

# Intégrer plusieurs types d'interactions dans les réseaux écologiques

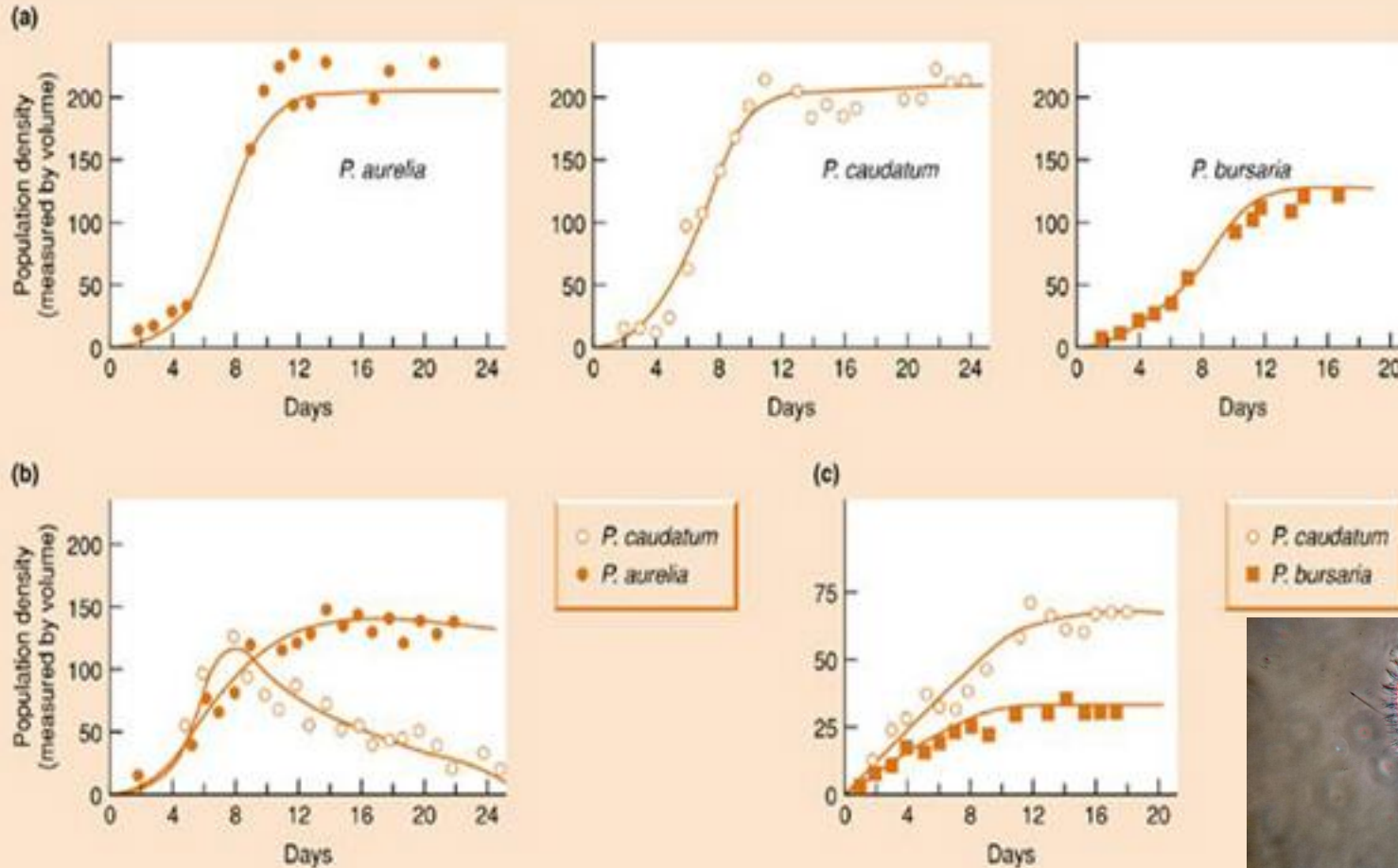
Implications écologiques et évolutives

Ewen Georgelin, Thésard UPMC ([ewen.georgelin@upmc.fr](mailto:ewen.georgelin@upmc.fr))

Grigoris Kylafis, PostDoc Région IdF ([grigoris.kylafis@upmc.fr](mailto:grigoris.kylafis@upmc.fr))

Nicolas Loeuille, Pr UPMC ([nicolas.loeuille@upmc.fr](mailto:nicolas.loeuille@upmc.fr))

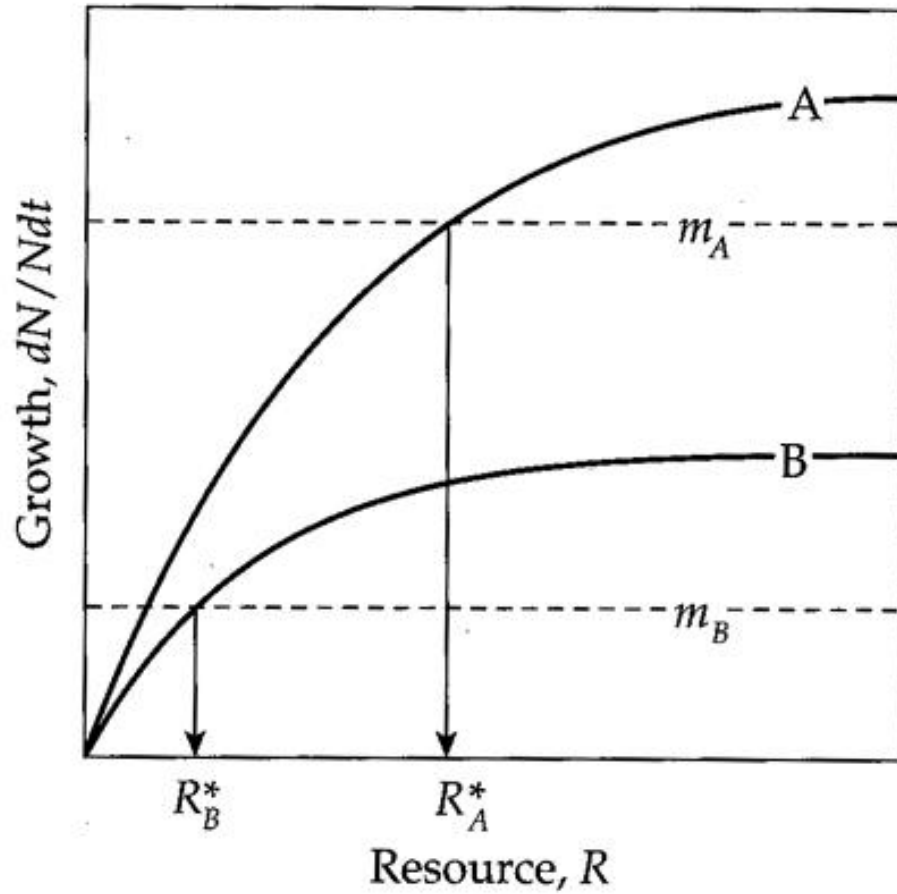
# Importance de la compétition en écologie



