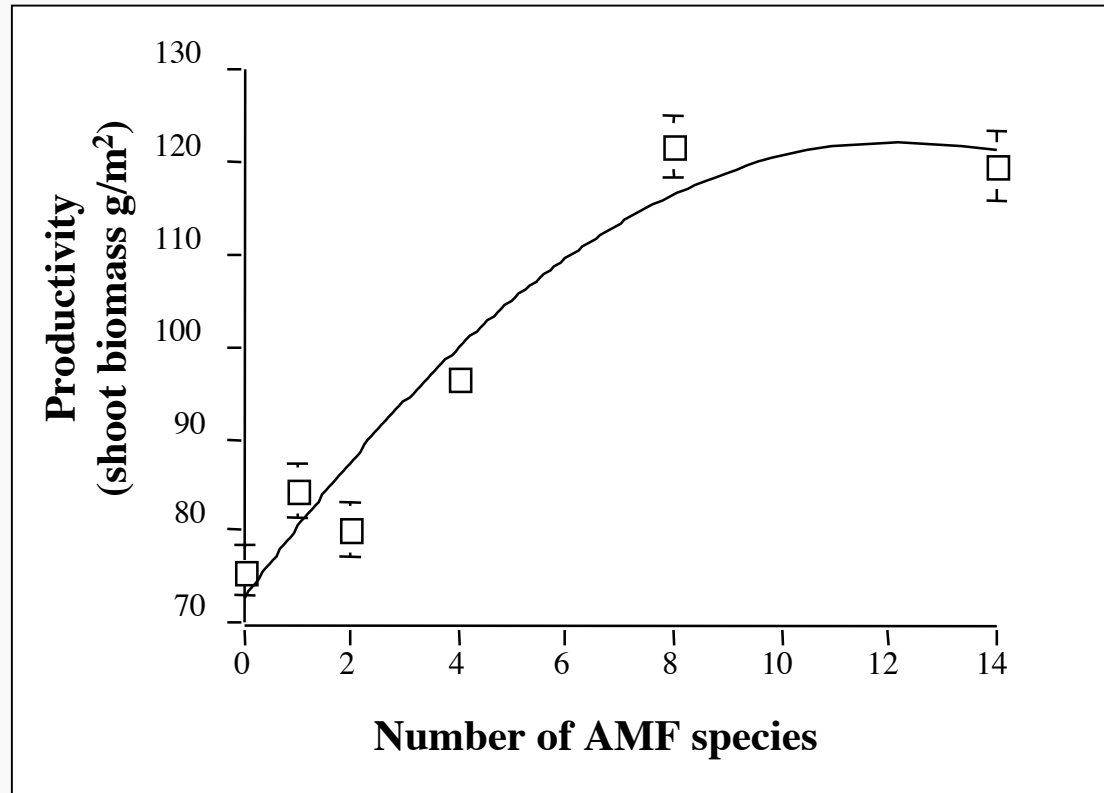


- La complexité de la chaîne alimentaire dans la rhizosphère augmente la croissance des plantes. L'ajout de nématodes prédateurs de micro-organismes colonisant les racines augmente la croissance de la plante.
- L'augmentation de la disponibilité en azote minéral est un facteur majeur dans les deux réponses.

Phillipps *et al.* 2003, *Ecology*



Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (all AMF) promotes plant diversity and plant productivity in grassland



