

Réseaux trophiques arthropodes & Services écosystémiques dans les agroécosystèmes

Manuel **PLANTEGENEST** & Elsa **CANARD**

Gen2Bio, 14 mars 2017, Nantes



La biodiversité menacée

- Le sommet de la terre de Rio en 1992
 - Alerte sur les menaces qui pèsent sur la biodiversité.

"the variability among living organisms from all sources, including, 'inter alia', terrestrial, marine, and other aquatic ecosystems, and the ecological complexes of which they are part: this includes diversity within species, between species and of ecosystems."

Les principales menaces

➤ HIPPO

➤ Popularisé par E.O. Wilson :

➤ H : Habitat destruction

➤ I : Invasive species

➤ P : Pollution

➤ P : Human Overpopulation

➤ O : Over-harvesting

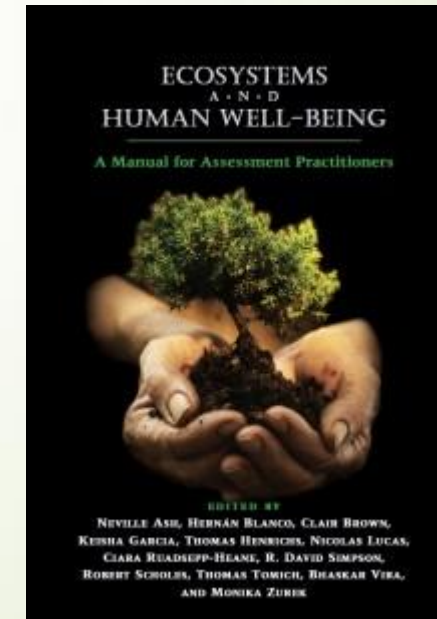


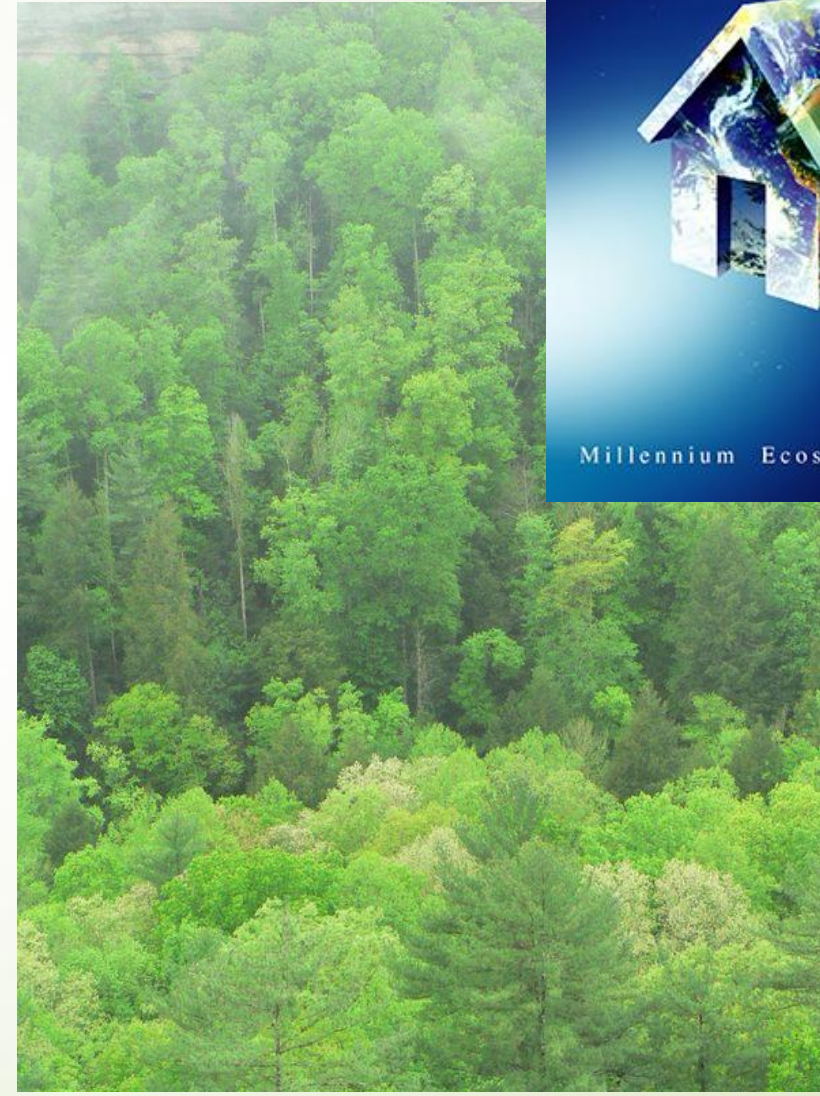
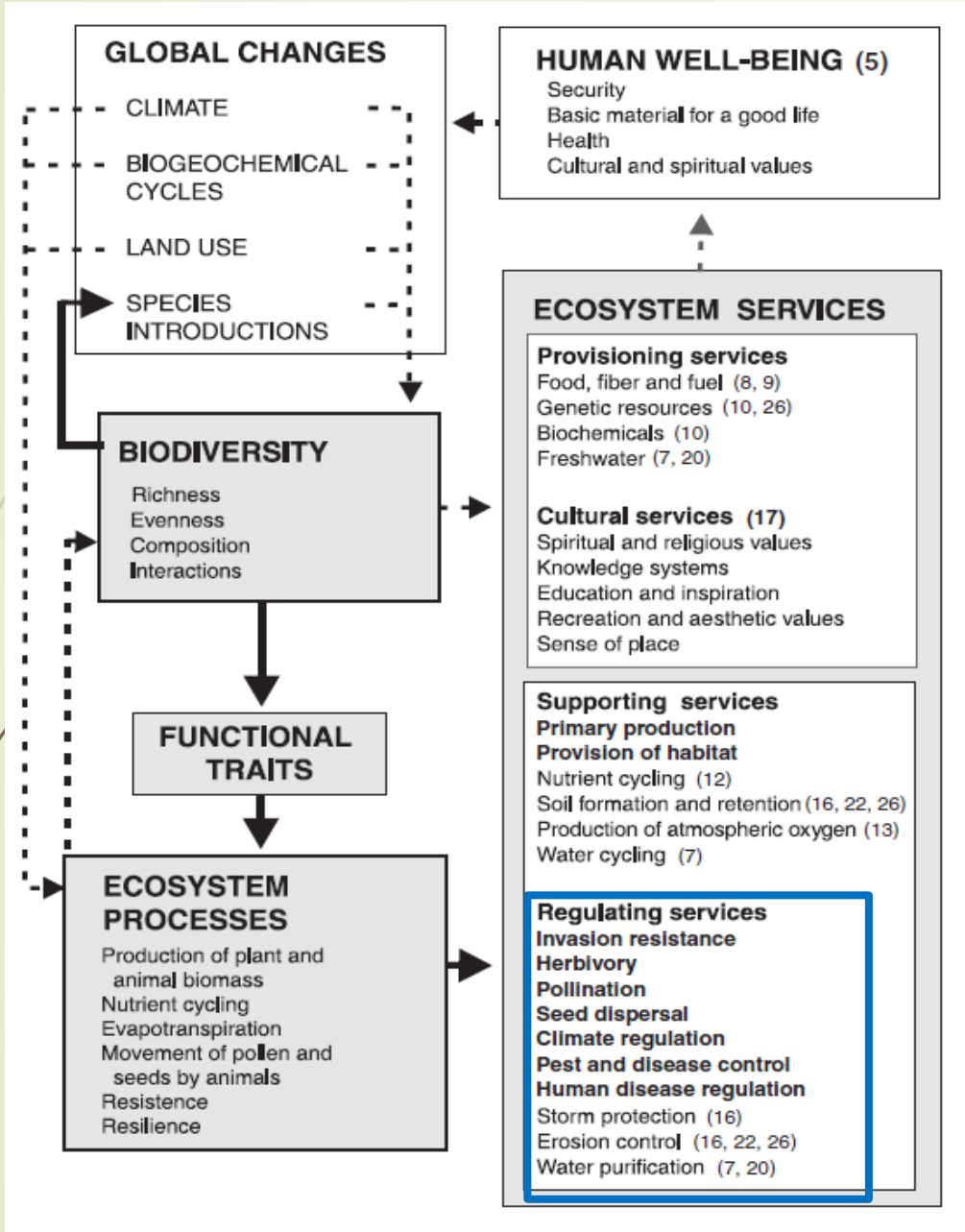
Contribution directe de l'agriculture

Contribution indirecte de l'agriculture

La biodiversité produit des services

- Millenium Ecosystem Assesment en 2006
 - Rappelle les menaces
 - Fait émerger la notion de Services Ecosystémiques







A. Biodiversité & Services écosystémiques

Agriculture et biodiversité

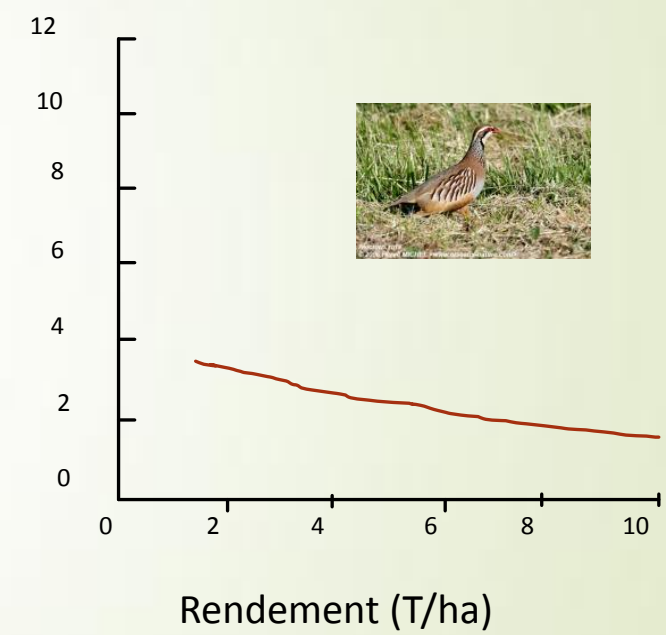
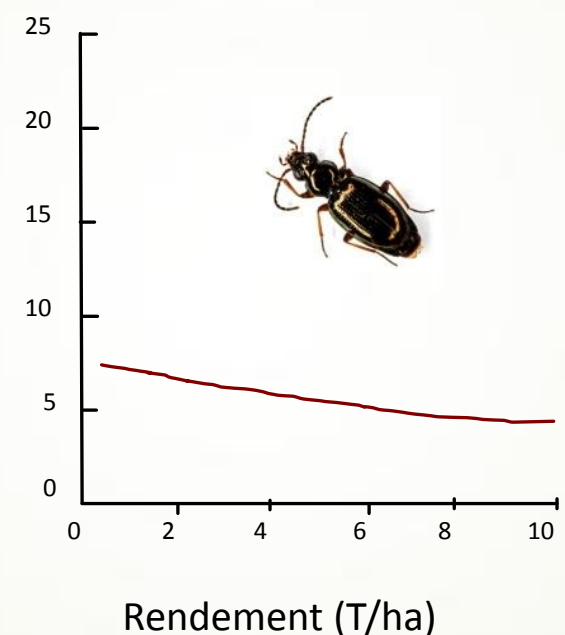
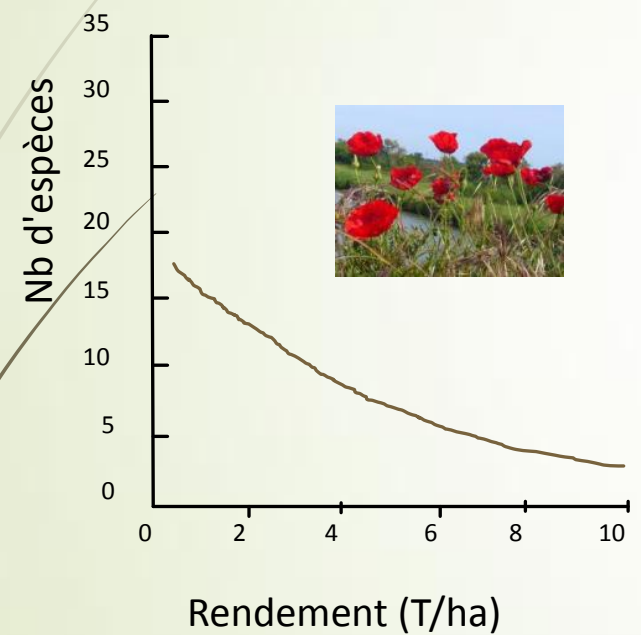


Pratiques



Biodiversité

Intensification agricole et réduction de la biodiversité



Relation entre rendement en blé et nombre d'espèces de plantes sauvages, insectes Carabidae et oiseaux nichant au sol (d'après Geiger *et al.*, 2009)

Agriculture et biodiversité

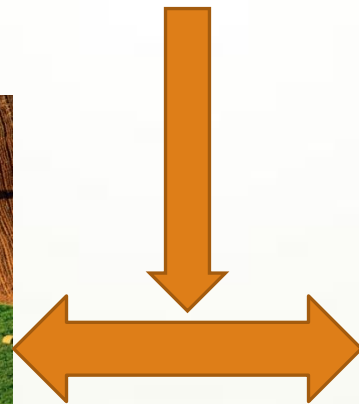
Pilotage



Pratiques



Biodiversité

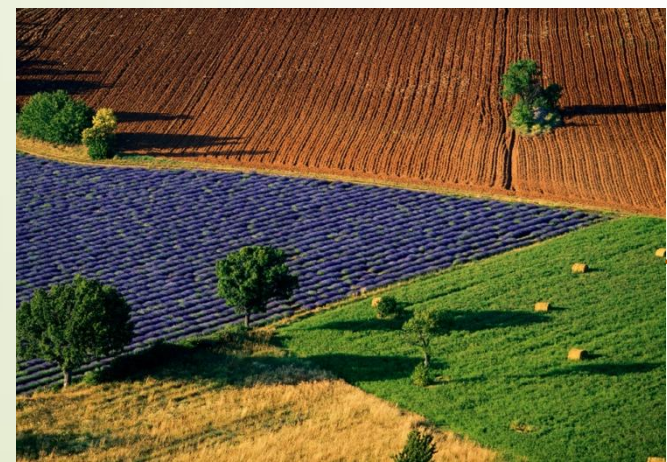
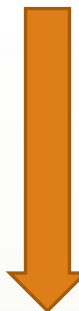


Agriculture et biodiversité

Pilotage



Limiter les impacts négatifs



Pratiques



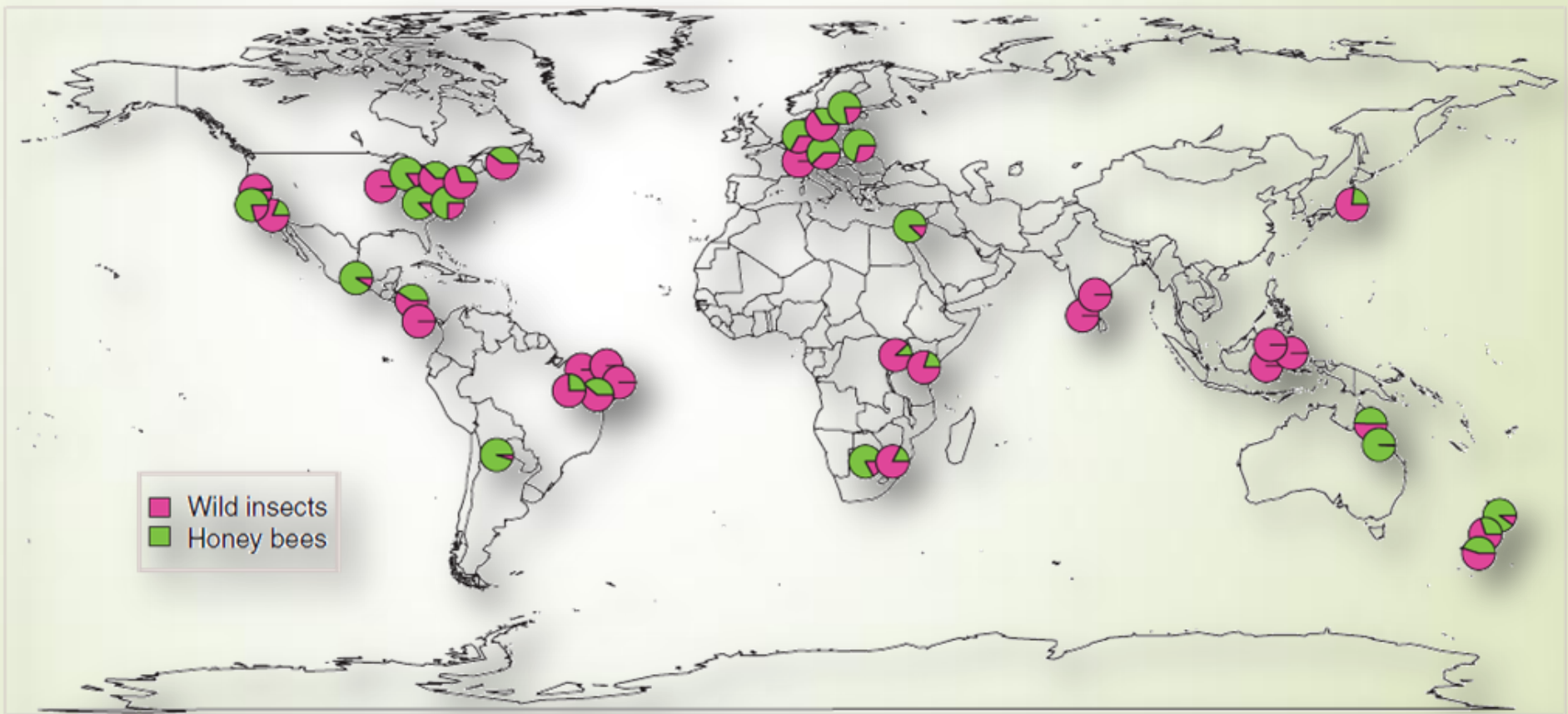
Biodiversité





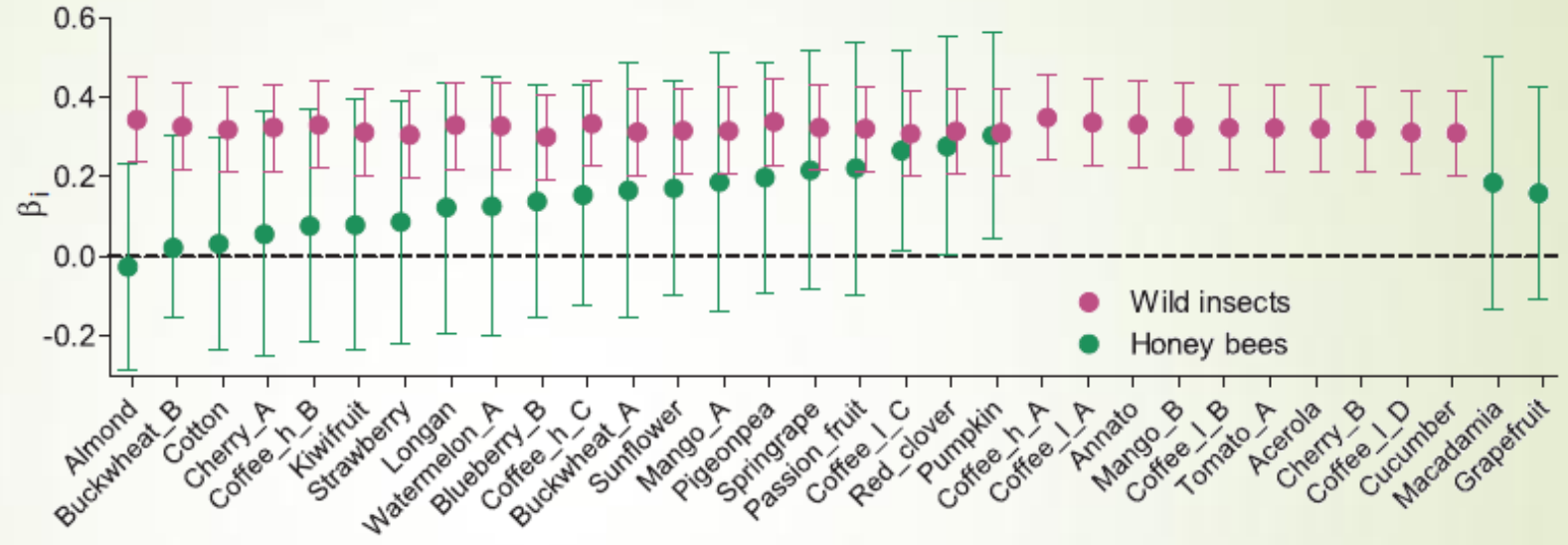
Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance

Lucas A. Garibaldi *et al.*
Science **339**, 1608 (2013);
DOI: 10.1126/science.1230200

