



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes

Réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs et efficacité de la pollinisation

Emmanuelle PORCHER



Photos : Didier51 - Spipoll

Résumé du cours 2

- ❑ Coévolution entre plantes et pollinisateurs pouvant aboutir à une forte spécialisation
- ❑ Mais vision simplifiée du fonctionnement des systèmes naturels

Angraecum sesquipedale



Xanthopan morgani praedicta



La réalité des systèmes naturels



Construction d'un réseau d'interactions

- ❑ Le plus simple : un réseau de visites
- ❑ Exemple à partir du SPIPoll

SPIPoll



1 JE CHOISIS UNE PLANTE EN FLEUR



2 JE PHOTOGRAPHE TOUS LES INSECTES SE POSANT SUR SES FLEURS



3 CHEZ MOI, JE TRIE ET RECADRE MES PHOTOS



4 J'IDENTIFIE LES INSECTES



5 JE POSTE MES PHOTOS SUR LE SITE



6 JE COMMENTE ET PARTICIPE À LA VALIDATION DES IDENTIFICATIONS

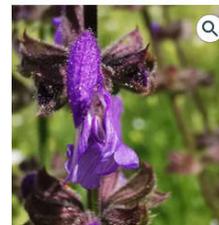


LA PLANTE

SAUGE DES PRÈS

Salvia pratensis

Plante spontanée



Une fleur en gros plan



La plante en entier



Une feuille en gros plan

Le lieu

Type(s) d'habitat : Prairie

Localisation: Uvernet-Fours (Alpes-de-Haute-Provence, Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Proche d'une grande culture en fleur : Non

Proche ruche : Non renseigné

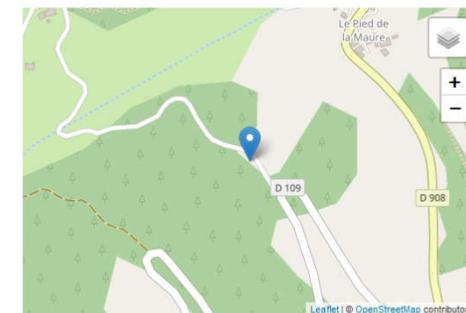
Les conditions d'observation

Ciel : 75-100%

Température : 20-30°C

Fleur à l'ombre : Non

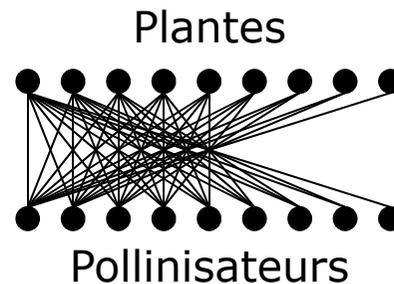
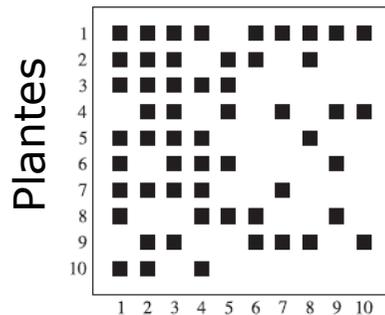
Vent : Nul



Obtention d'un réseau d'interactions

- Réseau dit « biparti » :
Deux groupes distincts
 - On ne considère que les interactions entre deux espèces appartenant chacune à un groupe

Pollinisateurs

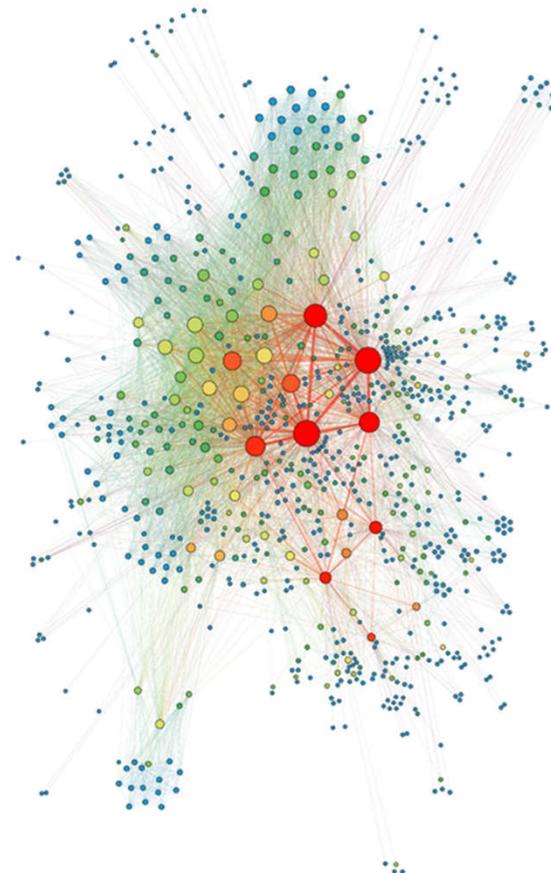


- Autres façons de reconstituer des réseaux
 - Réseaux de transport



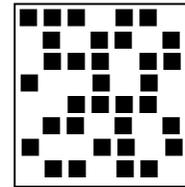
USGS Bee Inventory and Monitoring Lab

- (Réseaux multipartis)
 - Réseaux alimentaires
 - Réseaux sociaux

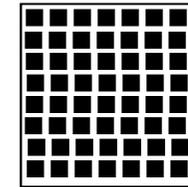


Etude des réseaux d'interactions

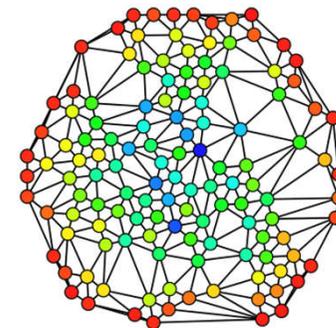
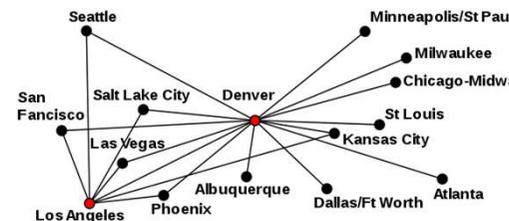
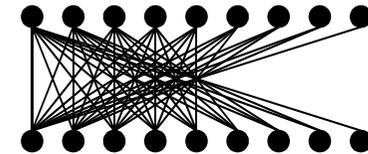
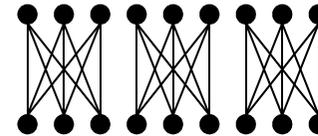
- Les propriétés du réseau ne peuvent pas être comprises en étudiant les interactions deux à deux
- Caractéristiques du réseau
 - Taille
 - Connectance
 - Longueur moyenne du chemin le plus court
 - Emboîtement
 - Modularité
 - ...
- Caractéristique des espèces
 - Degré (\Leftrightarrow « hub »)
 - Centralité
 - ...
- Conséquences sur la robustesse des réseaux



$$C = 33/64 = 0.52$$

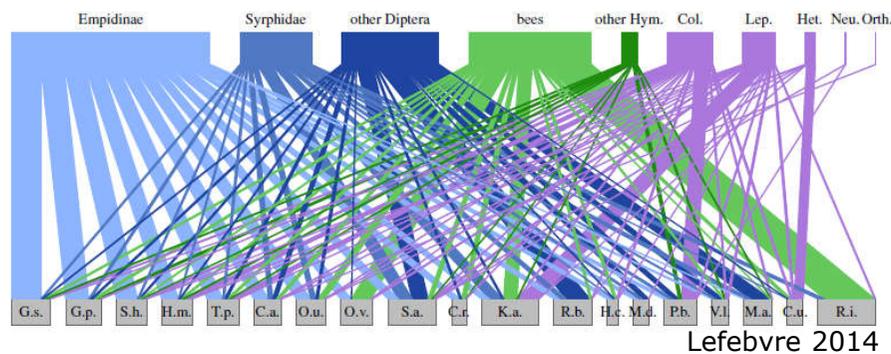


$$C = 64/64 = 1$$

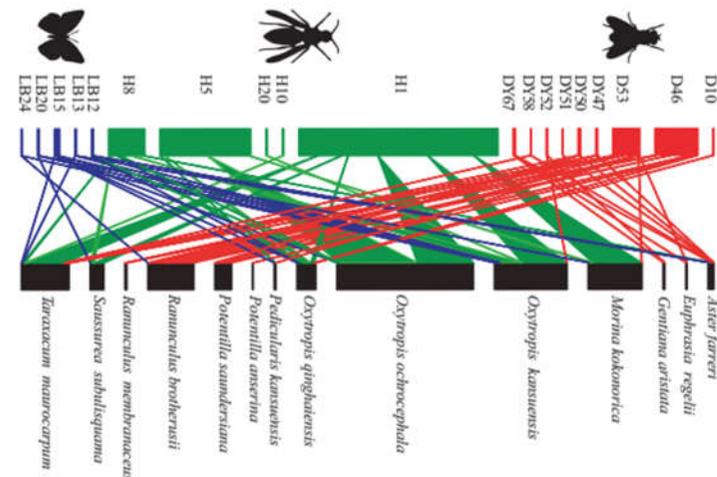
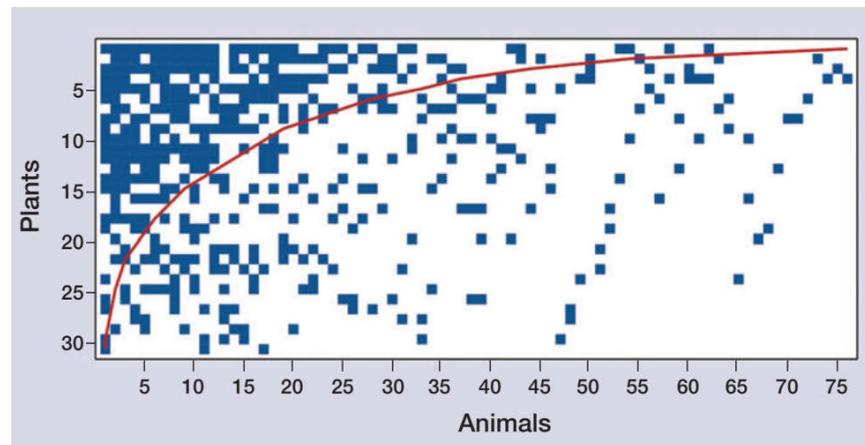
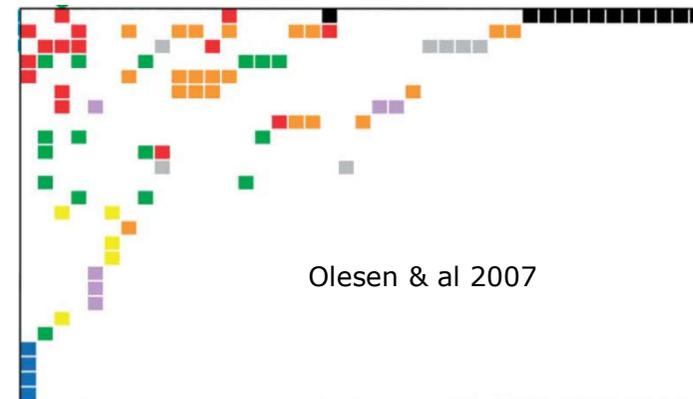


Que nous apprennent ces réseaux sur les interactions plantes/pollinisateurs ?