→ Meilleure exploitation du phosphore par les plantes

van der Heijden *et al.* 1998, *Nature*



van der Heijden *et al.* 1998, *Nature*

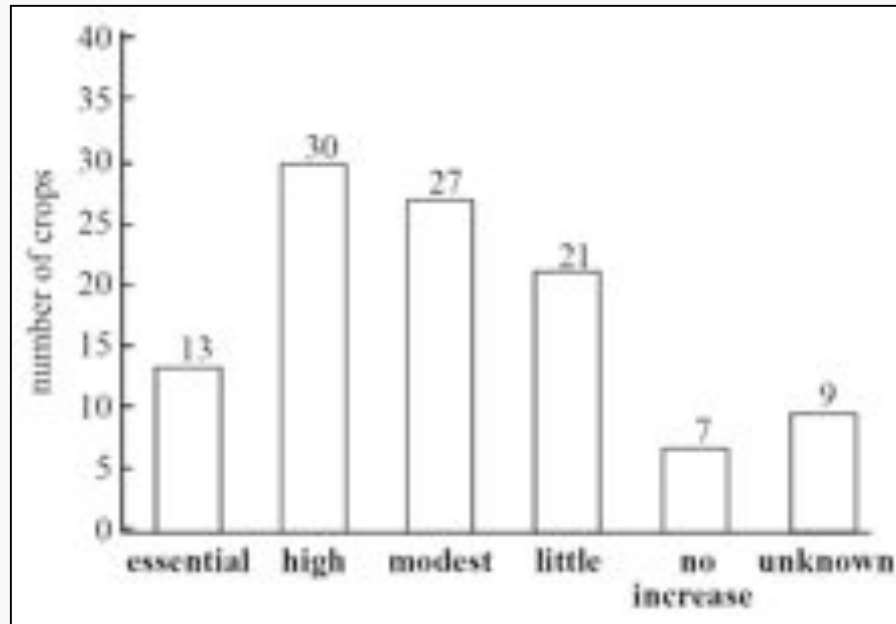


Services intrants - la pollinisation

- 70% des angiospermes sont pollinisées par des animaux
- 84% des espèces cultivées en Europe et 65% à l'échelle du monde dépendent de la pollinisation par les insectes,
→ 34% du tonnage de la production agricole mondiale utilisée pour l'alimentation humaine, les autres cultures étant principalement des céréales comme le blé, le maïs et le riz.
- En Europe, la pollinisation des cultures dépend essentiellement des abeilles et bourdons (hyménoptères, Apoidea) et des syrphes (diptères, Syrphidae),
- Contribution des pollinisateurs à la production agricole: 200 milliards de dollars à l'échelle du monde (Pimentel *et al.*, 1997).



Services intrants - la pollinisation



Meta-analyse:

Nécessité des pollinisateurs pour la production:

- *essential*, réduction de 90% de la production;
- *high*, 40 à 90% de réduction;
- *modest*, 10 à 40% de réduction;
- *little*, 0 à 10% de réduction;
- *no increase*, pas d'augmentation de la production avec la pollinisation par les animaux;
- *unknown*, pas d'études empiriques.

Klein et al. 2007, *Proc. R Soc. B Biol. Sci.*



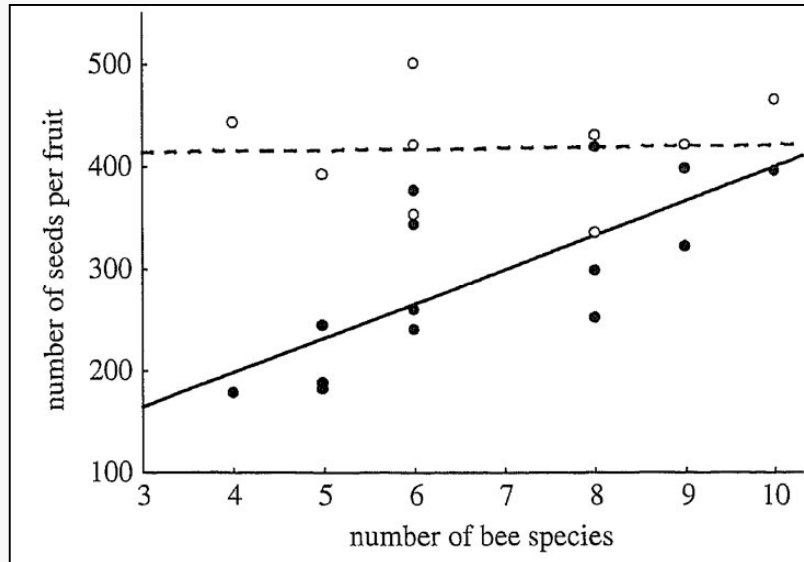
Services intrants - la pollinisation

Diversité des pollinisateurs et service écosystémique:

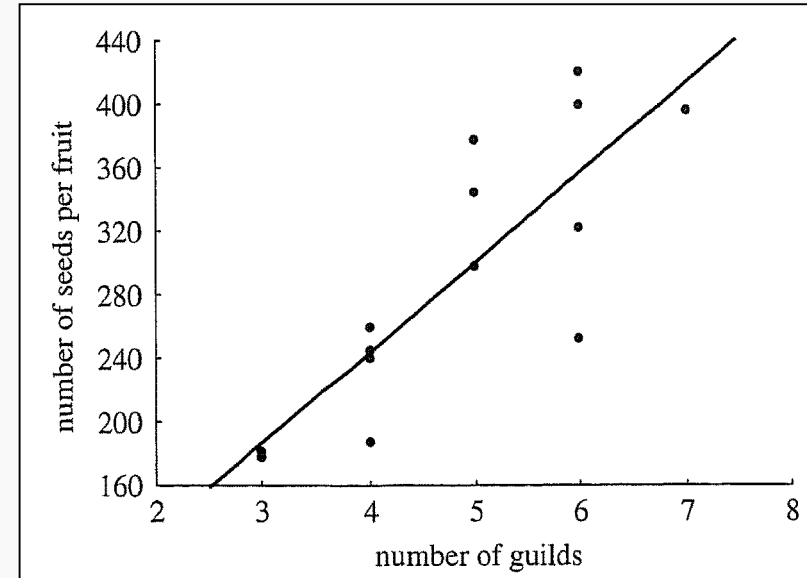
- Certaines études montrent que seul 15% des espèces sont structurellement importantes pour le bon fonctionnement du réseau (Olesen *et al.*, 2007);
- Des espèces généralistes peuvent remplacer les espèces spécialistes.



