

Biodiversité, Fonctionnement et services rendus par les écosystèmes-*Une revue*

Nathalie FRASCARIA-LACOSTE

AgroParisTech

Laboratoire ESE- Université Paris Sud 11

91405 ORSAY cedex France



I. La biodiversité?



« On ne sait pas **gérer**, ce qu'on ne sait pas mesurer »
Pavan, S. et al. (2010) *The economics of ecosystems and biodiversity* Welzel+Hardt

Biodiversité ?

la vie, **une histoire**, un réalité complexe

et une **continuité**

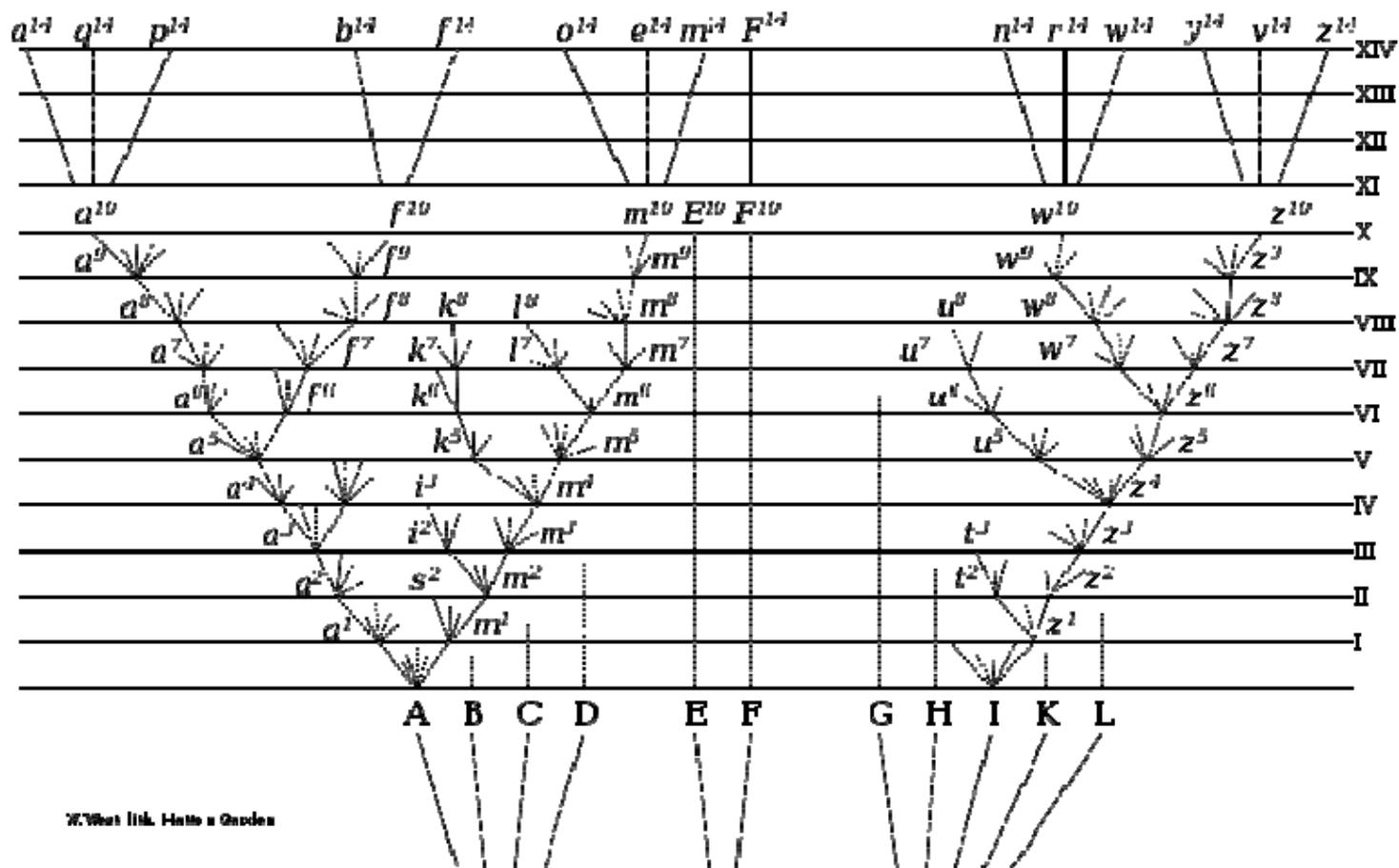


□ Définition :

- « *La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.* »

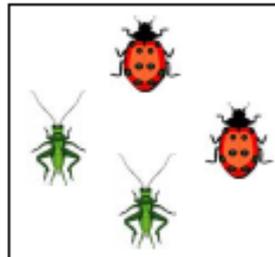
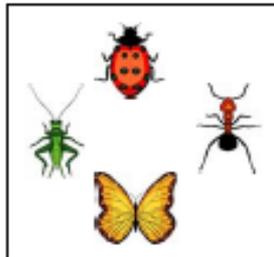
Conférence de Rio (1992)

- La biodiversité comme un processus
 - Au lieu d'une liste d'espèces

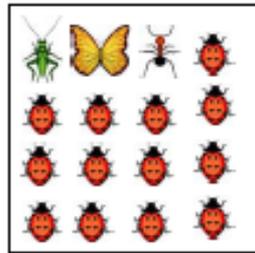
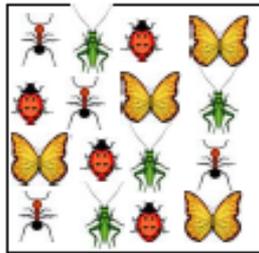




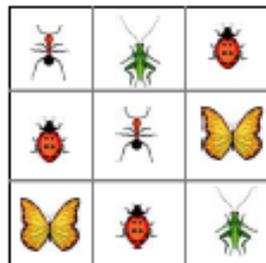
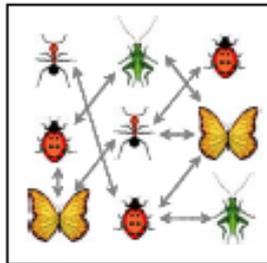
Les différentes composantes de la biodiversité