Gause 1932



# Un autre exemple plus récent

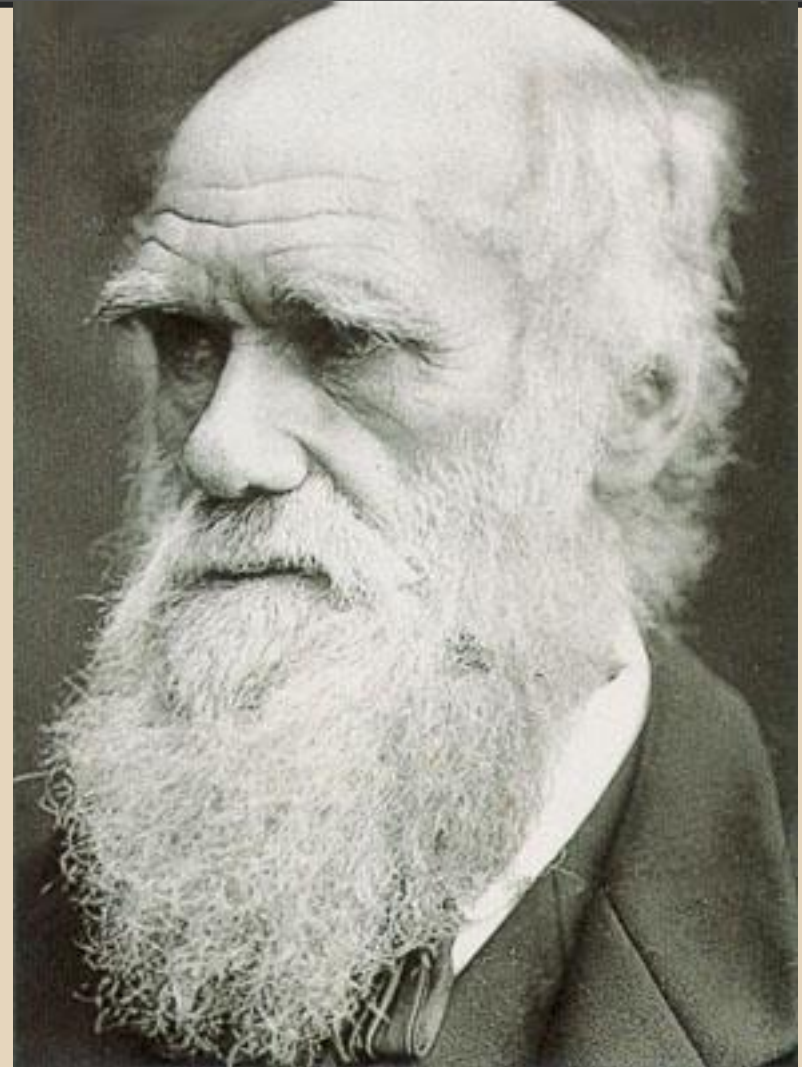


Tilman 1982

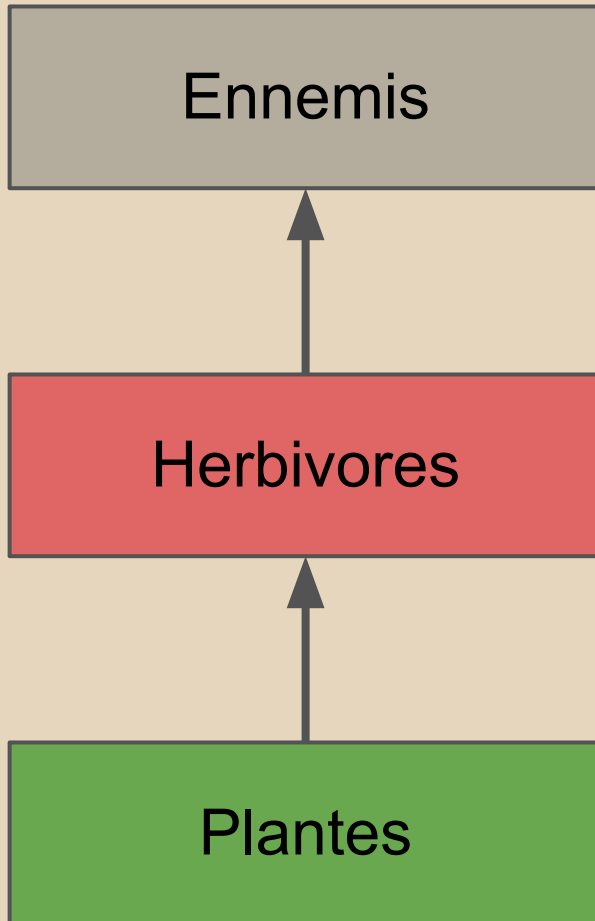
# Importance de la compétition en évolution

“I think it inevitably follows, that as new species in the course of time are formed through natural selection, others will become rarer and rarer, and finally extinct. The forms which stand in **closest competition** with those undergoing modification and improvement will naturally suffer most.”