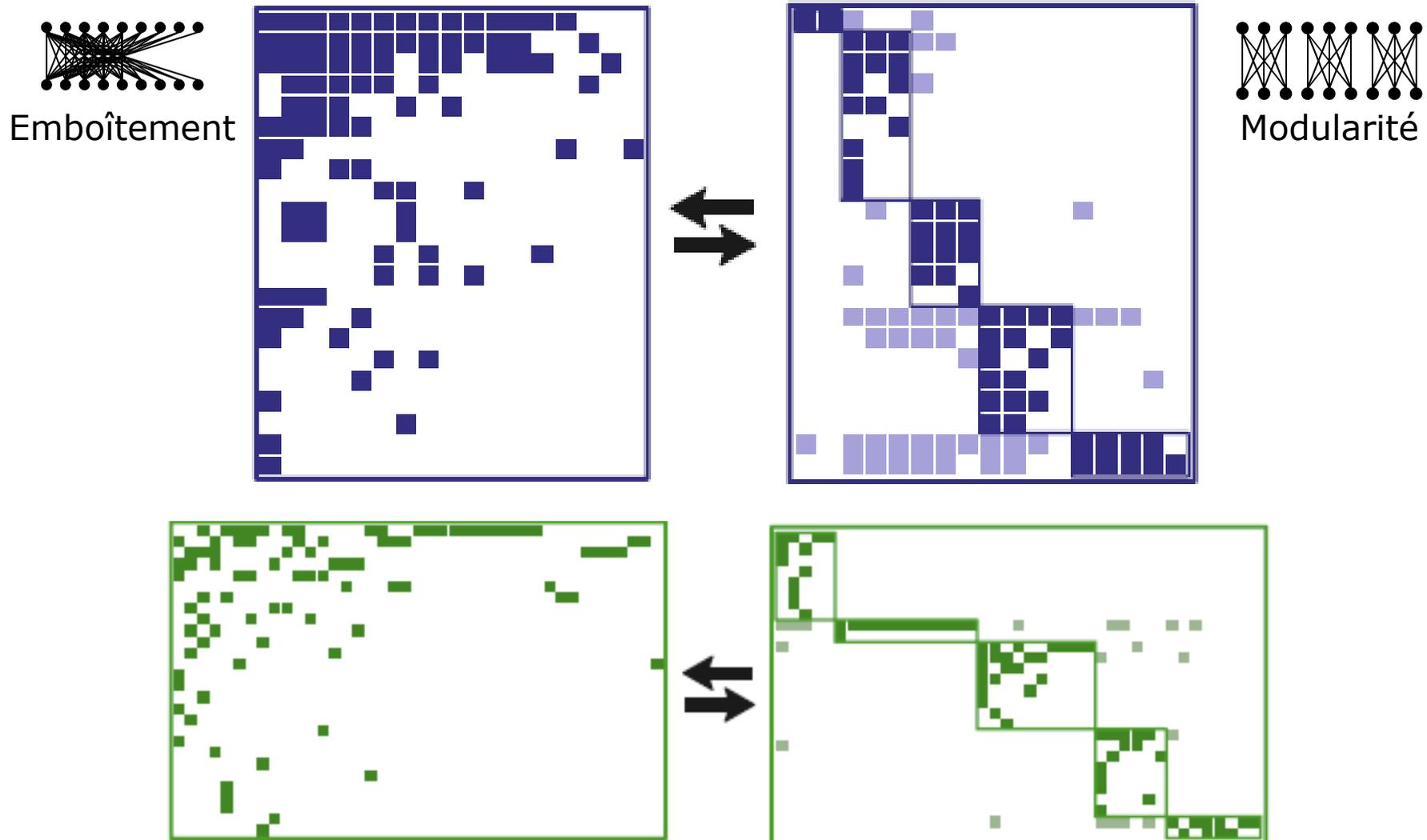
- Grande diversité de partenaires



- Réseaux très généralistes



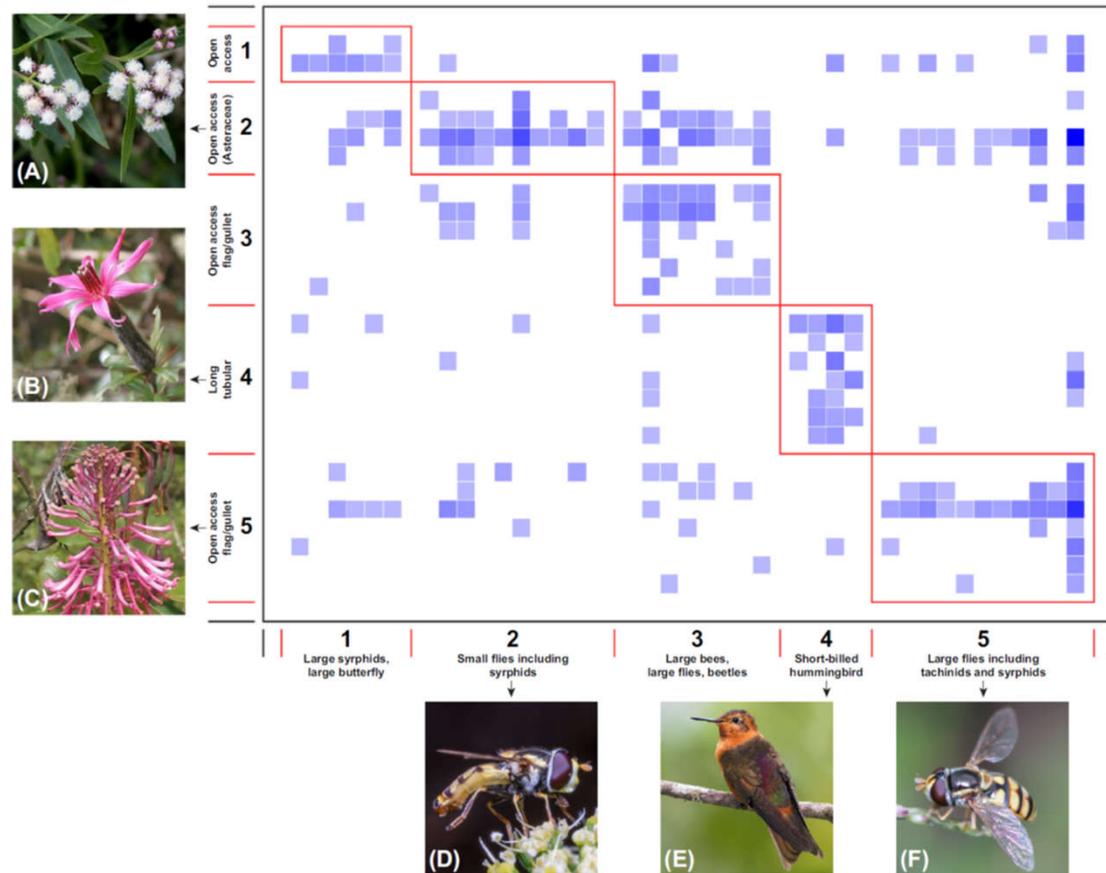
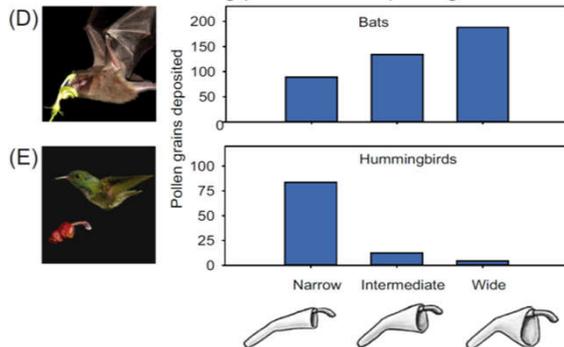
Des réseaux plantes/pollinisateurs emboîtés et modulaires



Des interactions façonnées par les caractéristiques des espèces

□ Phénologie, morphologie, physiologie / capacités sensorielles...

- Modules d'espèces avec des caractéristiques semblables et compatibles entre plantes et pollinisateurs
- Unités de coévolution

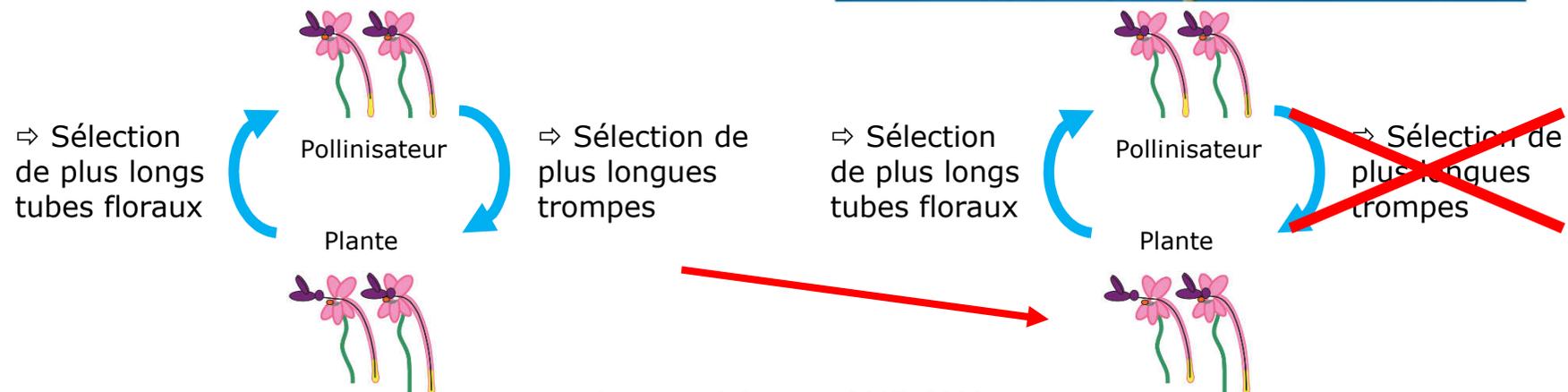


Des pressions de sélection plus diffuses et indirectes

- Mouche *Prosoeca ganglbaueri* et plante *Zaluzianskya microsiphon*



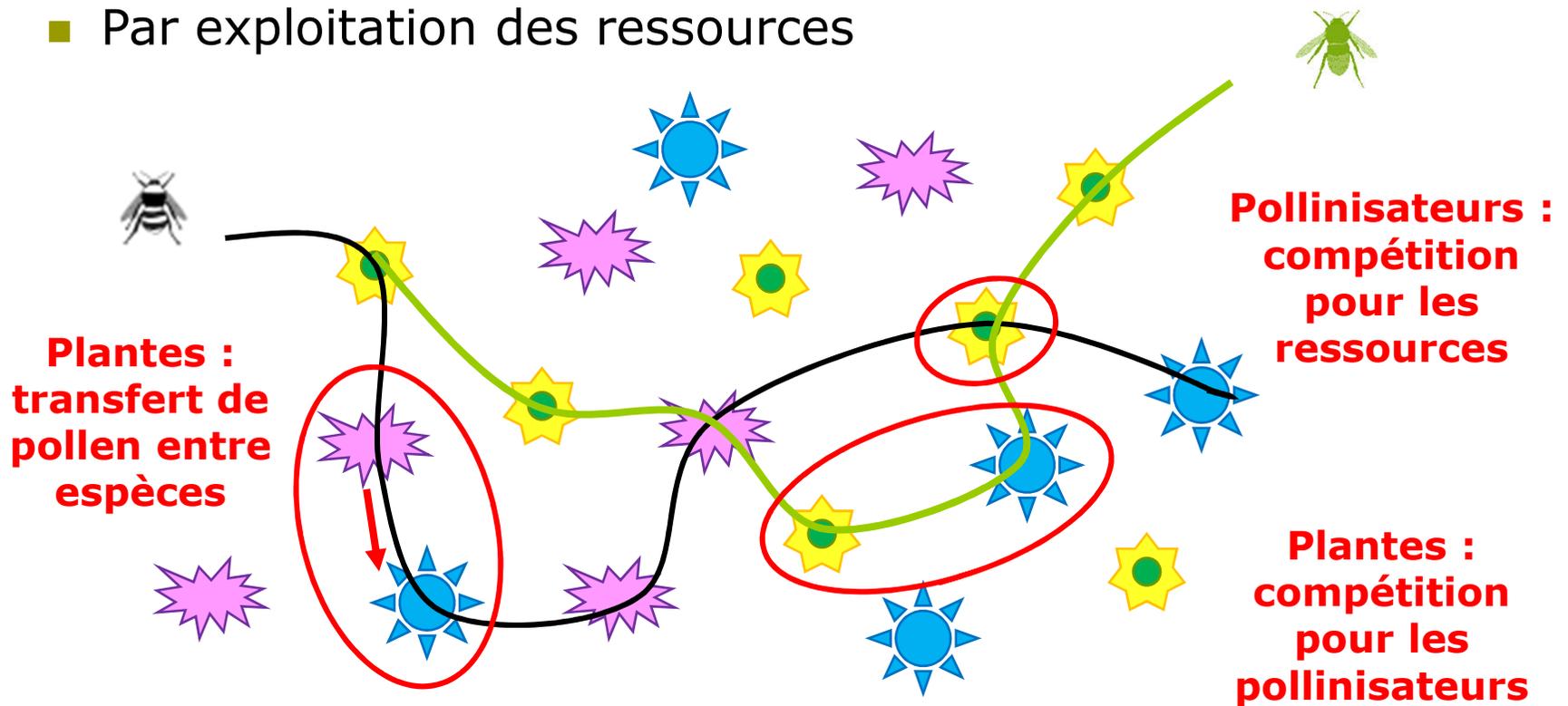
- Orchidée *Disa nivea*
 - Ne produisant pas de nectar
 - Rare



Quelles conséquences de la diversité et du généralisme ?