→ **Composition**

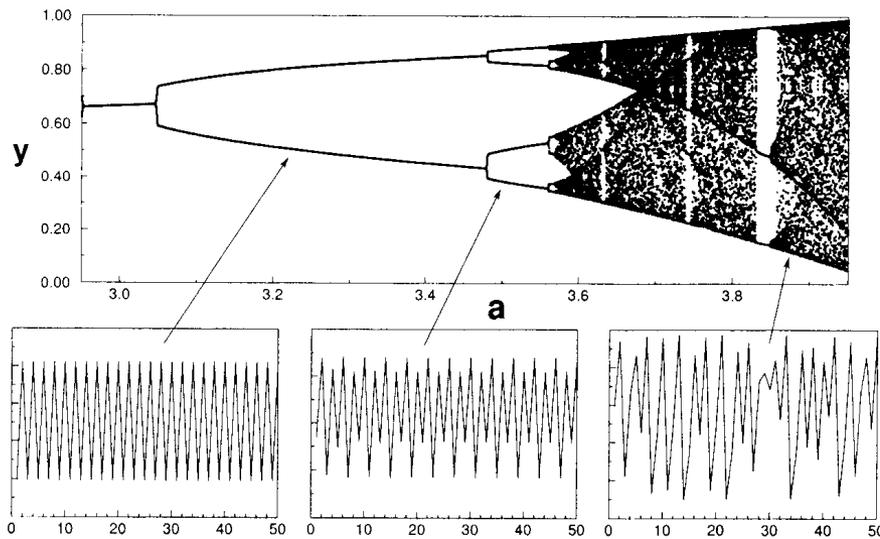


→ **Structure**

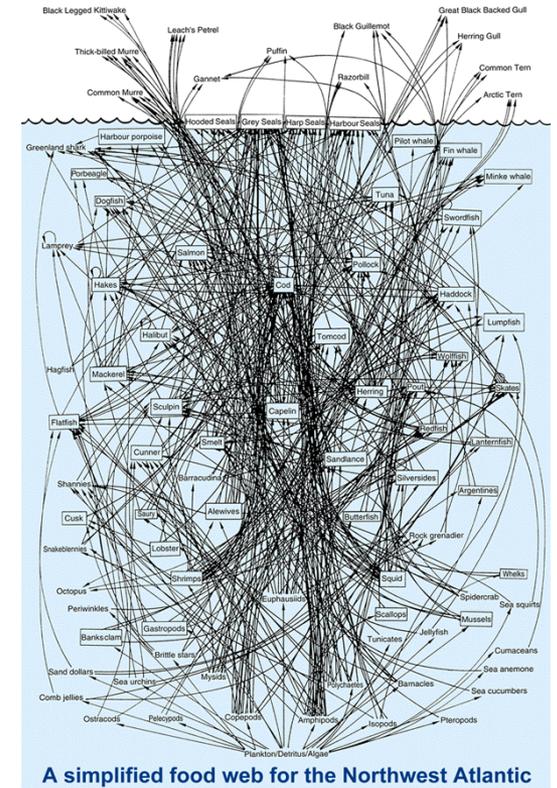


→ **Fonctionnement**

En sachant que ces trajectoires sont complexes et non prévisibles



Dynamique Chaotique



Multiplicité des interactions

Barot, 2009

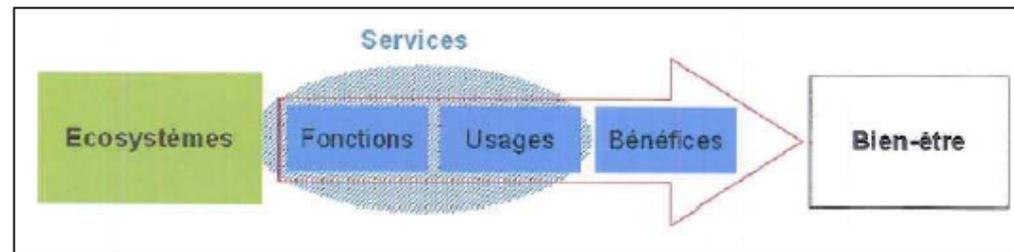
Notion de groupes fonctionnels

- Traits fonctionnels : caractéristiques phénotypiques (morphologie, biologie)
- Groupes fonctionnels : groupes d'espèces qui partagent un ou des traits fonctionnels communs
- Pas le nombre d'espèces qui importerait mais la fonction de ces espèces ou de groupes d'espèces dans l'écosystème



II. Fonctions et services écologiques

- Fonctions écologiques : processus biologiques de fonctionnement et de maintien des écosystèmes
- Services écosystémiques : bénéfices retirés par l'homme de processus biologiques



Source : CREDOC 2009

- Les fonctions écologiques répondent à une vision éco-centrée, alors que les services écosystémiques renvoient à une vision anthropocentrée (directe ou indirecte) des écosystèmes et de leur fonctionnement.

Les processus naturels

MEA, 2005

1. Services de soutien

- La biodiversité garantit les fonctions des écosystèmes qui fournissent des services tels que le cycle de l'eau, la photosynthèse et la production d'oxygène, la protection et l'enrichissement des sols, le recyclage des éléments nutritifs...

2. Services de régulation

- Un niveau élevé de biodiversité accroît la capacité des écosystèmes à s'adapter aux changements environnementaux (tel le changement climatique) et aux catastrophes naturelles
- La biodiversité est garante des fonctions des écosystèmes qui fournissent des services environnementaux vitaux comme la purification de l'air, la pollinisation, la dissémination des semences...

3. Services d'approvisionnement

- La biodiversité est la principale source de nombreux produits comme la nourriture, les fibres, les sources d'énergie, l'eau, les médicaments, le matériel de construction, les cosmétiques...

4. Services culturels

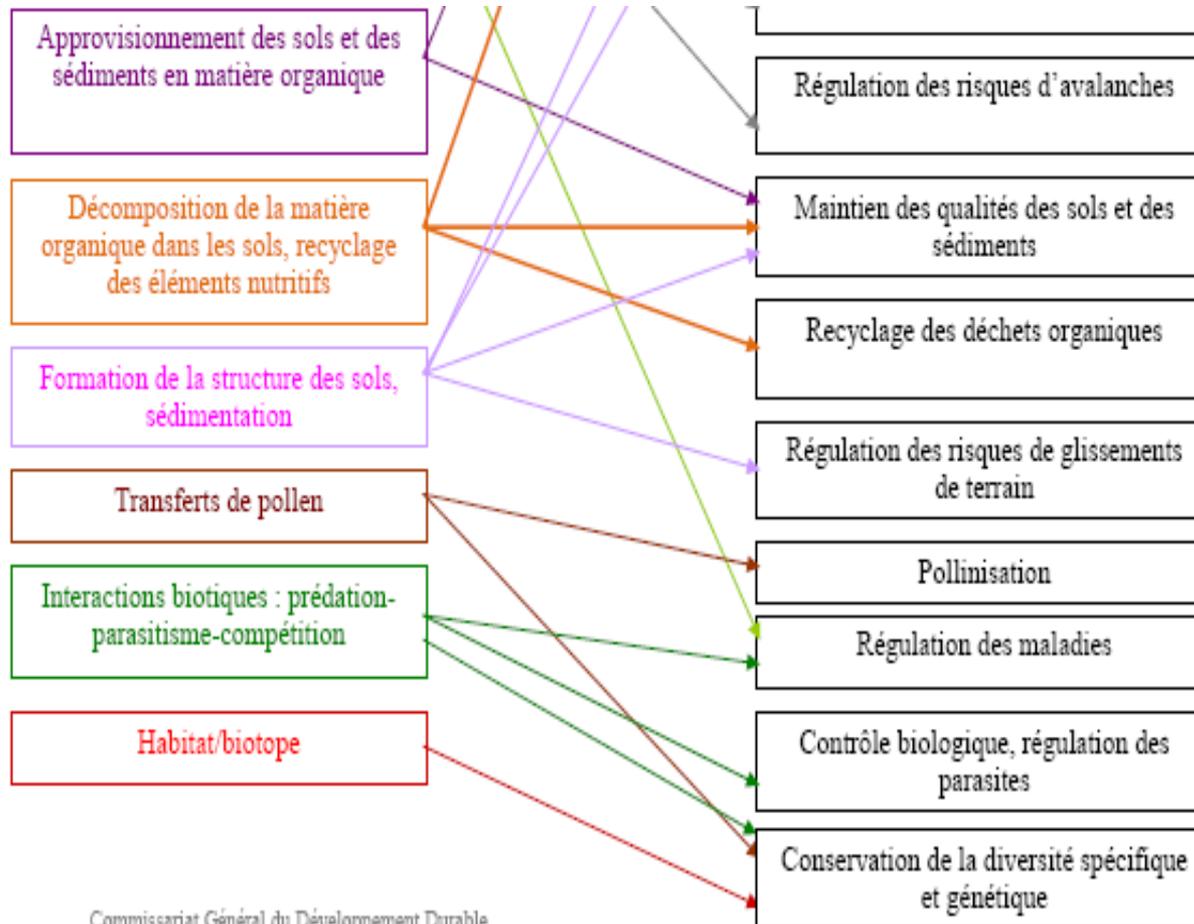
- La beauté de la biodiversité a de la valeur pour un vaste éventail de fins récréatives qui rencontrent un vif succès en raison de la volonté des gens d'observer et de profiter de la biodiversité
- La biodiversité contribue au bien-être spirituel des individus et constitue une source d'identité culturelle