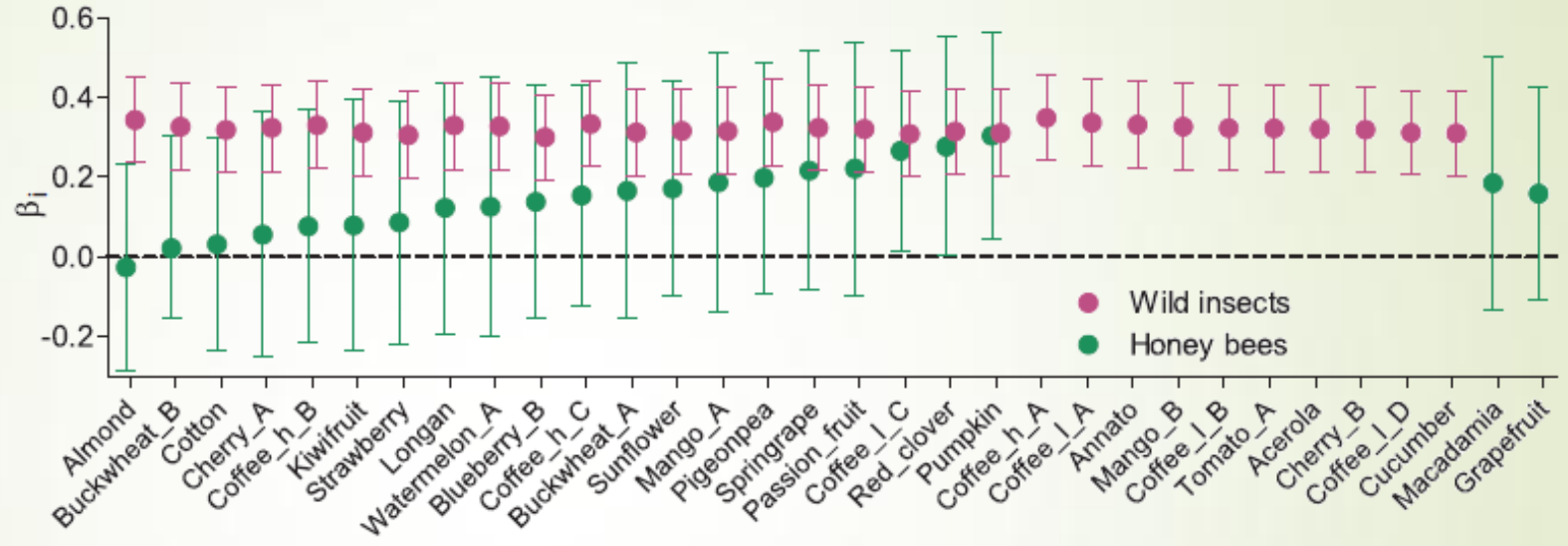


41 Systèmes de culture

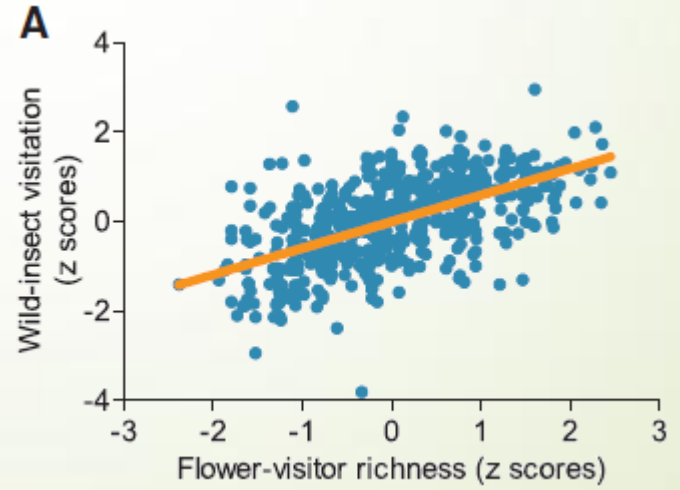
Taux de visite et fructification



Taux de visite et fructification



Richesse spécifique et taux de visite

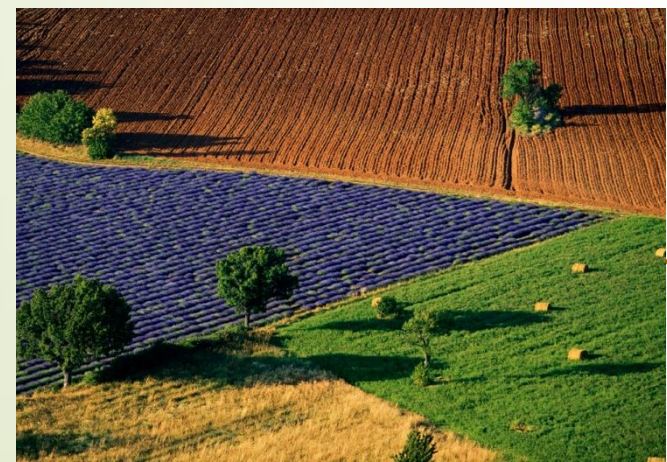
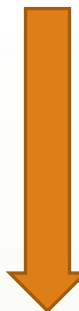


Agriculture et biodiversité

Pilotage



Limiter les impacts négatifs



Pratiques



Biodiversité



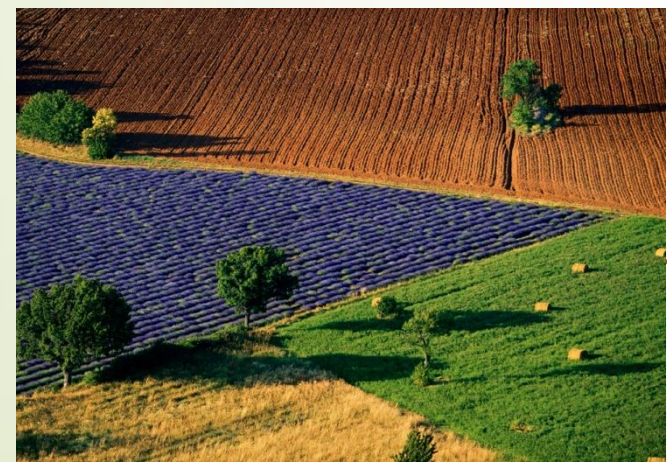
Agriculture et biodiversité

Pilotage



Limiter les impacts négatifs

Accroître les effets positifs



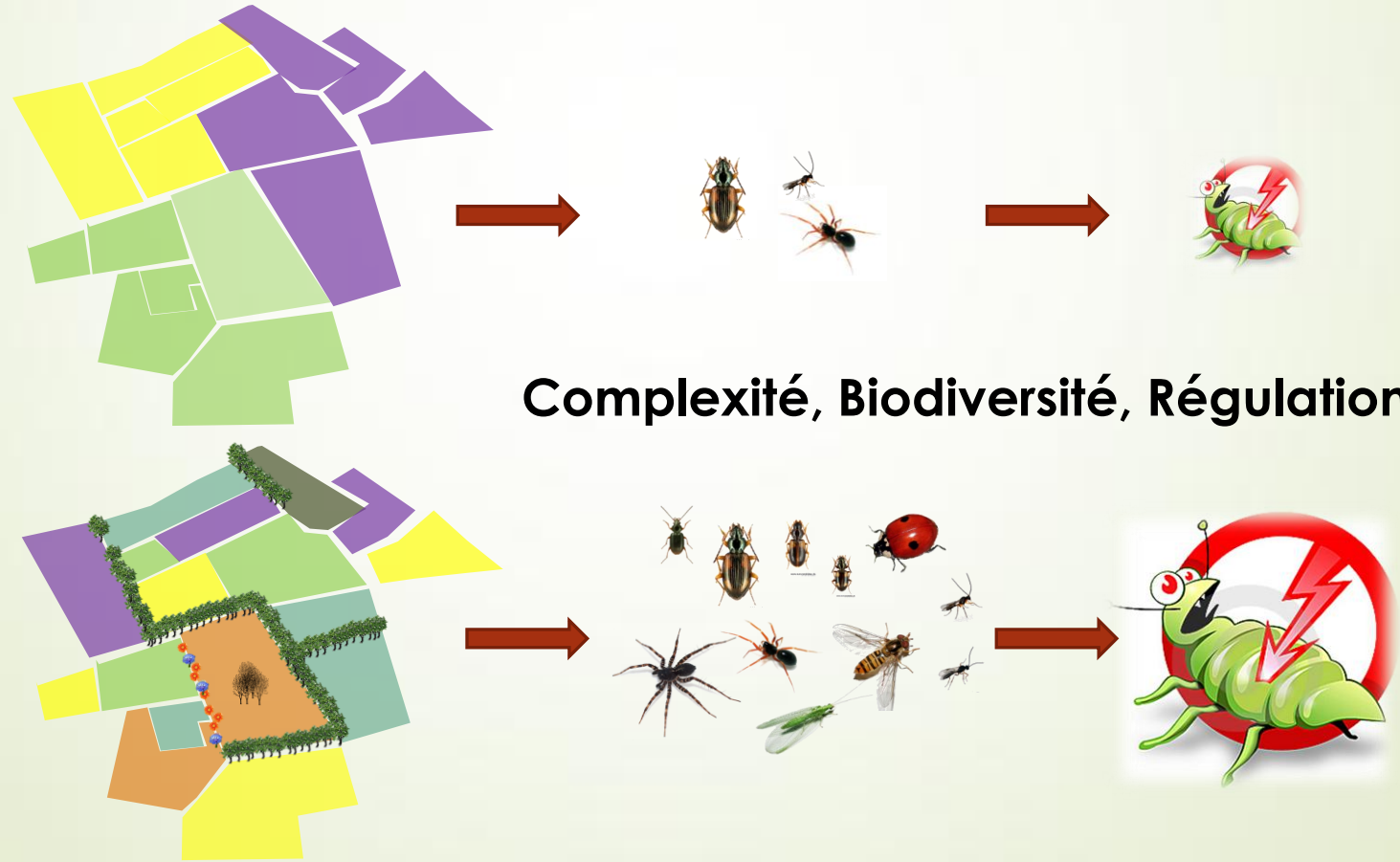
Pratiques



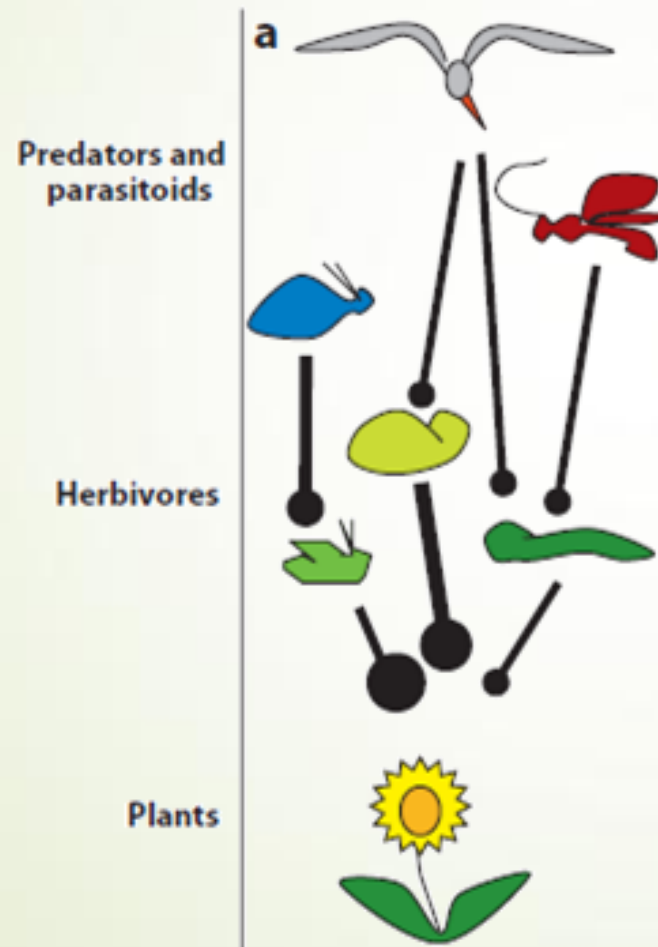
Biodiversité

La biodiversité : une panacée

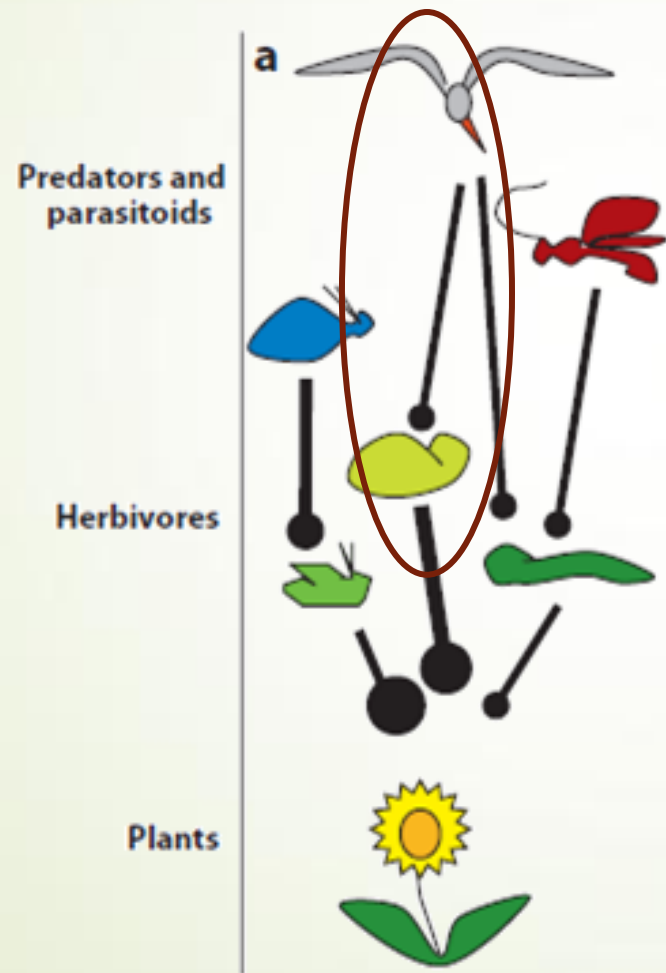
Le dogme: **Relation positive** entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes (services écosystémiques)



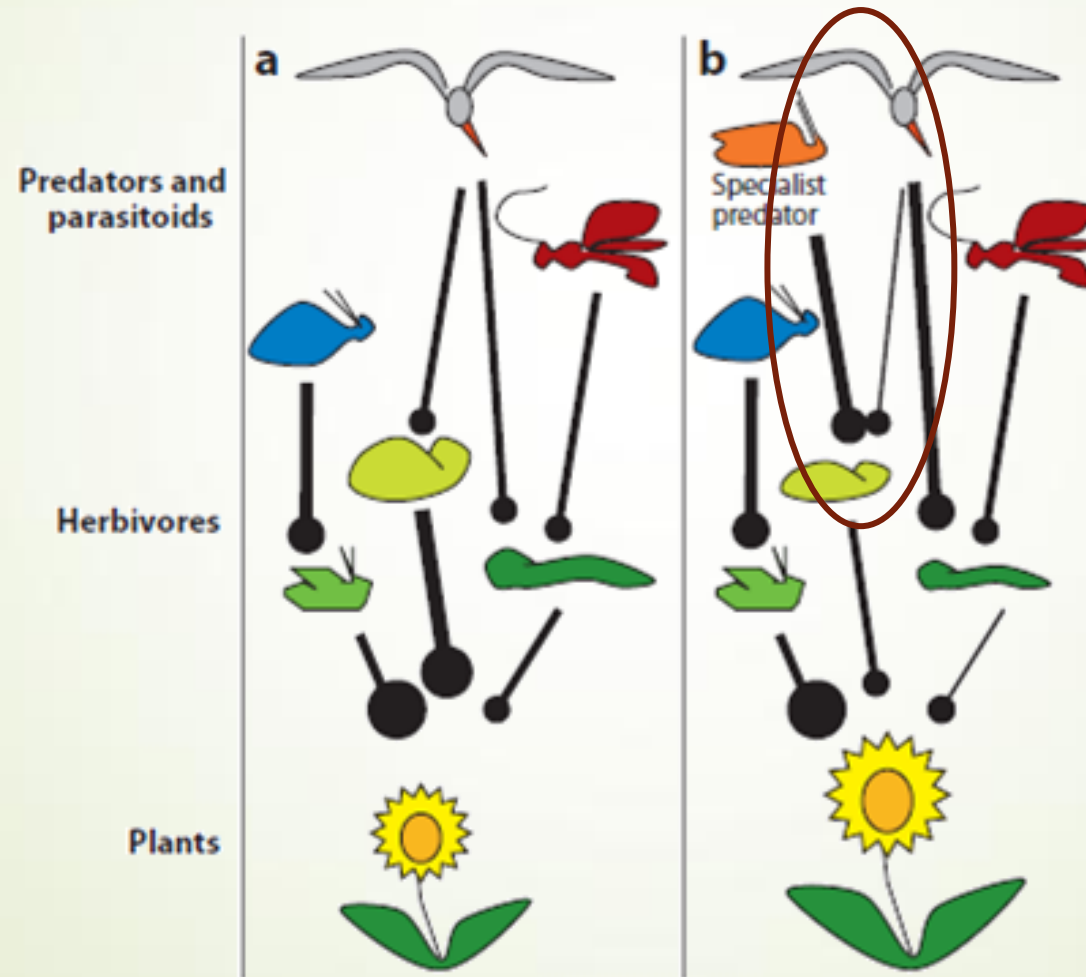
La biodiversité : une panacée



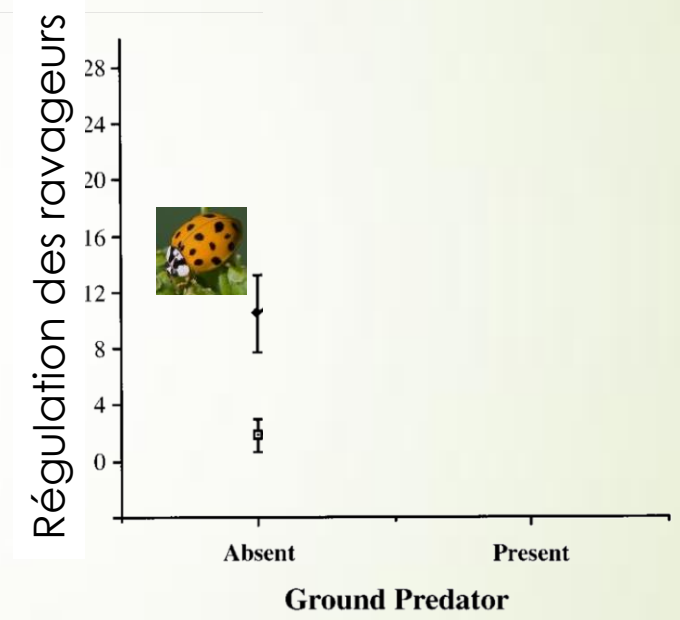
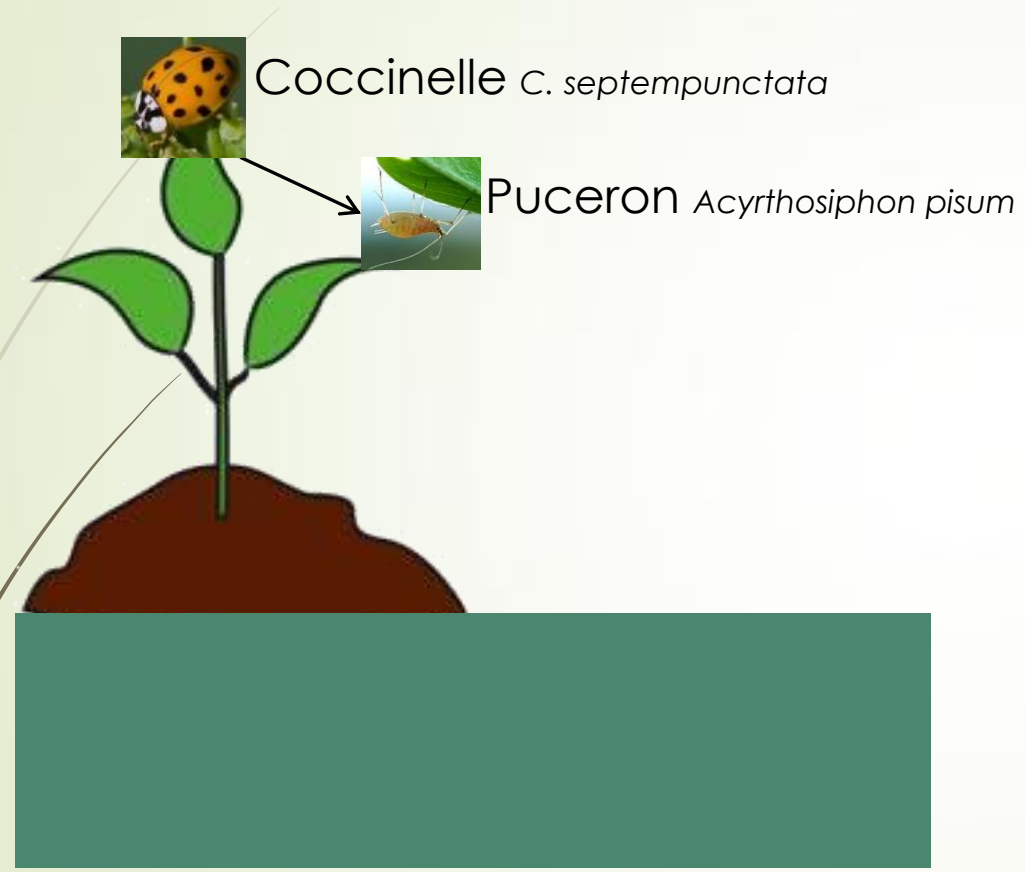
La biodiversité : une panacée