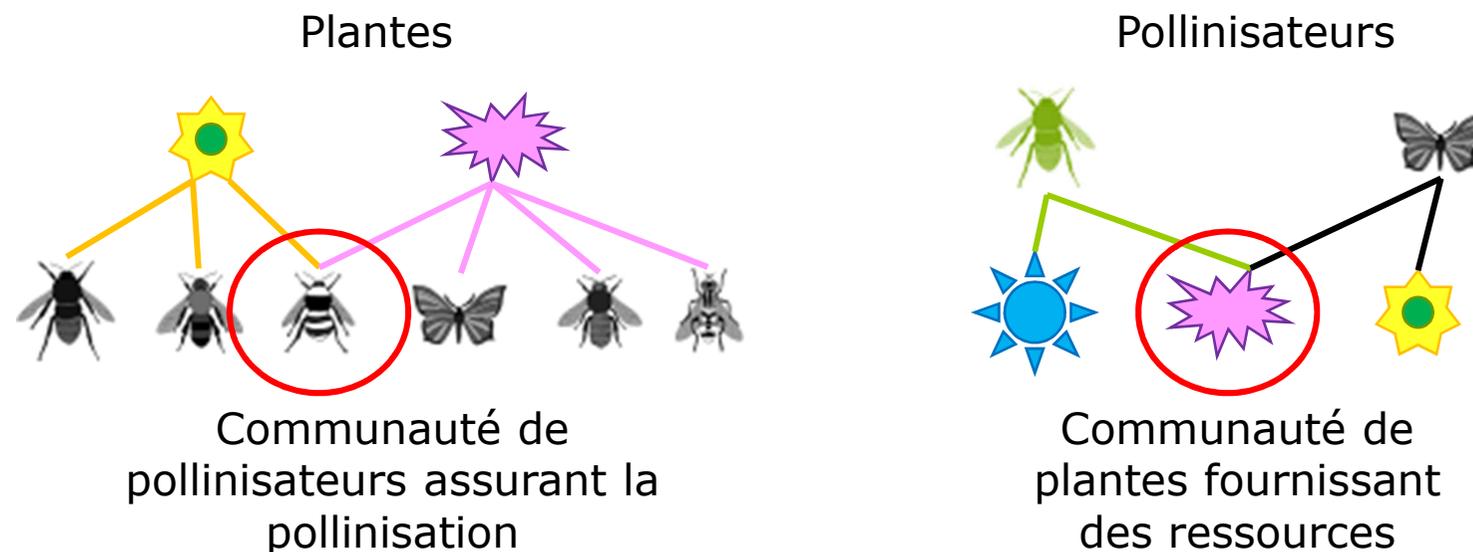
□ Compétition entre espèces

- Interaction dans laquelle la valeur sélective de chaque espèce décroît avec l'abondance de l'autre espèce
- Par exploitation des ressources



Notion de niche écologique

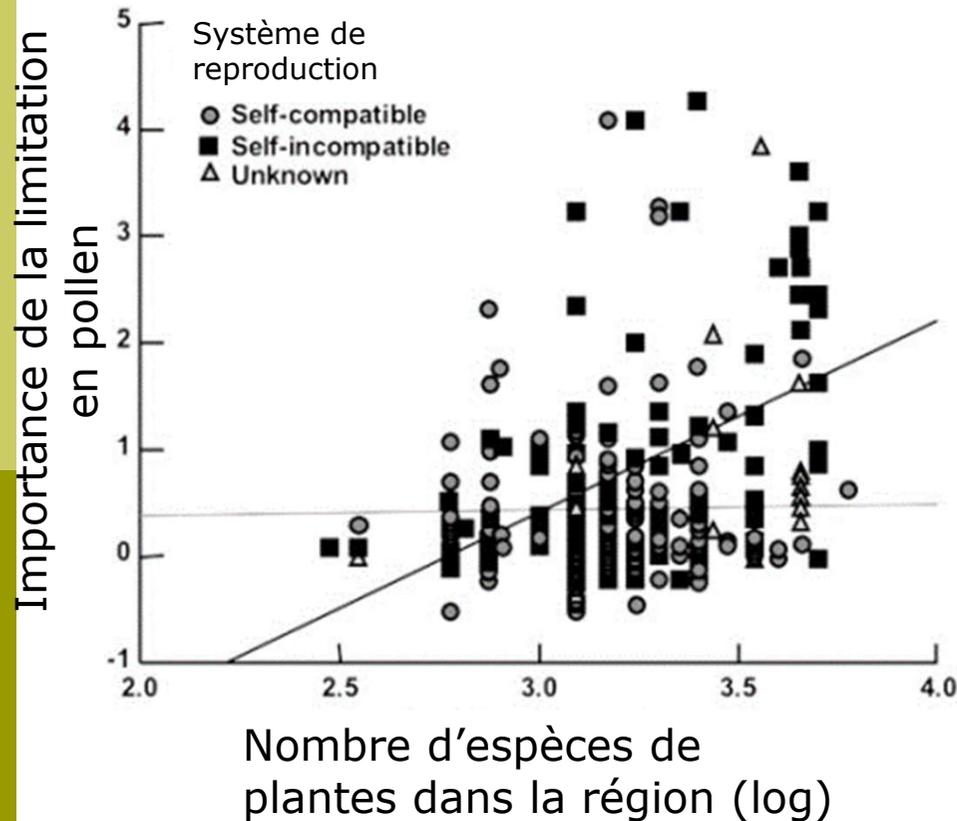
- Ensemble des conditions permettant la croissance, la survie et la reproduction des individus d'une espèce
- Niche de pollinisation



- Si chevauchement de niche → **Compétition**

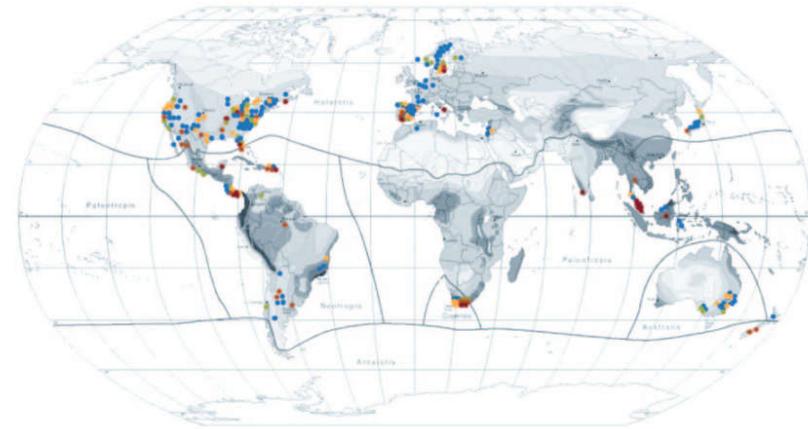
La diversité des plantes augmente la limitation en pollen

Etude mondiale



Mécanismes possibles

- Compétition pour les pollinisateurs
- Transfert de pollen entre espèces



- Pourrait être dû à un déclin récent des pollinisateurs dans les points chauds de biodiversité ?

Compétition pour les pollinisateurs

- « Dilution » des pollinisateurs
 - Effet de la présence de champs de colza dans le paysage sur la reproduction d'une espèce sauvage



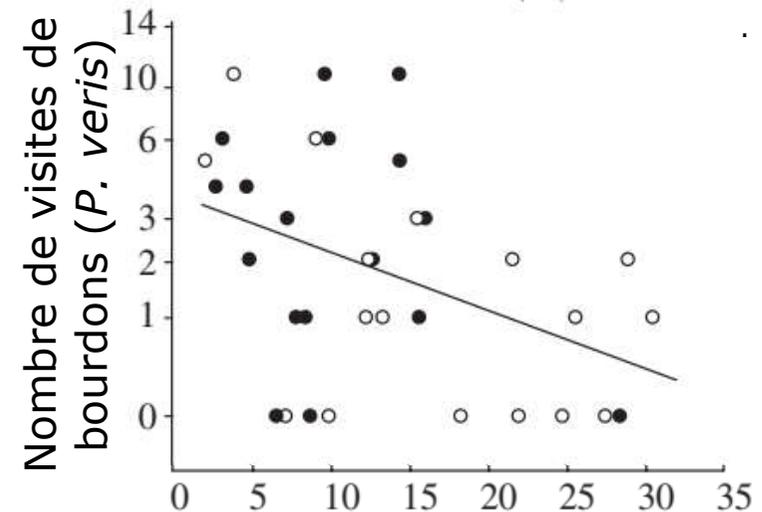
Philip Halling

Colza
Brassica napus

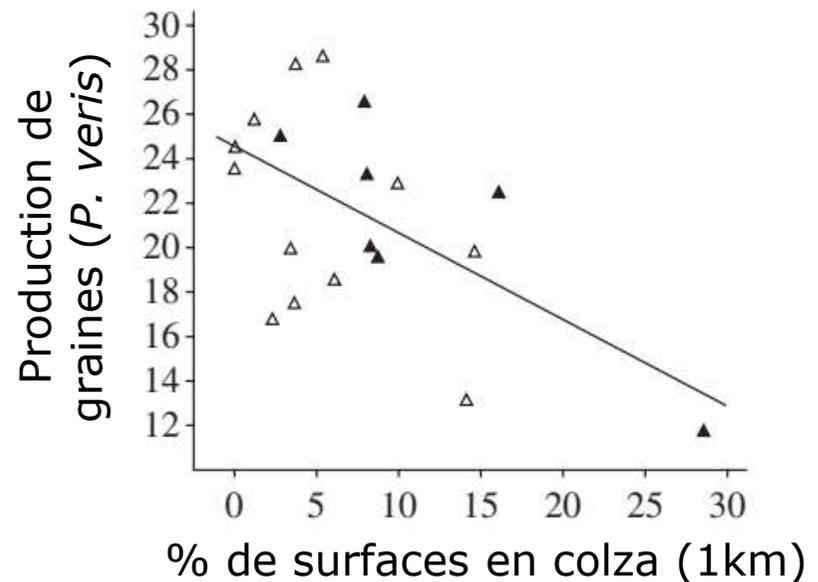


Krzysztof Ziarnek

Primevère officinale
Primula veris



. 2011



Mais parfois facilitation

- Notamment entre espèces proches



Joe Decruyenaere
Clarkia xantiana



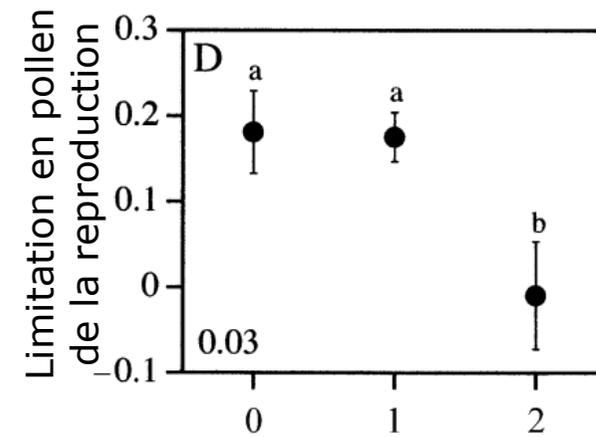
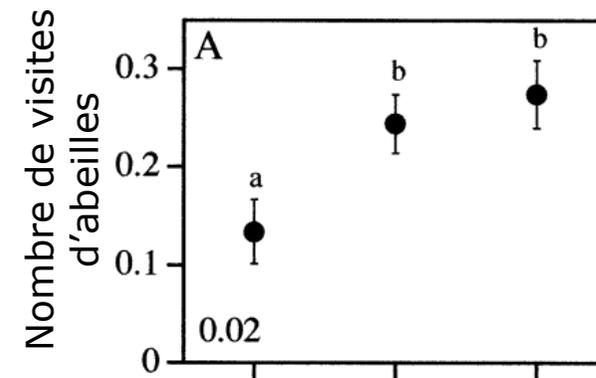
C. cylindrica