Liens entre fonctions et services

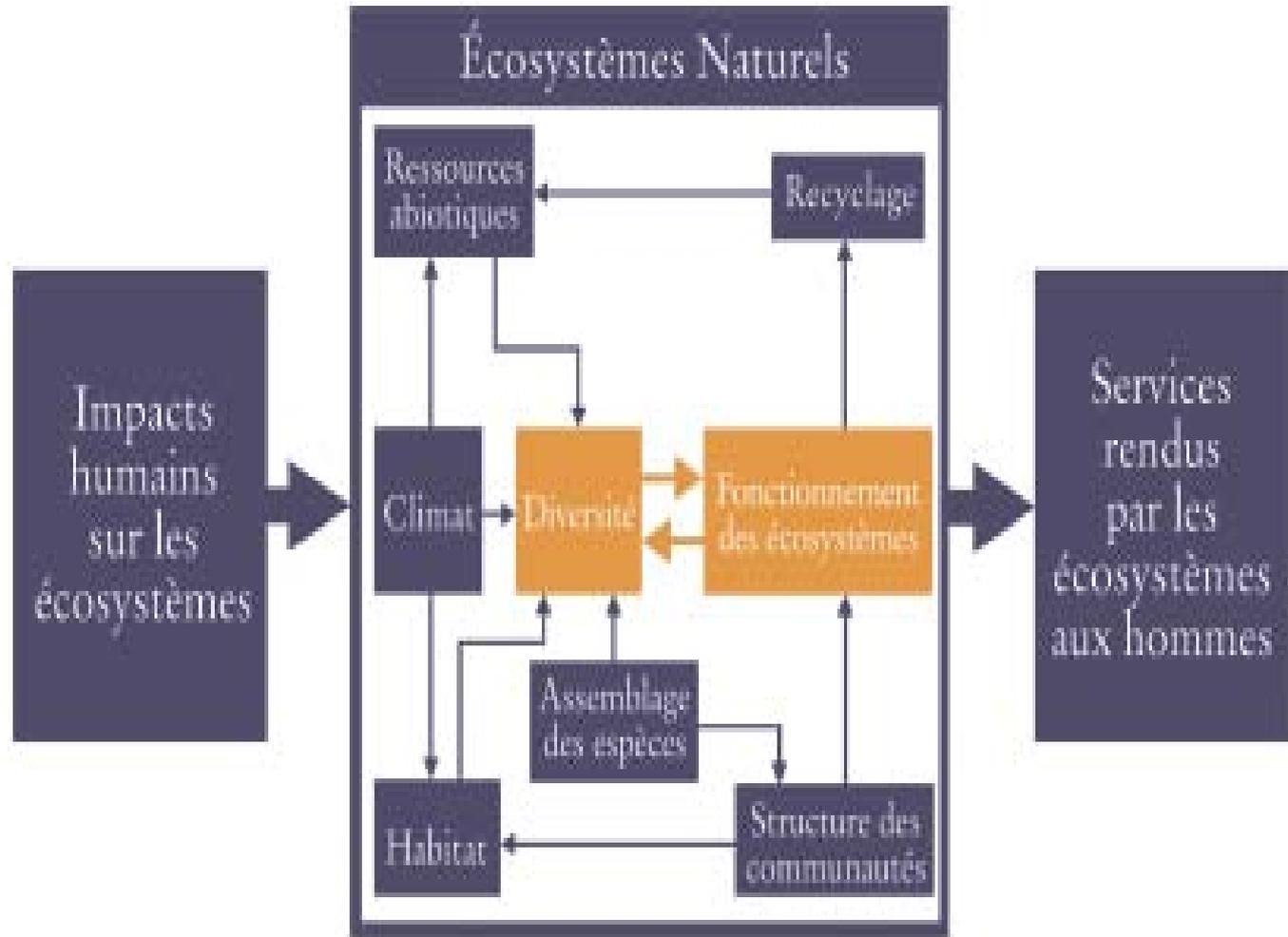
Fonctions

Services



Commissariat Général du Développement Durable
Service de l'Economie, de l'Evaluation et de l'Intégration du Développement Durable

Fonctionnement des écosystèmes et interactions avec les sociétés humaines



D'après Gravel *et al.*, 2010

III. La relation BD-EF

- De nombreux travaux ont étudiés la relation entre les effets de la biodiversité (BD) sur le fonctionnement des écosystèmes (EF)
- *Général*
- Schwartz *et al.* (2000) revue BD-EF
7 sur 12 montrent une relation positive
- Thompson & Starzomski (2006) sur 51 nouvelles études 29 montrent une relation positive, 4 montrent une relation négative et 18 une réponse ambiguë



III. La relation BD-EF

- Pour les arbres, les études BD-EF se sont concentrées sur le service de production.
- Thompson *et al.* (2010), revue sur 21 travaux, 76% suggèrent un effet positif du mélange d'espèces sur la production primaire et 24% un effet neutre.
- Dans les plantations, l'effet du mélange d'espèces est plutôt négatif sur ce service dû au choix des espèces mises en mélange.



a. Pour le Service de Production Primaire (S. Soutien)

« BioCON »
(Université du Minnesota (USA)):