La biodiversité : une panacée



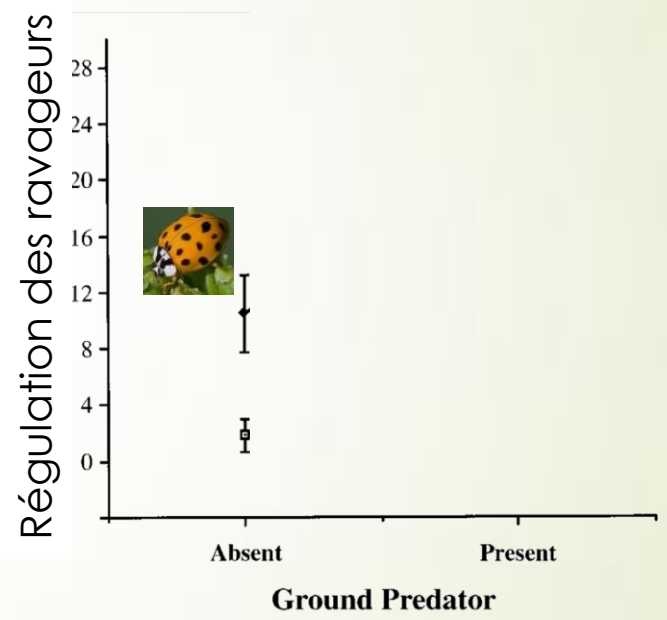
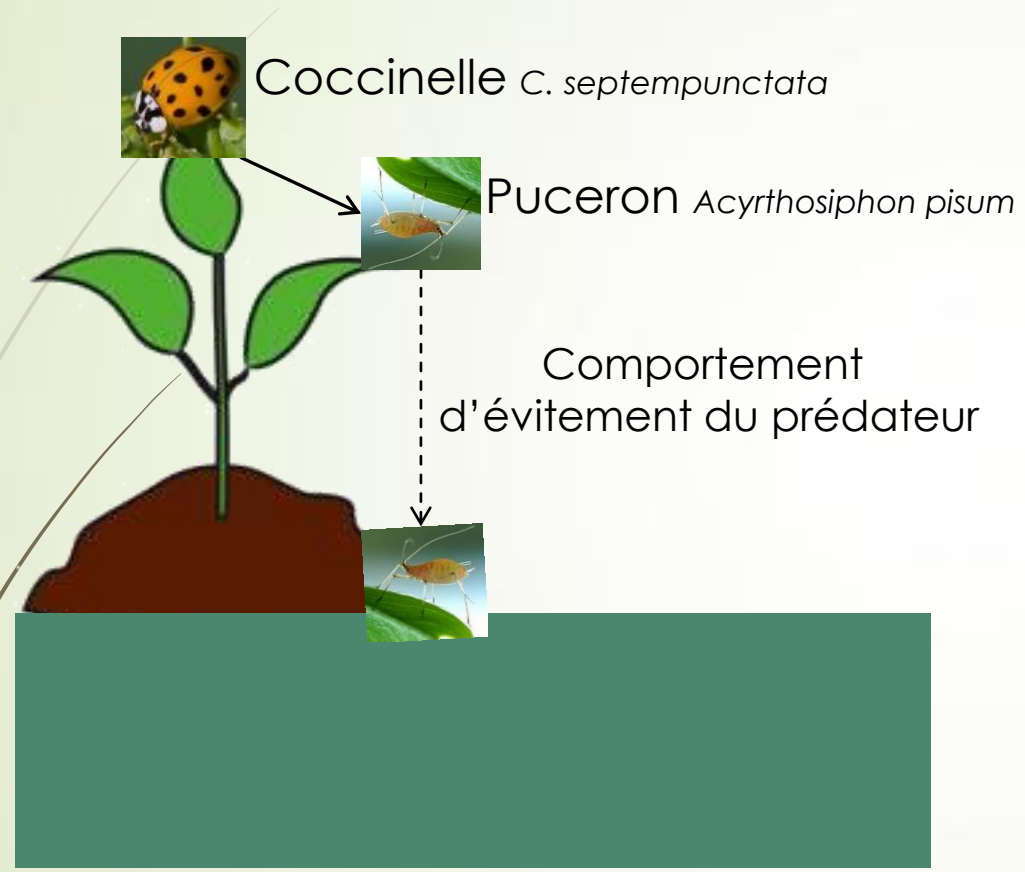
La biodiversité : une panacée



Complémentarité des prédateurs

Losey & Denno 1998

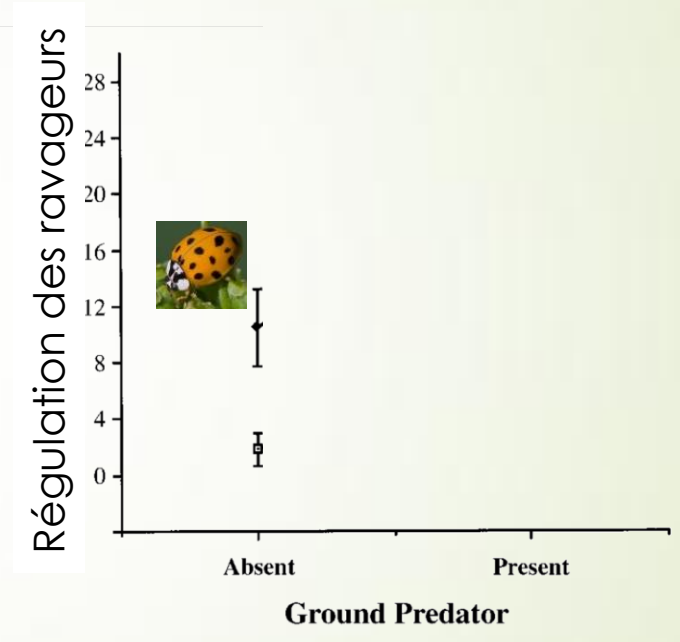
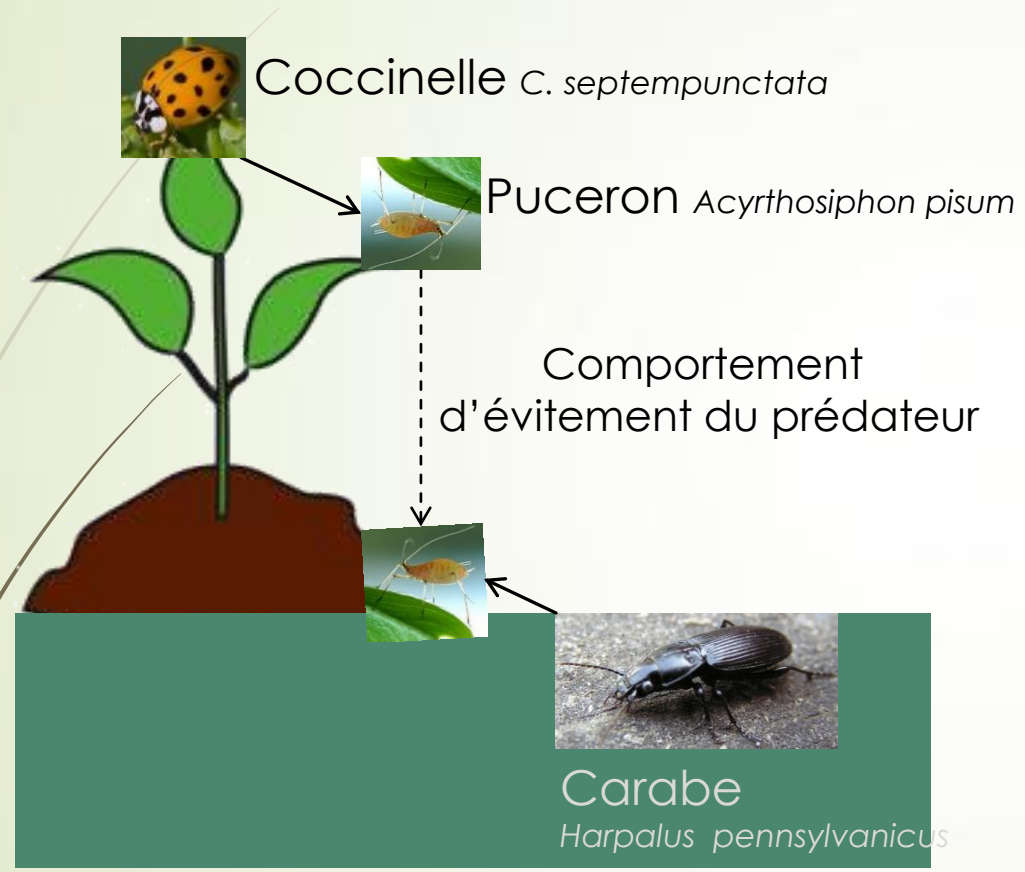
La biodiversité : une panacée



Complémentarité des prédateurs

Losey & Denno 1998

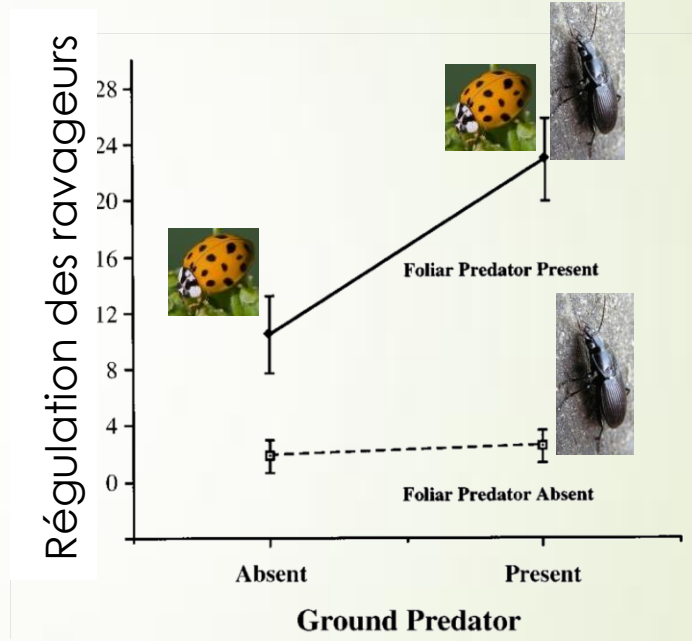
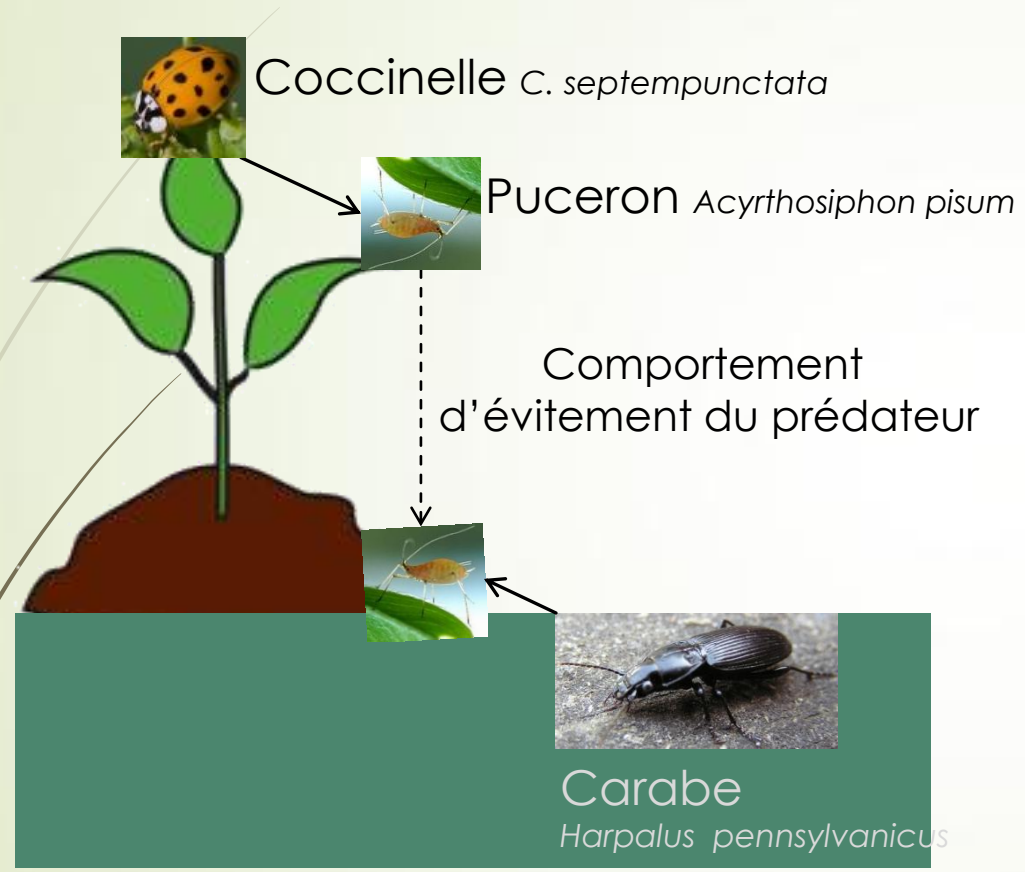
La biodiversité : une panacée