Services intrants - la pollinisation



- Fleurs-contrôles pollinisées à la main
- Fleurs pollinisées par les insectes



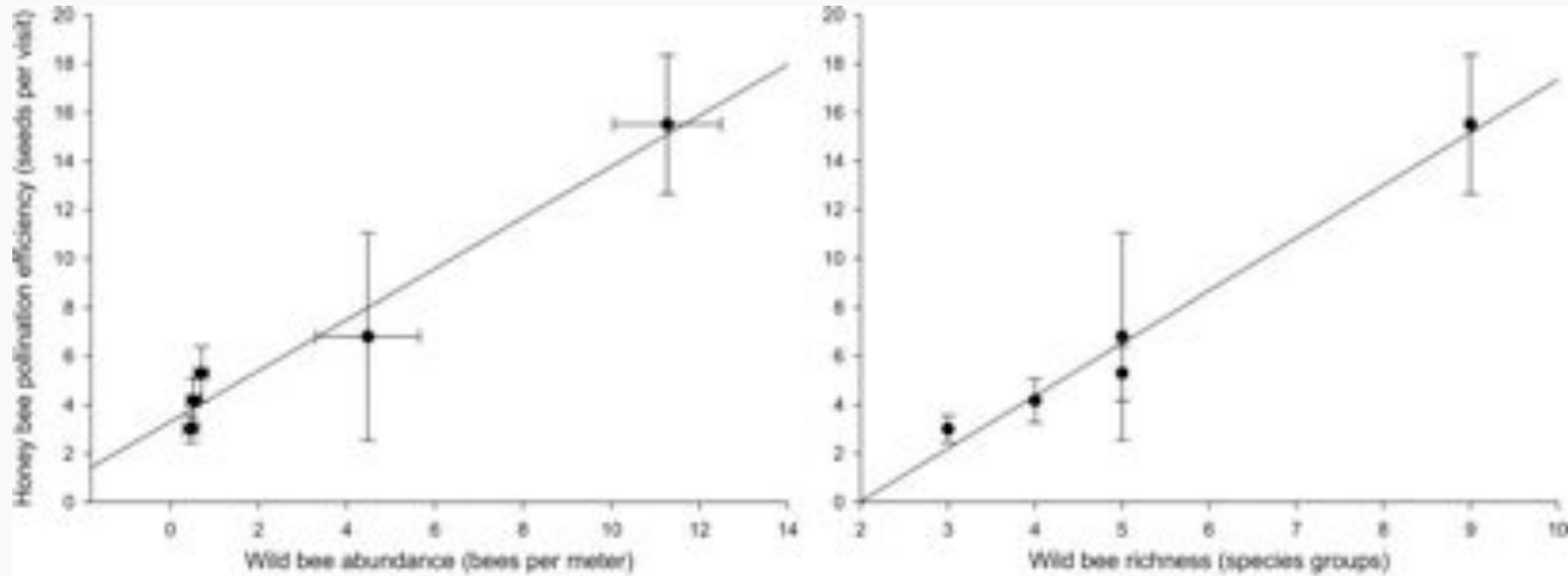
- Exemple: une espèce de courge en Indonésie
- Le nombre de graines produites dépend du nombre d'espèces d'abeilles et du nombre de guildes (groupes fonctionnels),

Hoehn et al. 2008, *Proc. R Soc. B Biol.*

Sci.



Services intrants - la pollinisation



- Tournesol en californie:
- Efficacité de la pollinisation par les abeilles domestiques est corrélée à l'abondance et la richesse en espèces d'abeilles solitaires

Greenleaf & Kremen 2006, *PNAS*



Services intrants - le contrôle biologique des bioagresseurs

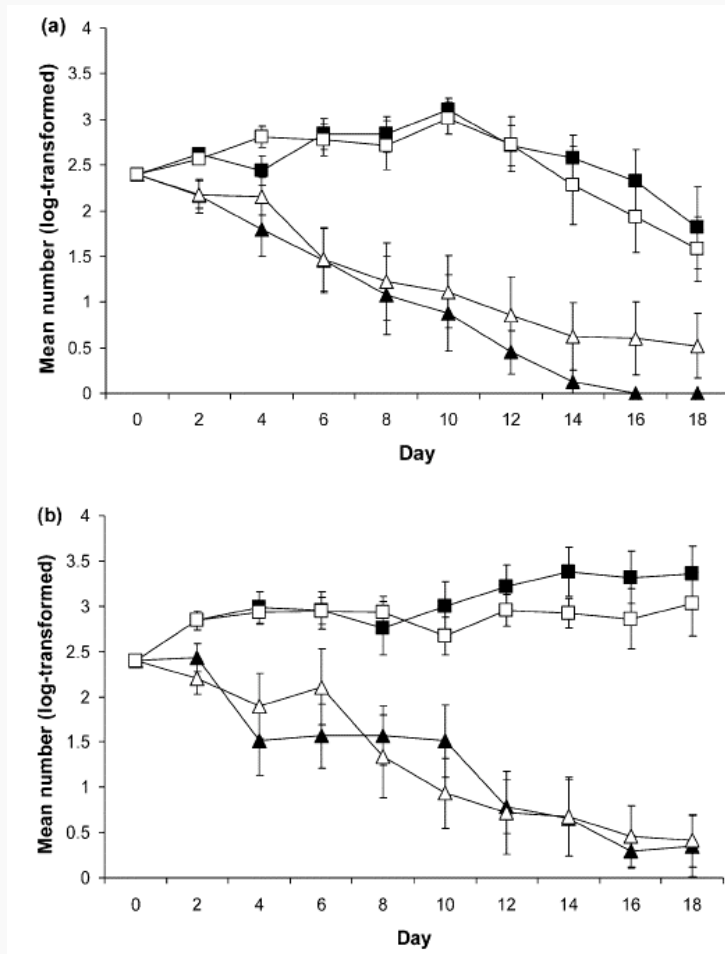
- Les paysans chinois pratiquaient déjà la lutte biologique il y a 2500 ans !
- **Bioagresseurs:**
 - **Phytophages,**
 - **Maladies phytopathogènes,**
 - **Adventices,**
 - **Organismes du sol.**
- **Exemples de services rendus**
- **Le cas des cascades trophiques (dominées par les arthropodes)**