Alan Schmierer
C. speciosa

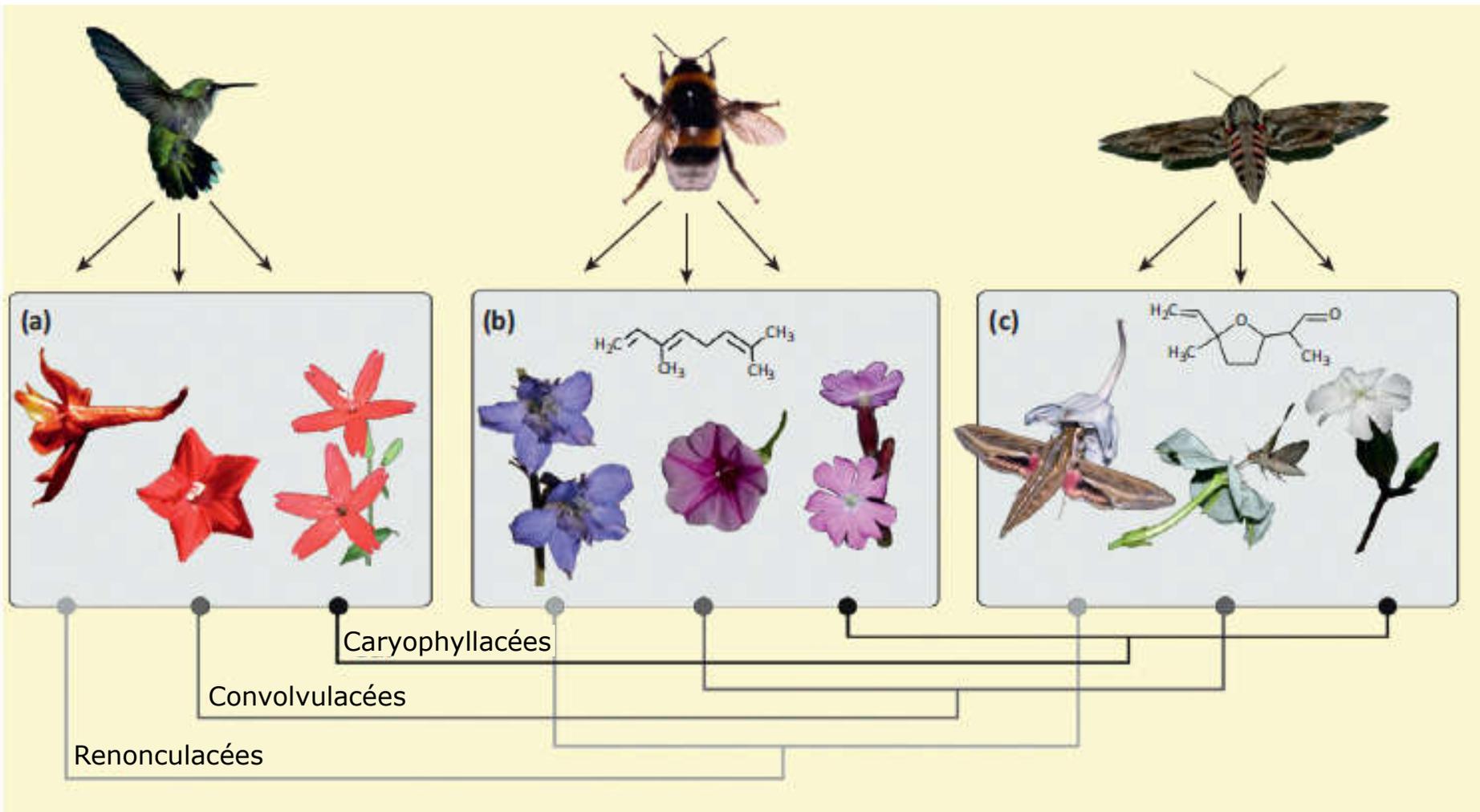


C. unguiculata



Nombre d'espèces de plantes du même genre

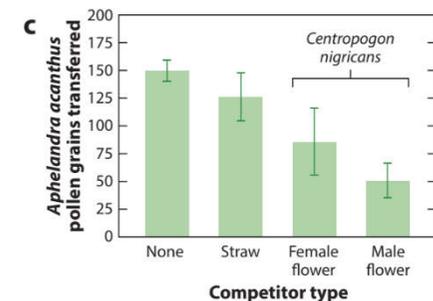
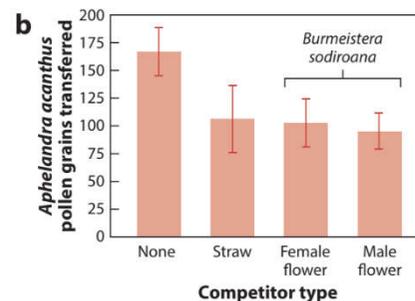
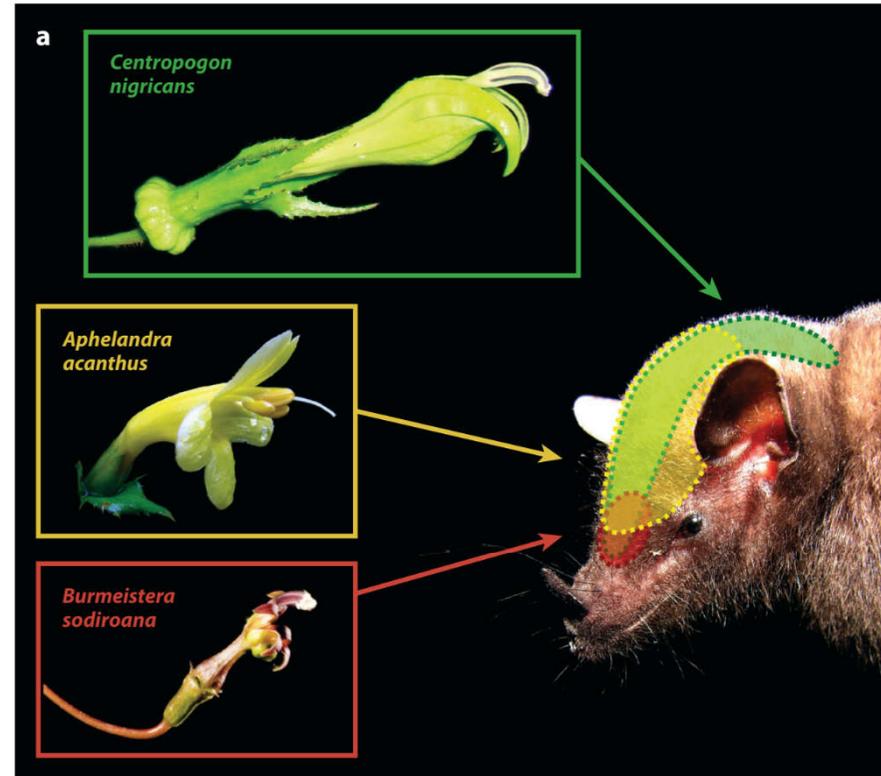
Sélection convergente pour favoriser l'attraction des pollinisateurs



Transfert de pollen entre espèces

- ❑ Réduisant l'efficacité de la pollinisation
 - Interférences avec le pollen conspécifique
 - Perte de pollen exporté

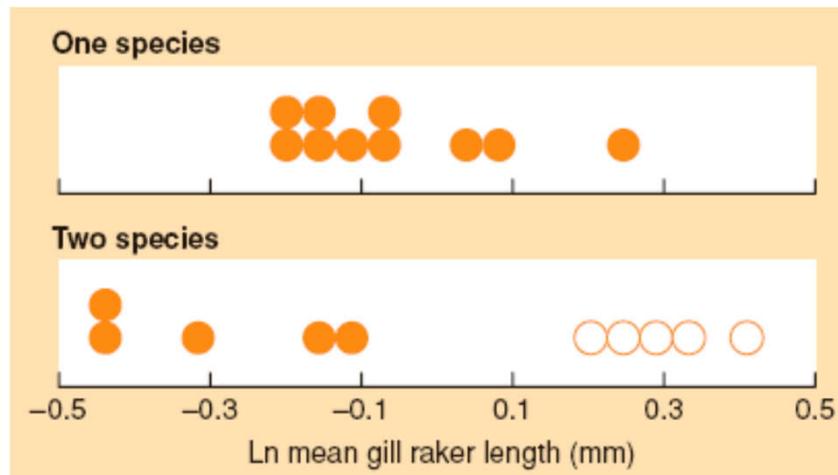
- ❑ Espèces généralistes plus susceptibles au transfert de pollen entre espèces (Arceo-Gomez et al. 2016)



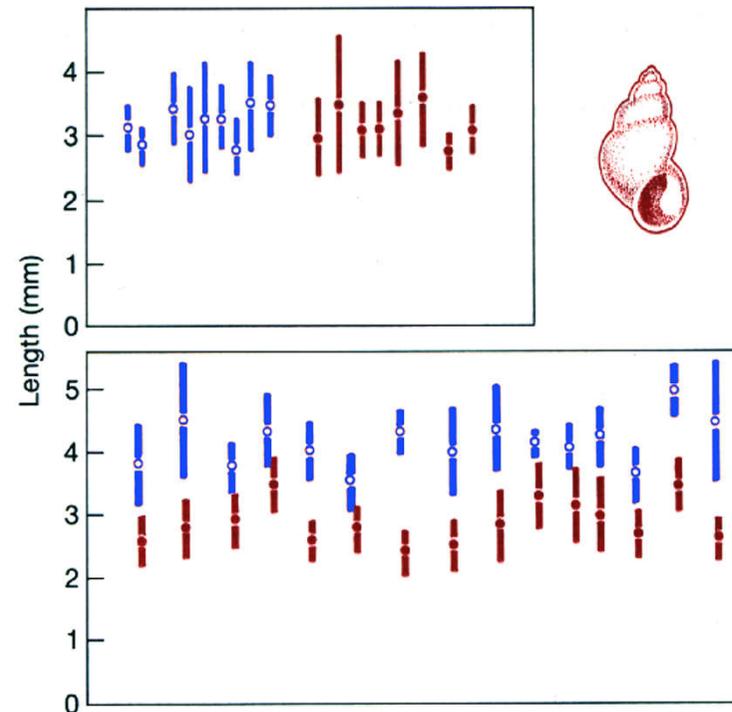
Conséquences évolutives de la compétition : différenciation des niches