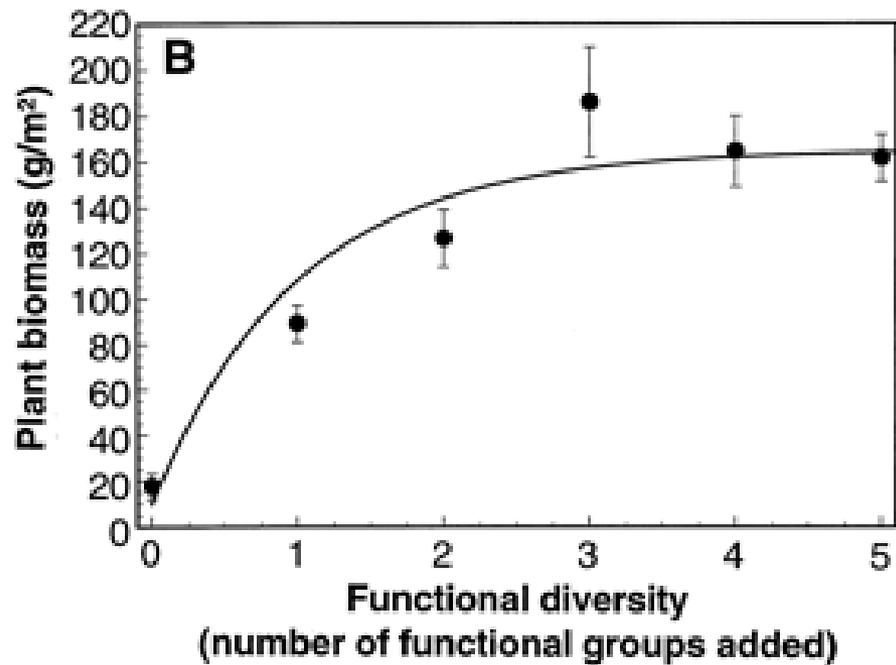
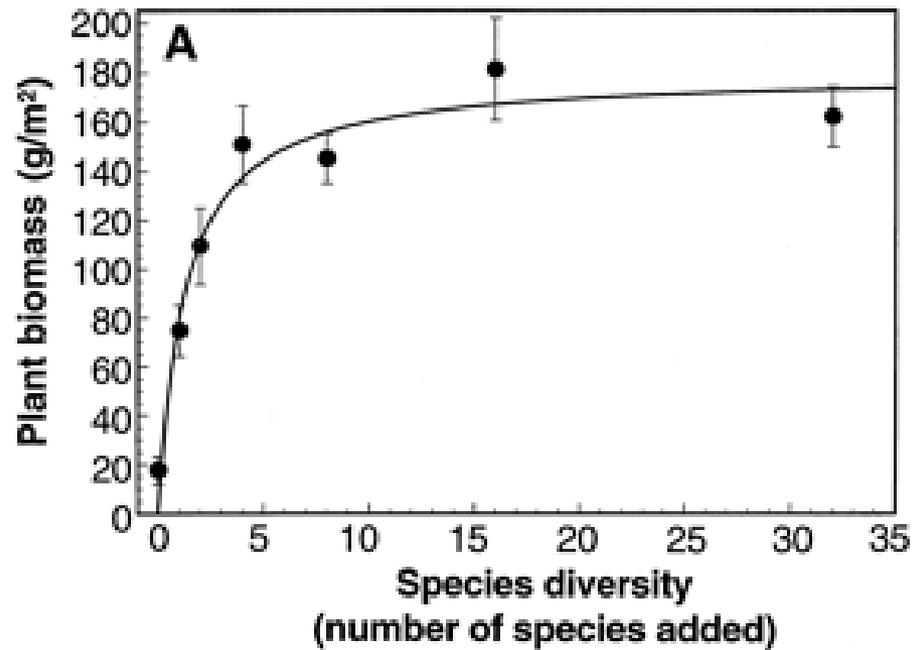


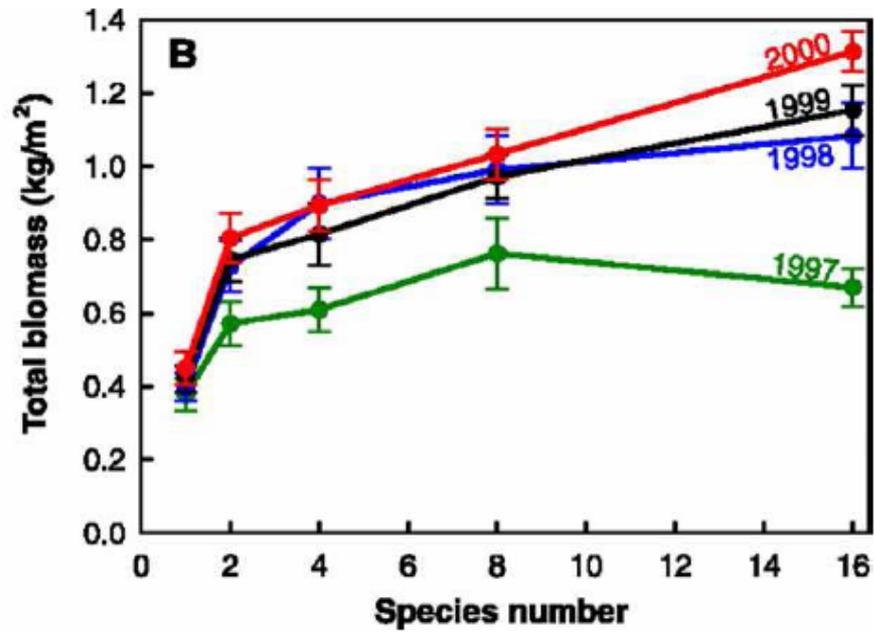
anneaux de 14 m de diamètre
parcelles (2 x 2 m)
manipulation du nombre d'espèces

Tillman *et al.* 1996

Expérience de Tillman *et al.*, 1996







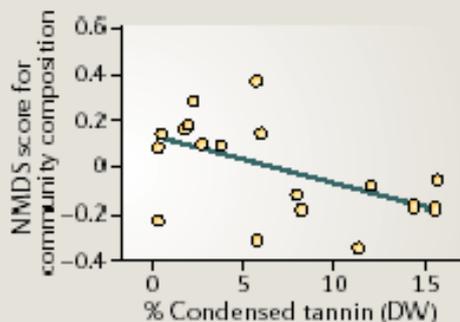
Tillman *et al.* 2001

b. Pour le service de recyclage éléments nutritifs, enrichissement sols,...(S. Soutien)

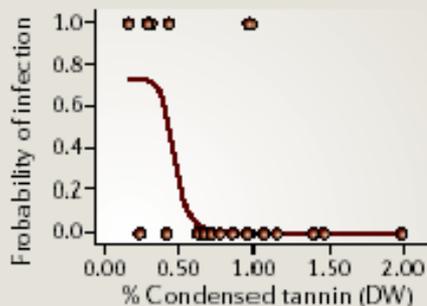


Community phenotypes

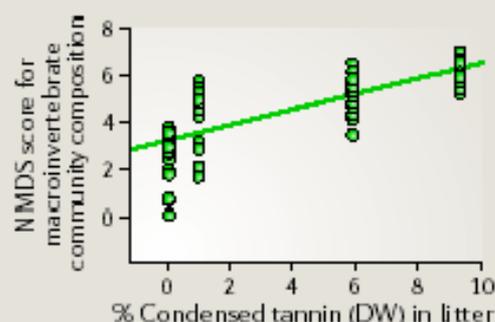
b Tannins are related to terrestrial communities



c Tannins are related to endophyte communities

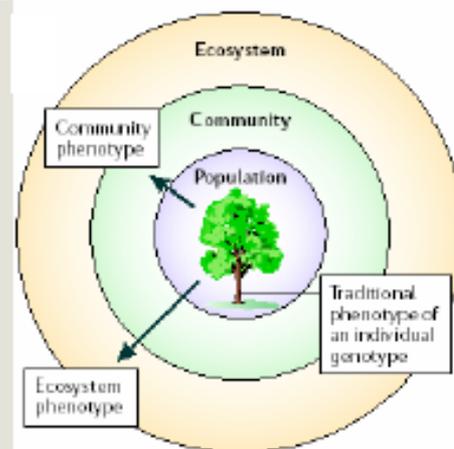
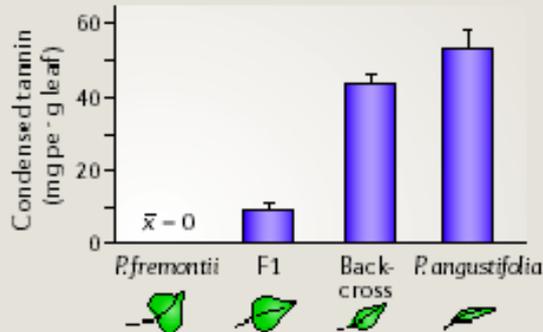