Valeur du contrôle biologique des ravageurs = env. 417 Mia\$/an

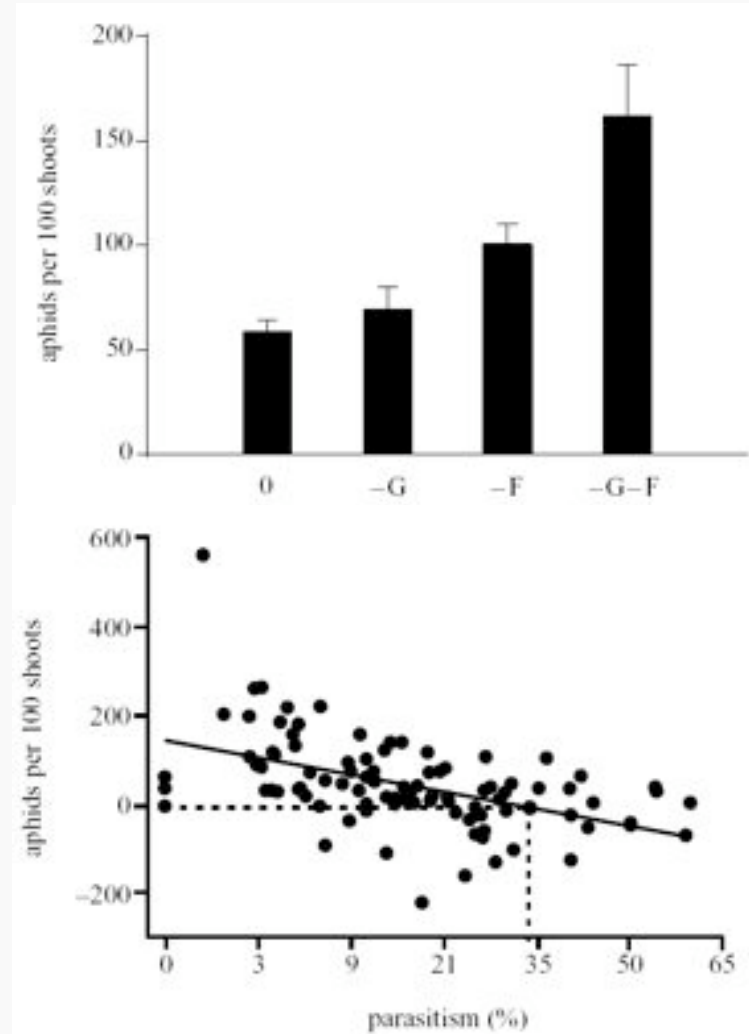


Services intrants - le contrôle biologique des bioagresseurs

Exclusion des prédateurs



Müller *et al.* 2005, *Oecologia*.