□ La sélection favorise des niches différentes

Taille des peignes branchiaux des épinoches dans des lacs canadiens



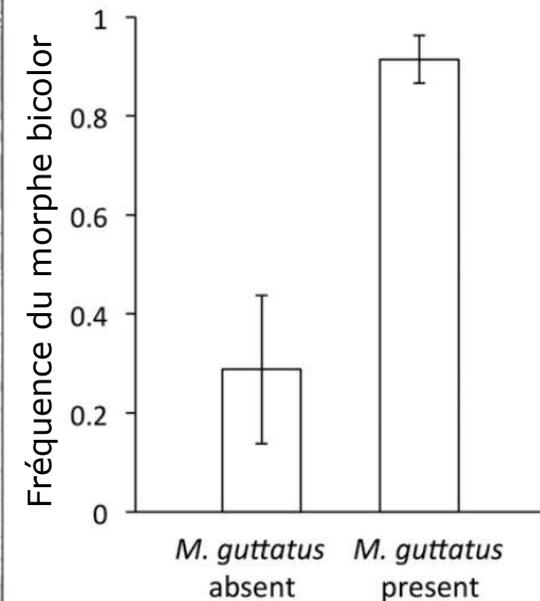
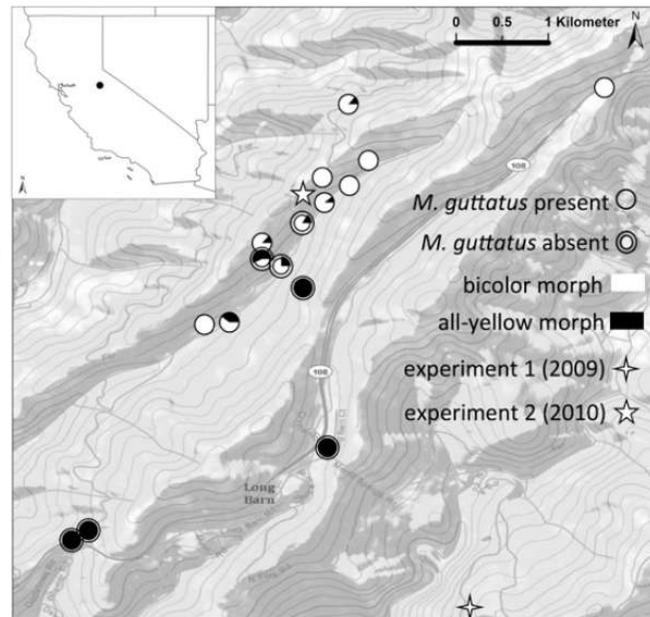
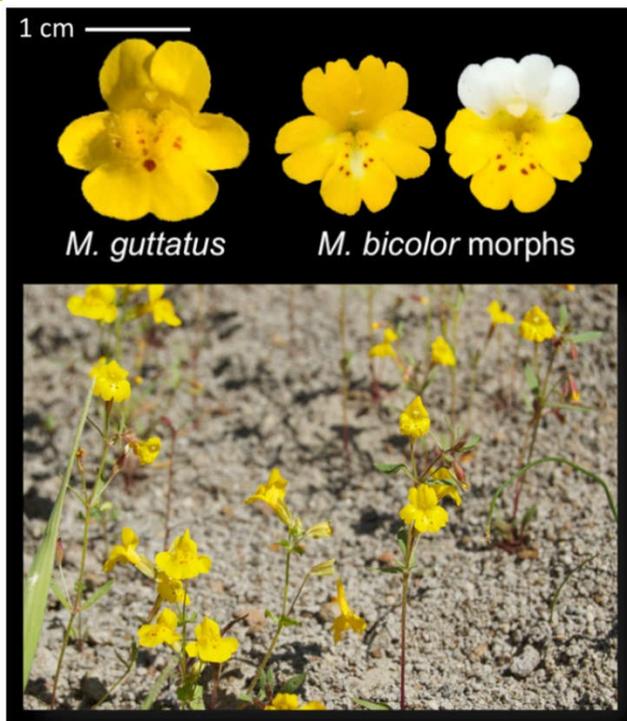
Taille des coquilles d'escargots dans des lacs danois



- **Déplacement de caractère** = divergence **évolutive** de caractères liés à l'exploitation des ressources, due à la compétition entre espèces

Sélection divergente pour minimiser le transfert de pollen entre espèces

- Déplacement de caractères sur les motifs de coloration
 - La coexistence des deux espèces favorise le morphe bicolore chez *Mimulus bicolor*



Sélection divergente pour minimiser le transfert de pollen entre espèces

- Déplacement de caractères sur la morphologie florale
 - Trois espèces d'orchidées placent leurs pollinies sur différentes parties du corps des pollinisateurs qu'elles partagent

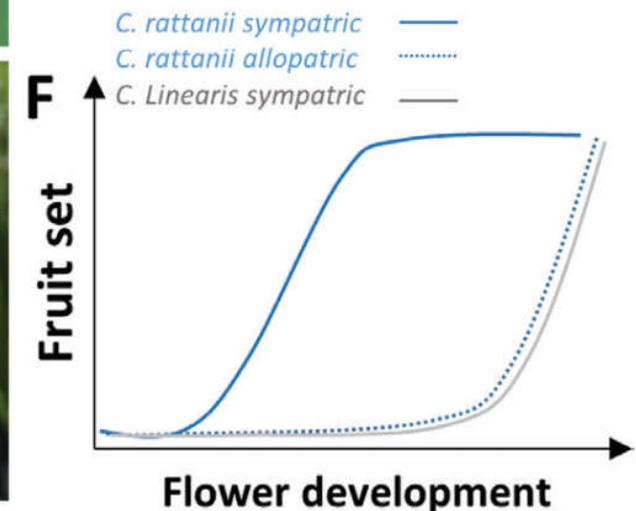


Sélection naturelle favorisant l'évitement du transfert interspécifique

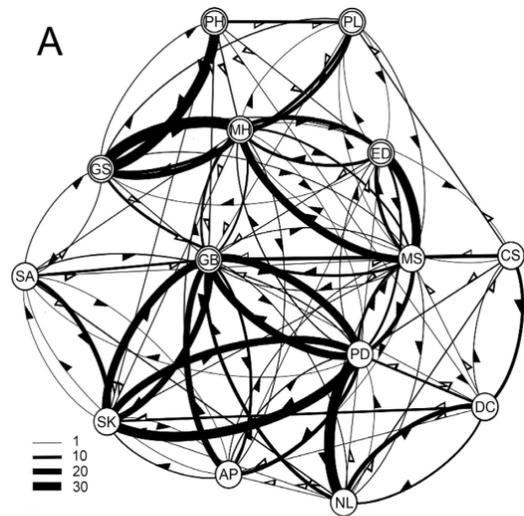
- Autres caractères soumis à déplacement : couleur, morphologie, phénologie



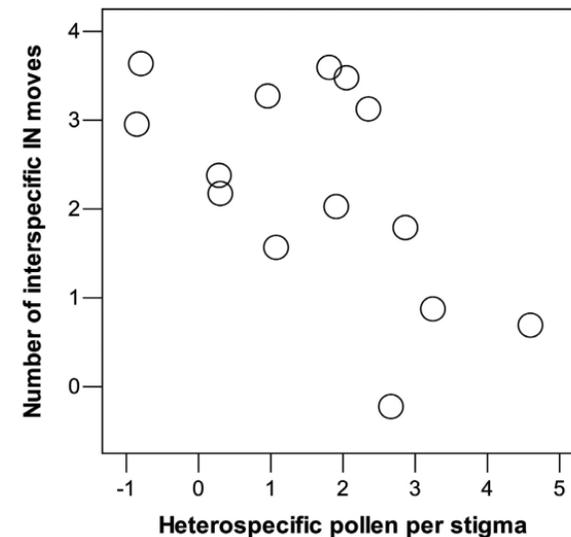
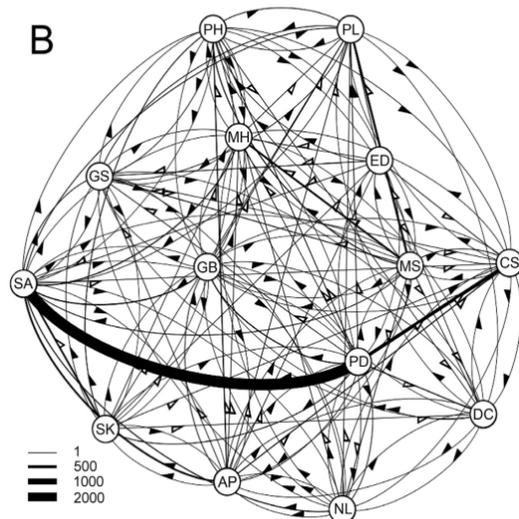
Orsucci & Sicard 2021



Les visites partagées entre espèces de plantes sont celles qui transfèrent moins de pollen

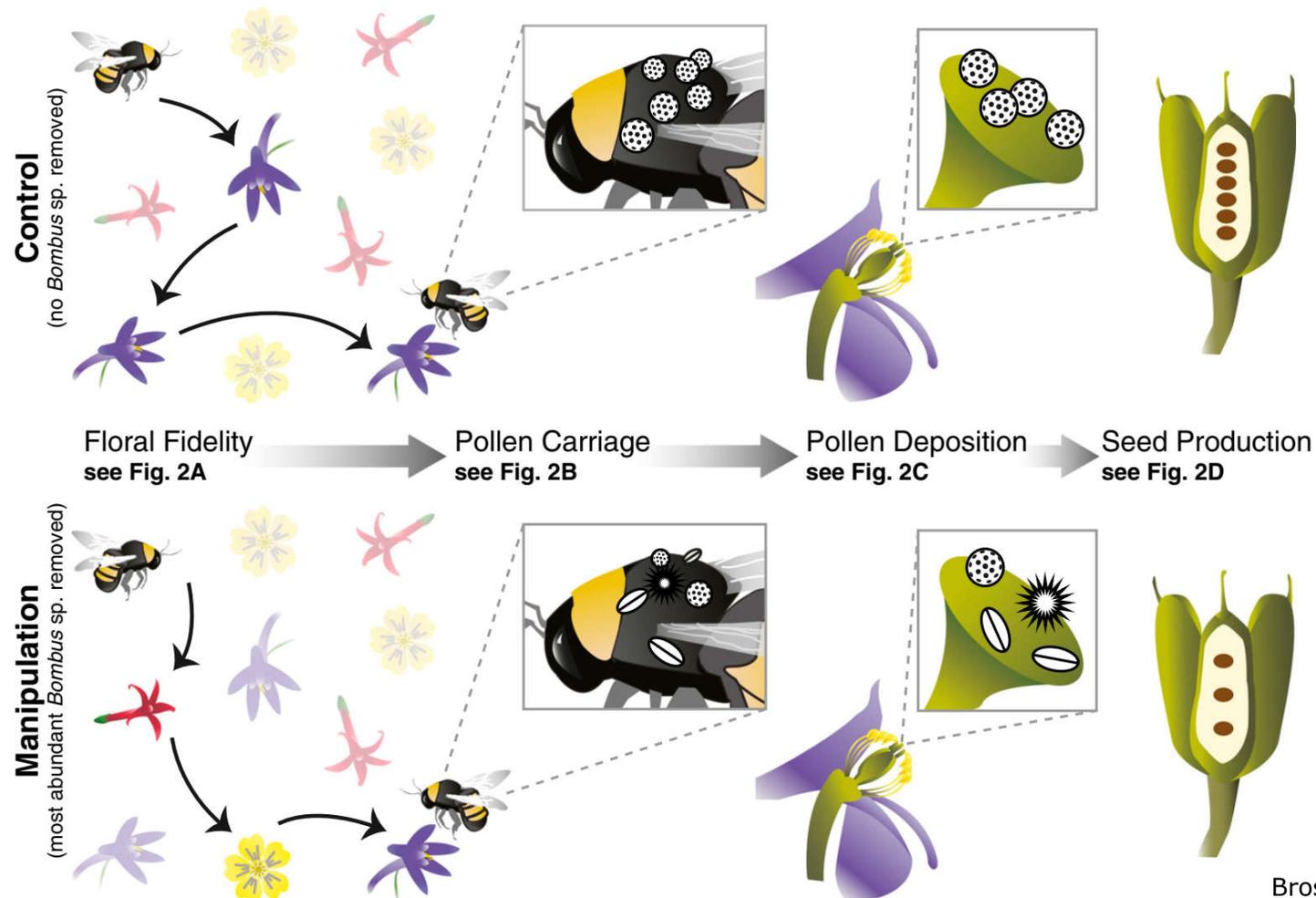


- Les déplacements de pollinisateurs entre espèces se font préférentiellement entre paires d'espèces peu susceptible au transfert de pollen interspécifique