– Charles Darwin, *The Origin of Species*



# Importance de la prédation en dynamique écologique



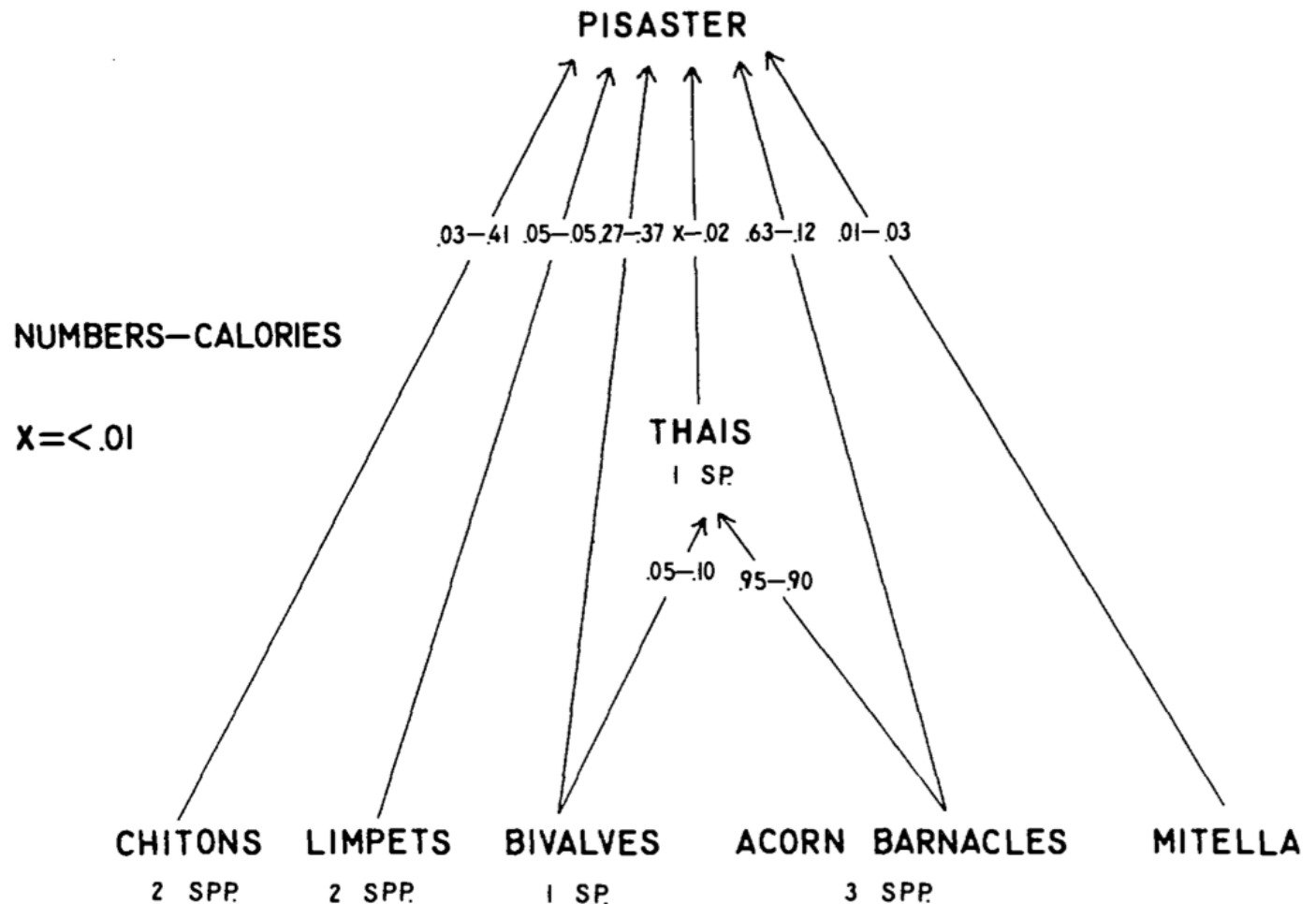
Hairston 1960, Oksanen 1981

1) Le monde est vert

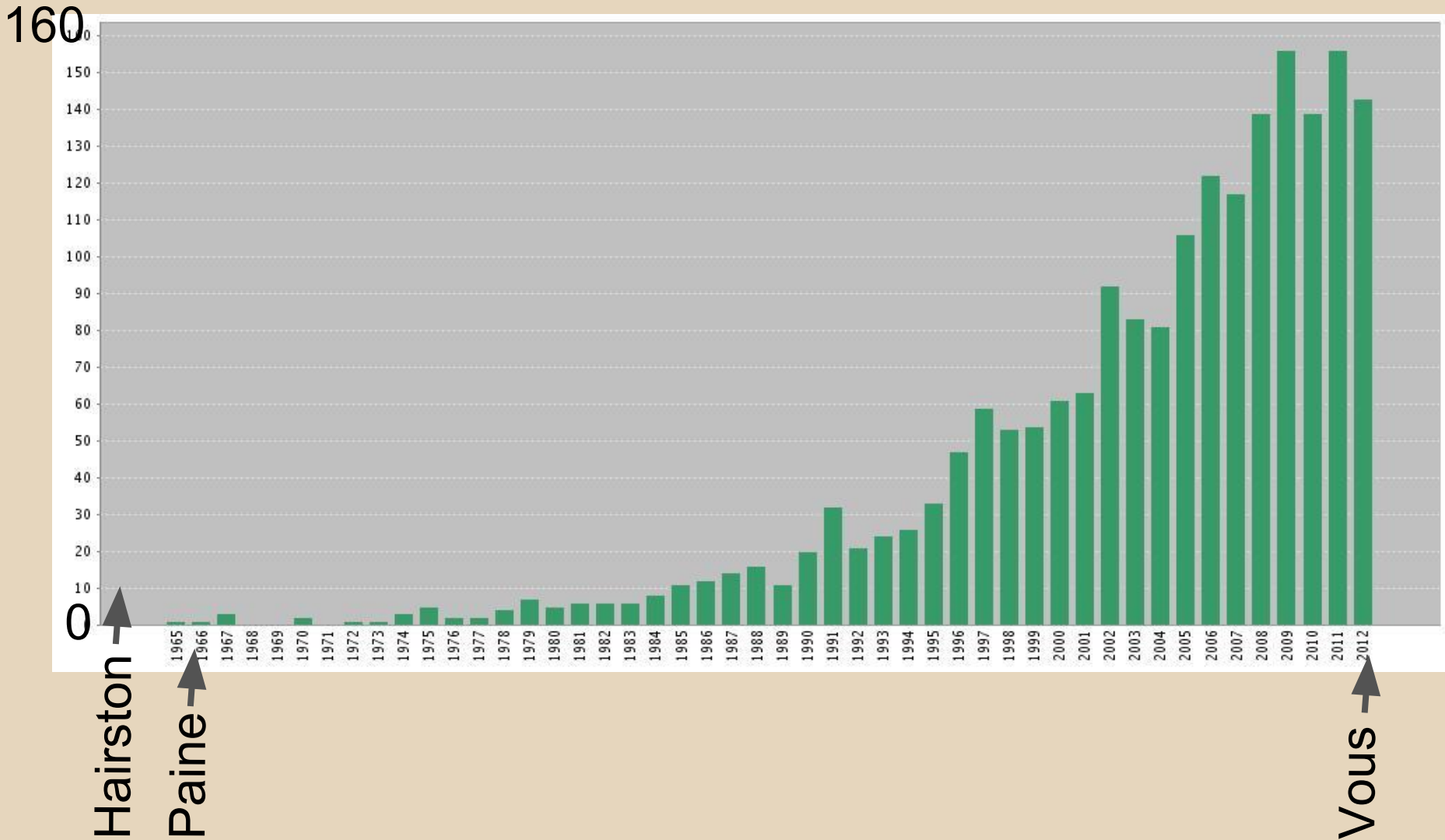
2) Il est vert parce que peu d'herbivores

3) Peu d'herbivores, car beaucoup d'ennemis (prédateurs, pathogènes)

# Importance de la prédation en écologie (Paine 1966)



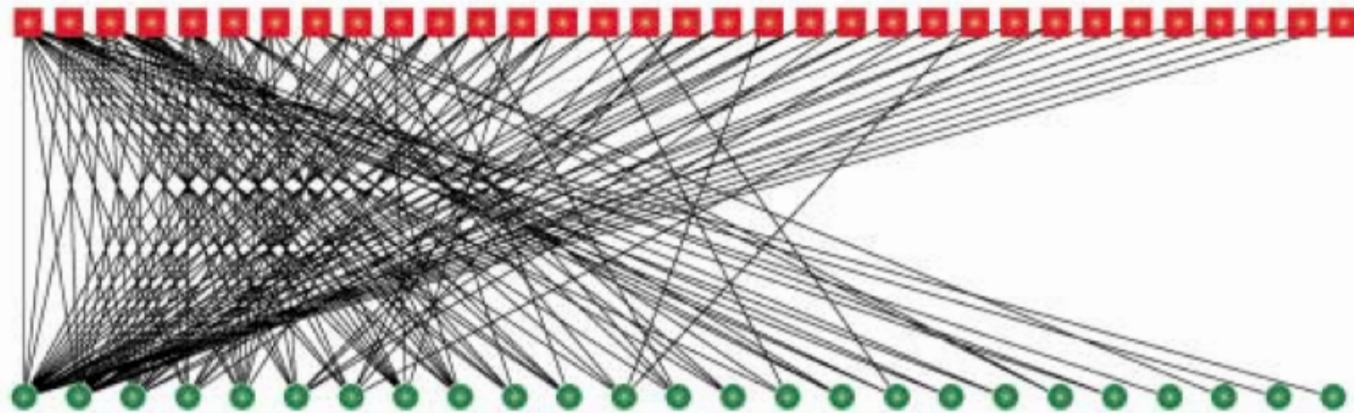
# Développement des approches réseaux trophiques



# Mais aussi réseaux mutualistes



38078



Bascompte et al. 2006



# Un appel récent à considérer plusieurs types d'interactions

Fontaine et al. 2011

## REVIEW AND SYNTHESIS

The ecological and evolutionary implications of merging different types of networks

Kéfi et al. 2012

## IDEA AND PERSPECTIVE

More than a meal... integrating non-feeding interactions into food webs