Complémentarité des prédateurs

Losey & Denno 1998

La biodiversité : une panacée

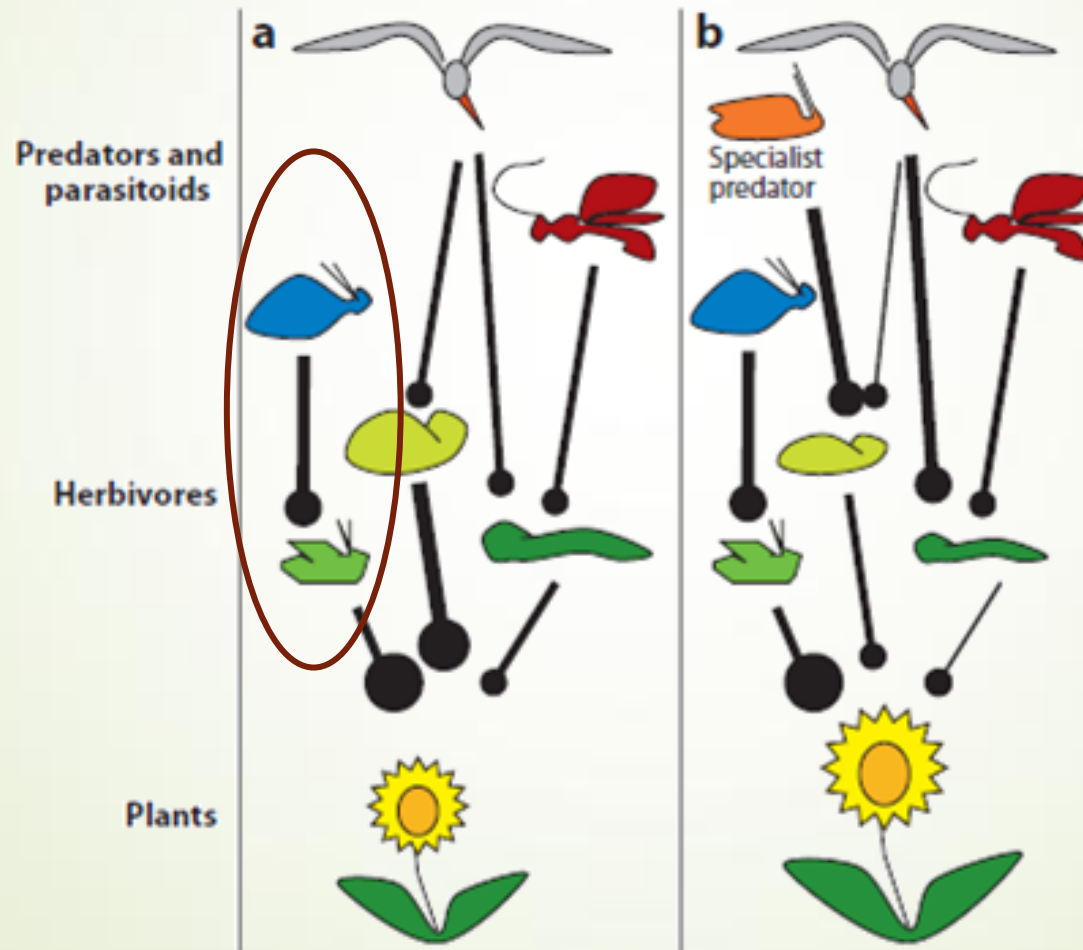


➔ Prédation conditionnée par la présence d'autre prédateurs

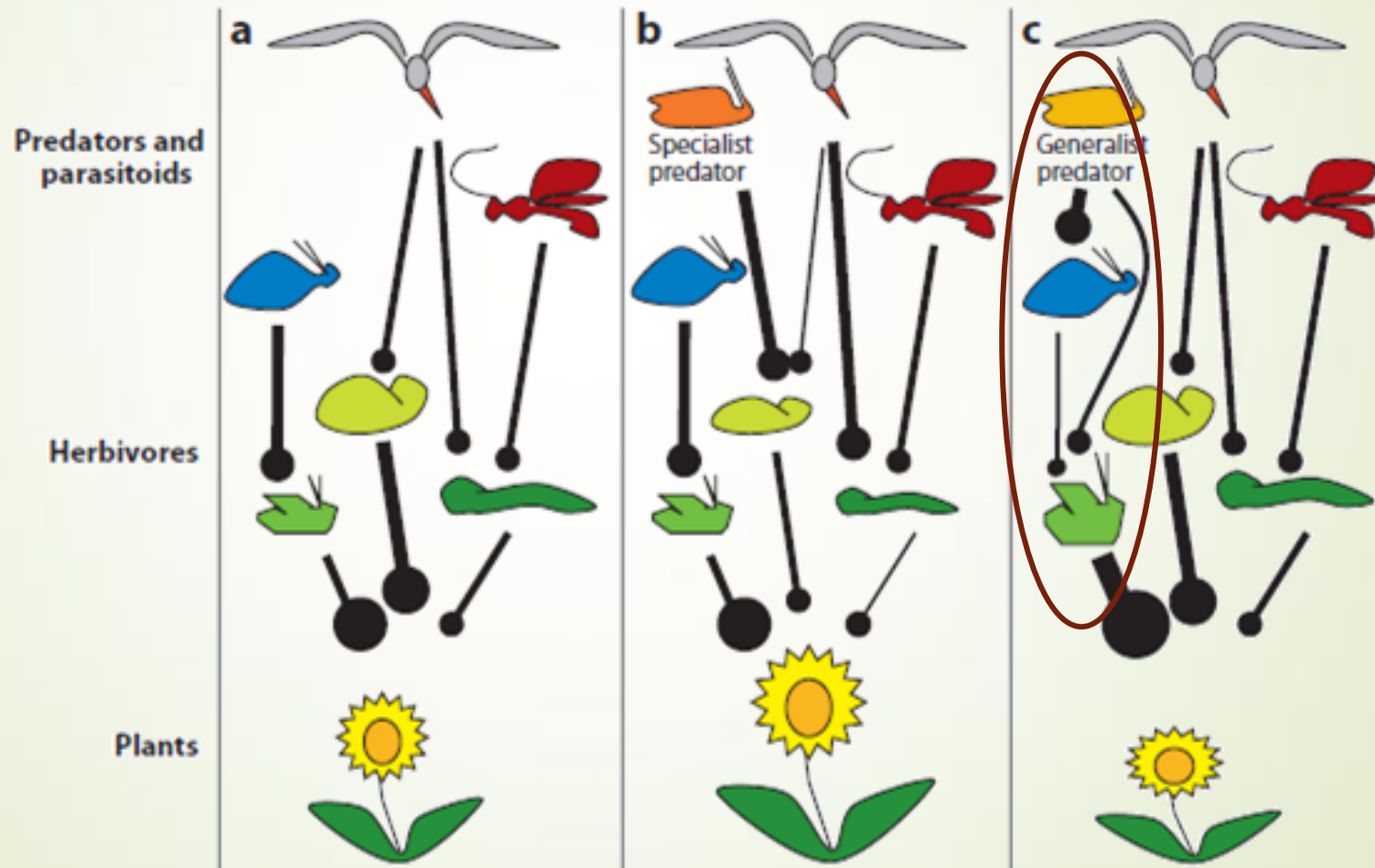
Complémentarité des prédateurs

Losey & Denno 1998

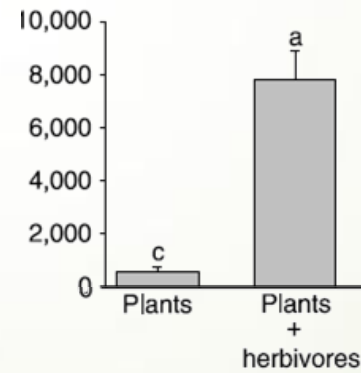
Interférence entre prédateurs



Interférence entre prédateurs



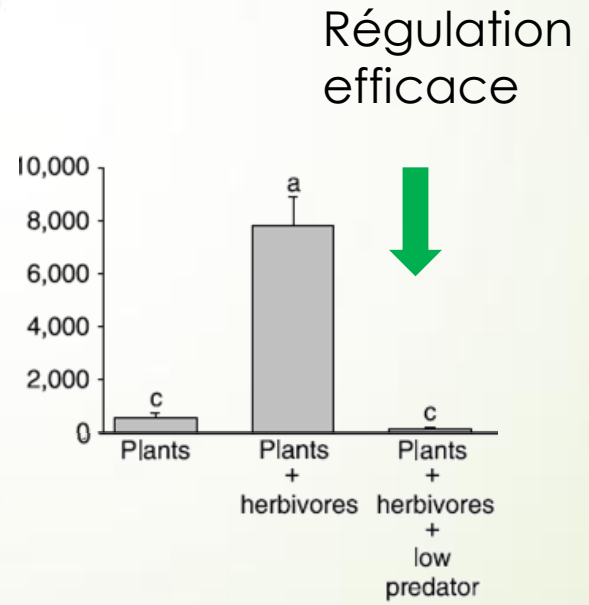
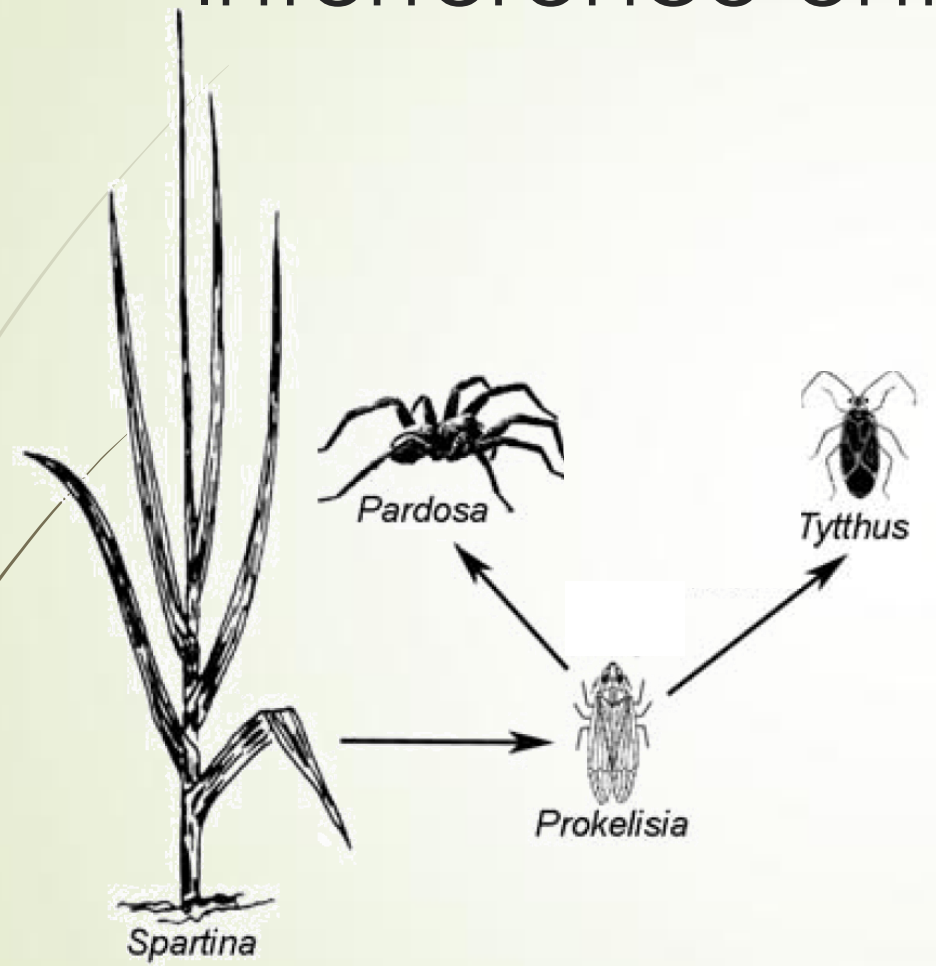
Interférence entre prédateurs



Interférence des prédateurs

Finke & Denno 2004

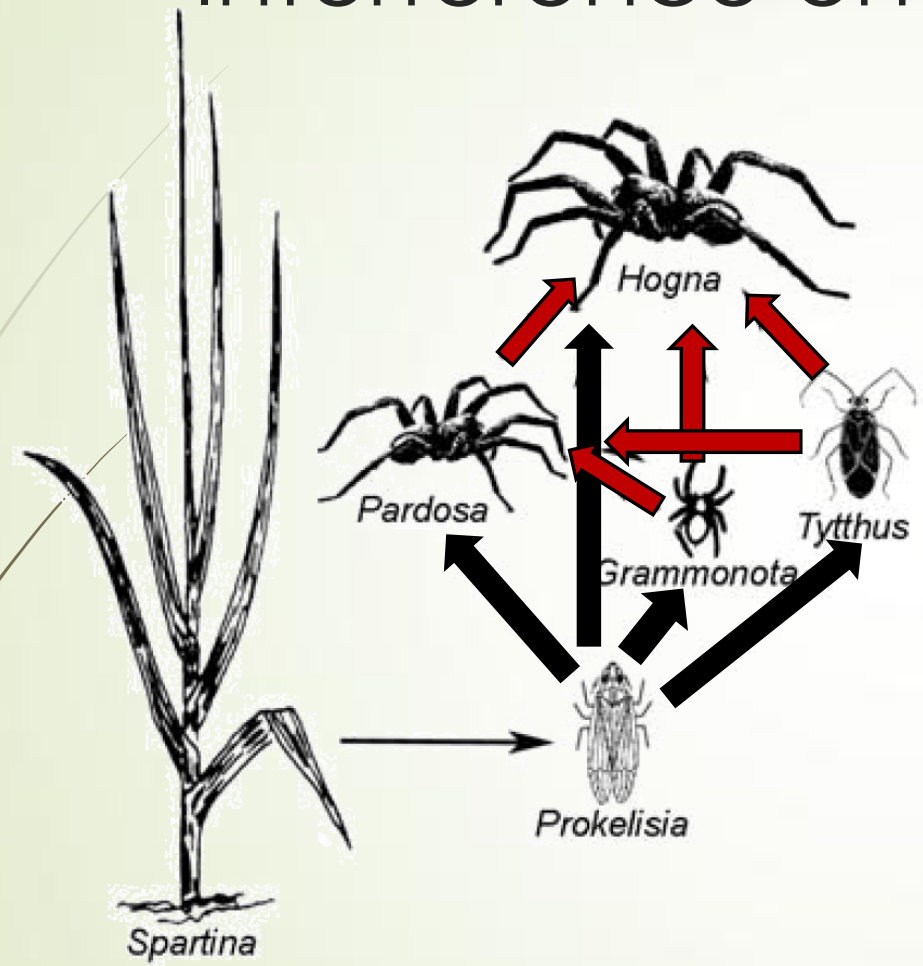
Interférence entre prédateurs



Interférence des prédateurs

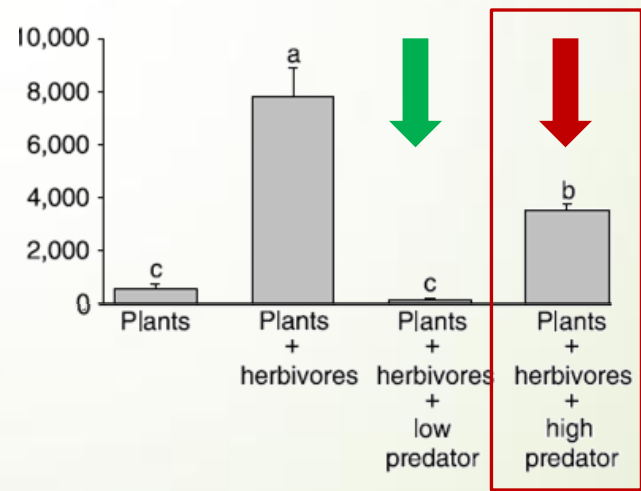
Finke & Denno 2004

Interférence entre prédateurs



Prédation intra guild

Régulation efficace

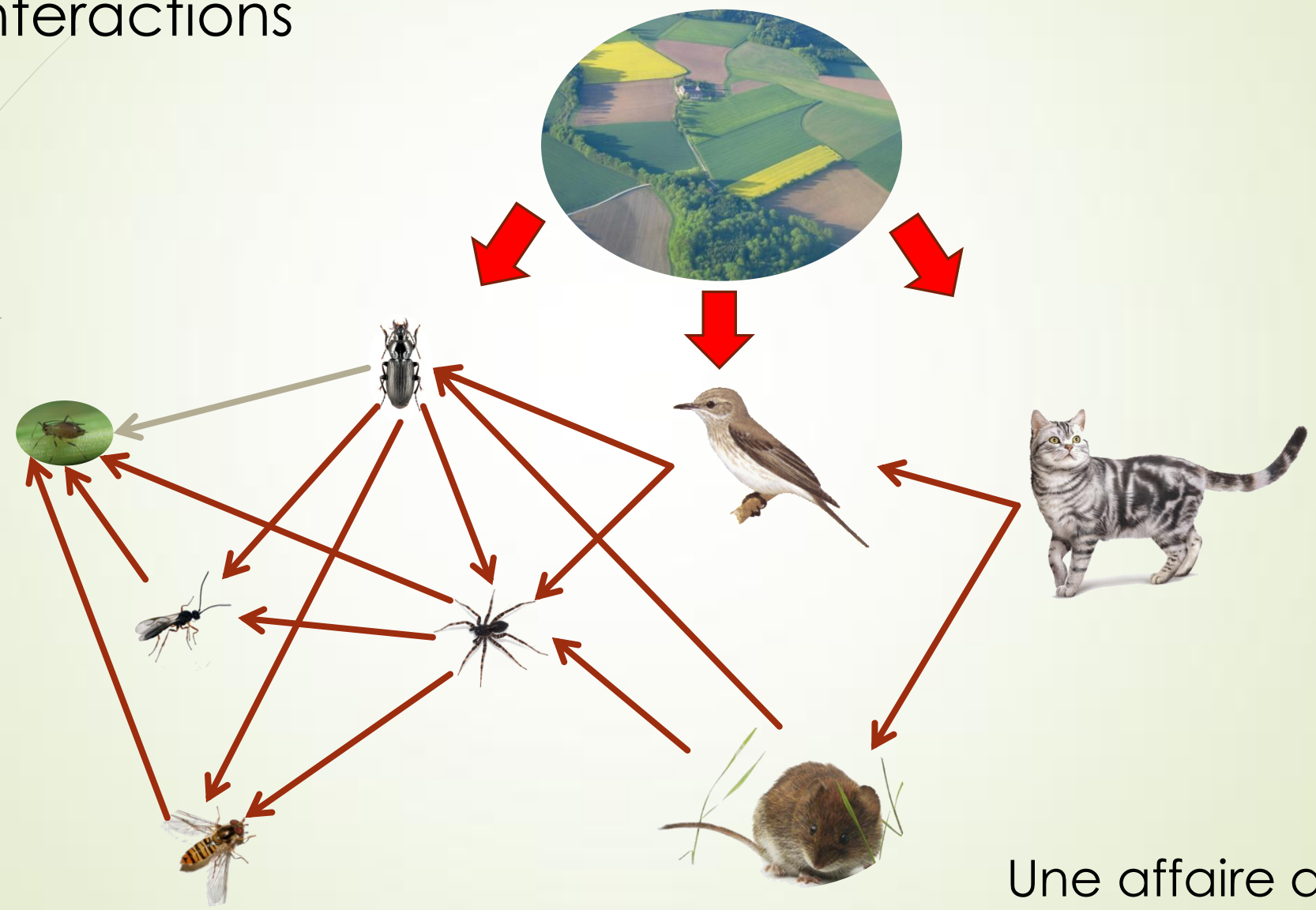


Forte diversité de prédateurs : moins de régulation

Interférence des prédateurs

Finke & Denno 2004

Le **fonctionnement** du système dépend du **réseau** d'interactions

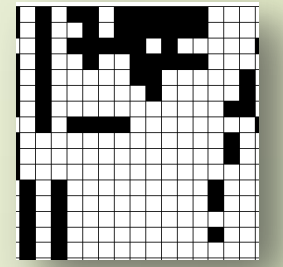
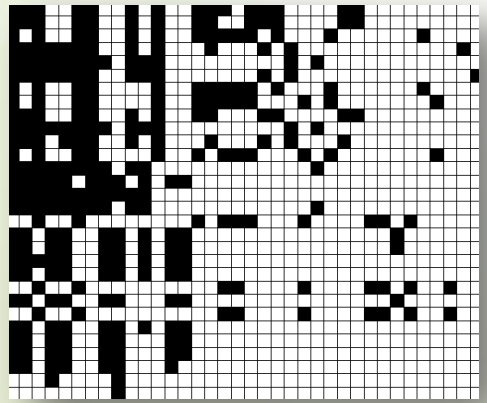
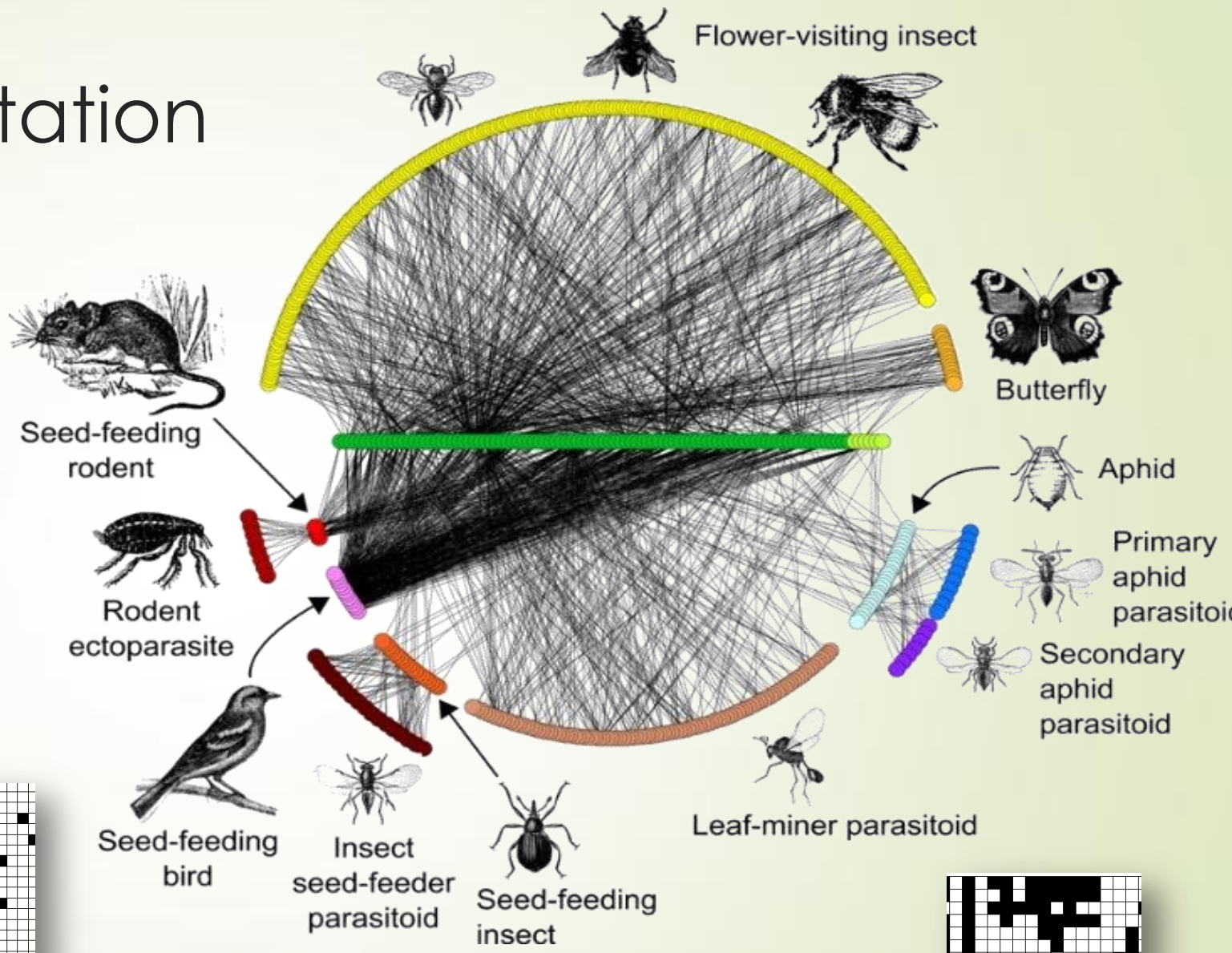
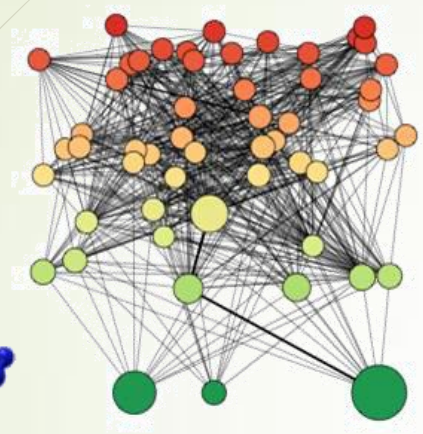
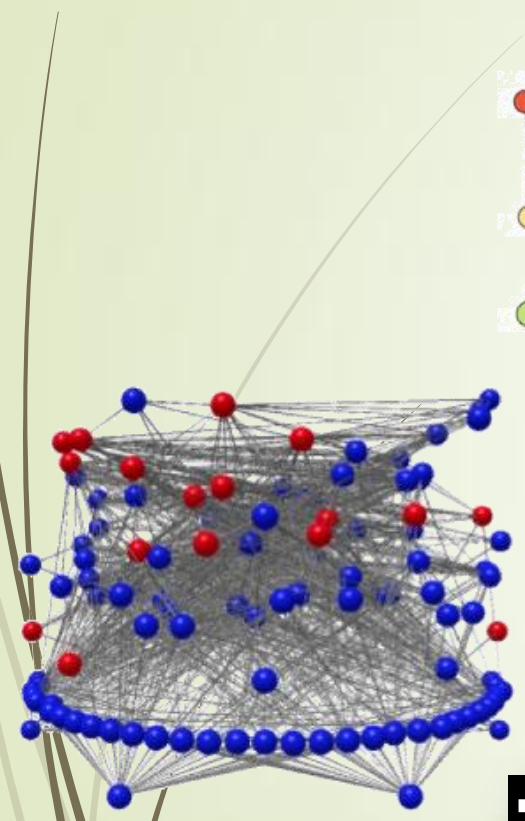