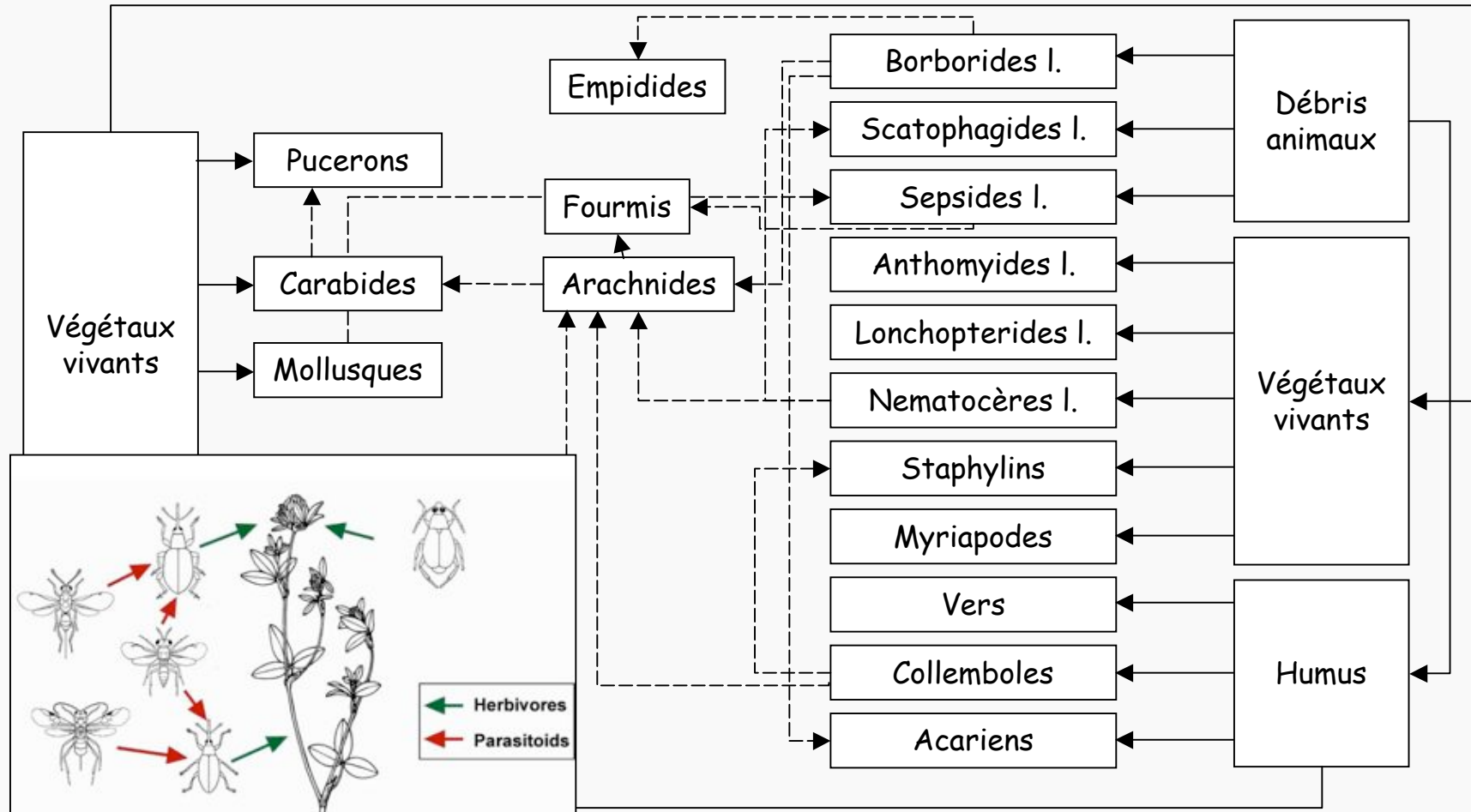
Schmidt *et al.* 2003, *Proc. R Soc. B Biol. Sci.*

Services rendus par la biodiversité à l'agriculture

Philippe Jeanneret | © Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



Services intrants - le contrôle biologique des bioagresseurs



Kruess & Tscharrntke 1994, *Science*

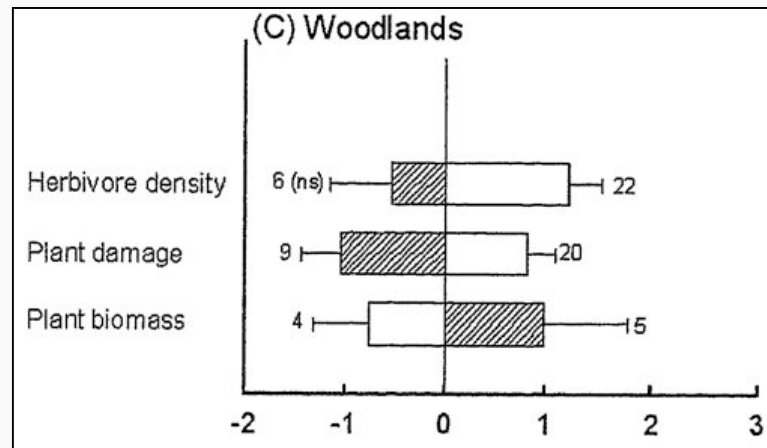
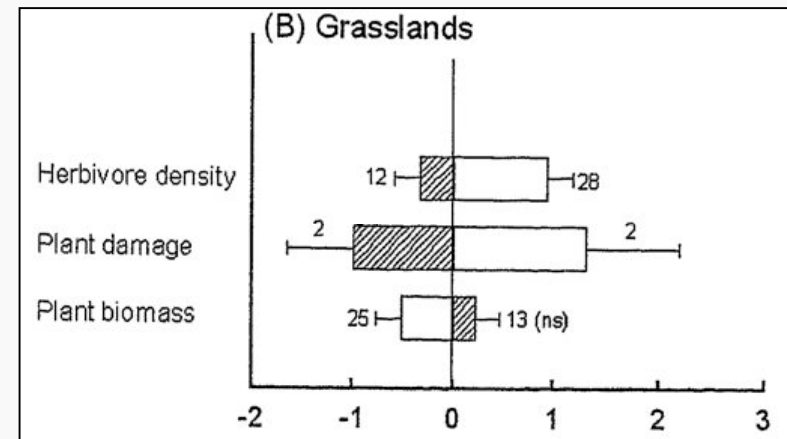
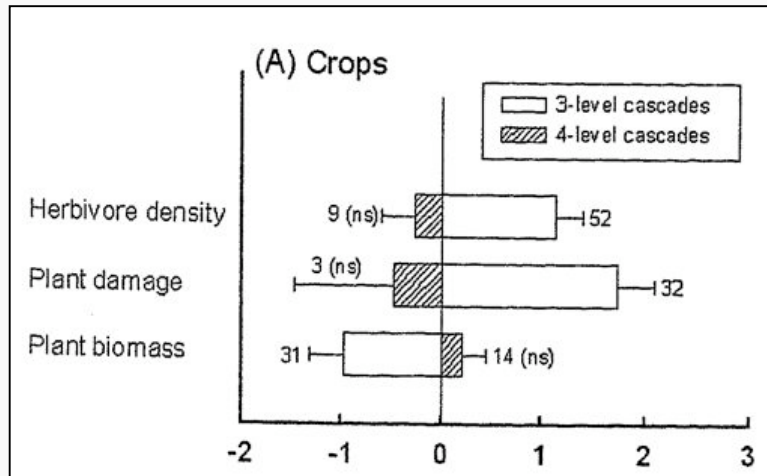
Chaîne trophique d'une prairie normande d'après Dajoz 2000