d Tannins are related to aquatic communities



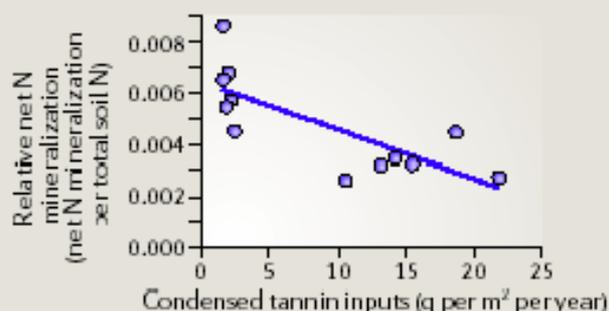
Traditional phenotypes

a Traditional phenotypes of tannin production

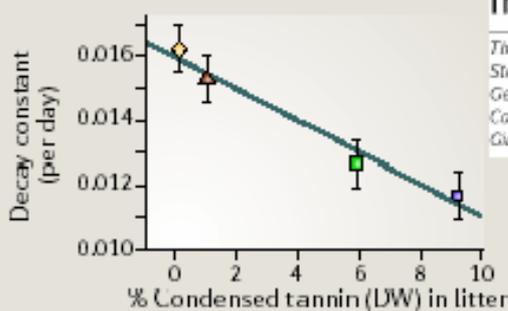


Ecosystem phenotypes

e Tannins reduce nitrogen mineralization



f Tannins reduce aquatic decomposition



A framework for community and ecosystem genetics: from genes to ecosystems

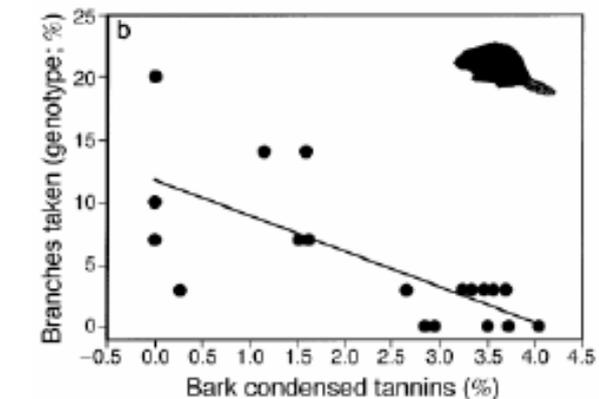
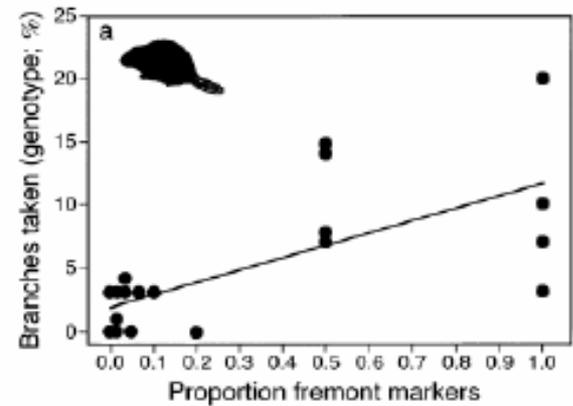
Thomas G. Whitham^{1*}, Joseph K. Bailey^{2,3*}, Jennifer A. Schweitzer^{1,4*}, Stephen M. Shuster^{5*}, Randy K. Bongert^{6*}, Carl J. LeRoy^{7,8*}, Eric V. Lonsdorf^{9*}, Gery J. Allan^{10*}, Stephen P. DiFazio^{11*}, Brad M. Potts^{12*}, Dylan G. Fischer^{13*}, Catherine A. Gehring^{14*}, Richard L. Lindroth^{15*}, Jane C. Marks^{16*}, Stephen C. Hart^{17*}, Gina M. Wimp¹⁸ and Stuart C. Wooley¹⁹



Ecology, 85(3), 2004, pp. 603–608
© 2004 by the Ecological Society of America

BEAVERS AS MOLECULAR GENETICISTS: A GENETIC BASIS TO THE FORAGING OF AN ECOSYSTEM ENGINEER

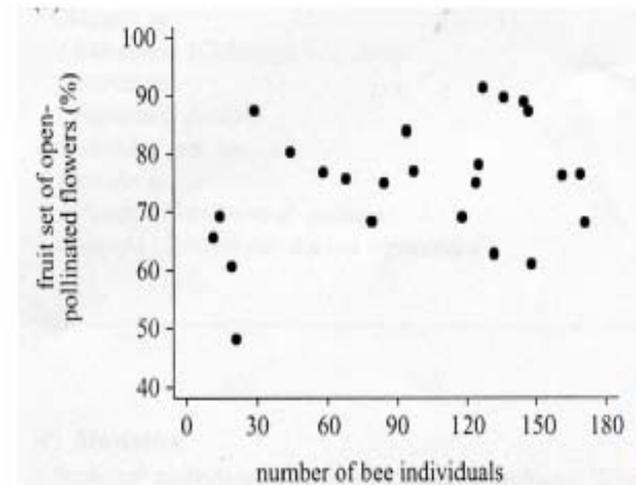
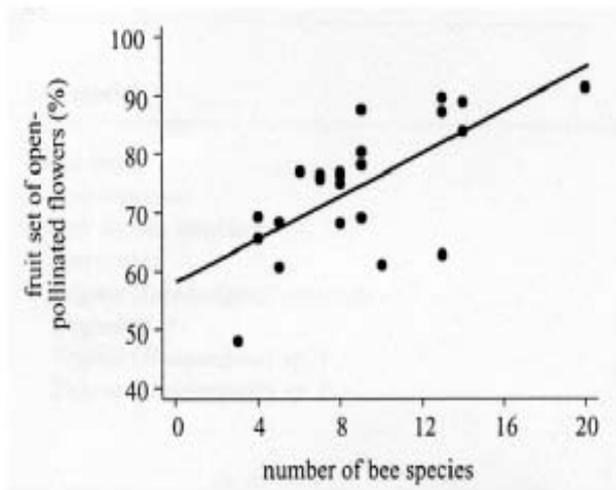
JOSEPH K. BAILEY,^{1,2} JENNIFER A. SCHWEITZER,¹ BRIAN J. REHILL,² RICHARD L. LINDROTH,²
GREGORY D. MARTINSEN,¹ AND THOMAS G. WHITHAM¹



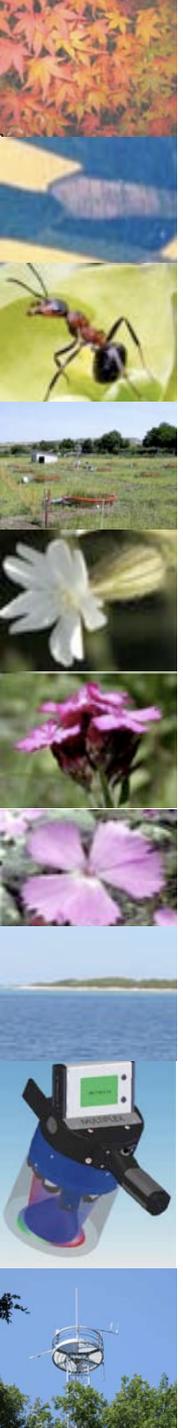
E

c. Pour le service de pollinisation (S. Régulation)

- La diversité des insectes pollinisateurs affecte le succès reproducteur, chez une espèce de plante focale (exemple du Caféier)



A.-M. Klein and others *Coffee pollination Proc. R. Soc. Lond. B* (2003)



d. Pour plusieurs services (soutien, régulation,..)