Une affaire de réseau



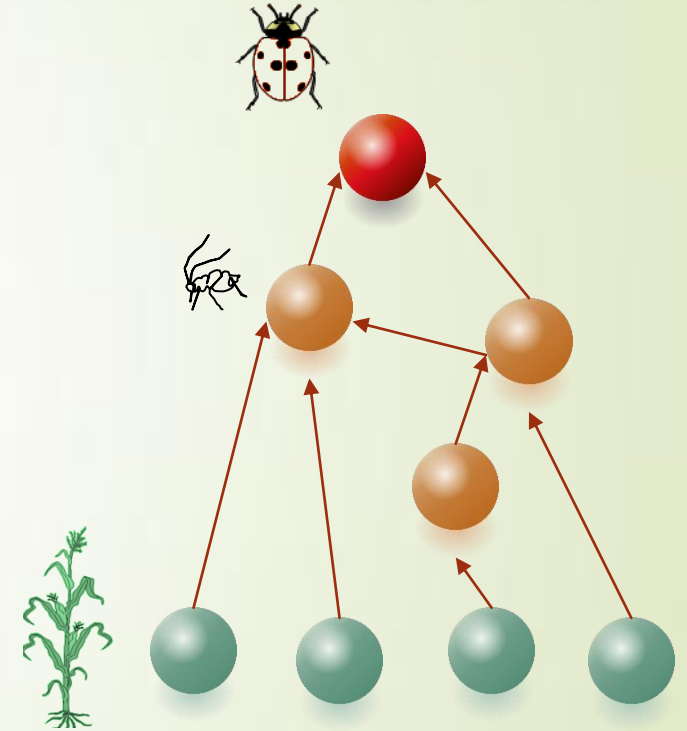
B. Appréhender les réseaux écologiques

Représentation



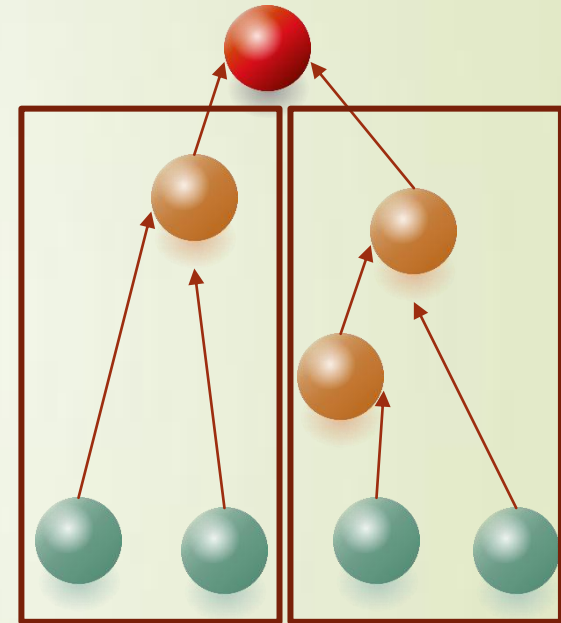
Décrire les structures

- Structure **globale** (Tylianakis 2009 *Biol. Cons.*)
 - Longueur de chaîne trophique
 - Connectance
 - Densité de lien



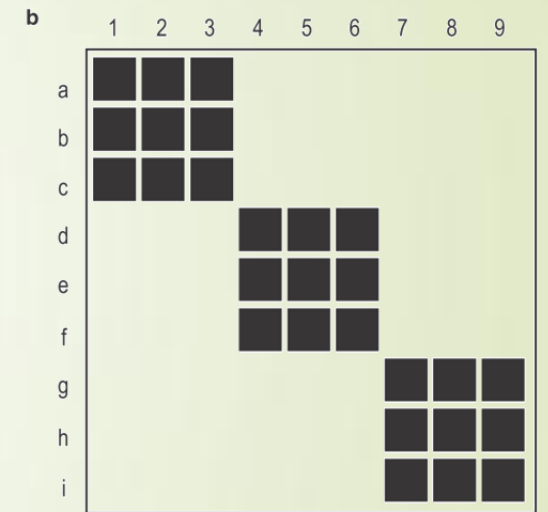
Décrire les structures

- Structure **globale** (Tylianakis 2009 *Biol. Cons.*)
 - Longueur de chaîne trophique
 - Connectance
 - Densité de lien
 - **Modularité**



Décrire les structures

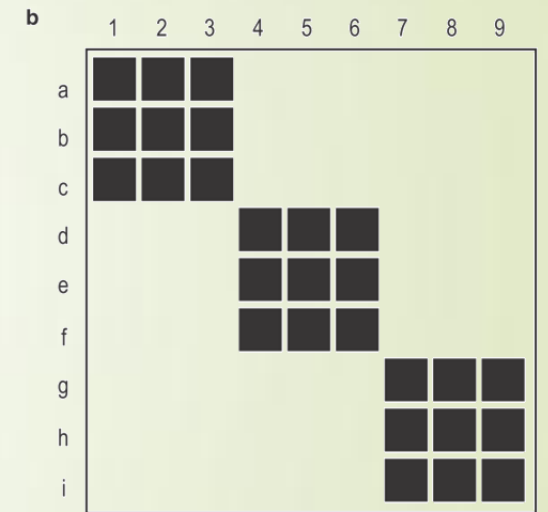
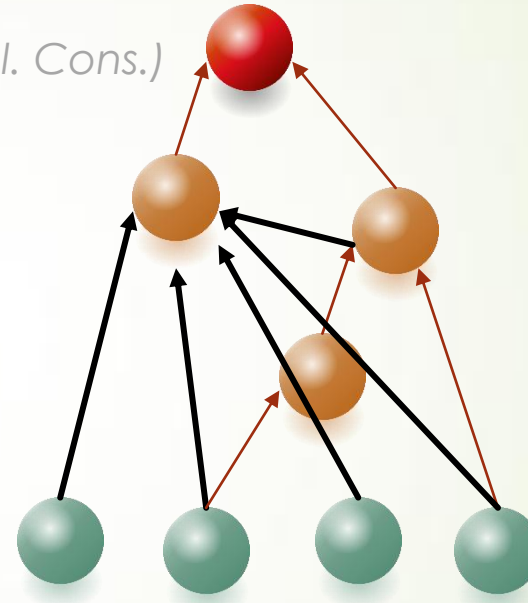
- Structure **globale** (Tylianakis 2009 *Biol. Cons.*)
 - Longueur de chaîne trophique
 - Connectance
 - Densité de lien
 - **Modularité**



Décrire les structures

➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

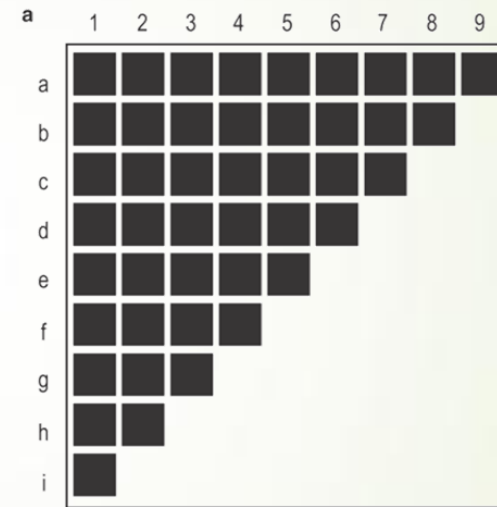
- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- **Modularité**
- **Nestedness**



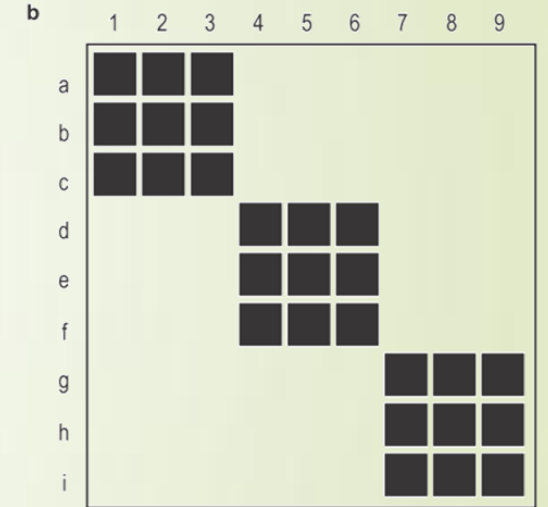
Décrire les structures

➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 *Biol. Cons.*)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- **Modularité**
- **Nestedness**



c

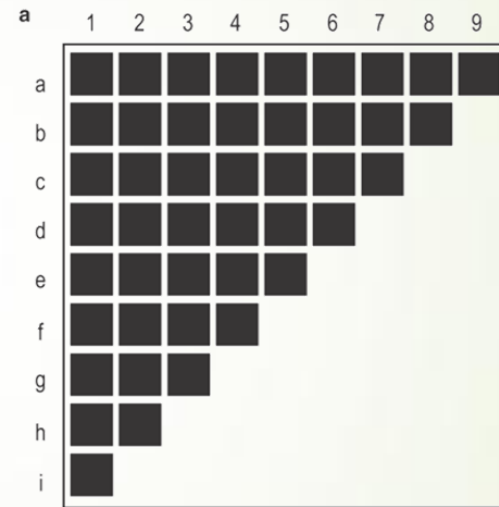


c

Décrire les structures

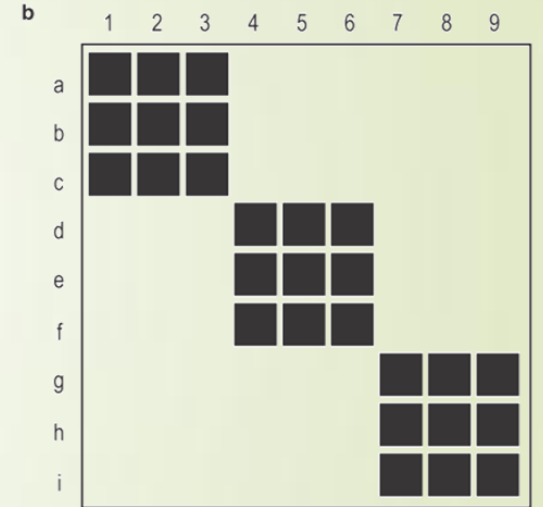
➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- **Nestedness**
- **Modularité**



c

Résistant à la perte des spécialistes car il y a une redondance



c

Résistance aux perturbations

Décrire les structures

- Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)
 - Longueur de chaîne trophique
 - Connectance
 - Densité de lien
 - Nestedness
 - Modularité
- **Variation** de la structure
 - β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)

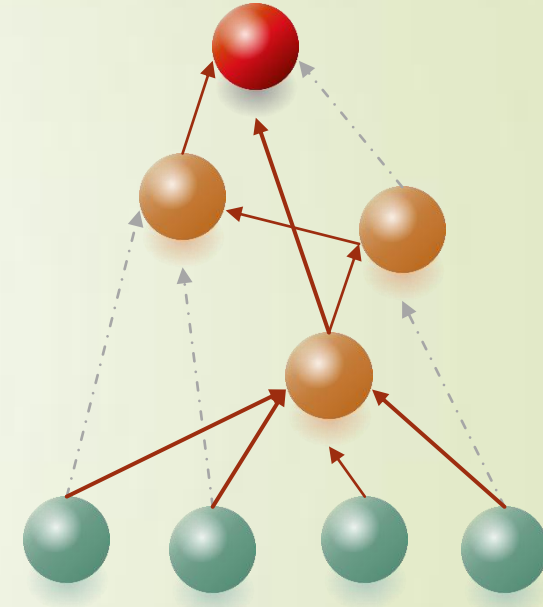
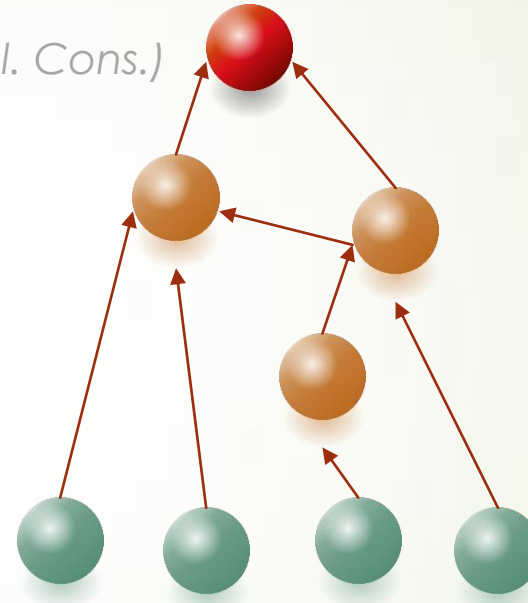
Décrire les structures

➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- Nestedness
- Modularité

➤ **Variation** de la structure

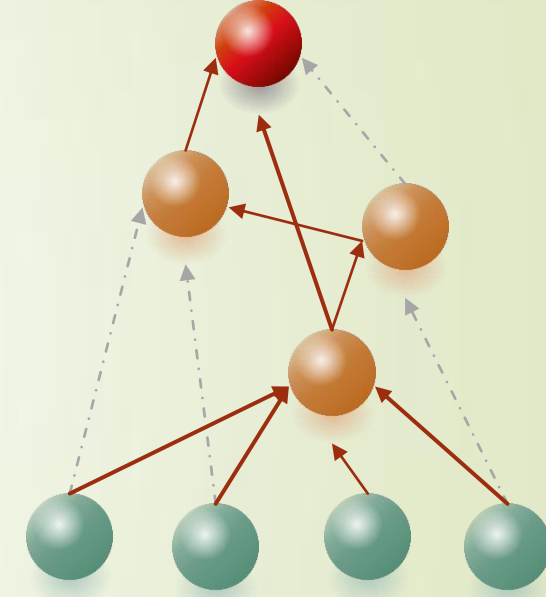
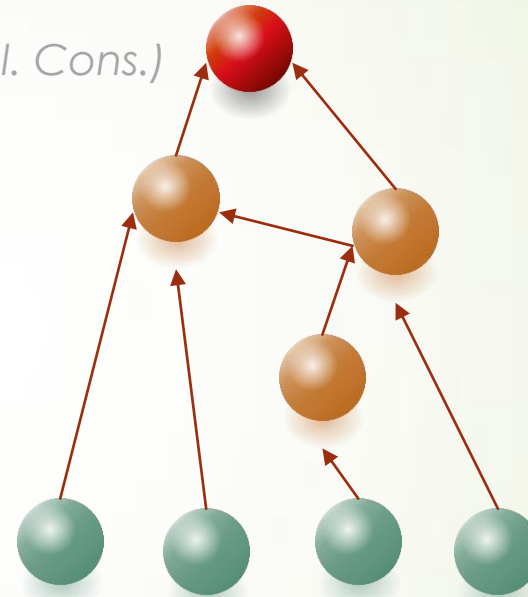
- β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)



Décrire les structures

➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- Nestedness
- Modularité



➤ **Variation** de la structure

- β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)

➤ Déconstruire la structure en '**motifs**' (Milo et al. 2004 Nature, Stouffer 2007 PNAS)

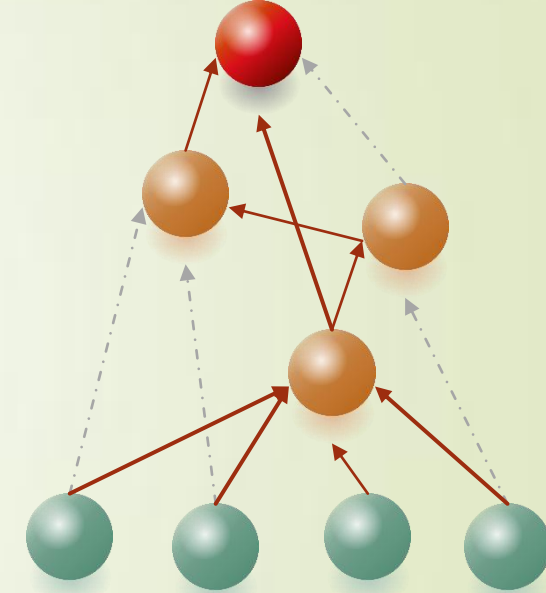
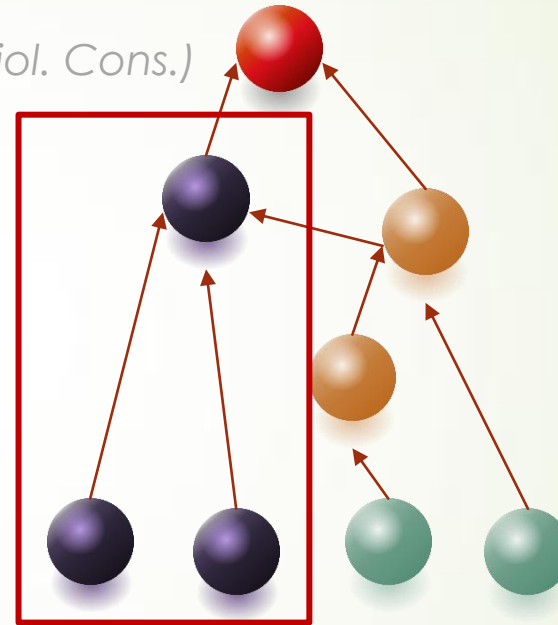
- Ex : Sous-réseaux de 3 espèces



Décrire les structures

➤ Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- Nestedness
- Modularité

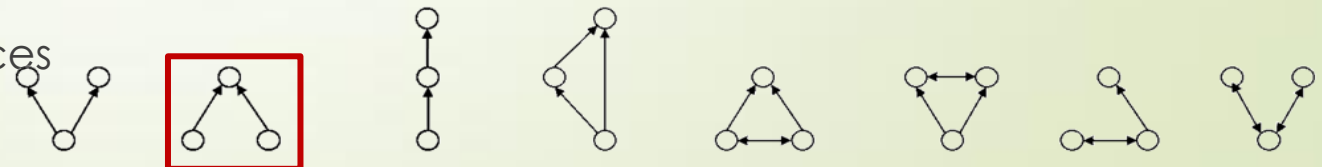


➤ **Variation** de la structure

- β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)

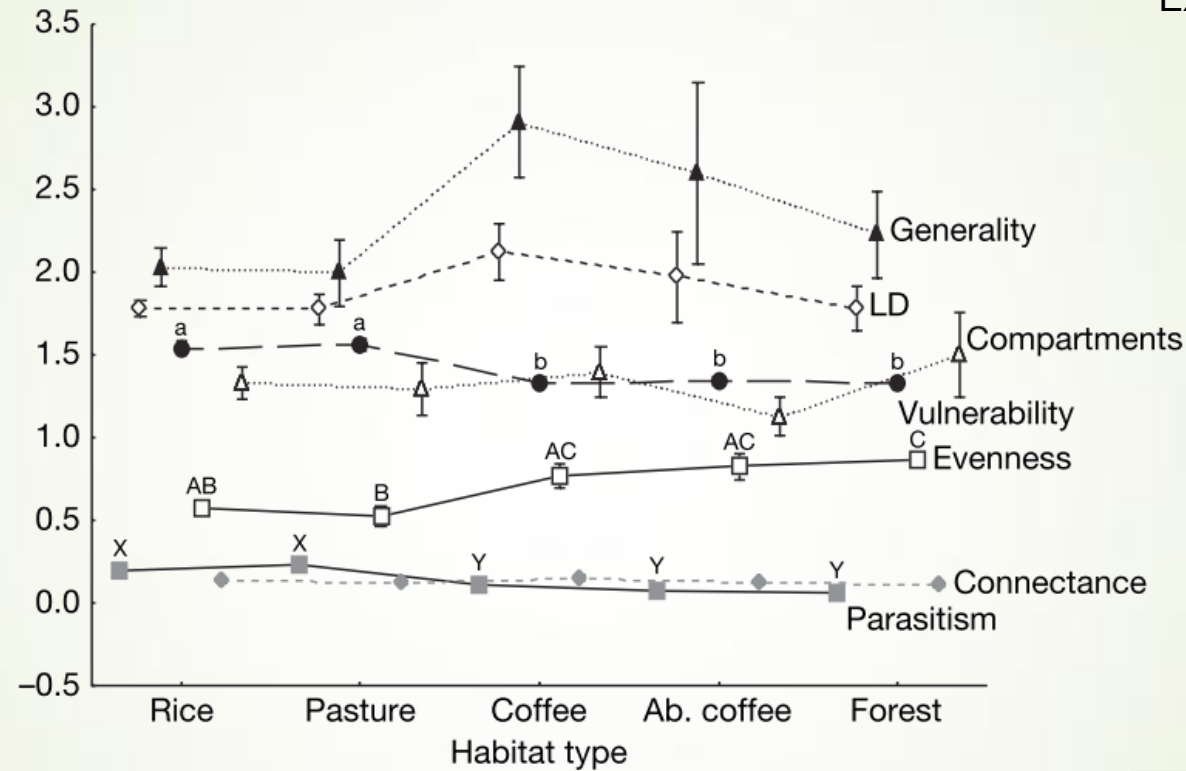
➤ Déconstruire la structure en '**motifs**' (Milo et al. 2004 Nature, Stouffer 2007 PNAS)

- Ex : Sous-réseaux de 3 espèces

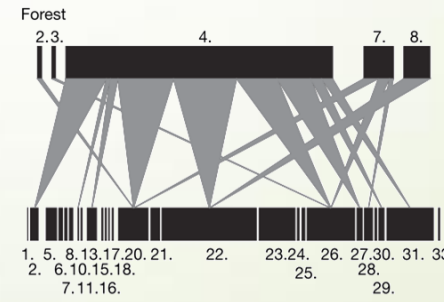
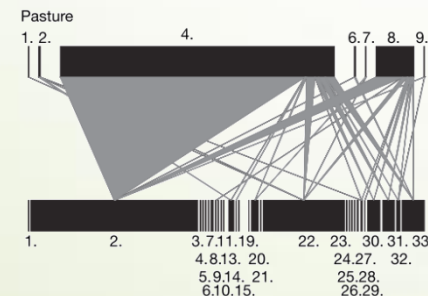
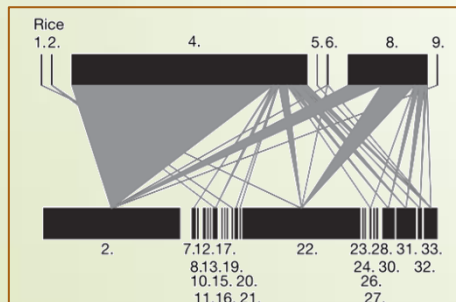


Décrire les structures

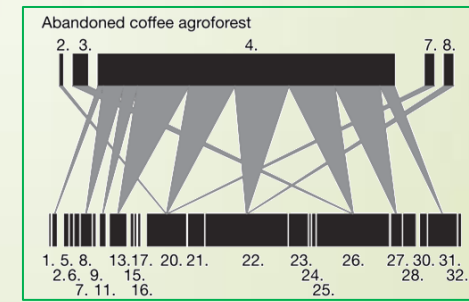
Ex: Abeilles et leurs parasites



+ homogène



+ complexe





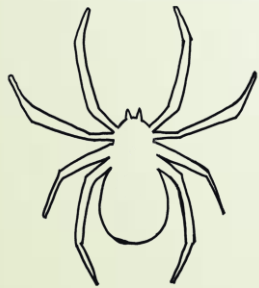
C. Décrire les réseaux ***en vrai***

Déterminer les interactions: qui mange quoi ?