# Doit-on répondre à ces sirènes?

- 1) Pour une question donnée, il faut garder une complexité minimale (pour les modèles comme pour les expériences)
- 2) Parfois une focalisation sur un seul type d'interaction a permis de comprendre de façon satisfaisante la dynamique du système (ex: cascades trophiques)

# Cas pour lesquels il faut combiner plusieurs types d'interaction

## 1) Dynamique écologique

- analyse de stabilité

- propagation de perturbations (effets indirects)

## 2) Dynamique évolutive

- évolution de défenses

- évolution de signaux

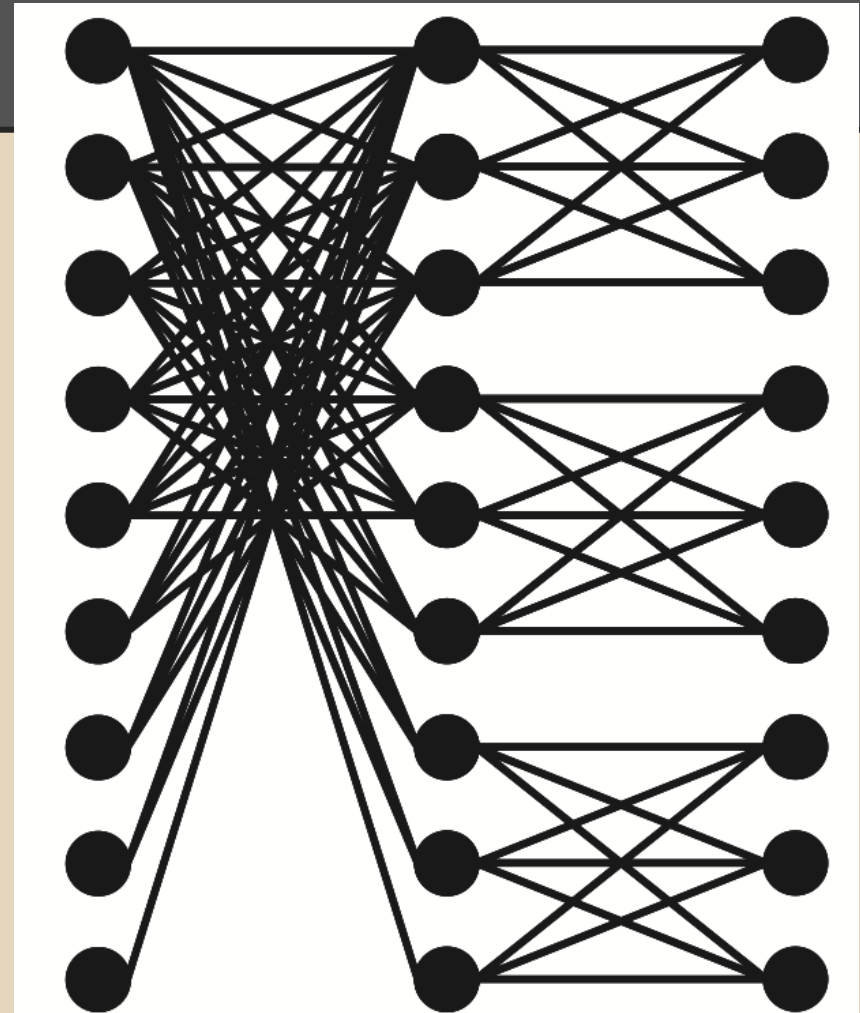
- évolution de la spécialisation

# Dynamique écologique: effets indirects

Asymétrie de structure entre les différents types de réseaux

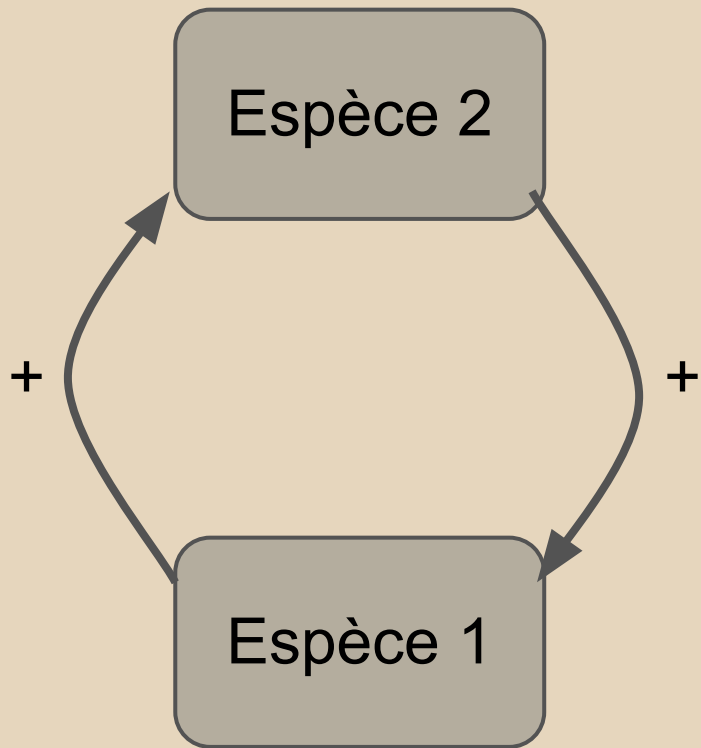
Conséquence pour la propagation des perturbations