Agroforesterie

Réintroduction d'arbres à très larges espacement dans les parcelles agricoles

Arbres, fonctions variées = production de bois de qualité, enrichissement du paysage, séquestration de carbone, limitation de la pollution des nappes par les nitrates, habitats auxiliaires de protection des cultures et bonne productivité des arbres et de la culture

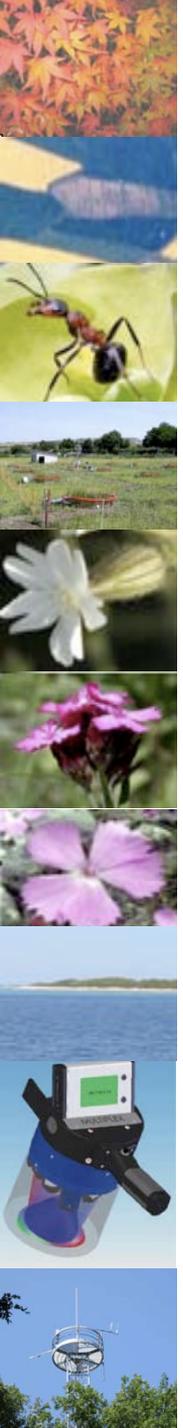


Agroforesterie, Dupraz 2005

BD- Autres services

- **Services d'approvisionnement** : ex ressources génétiques ou plantes utiles comme médicaments, la biodiversité est essentielle.
- **Services de régulation** : rôle clef des ennemis naturels pour contrôler les ravageurs, rôle clef pour la pollinisation mais, par ex, pas nécessairement pour le contrôle des inondations, en tous les cas directement
- **Services culturels** : très important mais difficile à évaluer très liés aux choix sociaux et/ou historiques, loin des données économiques





V. Mécanismes liant la diversité aux services écosystémiques

Comment expliquer cette relation positive?

-1. Hypothèse d'échantillonnage (Huston *et al.*, 2000)

Les chances de recruter les « meilleures » espèces augmentent avec l'augmentation du nombre d'espèces

-2. Hypothèse de complémentarité (Loreau & Hector, 2001)

Les espèces utilisant leurs ressources de façons diverses et celles-ci variant d'une espèce à une autre, les ressources globales d'un écosystème sont mieux utilisées lorsque de nombreuses espèces sont présentes.

D'après Lavorel *et al.*, 2010

V. Mécanismes liant la diversité aux services écosystémiques

-3. Hypothèse de redondance-résilience (redondance Lawton & Brown, 1993, résilience, Bengtsson *et al.*, 2003)

La relation positive entre les espèces et le bon fonctionnement de l'écosystème tient à quelques espèces seulement et l'ajout d'autres espèces m'améliore pas le fonctionnement. En cas de perturbations amenant à la perte d'espèces, des espèces redondantes prennent la place d'autres permettant au milieu de rester stable.

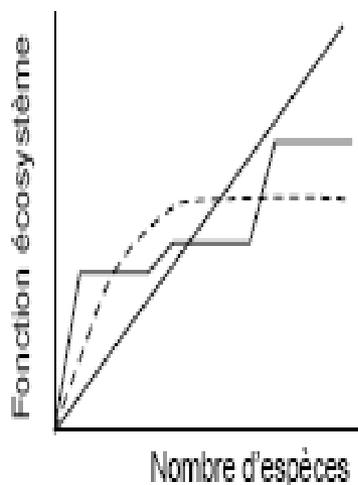


Figure 2.1-2. Principaux mécanismes expliquant les effets de la biodiversité sur le fonctionnement des écosystèmes : hypothèse d'échantillonnage (ligne brisée), hypothèse de complémentarité (ligne droite), hypothèse de redondance-résilience (ligne tiretée).

D'après Lavorel *et al.*, 2010



Et pour les cas négatifs ou ambigus? *Tous services confondus*

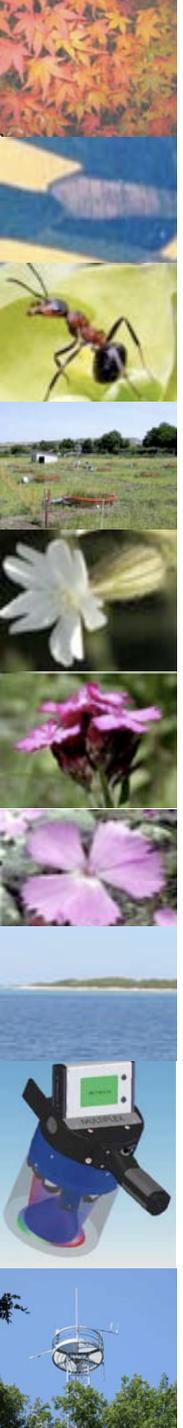
- Importance du choix d'espèces (si compétition)
 - **Importance des espèces dominantes (espèces ingénieurs)**
 - Certains services peuvent être influencés par des espèces rares (ex pollinisation)
 - Études de la relation BD-EF concentrée à un seul niveau trophique
 - Diversités des regards
- 

Notion groupe fonctionnel clé ou « ingénieur »



- Ces espèces dites « ingénieurs » ont un grand effet sur la **succession écologique** et influencent la distribution des habitats

Rôle unique pour le fonctionnement des écosystèmes



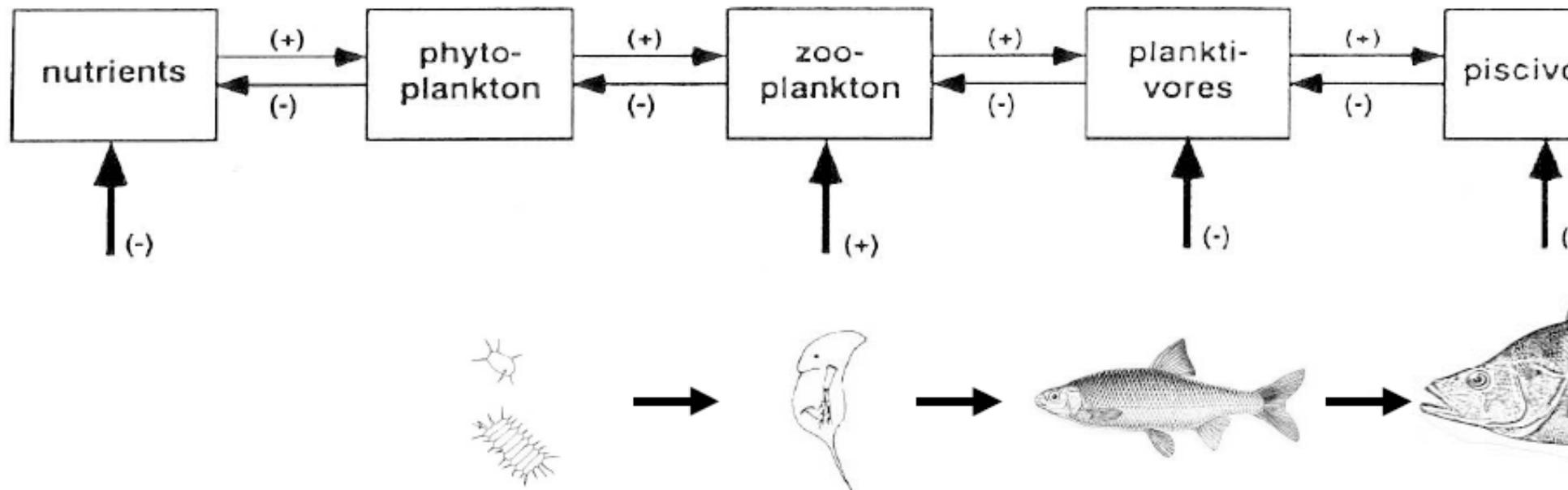
Et pour les cas négatifs ou ambigus? *Tous services confondus*