- Observations directes
- Contenus stomacaux
- Isotopes stables
- Abondances relatives



Pas facile
Fastidieux
Biais de détection

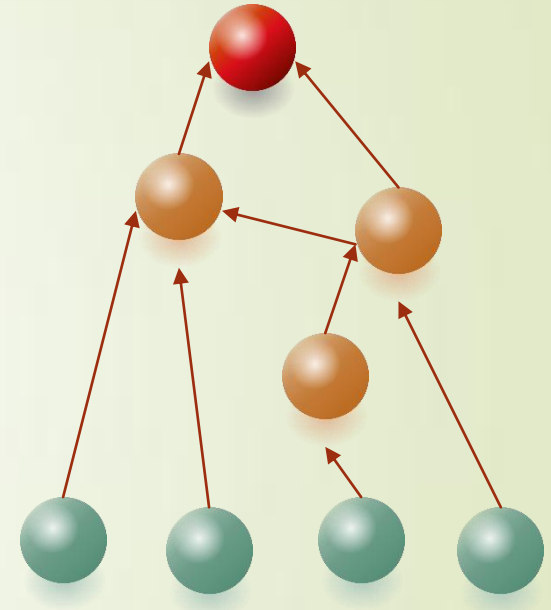


- Ecologie moléculaire : Détection des molécules des proies
 - Anticorps monoclonaux (protéines)
 - Techniques basées sur l'ADN (RFLP, Cloning)
 - Techniques basées sur le **séquençage** de l'ADN

- ✓ NGS
- ✓ Même des traces (ex: fécès)

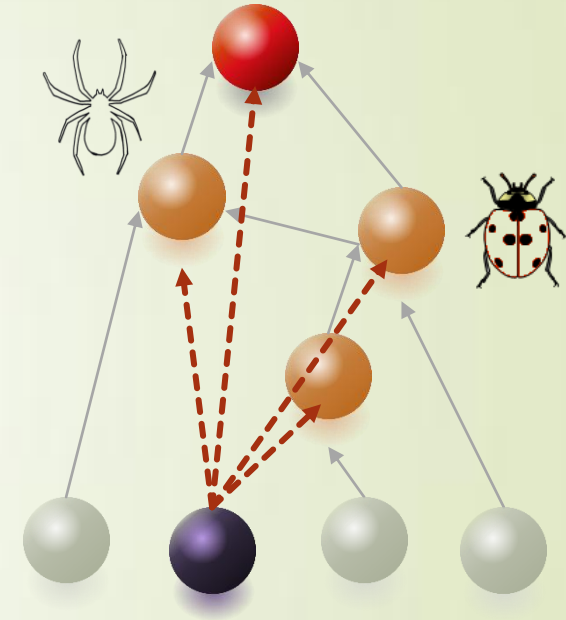
Approche proie-centrée

- Réseaux : **quelle entrée** nous intéresse ?
 - Proies : Régulée ? Par quel prédateur ?
- ➔ **Approche proie-centrée**



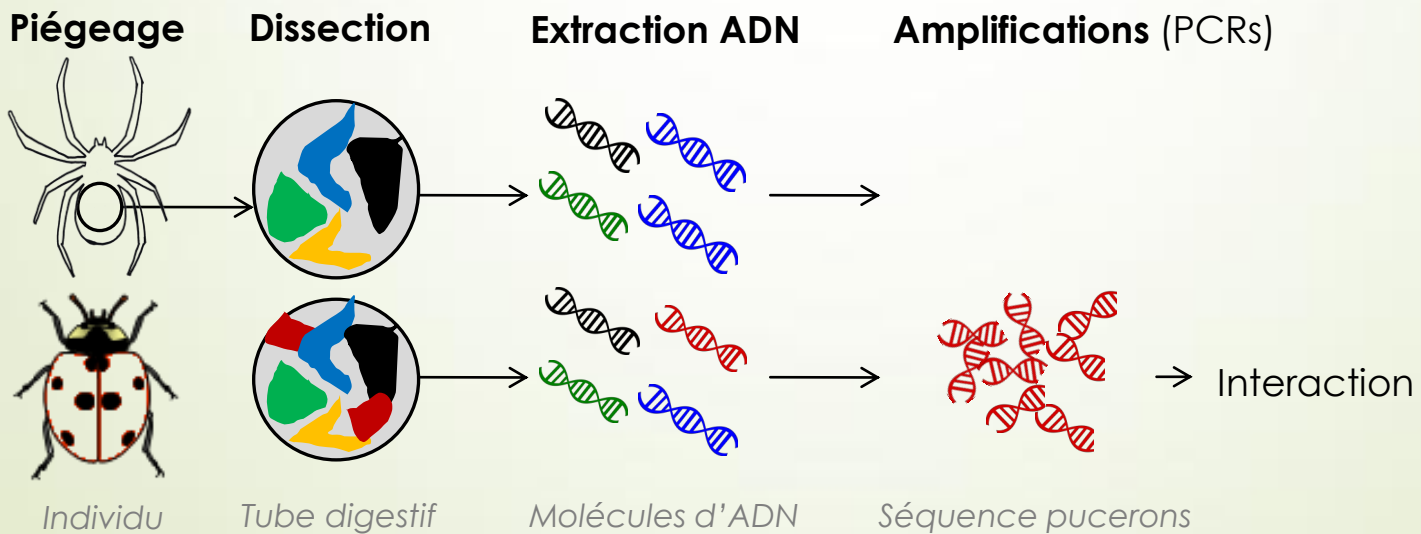
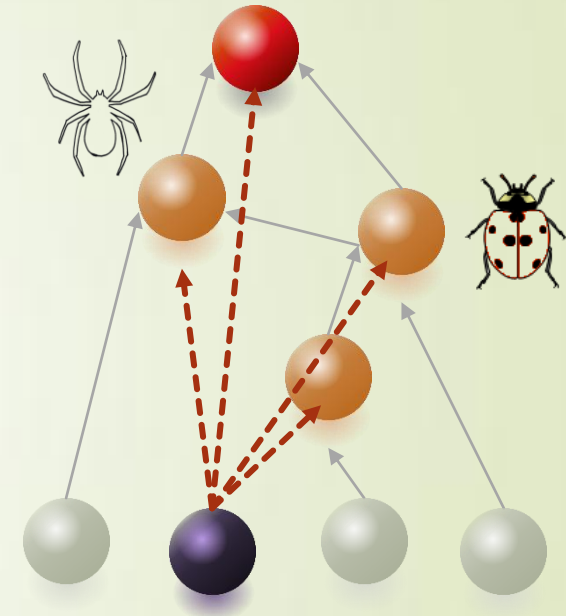
Approche proie-centrée

- Réseaux : **quelle entrée** nous intéresse ?
- Proies : Régulée ? Par quel prédateur ?
 - ➔ **Approche proie-centrée**
- Recherche **spécifique** de l'ADN de la proie ciblée



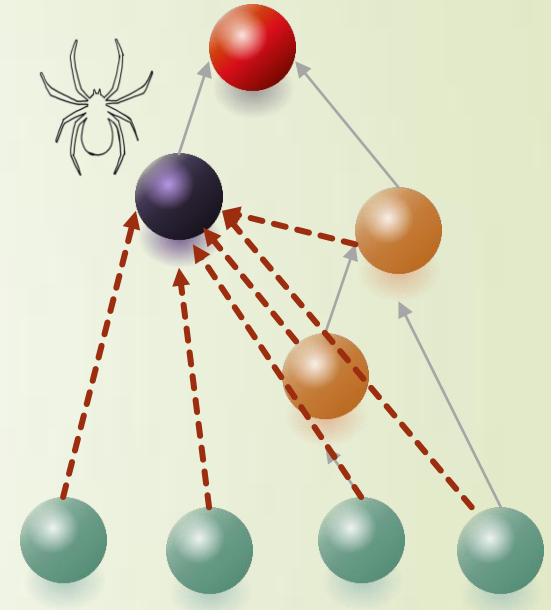
Approche proie-centrée

- Réseaux : **quelle entrée** nous intéresse ?
- Proies : Régulée ? Par quel prédateur ?
- ➔ **Approche proie-centrée**
- Recherche **spécifique** de l'ADN de la proie ciblée
 - PCR - amorces spécifiques de l'espèce de proies recherchée



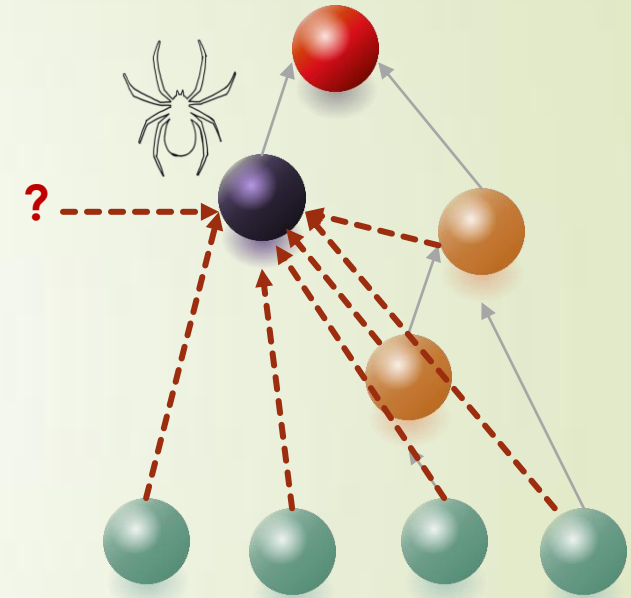
Approche prédateur centrée

- Pouvoir de régulation d'un prédateur ? (diet)
➔ **Approche prédateur-centrée**
- Recherche de **l'ADN des différentes proies** sur l'individus prédateur

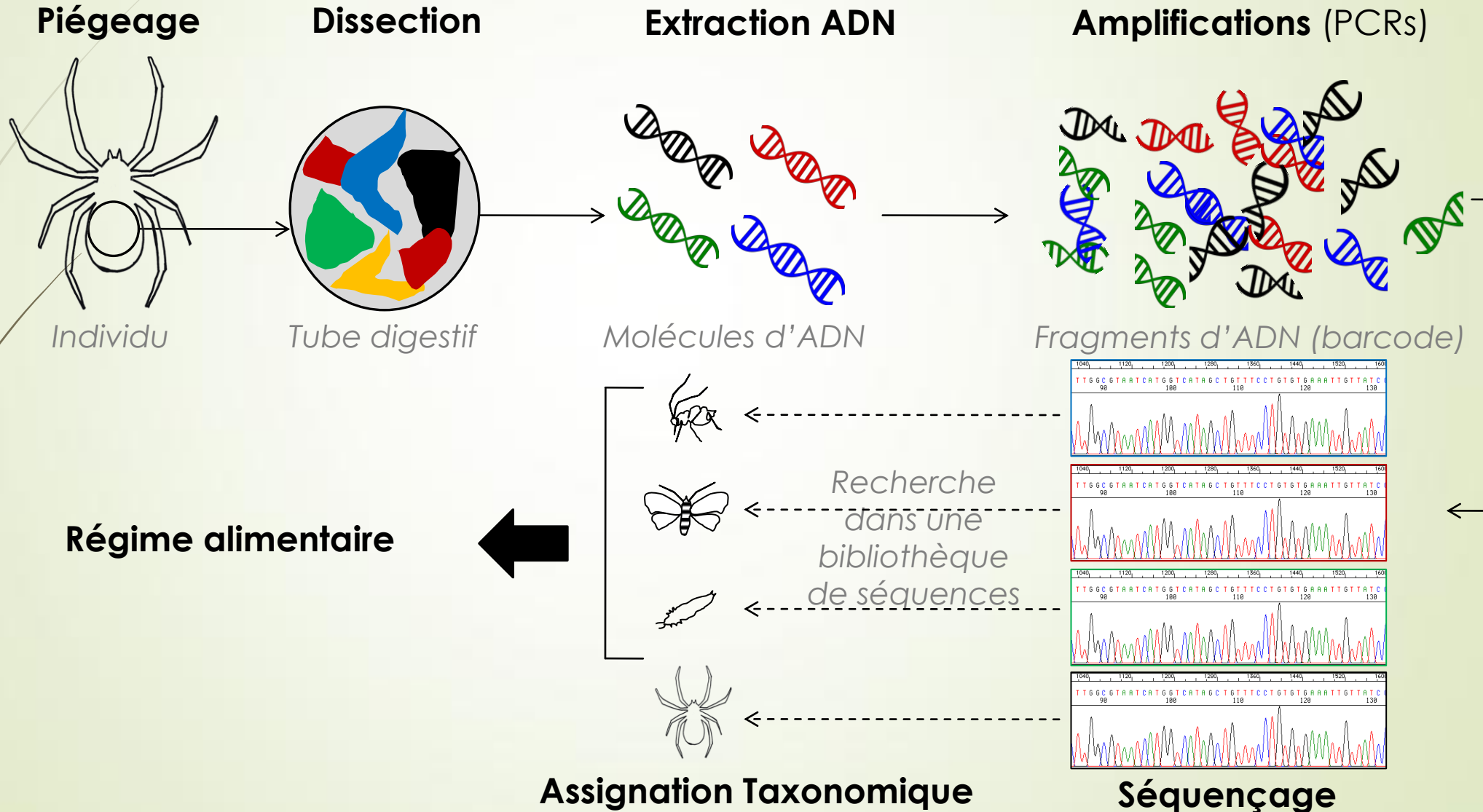


Approche prédateur centrée

- Pouvoir de régulation d'un prédateur ? (diet)
➔ **Approche prédateur-centrée**
- Recherche de **l'ADN des différentes proies** sur l'individu prédateur
- Avec a priori : PCR multiplex (mélange d'amorces)
- Sans a priori : **Barcoding** (amorces universelles)



Approche prédateur centrée

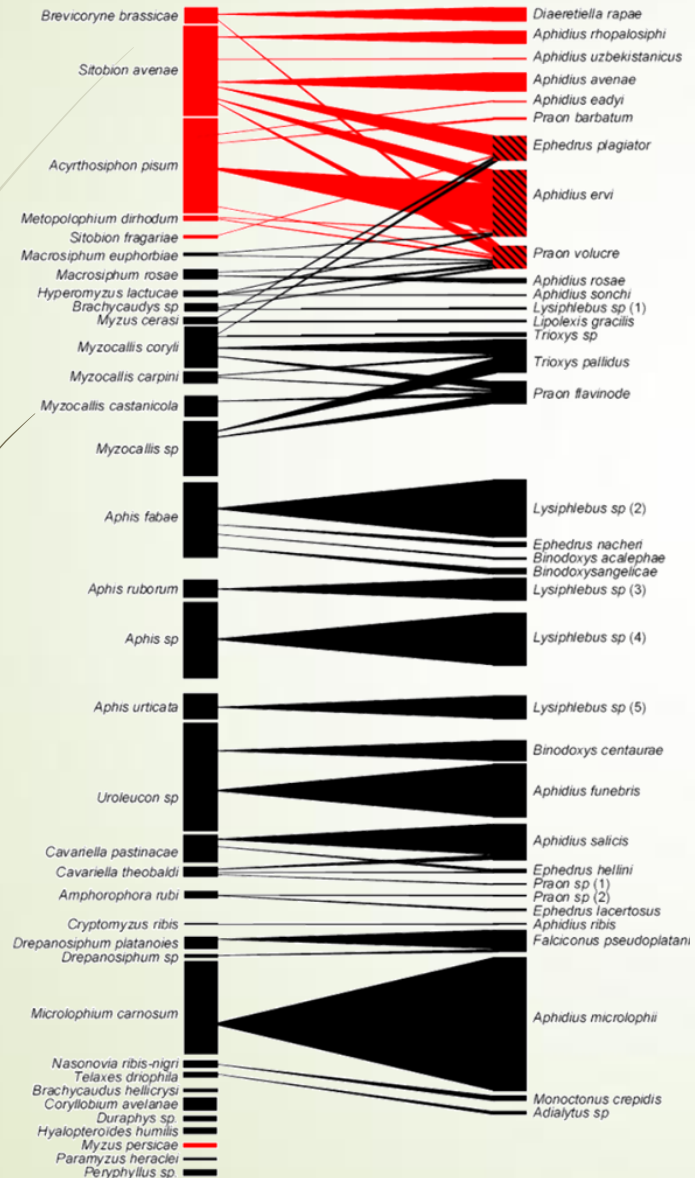




D. Barcoding & Réseaux arthropodes agricoles

Exemples

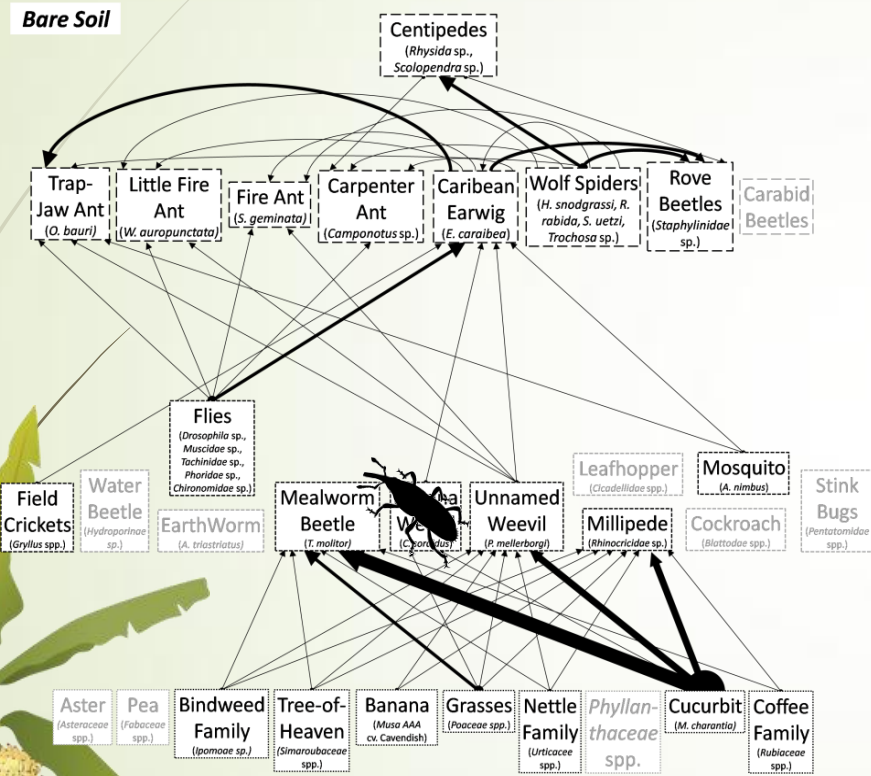
Compartimentation des réseaux Pucerons-Parasites



- Barcodes sur la **communauté de pucerons**
 - ➔ Révèle les pontes des parasitoïde
- Forte **compartimentation** dans le réseau : peu d'échange entre les bandes enherbées et le champs