Différentiation de niche chez les pollinisateurs

- Démontrée en négatif quand la compétition est supprimée

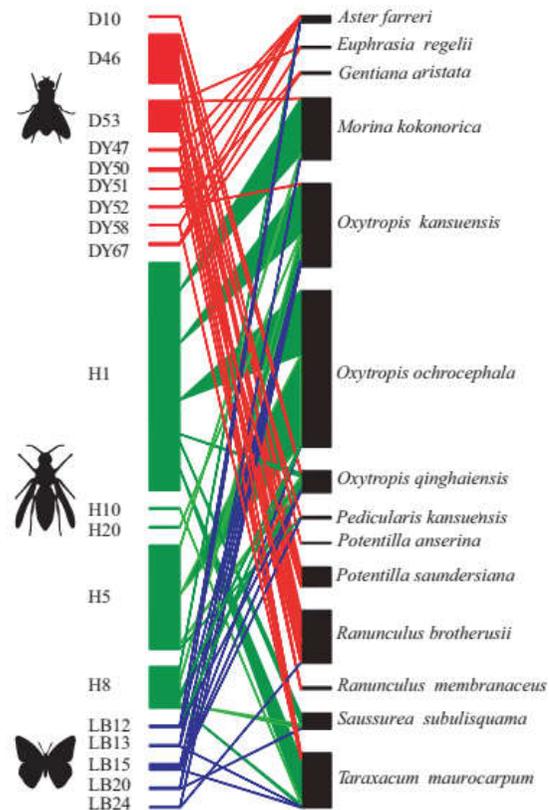


Des réseaux individualisés pas si généralistes ?

- Reconstruction des réseaux d'interactions en suivant les pollinisateurs individuellement

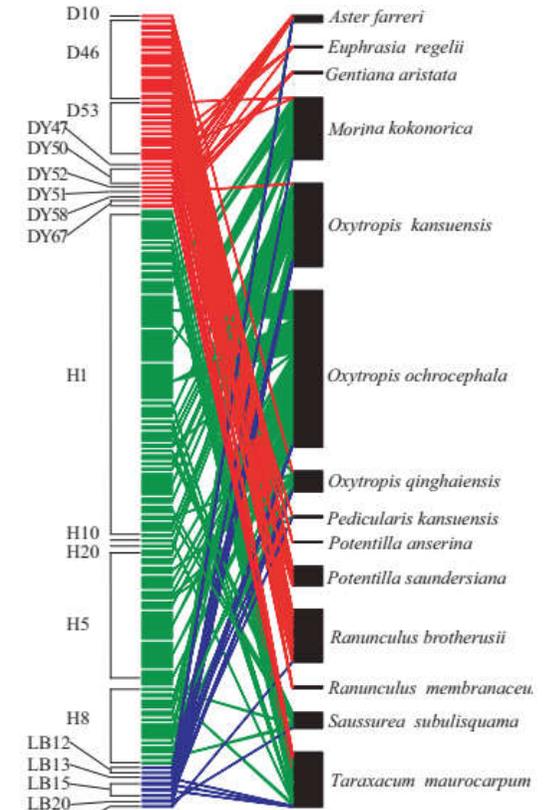


Réseau des espèces



Indice de spécialisation = 0,54

Réseau des individus

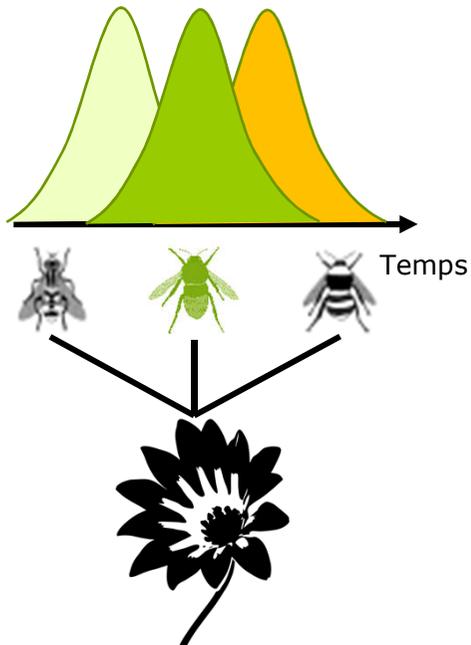


Indice de spécialisation = 0,91

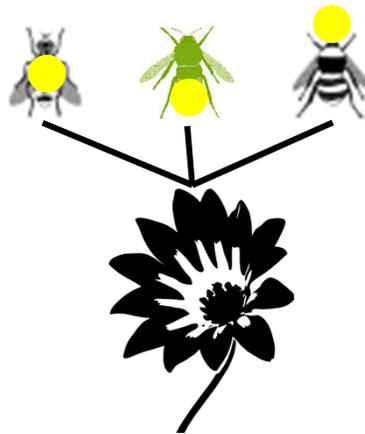
Résultat de la compétition interspécifique

□ Complémentarité des niches de pollinisation

Dans le temps



Morphologiquement



Dans l'espace



Etc...

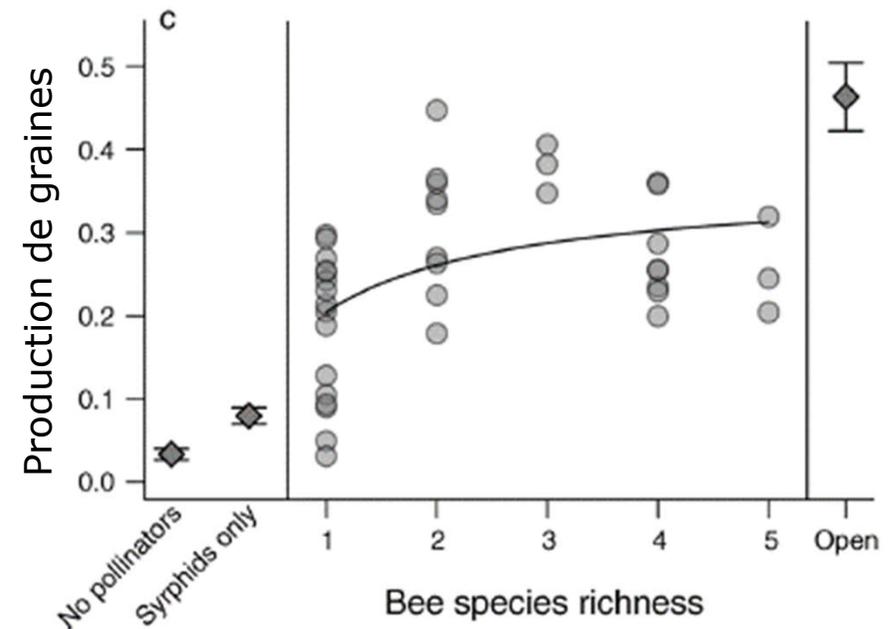


□ Conséquences

- Rôle de la diversité des pollinisateurs pour la pollinisation
- Interactions de facilitation

Les communautés de pollinisateurs plus diverses sont plus efficaces pour polliniser

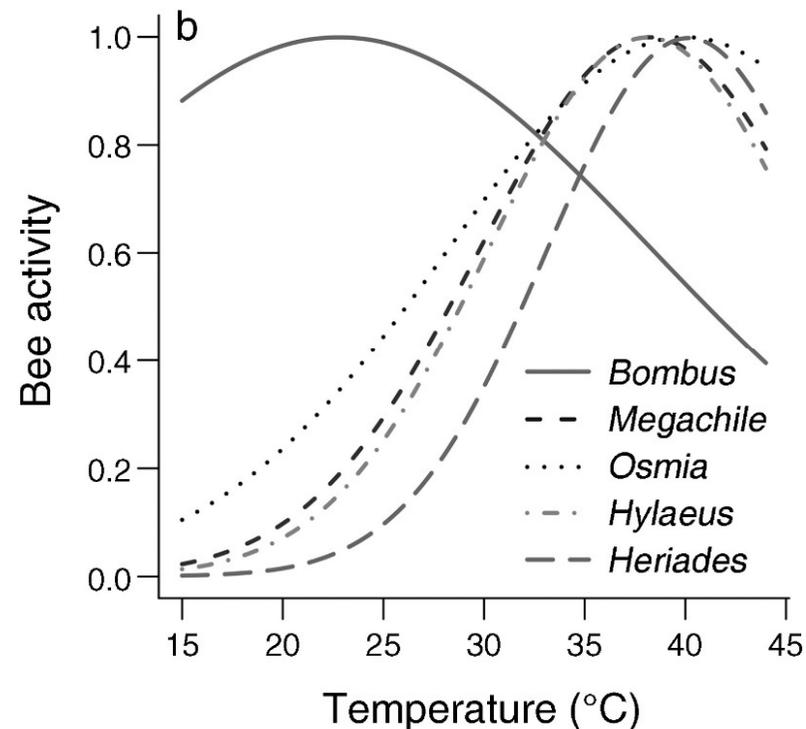
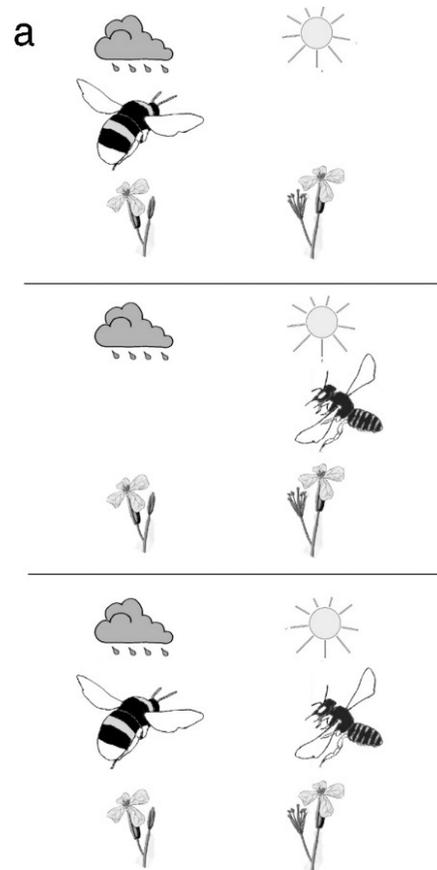
- Approche expérimentale
 - Manipulant le nombre d'espèces de pollinisateurs



Quels mécanismes de l'effet positif de la diversité des pollinisateurs ?