Services rendus par la biodiversité à l'agriculture

Philippe Jeanneret | © Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



Services intrants - le contrôle biologique des bioagresseurs

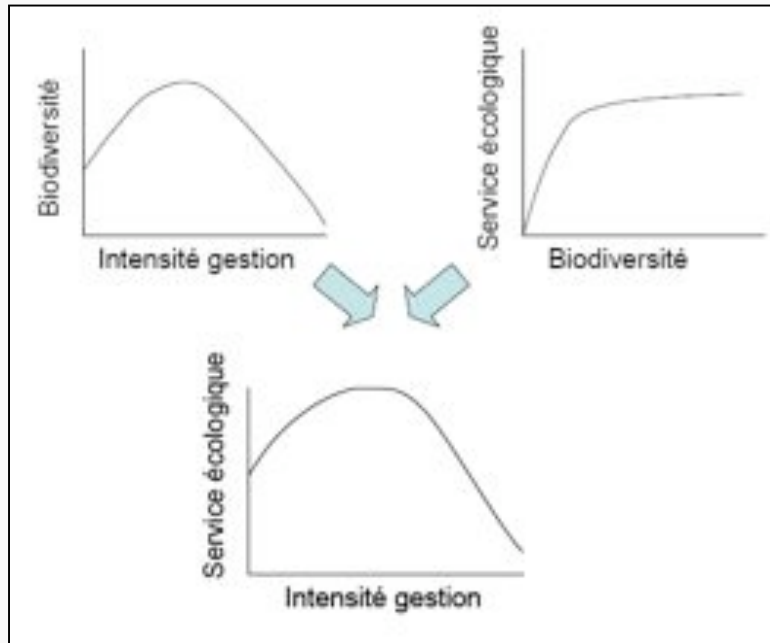


- Effet des cascades trophiques

Halaj & Wise 2001, *American Naturalist*



Que faire pour améliorer les services ?