Derocles et al. 2014 Molecular Ecology

Modification du comportement alimentaire



25 espèces

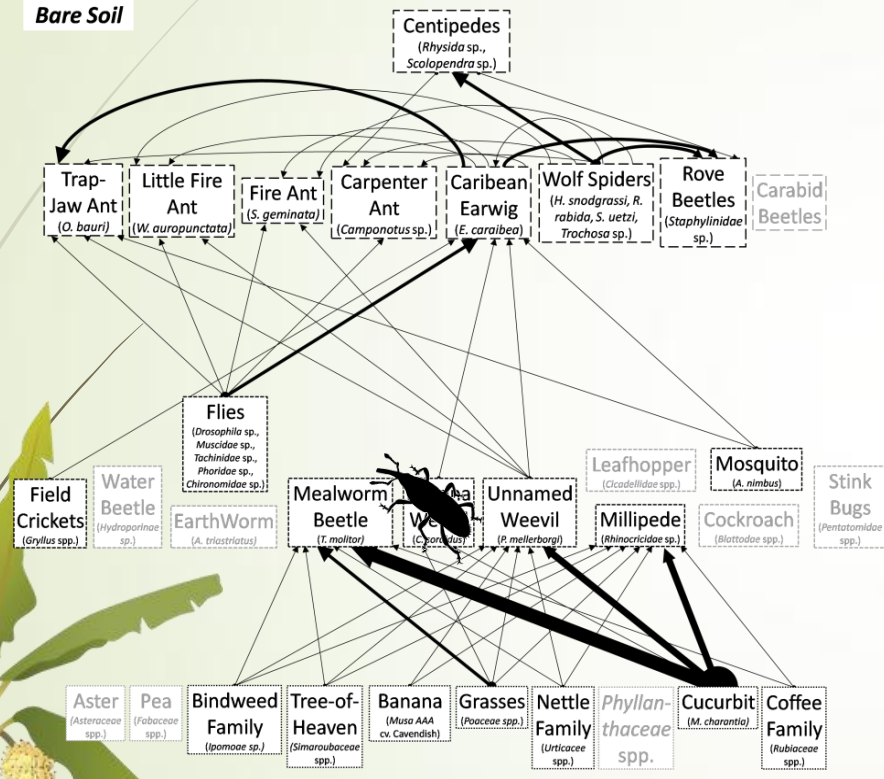
- Barcodes sur la communauté arthropode
 - ➔ Révèle les proies

- Comparaison des réseaux arthropodes en bananeraie selon les **pratiques agricoles**
 - Sol nu
 - Sol enherbé

Sol nu

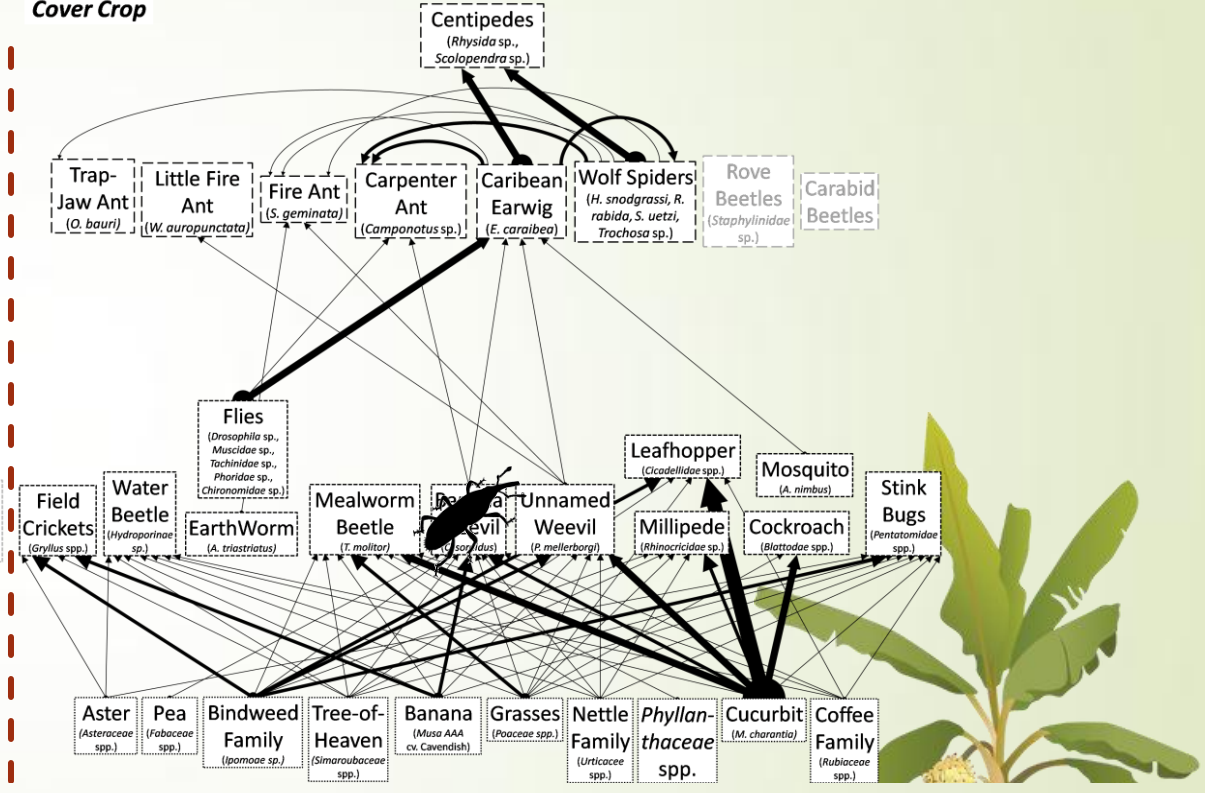
Modification du comportement alimentaire

Bare Soil



25 espèces

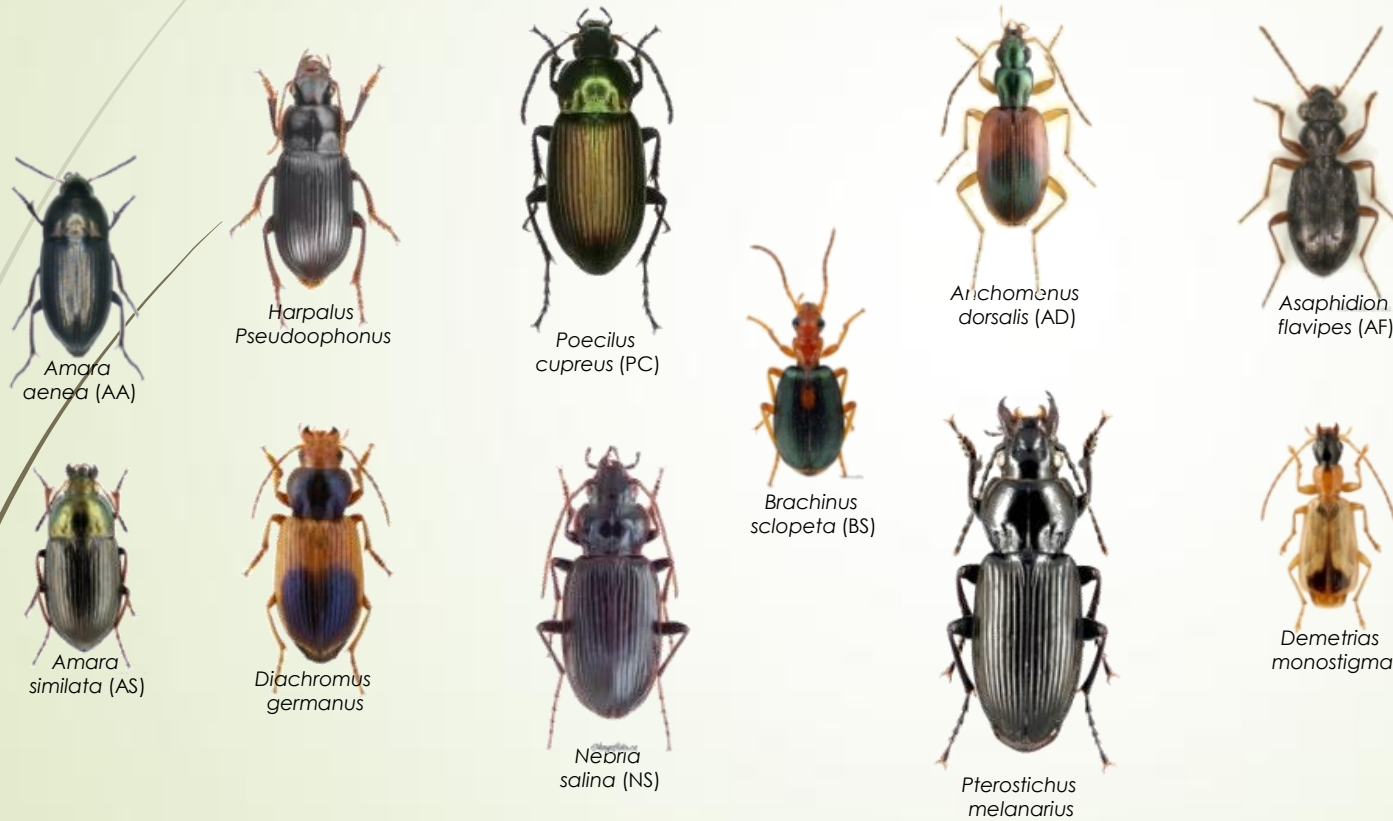
Cover Crop



- Modification du **comportement alimentaire**
- Impact potentiel sur le charançon

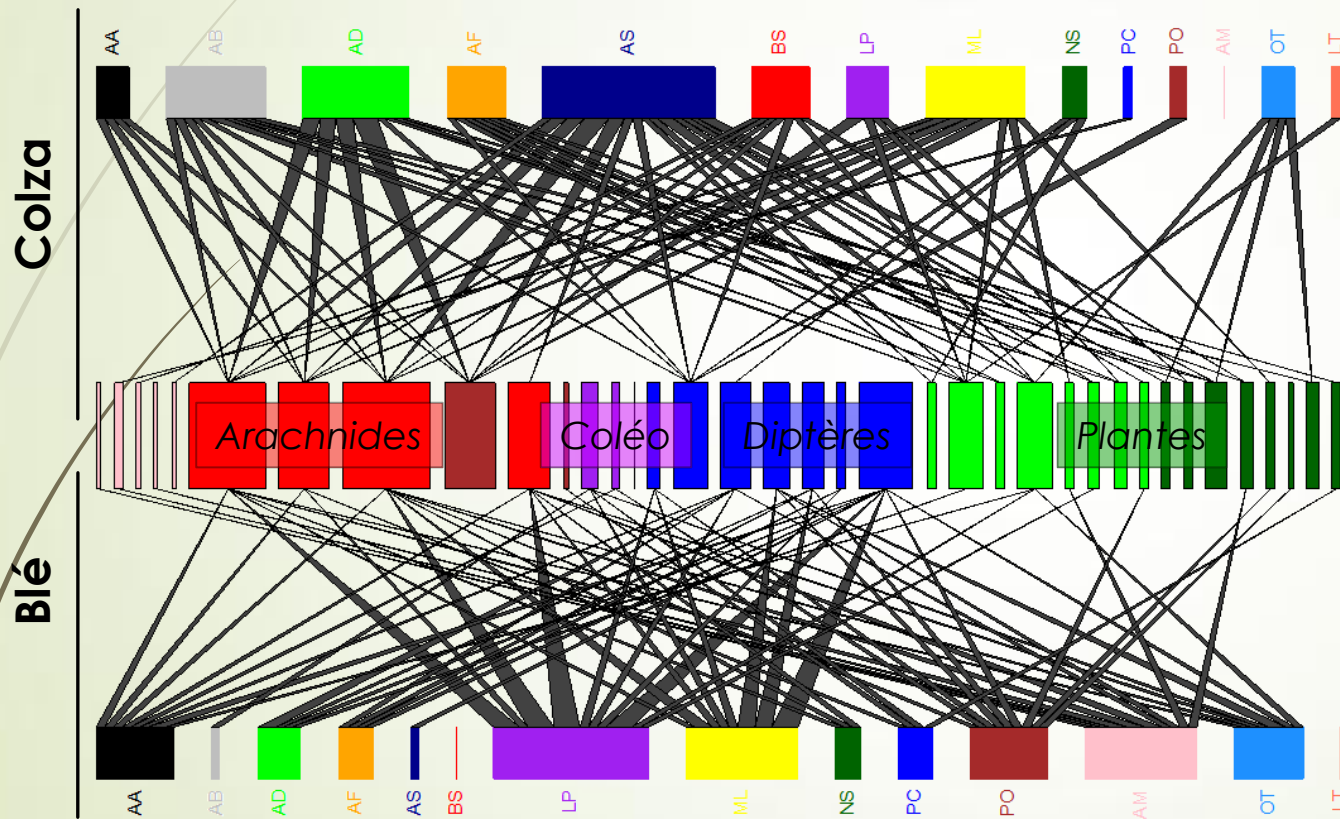
Sol nu

Différents services écosystémiques rendus par les carabes



➔ Barcode sur la **communauté de carabes**

Différents services écosystémiques rendus par les carabes



➤ Barcode sur la **communauté de carabes**

-> Révèle les ressources

➤ Différence de régime alimentaire selon les cultures

➤ Colza : + **Plante**

➤ Blé : + **Coléo** et **Diptère**

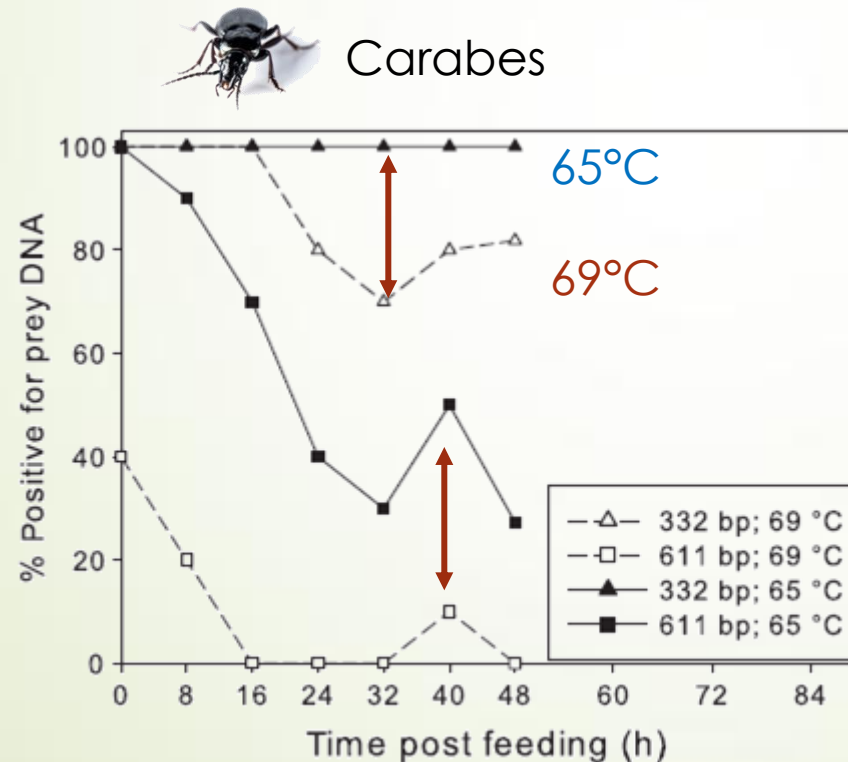
➤ Services de régulation **adventices** et **ravageurs**

Limites des approches moléculaires

- ▶ **Biais d'amplification** lors de la PCR → ≠ quantification des interactions
- ▶ Ex: Température d'hybridation, Type de prédateur, Longueur des sequences

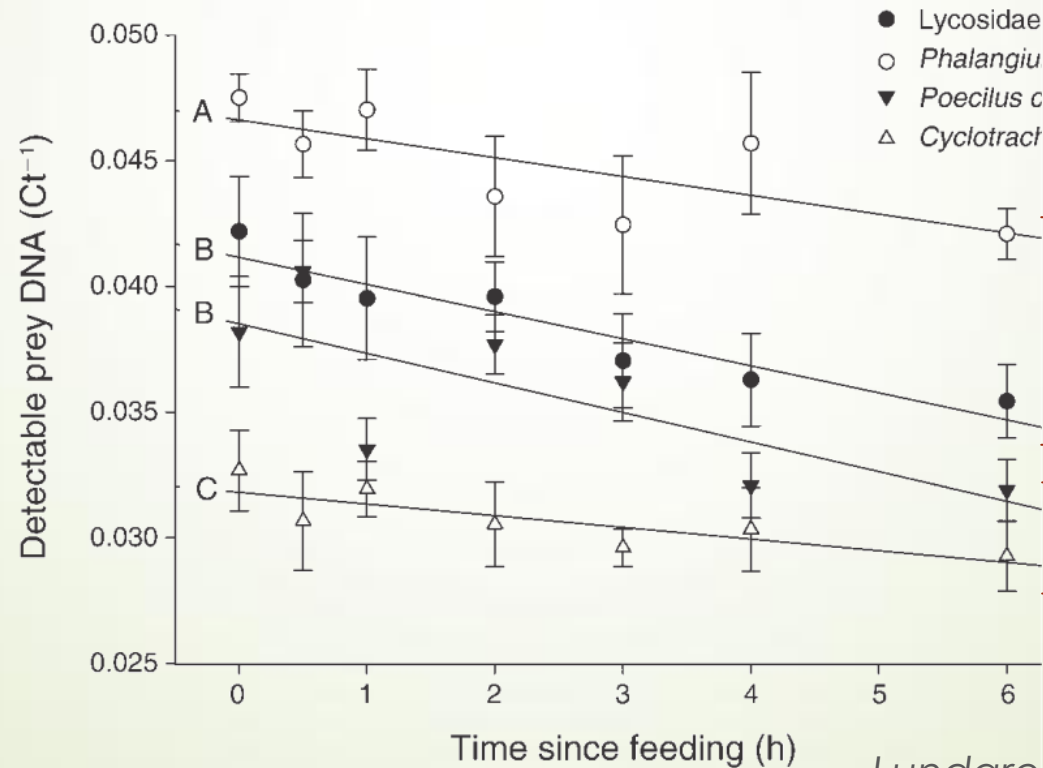
Limites des approches moléculaires

- **Biais d'amplification** lors de la PCR → ≠ quantification des interactions
- Ex: Température d'hybridation, Longueur des séquences



Limites des approches moléculaires

- **Biais d'amplification** lors de la PCR → ≠ quantification des interactions
- Ex: Type de comportement alimentaire (sucking vs chewing) ?



Limites des approches moléculaires

- **Discrimination** parfois insuffisantes
 - Prédation intra-gilde en particulier
- **Variation** au sein des populations
 - Bruit
 - Assignations non réalisées (beaucoup de séquences)
- **Bibliothèque de référence** incomplète, ou erronée
- Impossible de voir les événements de **cannibalisme**
- **Traitement bio-informatique** complexe

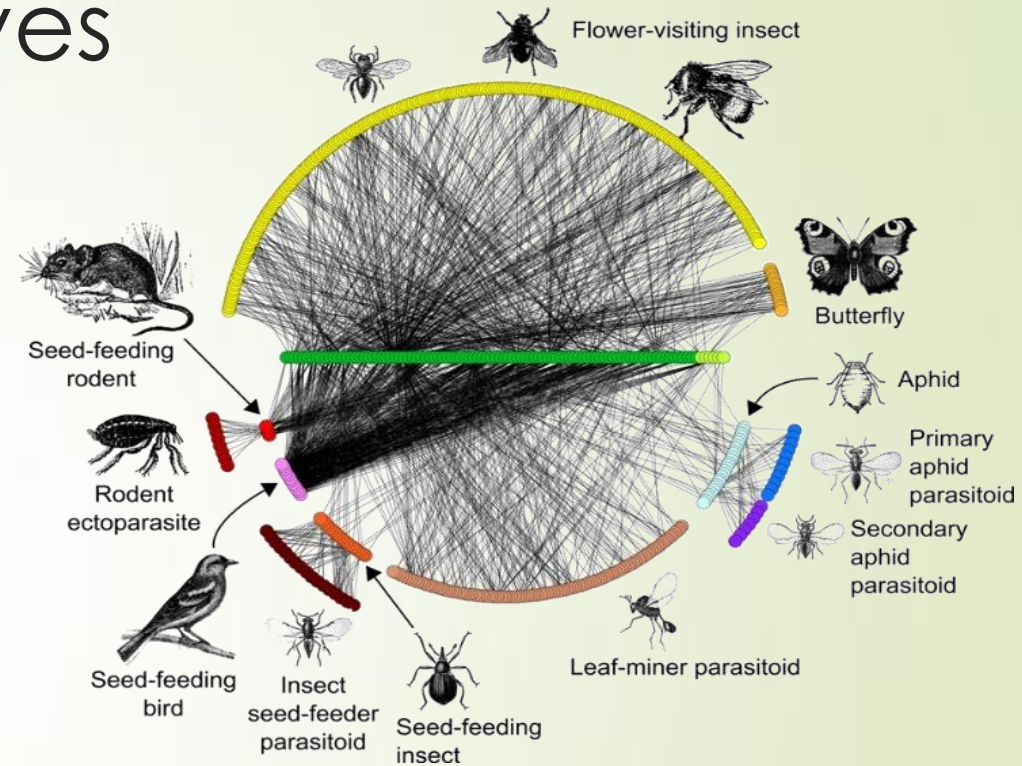


Conclusion & Perspectives

Conclusion & Perspectives

► Etudes des réseaux

- Effet de la biodiversité : variable
- Très complexe
- Données difficile à acquérir
- Difficile d'avoir des résultats généralisables