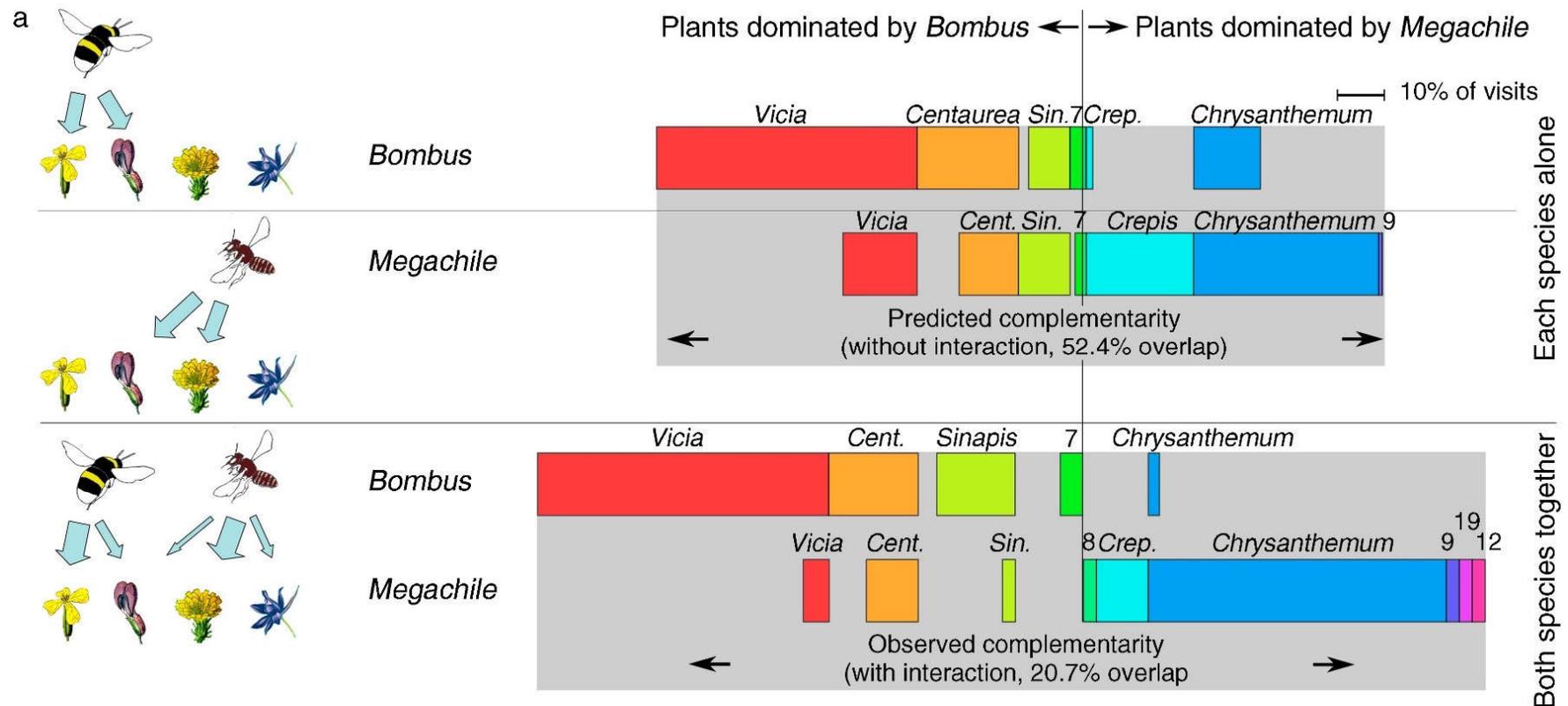
□ Complémentarité de niches

- Dans le temps / en fonction des conditions météo



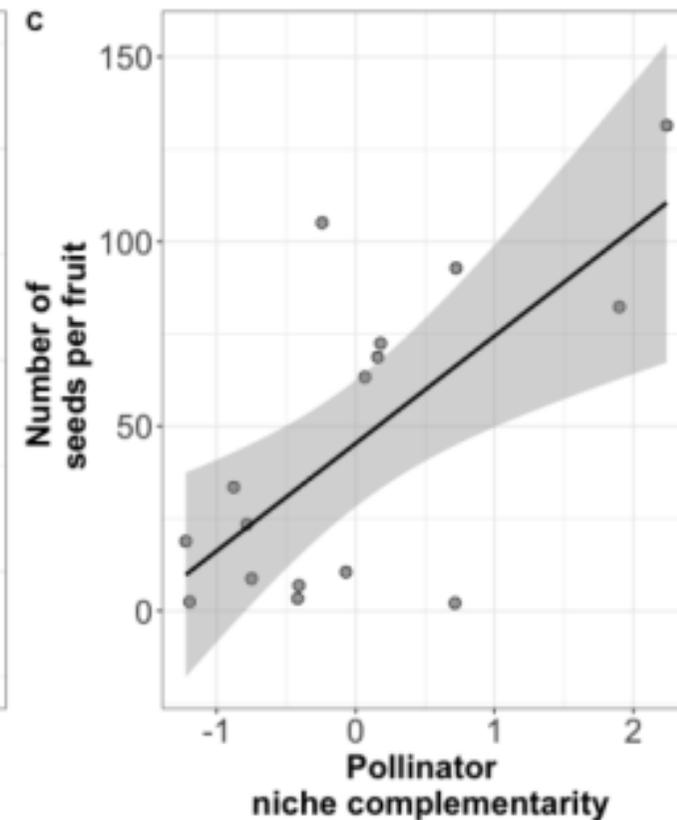
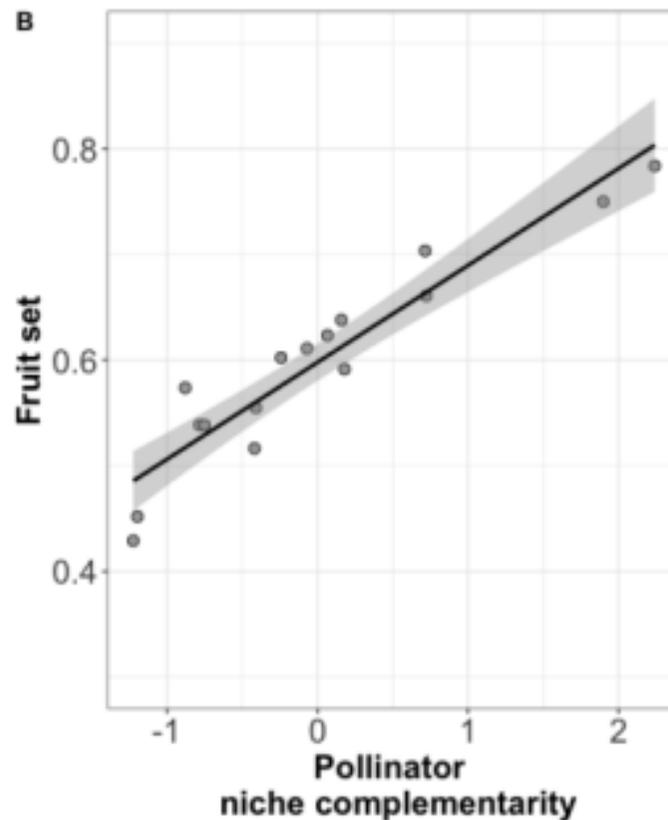
Quels mécanismes de l'effet positif de la diversité des pollinisateurs ?

- Complémentarité de niches
 - En termes de plantes visitées



Dans les communautés naturelles

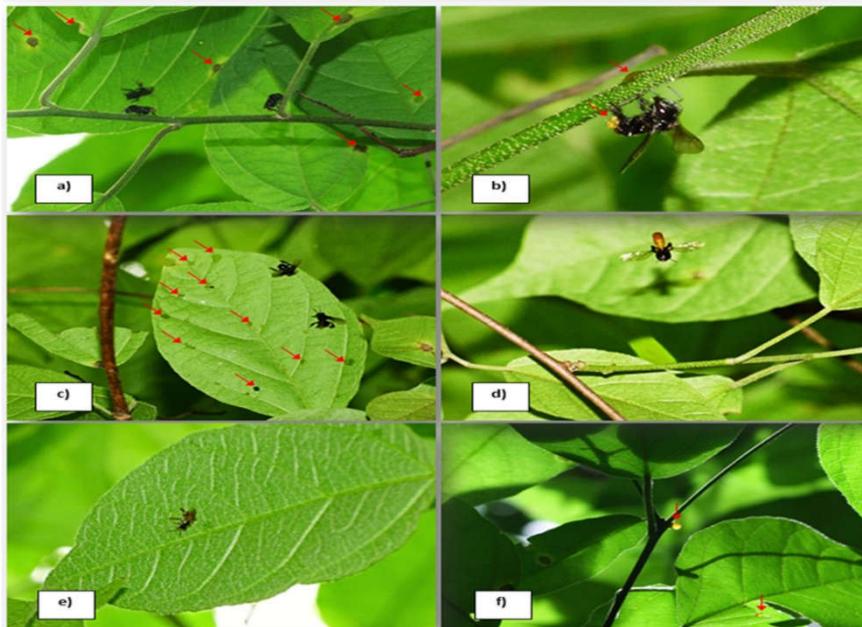
- La complémentarité des niches favorise la production de graines dans la communauté de plantes



Autres mécanismes du rôle de la diversité des pollinisateurs

□ Facilitation

- Abeille *Trigona corvina* découpant un accès à la résine des plantes, accessible à d'autres abeilles



Reyes-González & Zamudio 2020

□ Antagonisme

- La présence d'abeilles sauvages force les abeilles domestiques à changer d'inflorescence, favorisant le transfert du pollen entre plantes

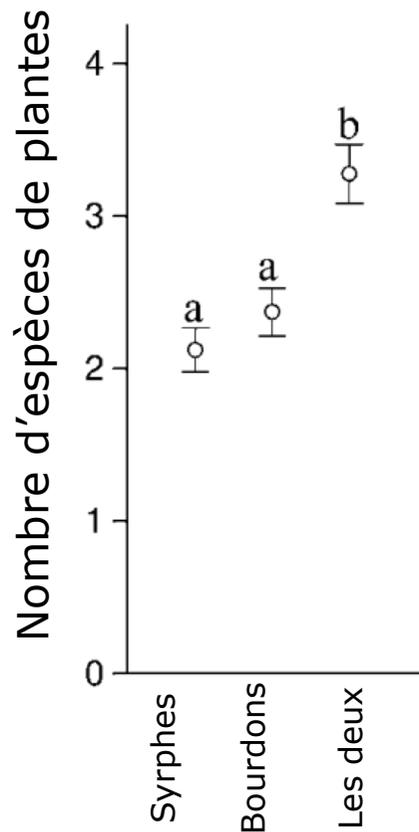


Didier51 - SPIPoll

Greenleaf & Kremen 2006

Contributions réciproques de la diversité

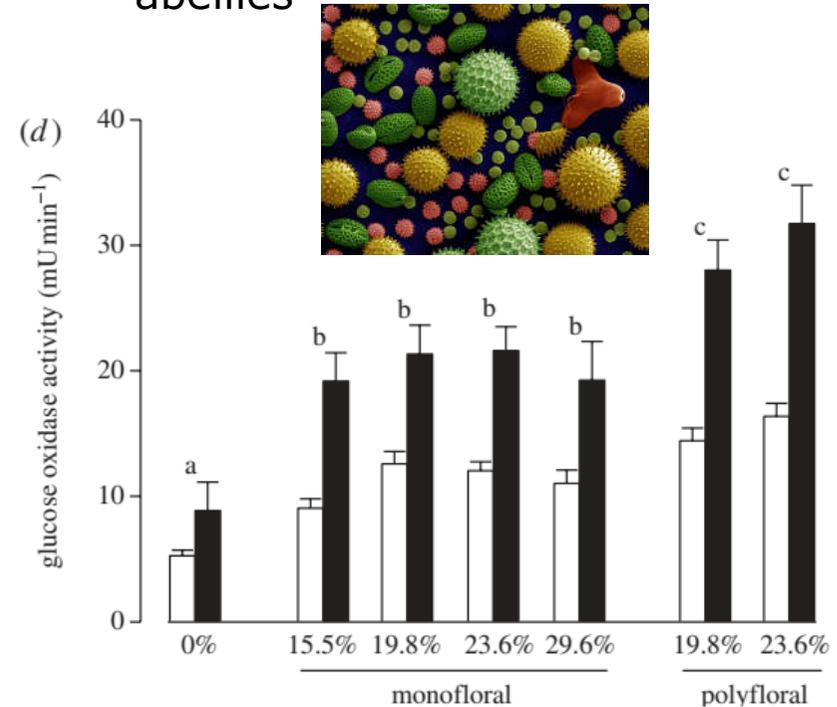
- La diversité des pollinisateurs favorise la diversité des plantes