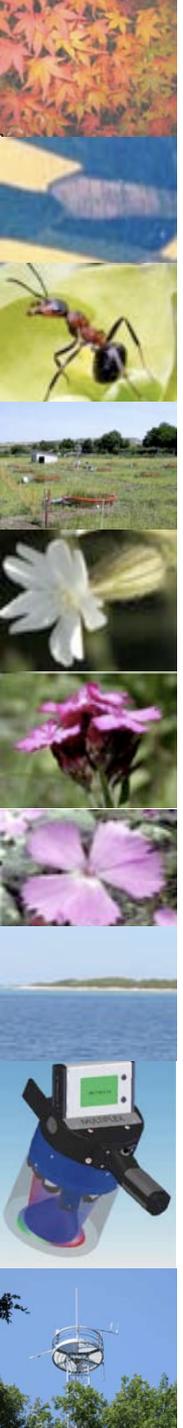
- Importance des espèces dominantes (espèces ingénieurs)
- Certains services peuvent être influencés par des espèces rares (ex pollinisation)
- Études de la relation BD-EF concentrée à un seul niveau trophique
- Diversités des regards



La structure et la diversité du réseau trophique aurait un effet majeur sur la productivité primaire des écosystèmes

Sachant que les grands prédateurs sont les plus exploités et plus sensibles aux activités humaines on comprend bien les conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes

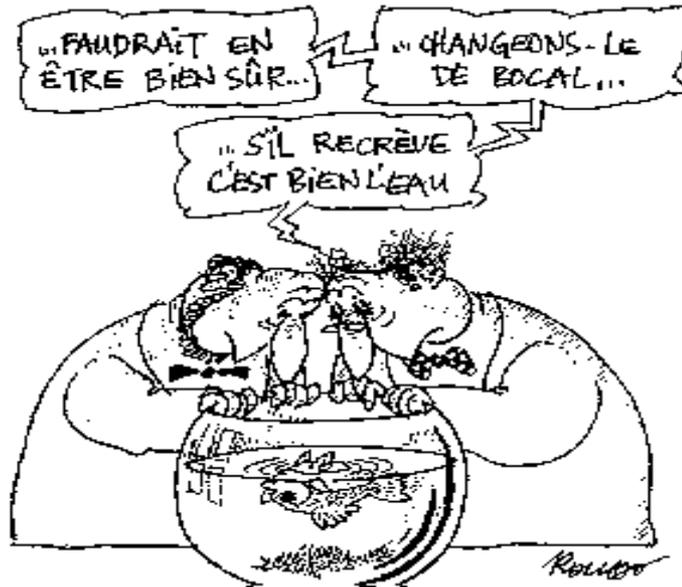




Et pour les cas négatifs ou ambigus? *Tous services confondus*

- Importance des espèces dominantes (espèces ingénieurs)
- Certains services peuvent être influencés par des espèces rares (ex pollinisation)
- Études de la relation BD-EF concentrée à un seul niveau trophique
- Diversités des regards

Histoire d'écologues



« On ne **commande** à la nature qu'en lui **obéissant** »

F. Bacon

Écologie des communautés

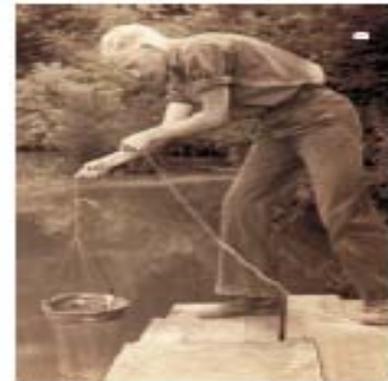
- Se réfère aux interactions entre les espèces au sein des systèmes écologiques.
- Le concept de base est la théorie de la niche écologique qui explique la composition des communautés des espèces et contraintes environnementales.

D'après Gravel *et al.*, 2010

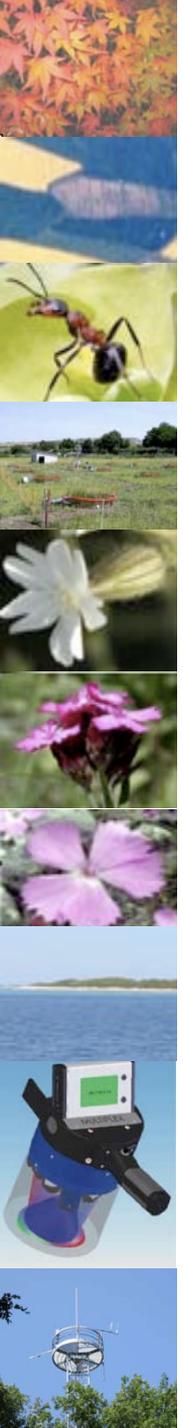


Écologie des écosystèmes

- Intègre les propriétés physico-chimiques des systèmes écologiques et se réfère aux liens entre les organismes et l'environnement physique dans lequel ils interagissent.