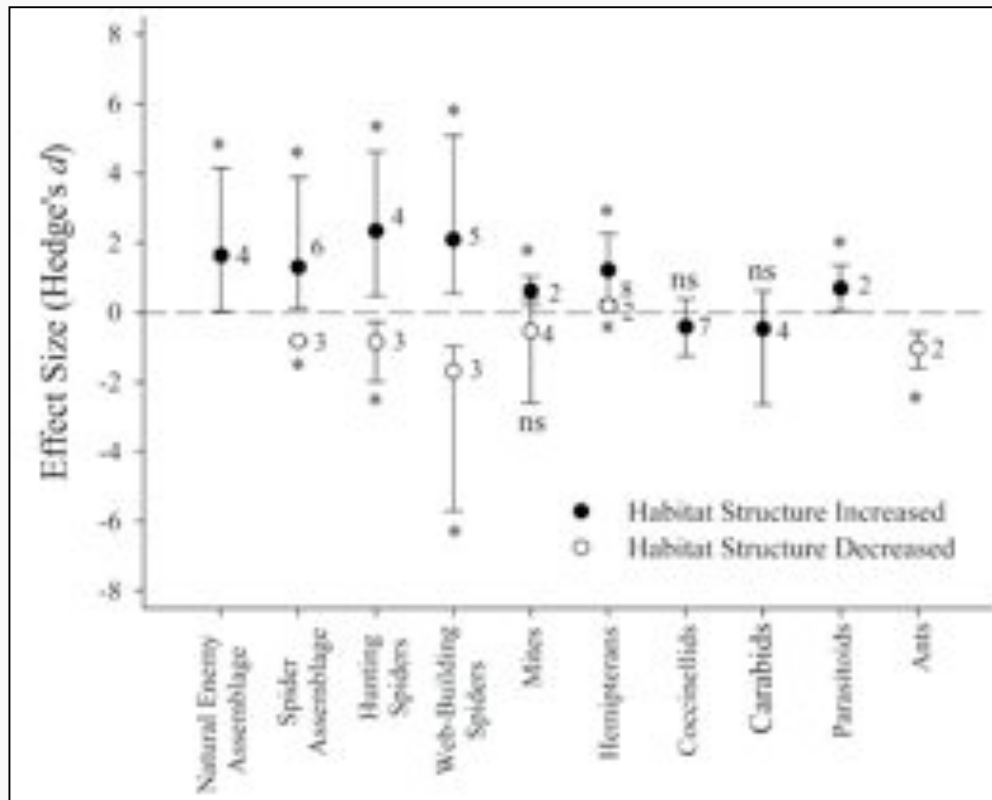


- Appliquer une fertilisation adaptée mais globalement la réduire,
- Adapter le travail du sol mais éviter des perturbations tel que le labour,
- Adapter la protection chimique des cultures mais globalement l'éviter ou la réduire.



Effets de la structure de l'habitat

Meta-analyse: taille de l'effet (traitement comparé au contrôle)

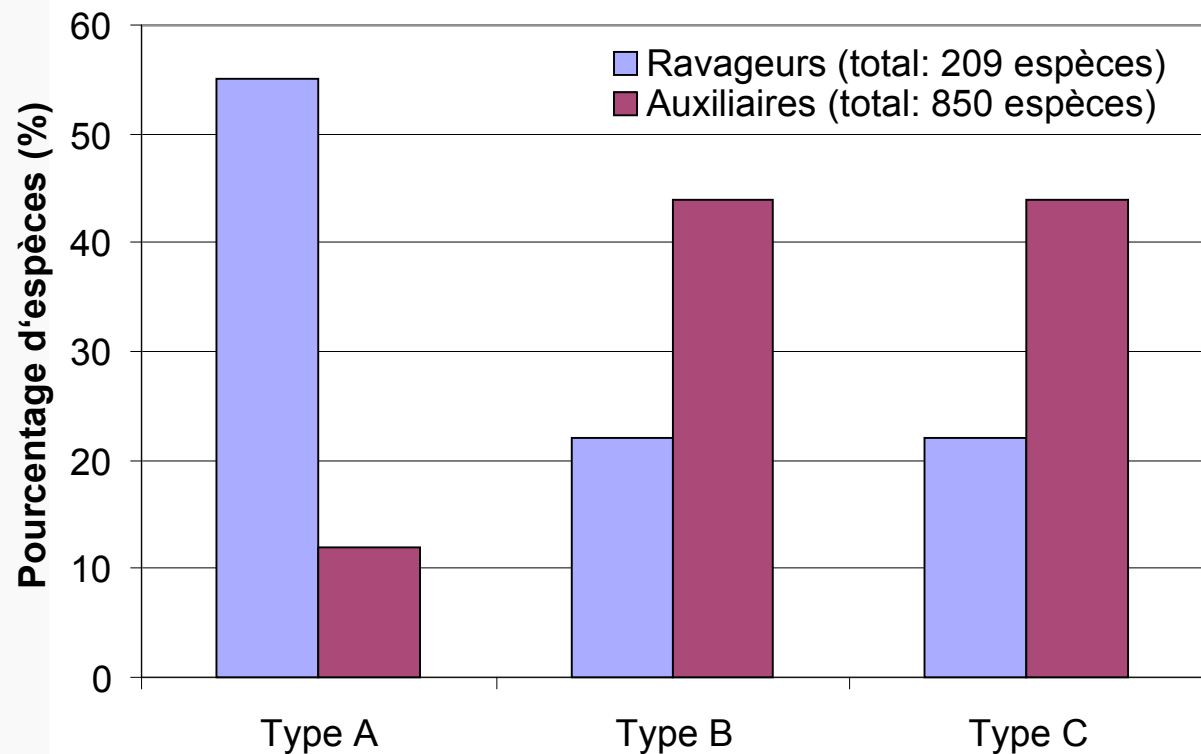


La taille de l'effet mesure la magnitude de la manipulation sur la densité des ennemis naturels. Une valeur positive de d indique qu'une augmentation de la complexité de l'habitat résulte en une augmentation de la densité d'ennemis naturels.

Langellotto & Denno 2004, *Oecologia*



Habitats des ravageurs et des auxiliaires



Boller, E. F., Häni, F. & Poehling, H.-M. (2004). Ecological Infrastructures. Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level. Temperate Zones of Europe.