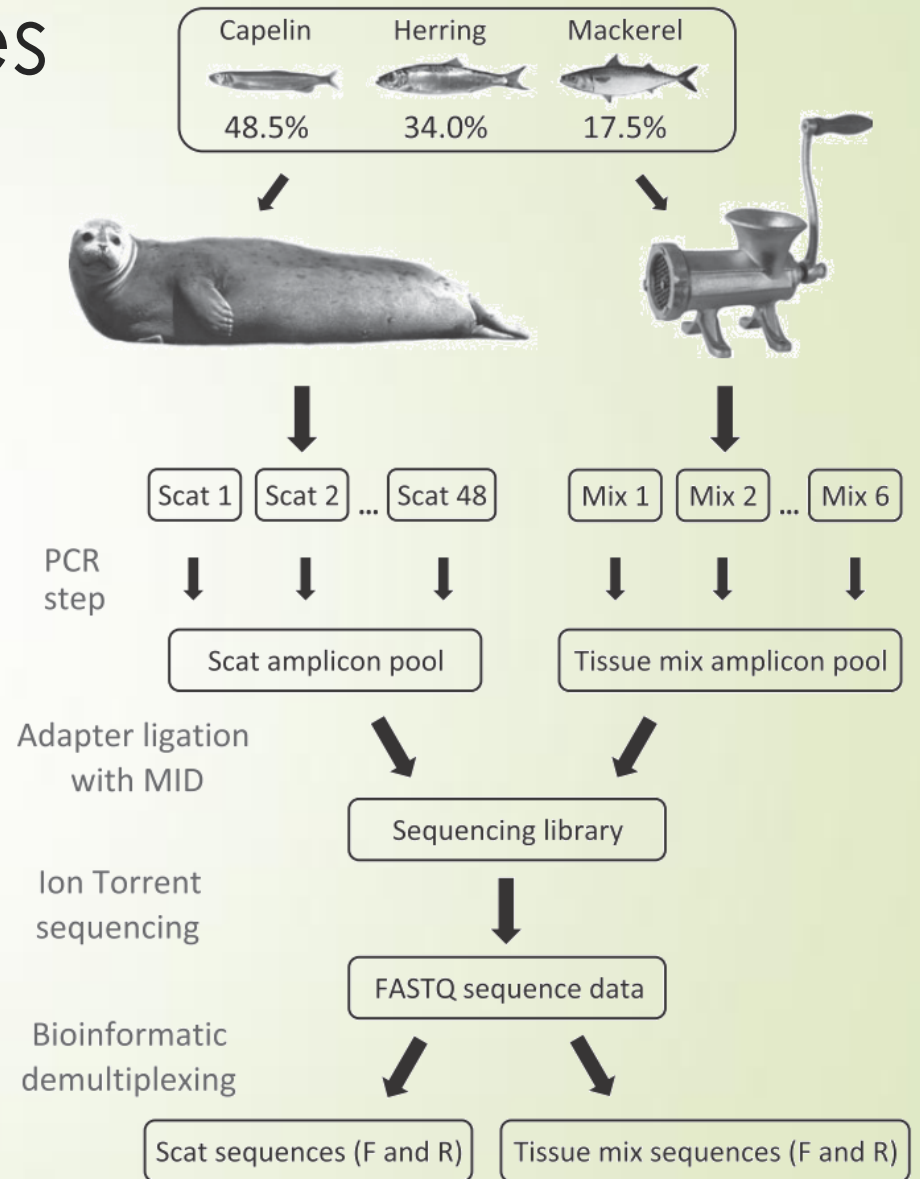
Conclusion & Perspectives

► Etudes des réseaux

- Effet de la biodiversité : variable
- Très complexe
- Données difficile à acquérir
- Difficile d'avoir des résultats généralisables

► Ecologie moléculaire

- Prometteur
- Avancées rapides
- Mais encore beaucoup d'obstacles
- Quantification





Merci de votre attention

Elsa Canard – elsa.canard@inra.fr

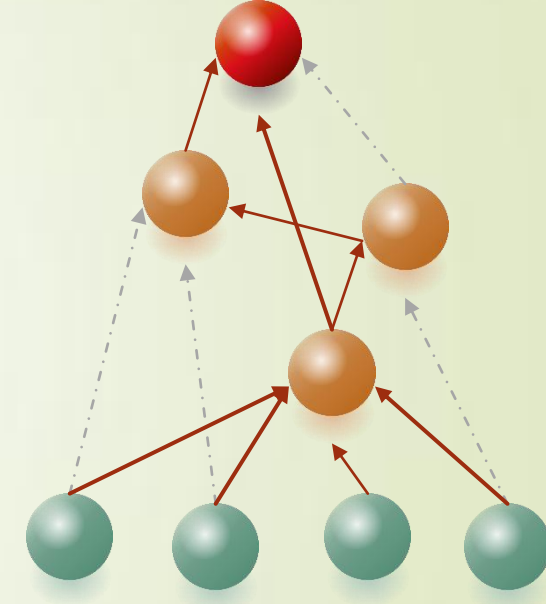
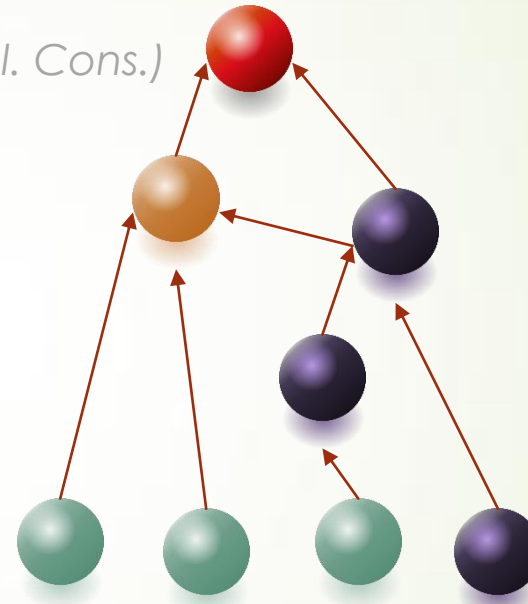
Manuel Plantegenest – manuel.plantegenest@agrocampus-ouest.fr



Décrire les structures

► Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- Nestedness
- Modularité

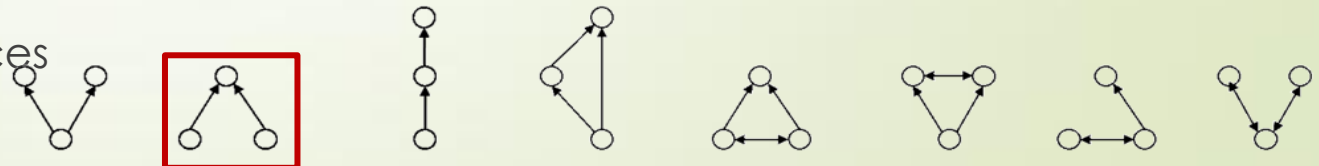


► **Variation** de la structure

- β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)

► Déconstruire la structure en '**motifs**' (Milo et al. 2004 Nature, Stouffer 2007 PNAS)

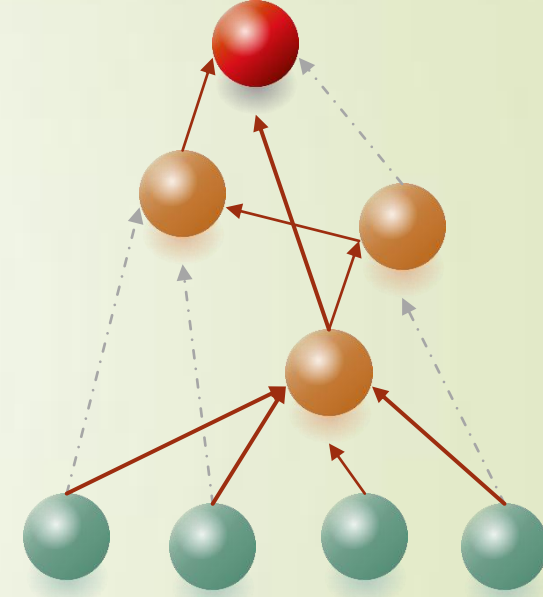
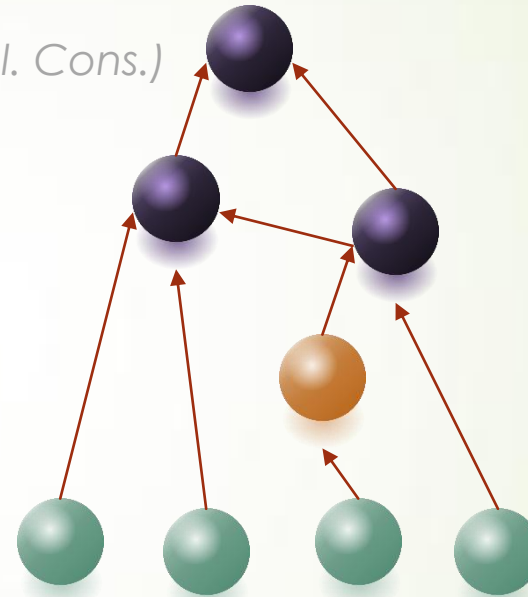
- Ex : Sous-réseaux de 3 espèces



Décrire les structures

Structure **globale** (Tylianakis 2009 Biol. Cons.)

- Longueur de chaîne trophique
- Connectance
- Densité de lien
- Nestedness
- Modularité

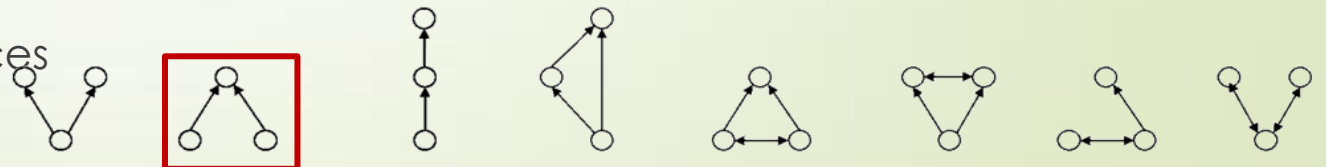


Variation de la structure

- β -diversité d'interaction (Poisot & Canard 2012 Ecol. Let.)

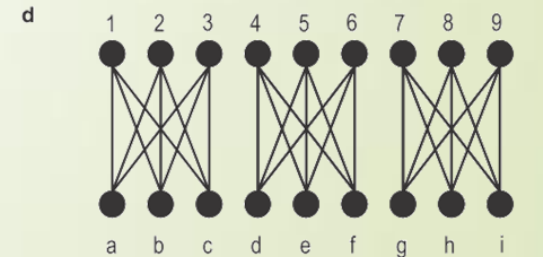
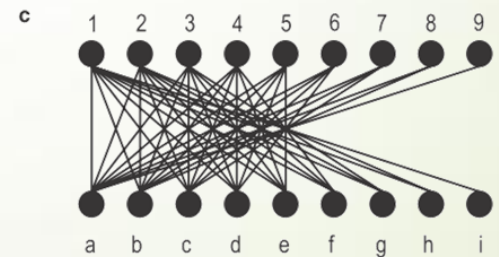
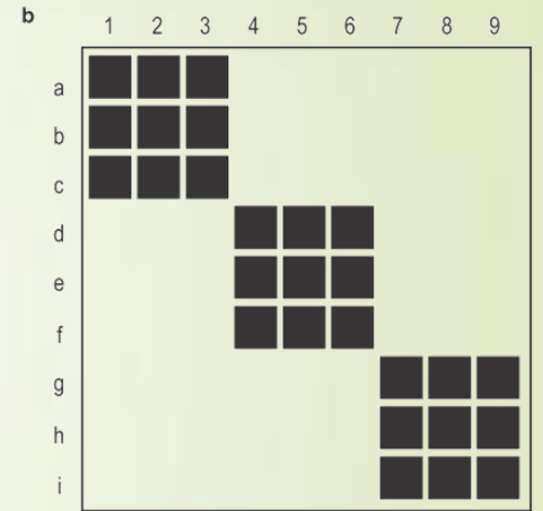
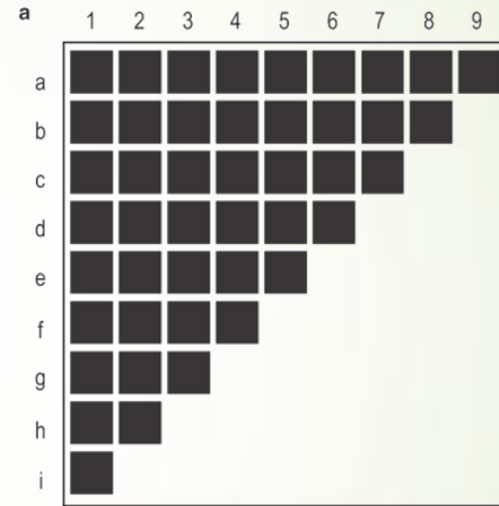
Déconstruire la structure en '**motifs**' (Milo et al. 2004 Nature, Stouffer 2007 PNAS)

- Ex : Sous-réseaux de 3 espèces



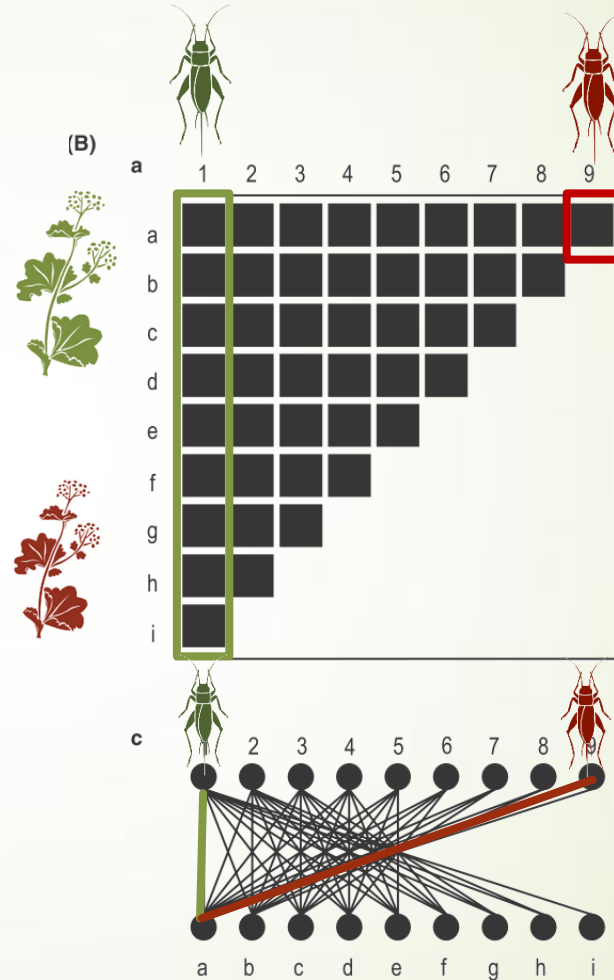
Nestedness vs Modularity

(B)



Nestedness vs Modularity

- Nestedness : Emboitement
- Structure emboîtée
 - Résistant à la perte des spécialistes car il y a une redondance.



Interaction des **spécialistes**
-> incluses dans celles des
généralistes

Nestedness vs Modularity

- Nestedness : Emboitement
- Structure emboîtée
 - Résistant à la perte des spécialistes car il y a une redondance.

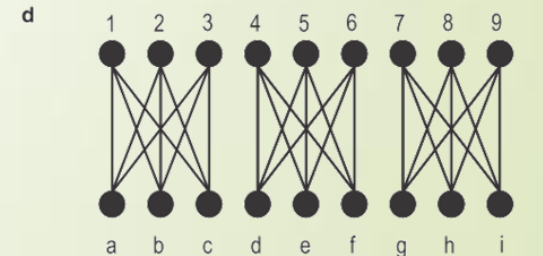
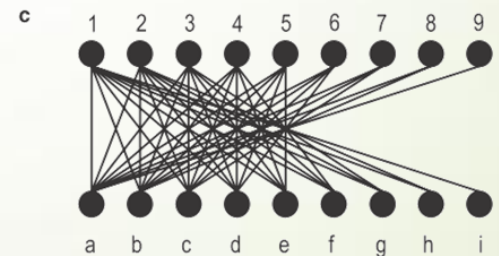
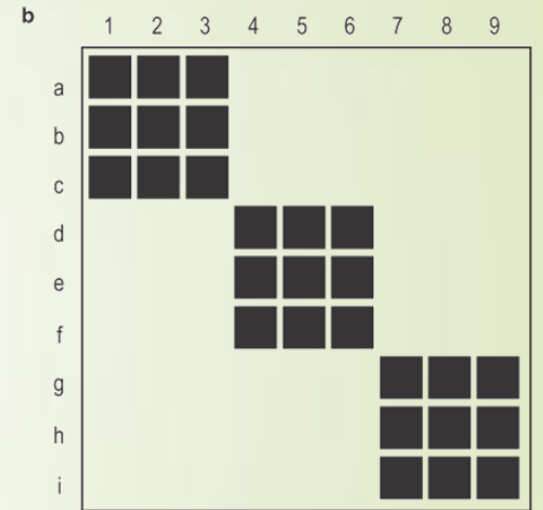
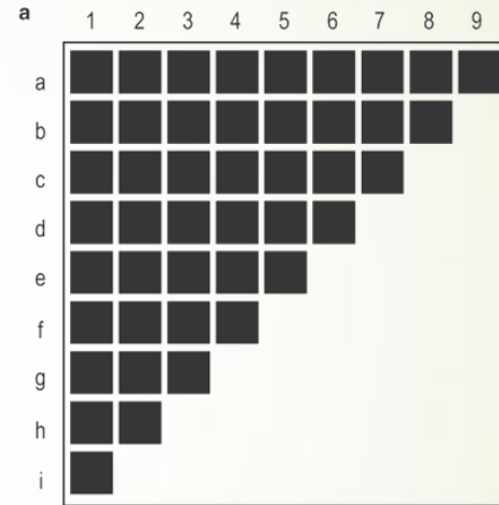


Interaction des spécialistes
-> incluses dans celles des généralistes

Nestedness vs Modularity

- Nestedness : Emboitement
- Structure emboîtée
 - **Résistant à la perte des spécialistes** car il y a une redondance.
- Modularité
- Groupes indépendants
 - **Résistance aux perturbations**

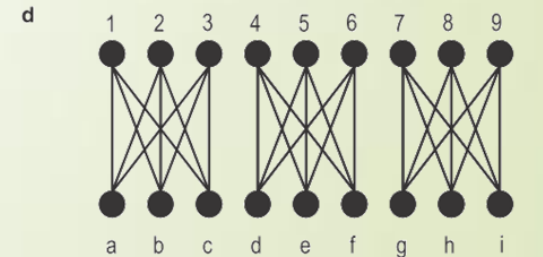
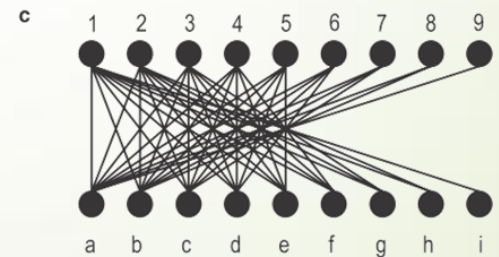
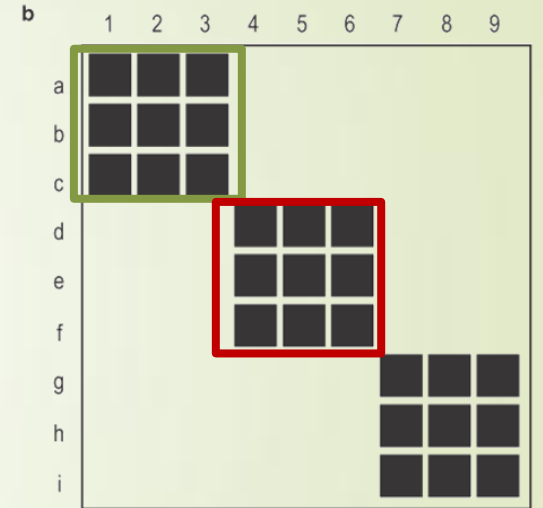
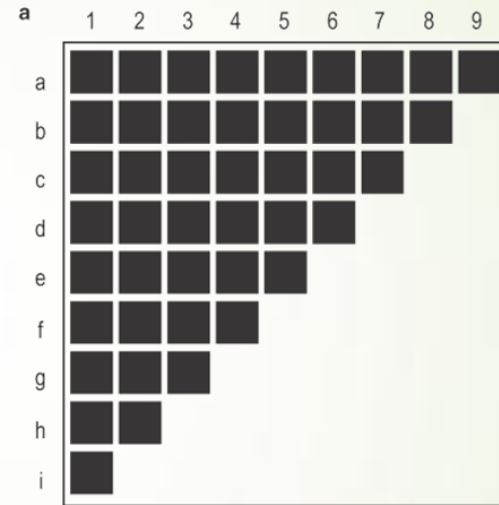
(B)



Nestedness vs Modularity

- Nestedness : Emboitement
 - Résistant à la perte des spécialistes car il y a une redondance.
- Modularité
 - Résistance aux perturbations

(B)



Nestedness vs Modularity

- ▶ Type d'interaction = différentes structures