Fontaine et al. 2011

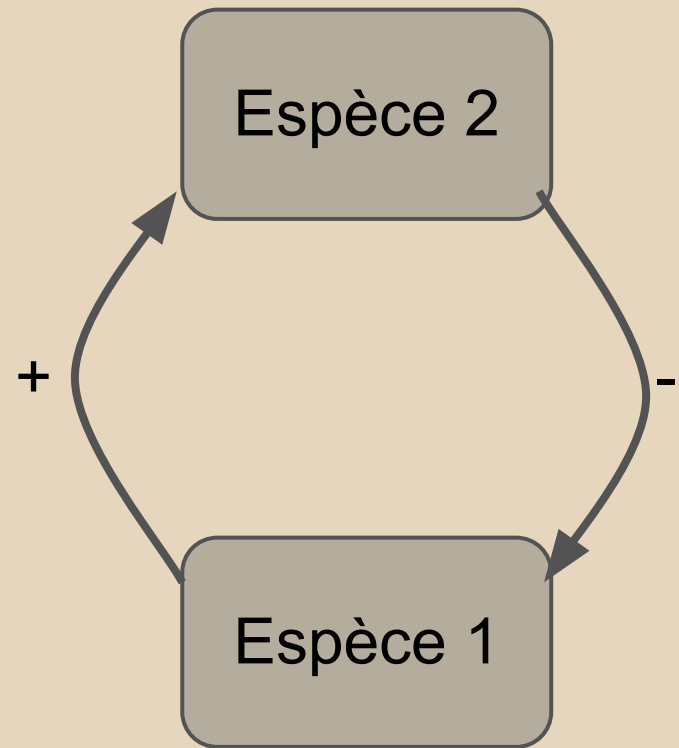


# Dynamique écologique: analyse de stabilité

Différences dans la nature des rétroactions

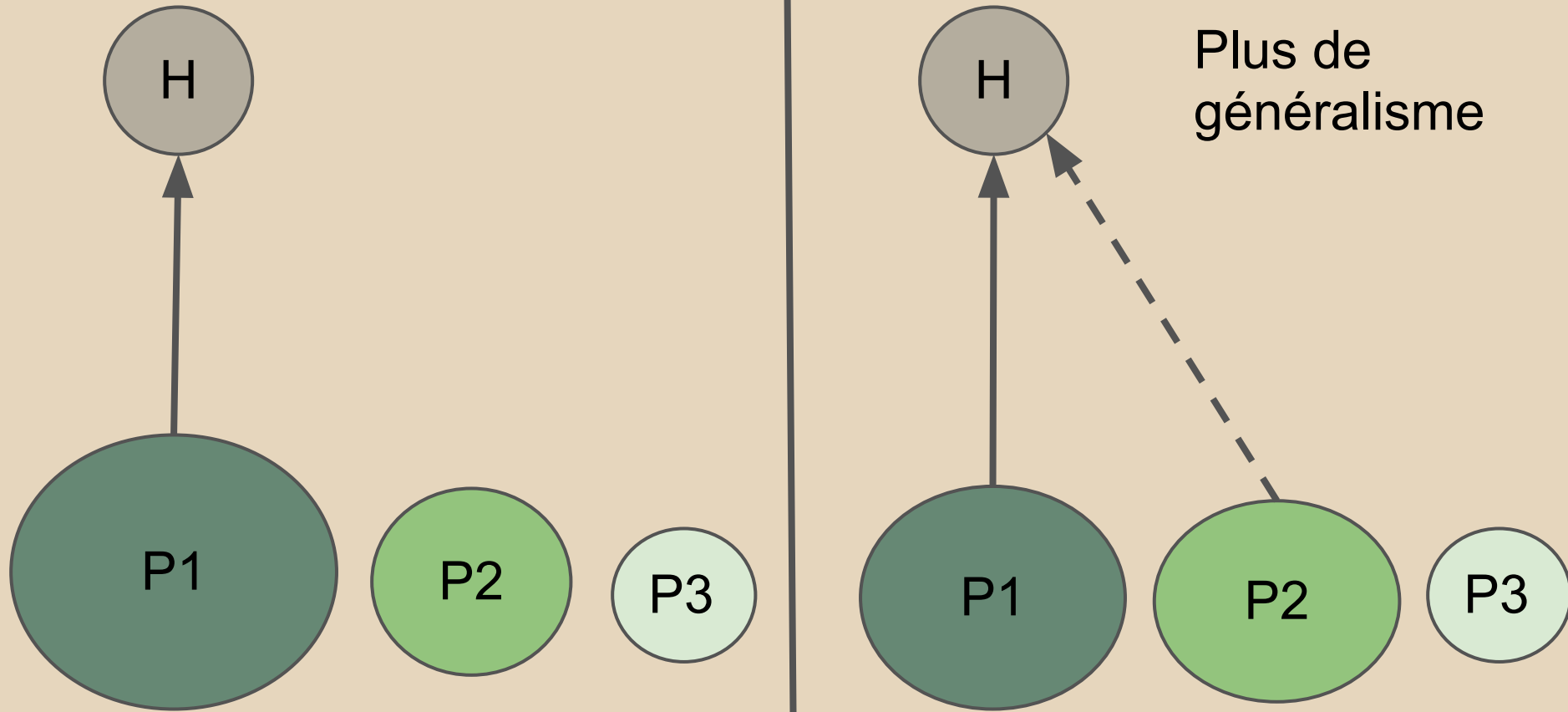


Mutualisme

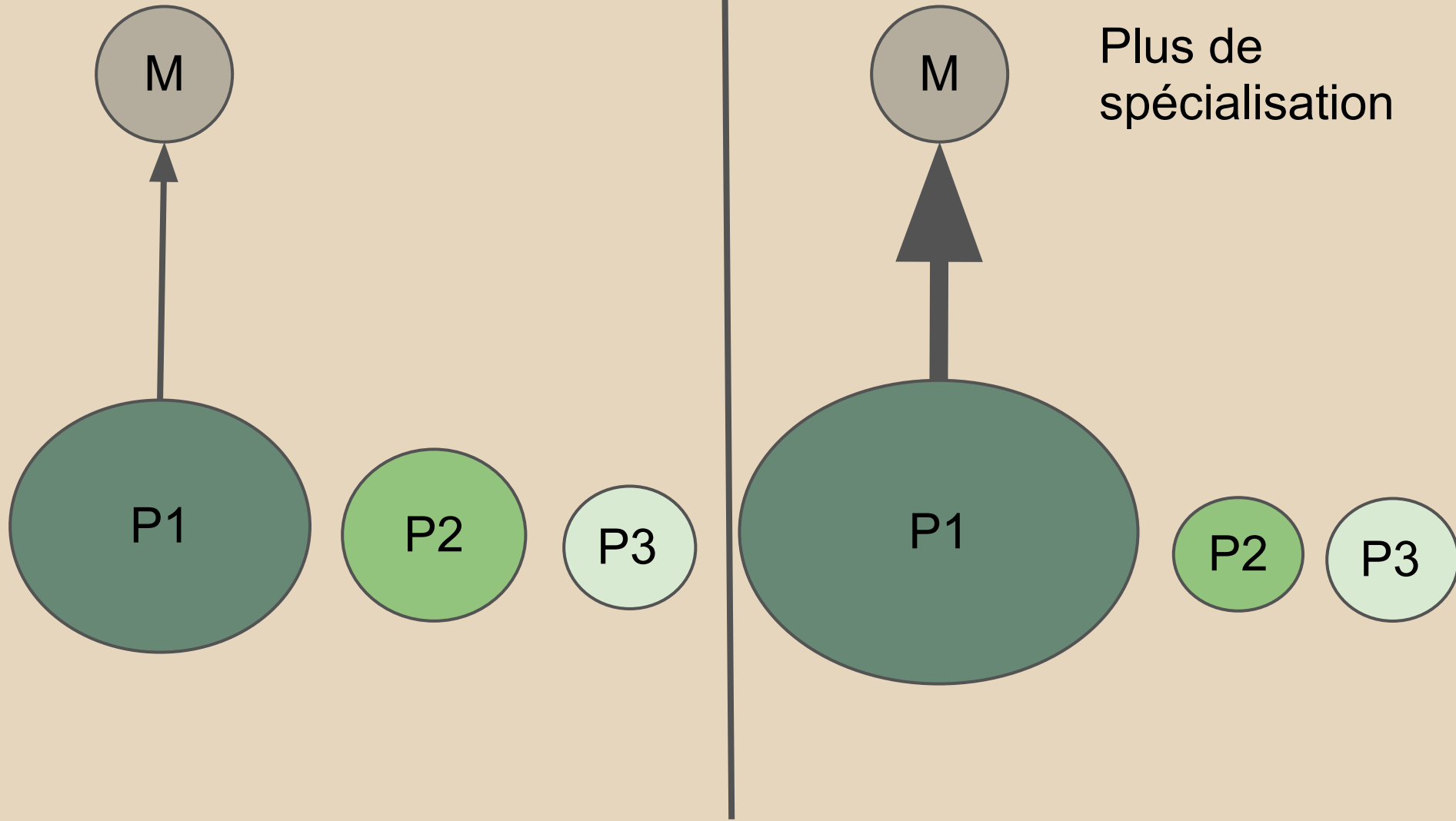


Prédation

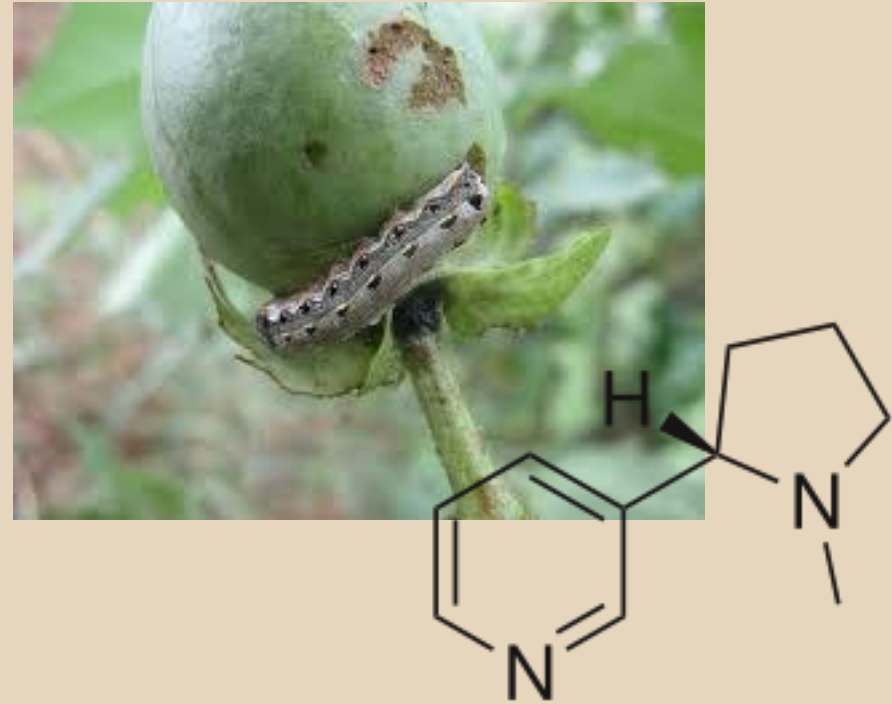
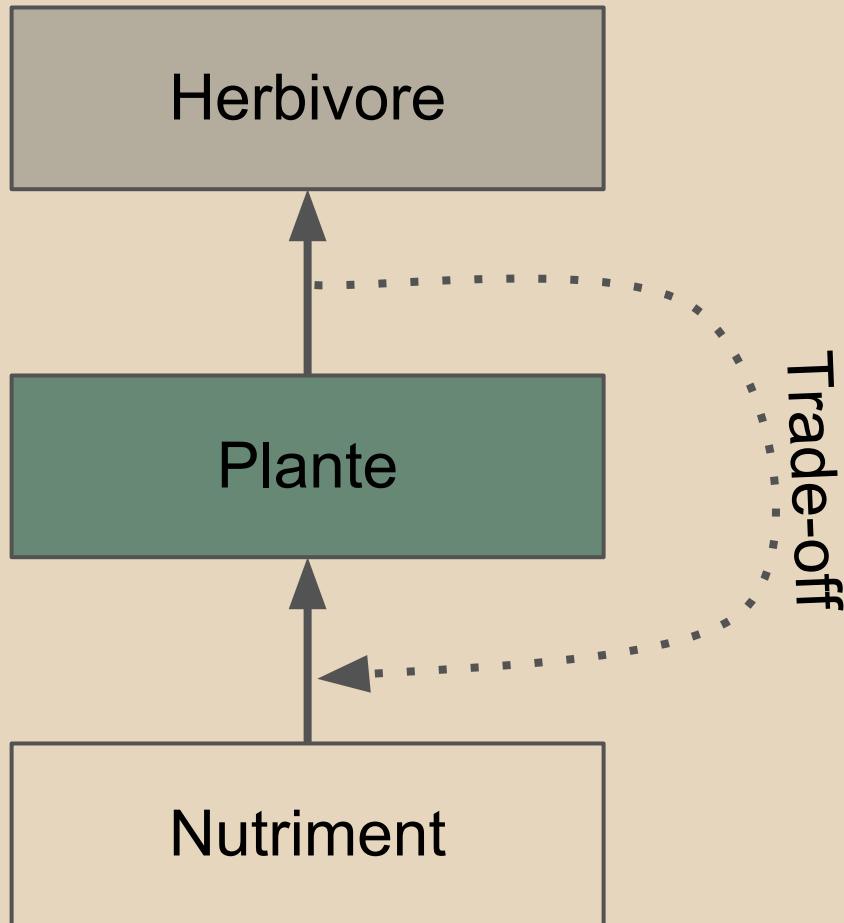
# Dynamique évolutive: évolution de la spécialisation