Type A: n'ont besoin que des champs cultivés

Type B: hibernent dans les „infrastructures écologiques“ en dehors des champs cultivés

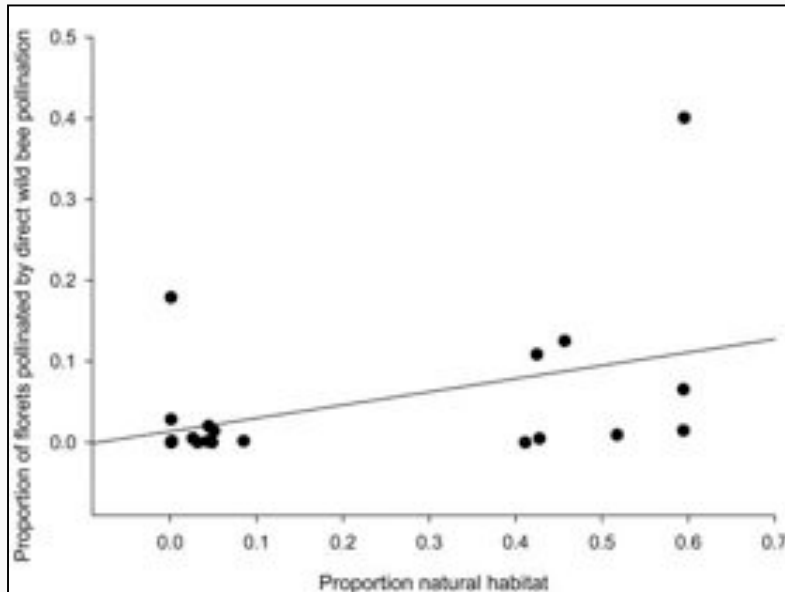
Type C: ont besoin de possibilités de développement supplémentaires dans les „infrastructures écologiques“ en dehors des champs cultivés

Services rendus par la biodiversité à l'agriculture

Philippe Jeanneret | © Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

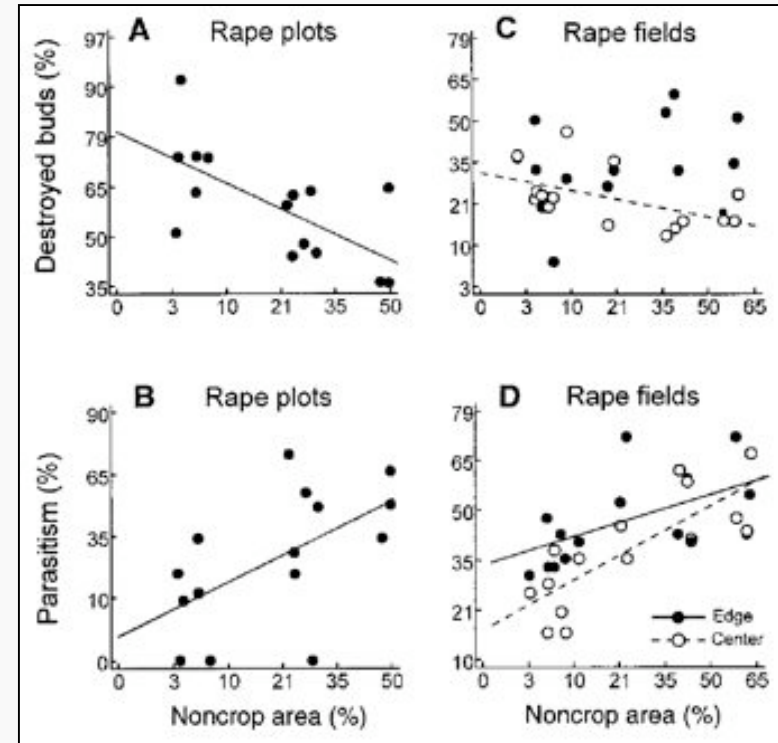


Effets de la structure du paysage



La pollinisation augmente avec l'augmentation de la proximité des habitats naturels

Greenleaf & Kremen 2006, *PNAS*



Thies & Tscharntke 1999, *Science*



Exploitation de l'habitat pour promouvoir les antagonistes selon le concept des 4 D

Lutte biologique de conservation

Concept des 4 D:

Pour augmenter les antagonistes, il faut proposer:

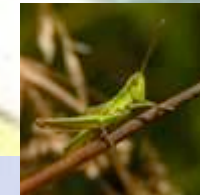
- une disposition favorable à l'intérieur du champ
- un avantage en terme de stade de développement
- une haute diversité
- et une bonne distribution des antagonistes

Boller et al. 2004.



Discussion - Conclusion

- Les trois mécanismes gouvernant les relations entre biodiversité et services fournis par les agroécosystèmes, 'échantillonnage', 'complémentarité' et 'redondance - résilience' peuvent avoir des effets positifs,
- Les services écologiques rendus par la biodiversité à l'agriculture ne sont pas toujours dépendant de la quantité d'espèces présentes,
 - La diversité fonctionnelle est un élément clef,
- La seule manipulation des agroécosystèmes ne suffit pas toujours à améliorer le service rendu,
 - La présence et l'introduction d'habitats peu perturbés (semi-naturels) non voués à la production jouent un rôle essentiel pour les services rendus



Je vous remercie de votre attention !