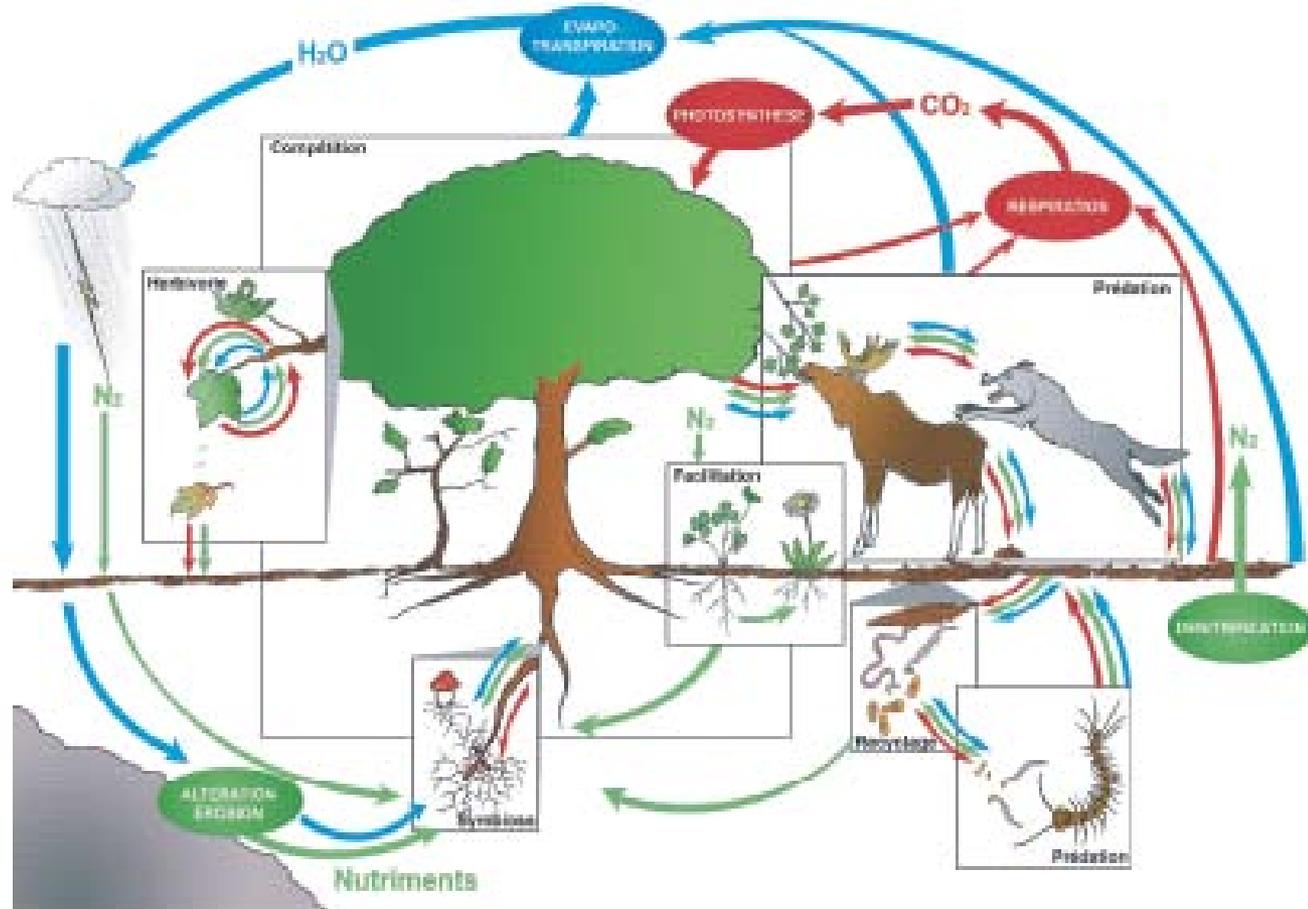
D'après Gravel *et al.*, 2010



Opposition des disciplines

- Ces deux approches complémentaires se sont opposées dans la littérature à la fin des années 90 pour expliquer la relation entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes.
- L'une centrée sur les flux, l'autre sur les espèces
- Besoin de lien et d'intégration (en cours!!)

Représentation des interactions et flux dans les écosystèmes



Vert : azote
Bleu : eau
Rouge : carbone

D'après Gravel *et al.*, 2010

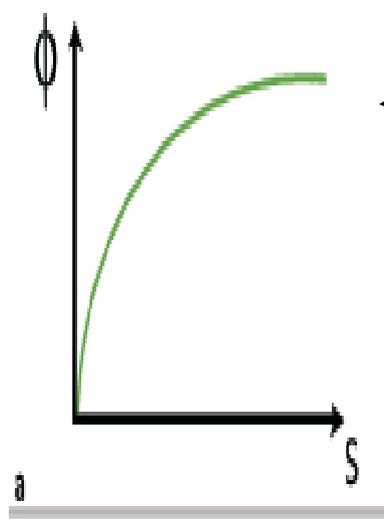
Différentes perceptions

- Relation positive entre BD-EF pour les écologues des communautés
- Courbe en cloche entre diversité et productivité pour les écologues des écosystèmes. Les variations de fertilité influent sur le niveau de productivité réalisée et la diversité maximale.



Productivité

Local relation croissante

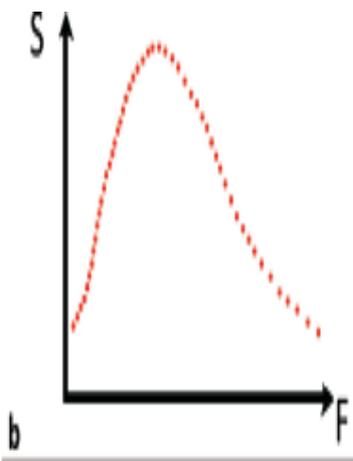


Écologie des communautés

?

Diversité

Diversité



Fertilité

Écologie des écosystèmes

Échelle régionale

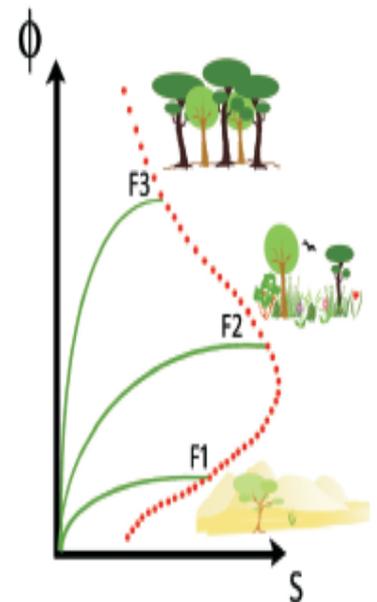
Gravel *et al.*, 2010



- F1 En milieu pauvre, peu de biomasse produite et peu de types fonctionnels différents à cause de contraintes fortes
- F3 en milieu riche, la structure de la ressource et de l'habitat homogènes ce qui limite le nombre de niches et accentue la compétition entre les espèces.
- F2 aux fertilités intermédiaires, la diversité est maximale car l'environnement offre une ressource abondante et hétérogène.

Relation unimodale entre productivité et la diversité potentielle modulée par la diversité réalisée

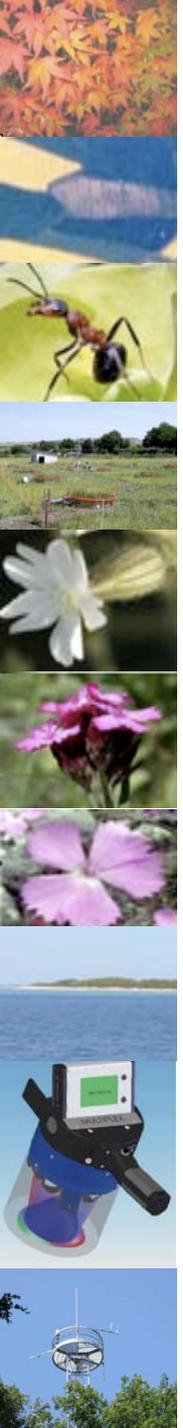
Gravel *et al.*, 2010



VI. Conclusions (I)

- **La biodiversité est nécessaire** pour permettre à l'écosystème de continuer sa course face à des changements environnementaux mais tous les systèmes ne sont pas nécessairement stables parce qu'ils renferment toujours plus d'espèces. Il faut les bonnes!! (complémentarité de niche, espèces ingénieurs,...)
- L'évidence d'une relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes **est un chantier** qui se construit et ne permet pas encore de réelles conclusions sur une relation toujours positive (niveau de perception peut être différent)
- Le besoin d'études plus larges à différentes échelles de temps et d'espaces **est nécessaire.**





VI. Conclusions (II)

- Il apparaît que les espèces dominantes sont souvent de réels contributeurs dans le fonctionnement des écosystèmes et optimisent la biodiversité.
- Un service donné dépend souvent de plusieurs types d'organismes et/ou processus, l'effet individuel de chacun étant difficile parfois à connaître.
- Une composante donnée de la biodiversité peut avoir des effets différents sur différents services.



Merci pour votre attention!

*« Celui qui copie la nature est
impuissant,
Celui qui l'interprète est
ridicule,
Celui qui l'ignore n'est rien du
tout »*

Barjavel