# Dynamique évolutive: évolution de la spécialisation

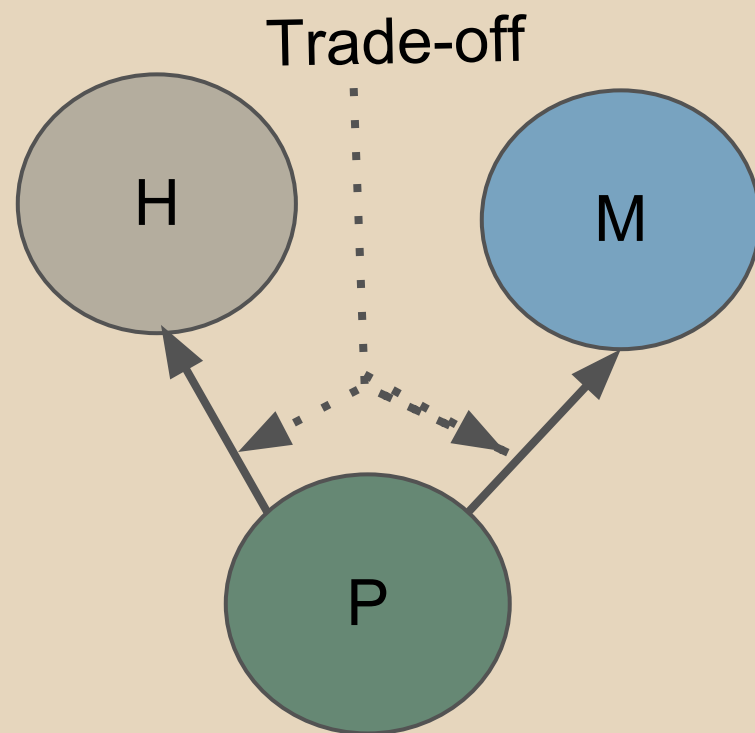
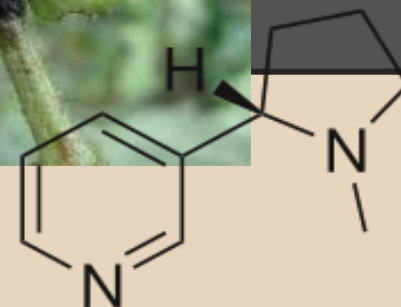
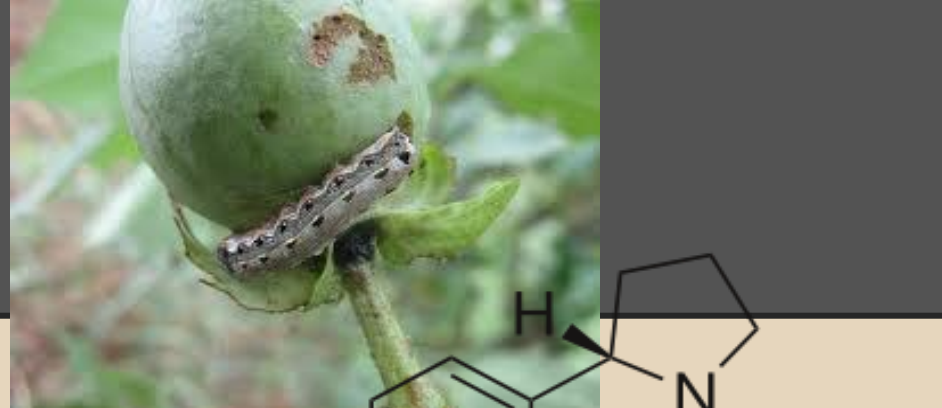
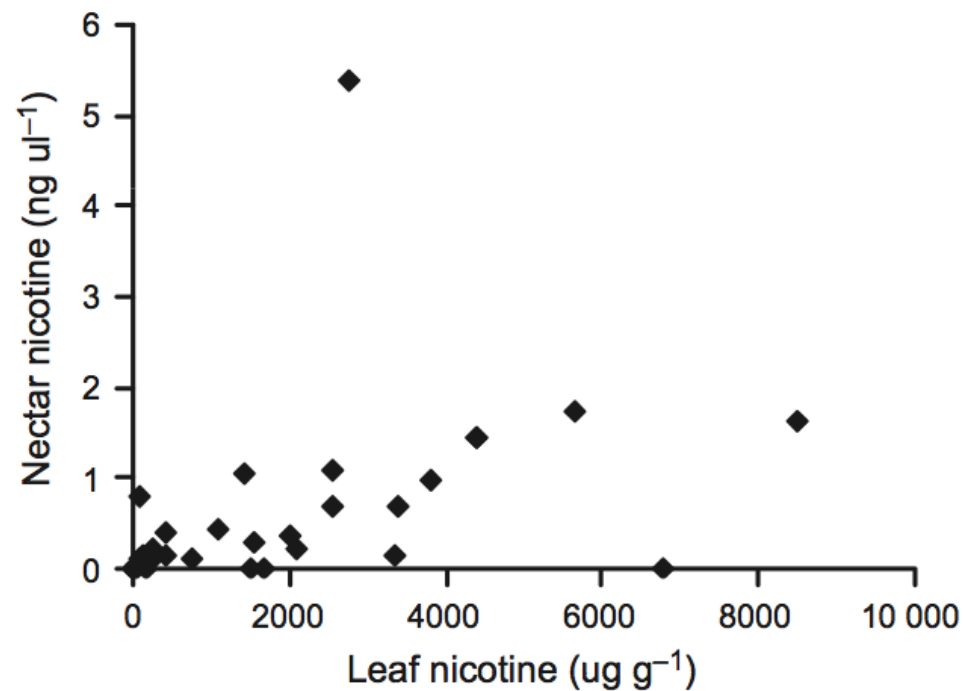
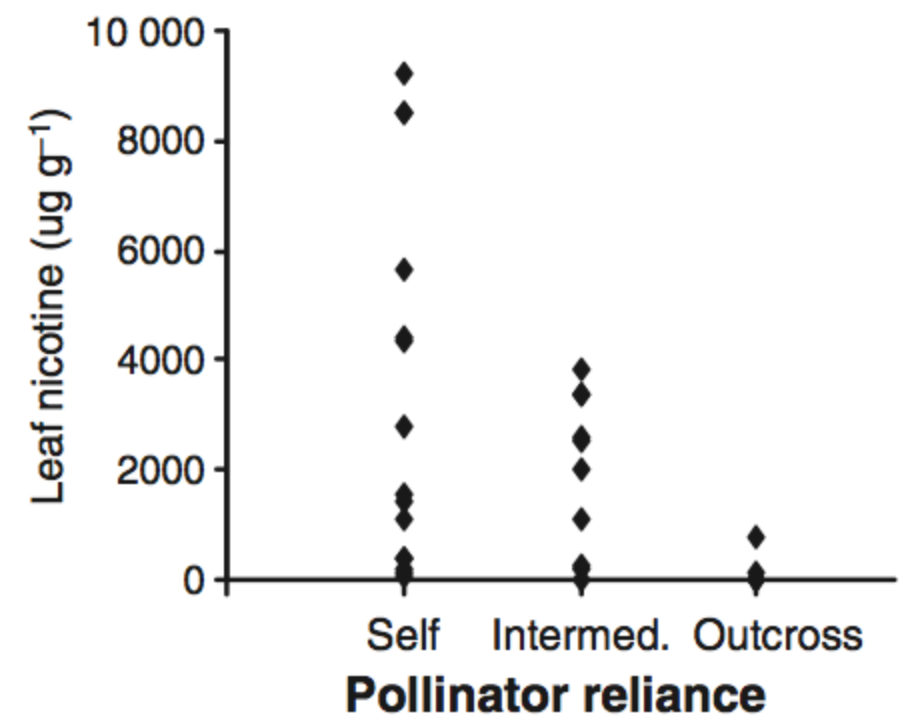


# Dynamique évolutive: évolution des défenses des plantes



ex: Leibold 1996, de Mazancourt & Loreau 2000, Loeuille et al. 2002, Loeuille & Loreau 2004





Adler et al. 2012

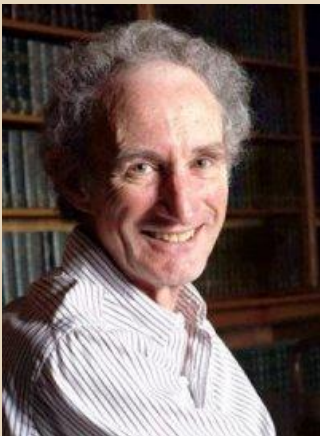
# Plan

1) (Co)évolution herbivore-pollinisateur et résistance aux insecticides (propagation d'effets indirects): Ewen

2) (Co)évolution de la spécialisation en système herbivore-plantes-pollinisateur: Grigoris

3) Evolution et stabilité des communautés écologiques: Nicolas

# Stabilité des communautés écologiques



$$s\sqrt{kC} < 1$$

May 1973

# Une des nombreuses limites possibles

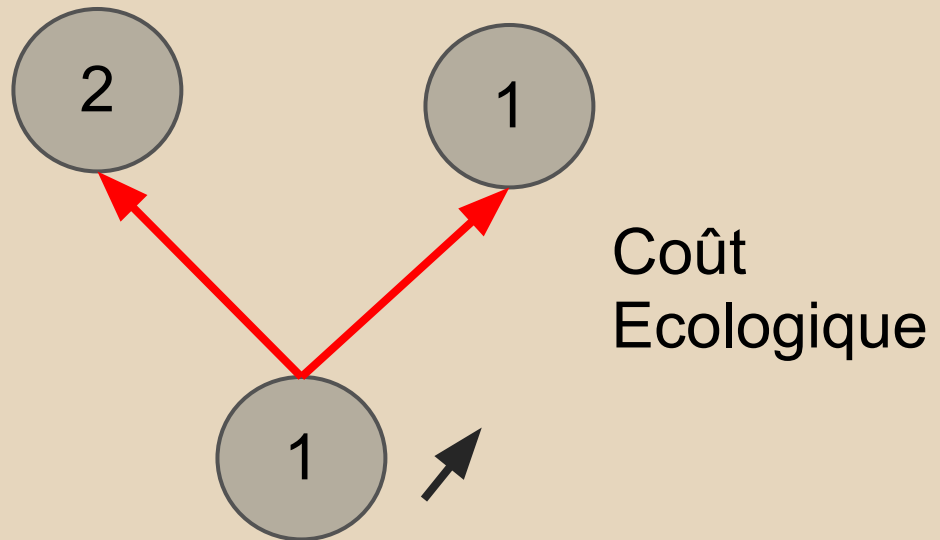
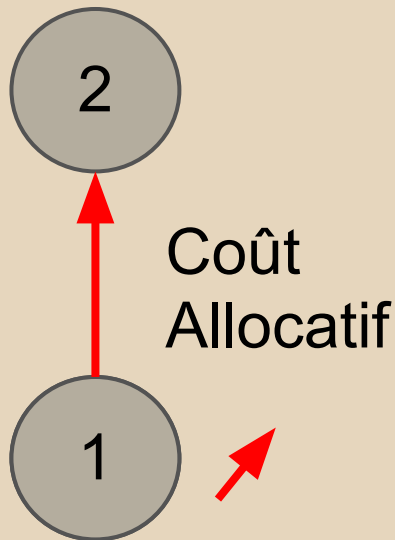
-Les interactions ne sont pas aléatoires, mais déterminées par l'assortiment des espèces et également leur coévolution

-Comment l'évolution change-t-elle la stabilité, selon le type d'interaction en jeu?

-Comment l'évolution change-t-elle la stabilité, selon la diversité?

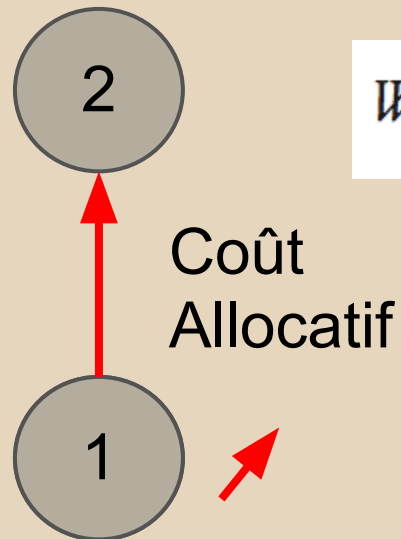
# Etude analytique sur un système simple

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(r_1 + \alpha_{11}N_1 + \alpha_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(r_2 + \alpha_{21}N_1 + \alpha_{22}N_2) \end{cases}$$



# Déterminer la direction de l'évolution

## Méthode des dynamiques adaptatives



$$W(\alpha_{12}^m, \alpha_{12}) = r_1(\alpha_{12}^m) + \alpha_{11} N_1^*(\alpha_{12}) + \alpha_{12}^m N_2^*(\alpha_{12}) \quad (5)$$

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \frac{1}{2} \mu \sigma^2 N_1^*(\mathbf{x}) \left( \frac{\partial W(\mathbf{x}_m, \mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}_m} \right)_{\mathbf{x}_m \rightarrow \mathbf{x}}$$

# Effet de l'évolution sur la résilience du système

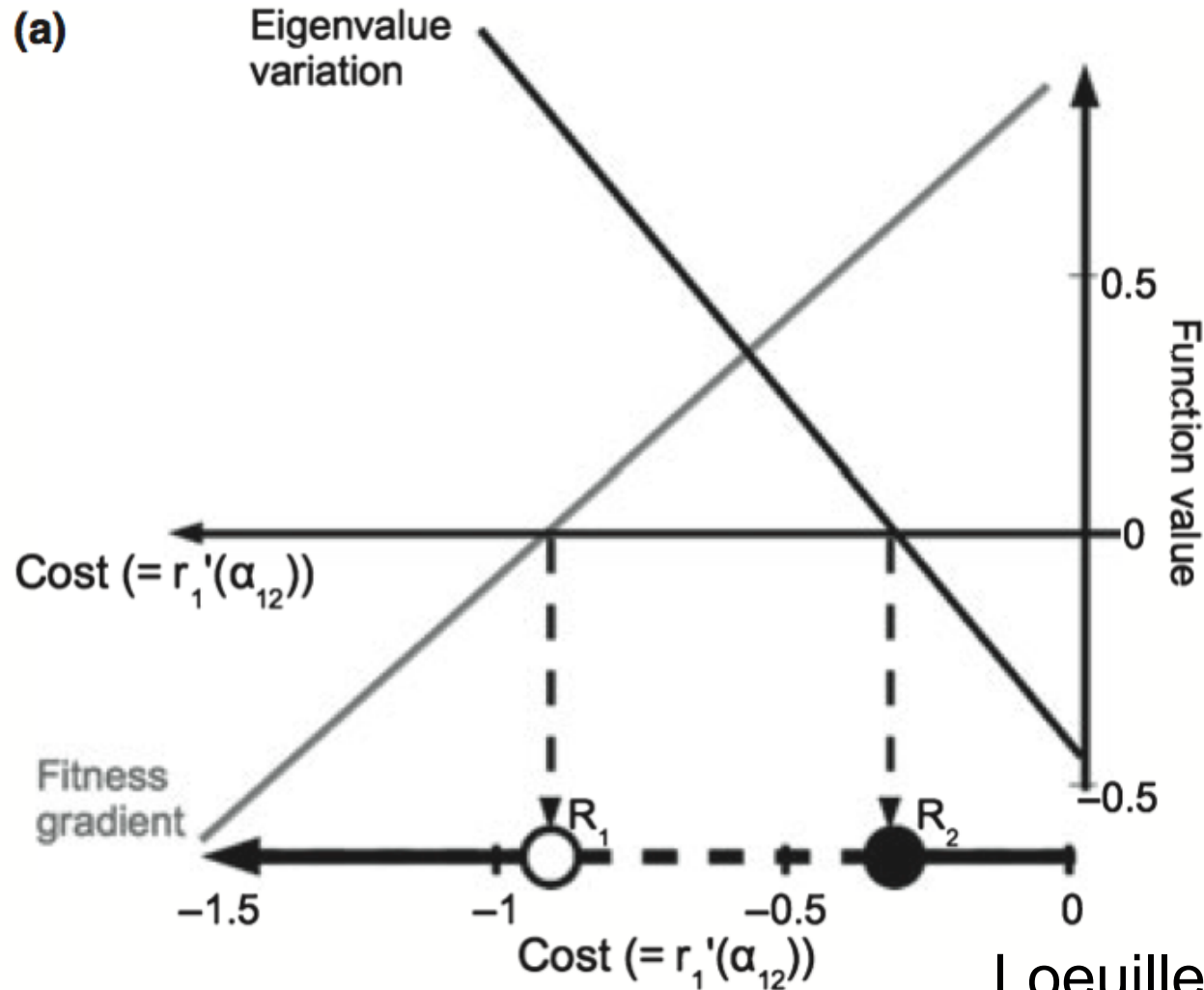
Mesure de la résilience: temps de retour à l'équilibre suite à une perturbation:

$$\tau \sim \frac{1}{-\text{Re}\lambda}$$

Effet de l'évolution:

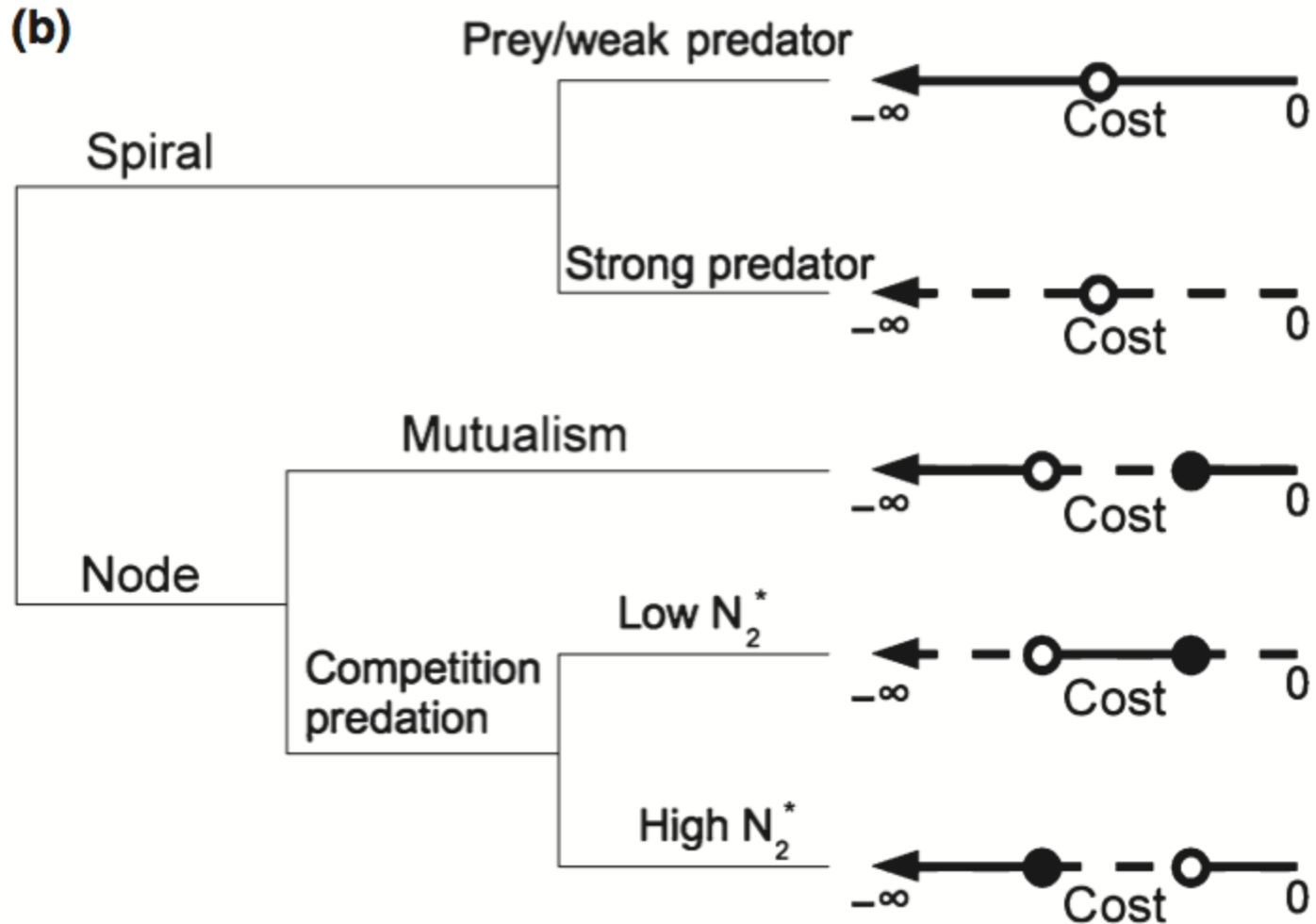
$$\frac{d\text{Re}\lambda(x(t))}{dt} = \frac{\partial \text{Re}\lambda}{\partial x} \frac{dx}{dt} \propto \frac{\partial \text{Re}\lambda}{\partial x} \left( \frac{\partial W(x_m, x)}{\partial x_m} \right)_{x_m \rightarrow x}$$

# Example d'une mutation affectant une interaction mutualiste





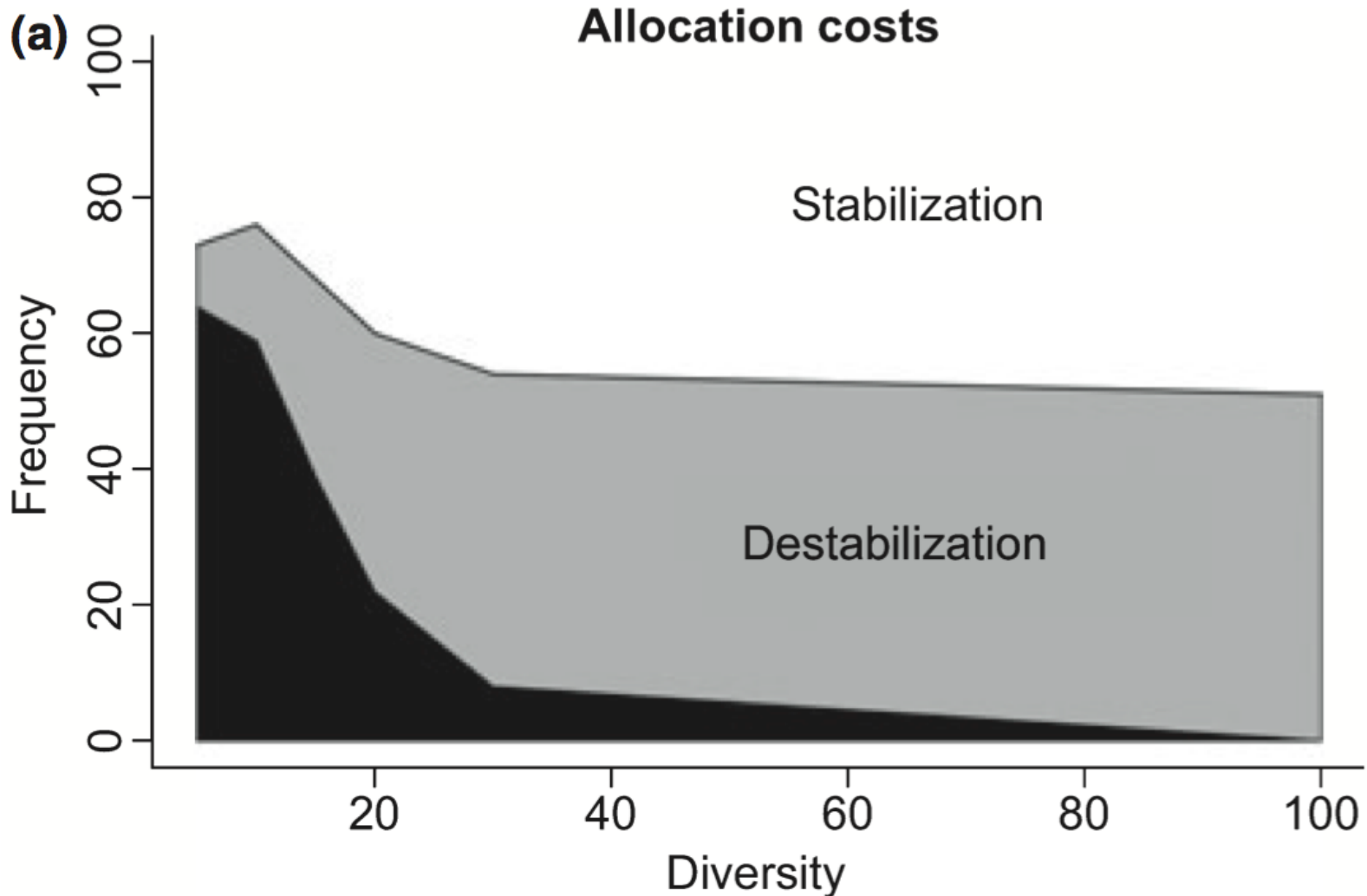
# Comment cet effet dépend du type d'interaction



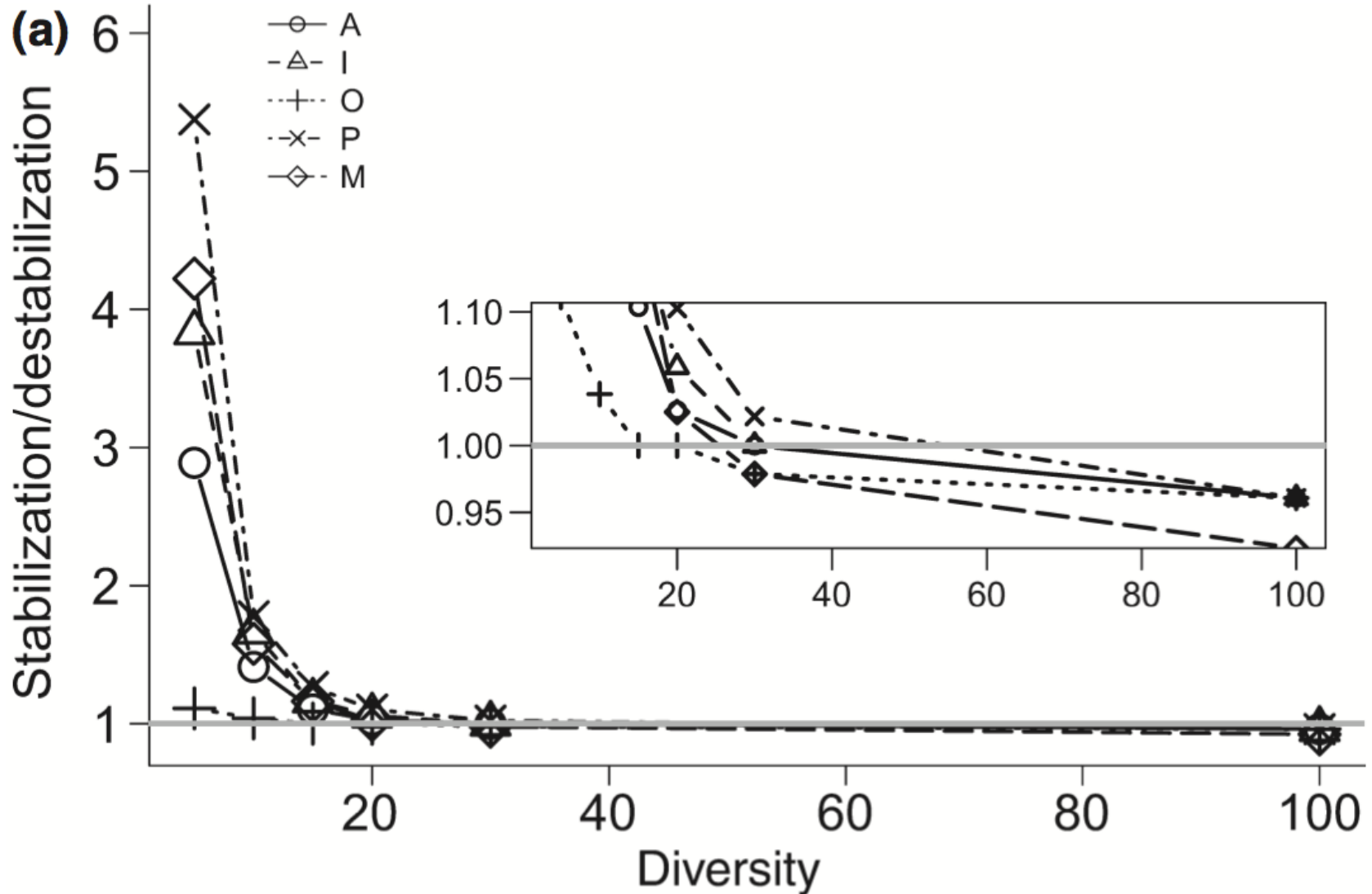
# Effet de l'évolution dans des communautés complexes

- On considère des communautés aléatoires, qui ont tout type d'interactions, comme dans May 1972
- On regarde la résilience du système avant et après l'invasion par un mutant sélectionné
- L'effet de l'évolution permet-il de stabiliser les communautés complexes?

# Effet global de l'évolution sur la résilience



# Effet global de l'évolution sur la résilience



# Conclusion

- 1) A faible diversité, l'effet de l'évolution est positif pour la stabilité de la communauté
- 2) Encore plus vrai quand cette évolution affecte les interactions trophiques
- 3) Cet effet stabilisateur s'érode à forte diversité. L'effet devient déstabilisant. Les résultats de May sont renforcés.