Fontaine et al. 2005

- La diversité des plantes favorise la reproduction des pollinisateurs

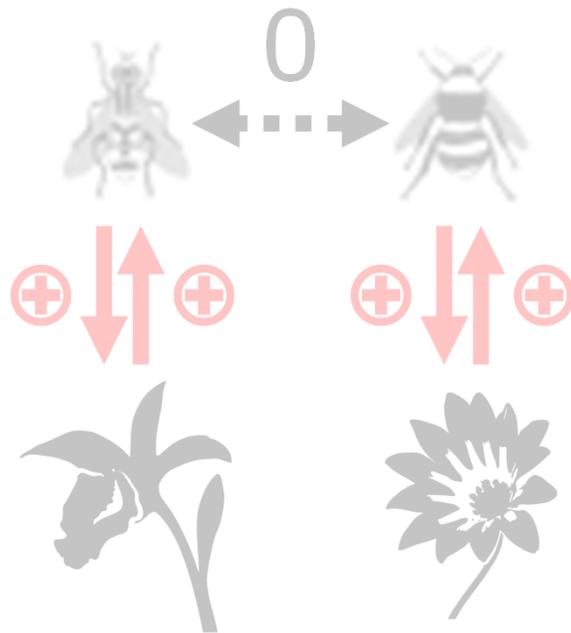
- Diversité des pollen et immunocompétence des abeilles



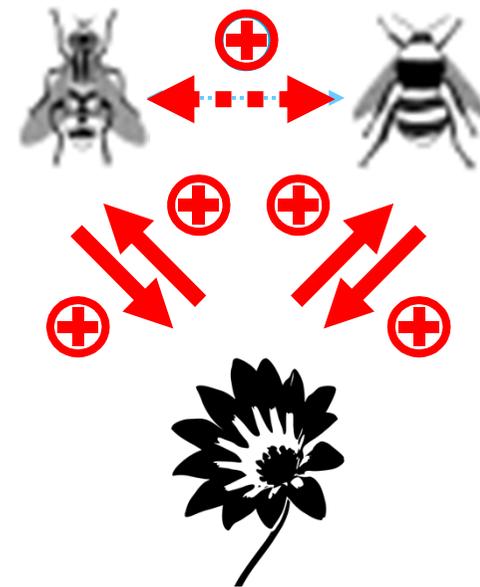
Alaux et al. 2010

Evitement de la compétition à court terme \Rightarrow facilitation à long terme

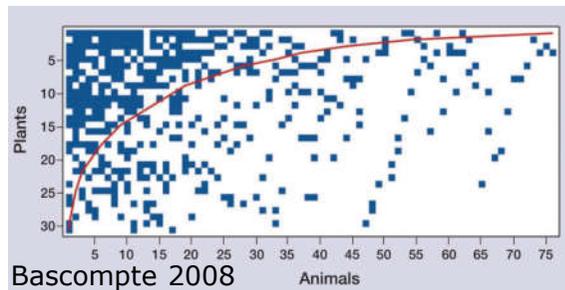
- Spécialisation



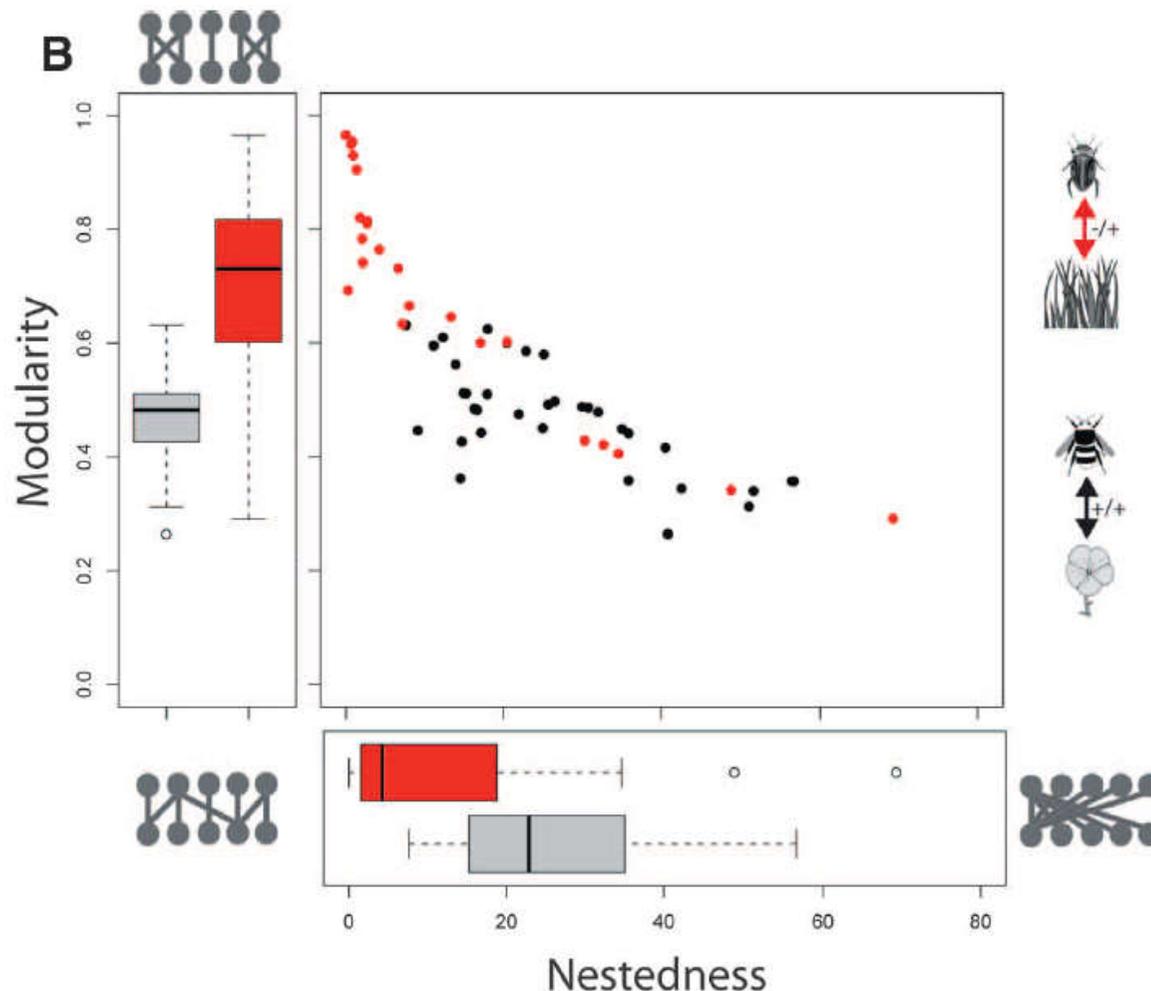
- Maintien du généralisme avec différenciation de niche



Facilitation



Structure des réseaux d'interactions : mutualisme vs. prédation

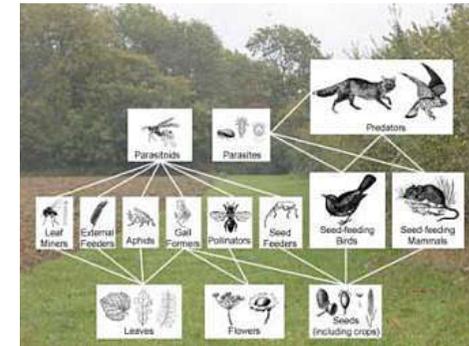
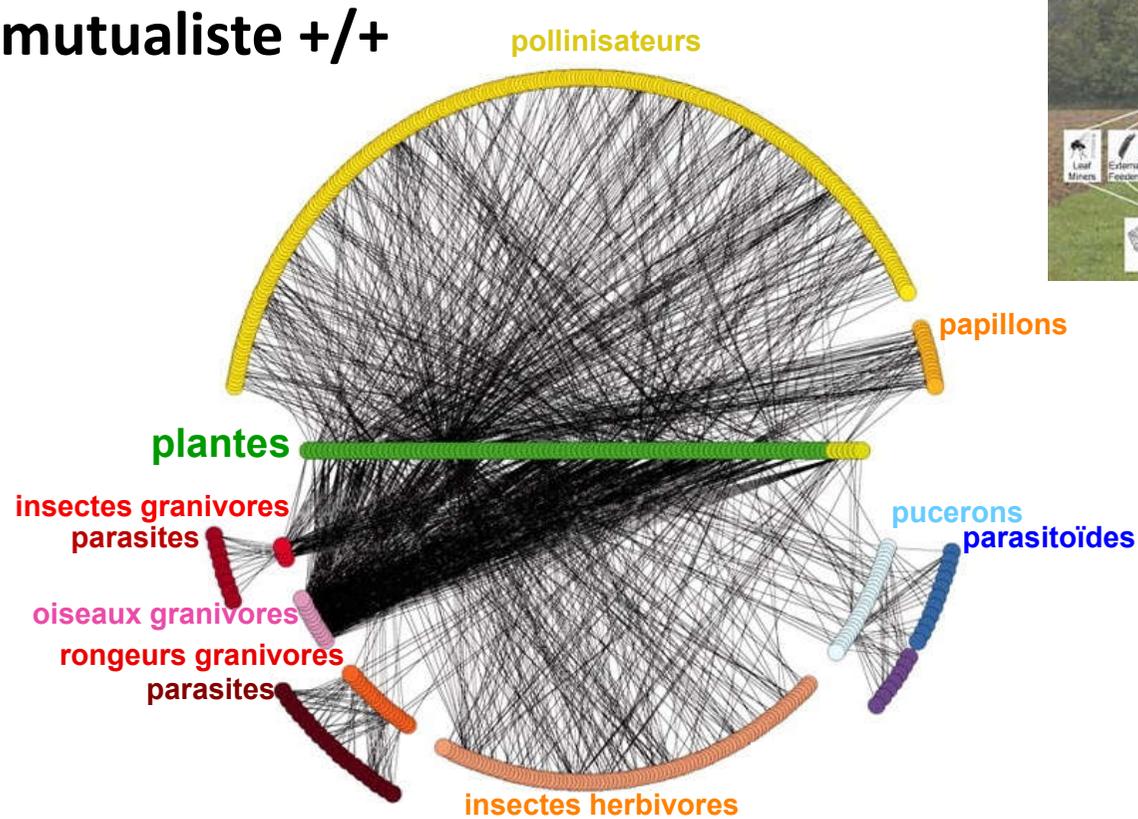


- Les réseaux mutualistes sont :
 - Plus emboîtés
 - Moins modulaires
- Structure qui favorise une plus grande stabilité pour les deux types d'interactions
- Rôle de la compétition apparente / facilitation apparente

Extension des réseaux d'interactions à d'autres types d'interactions

- Réseau d'interactions de Norwood farm, UK

mutualiste +/+

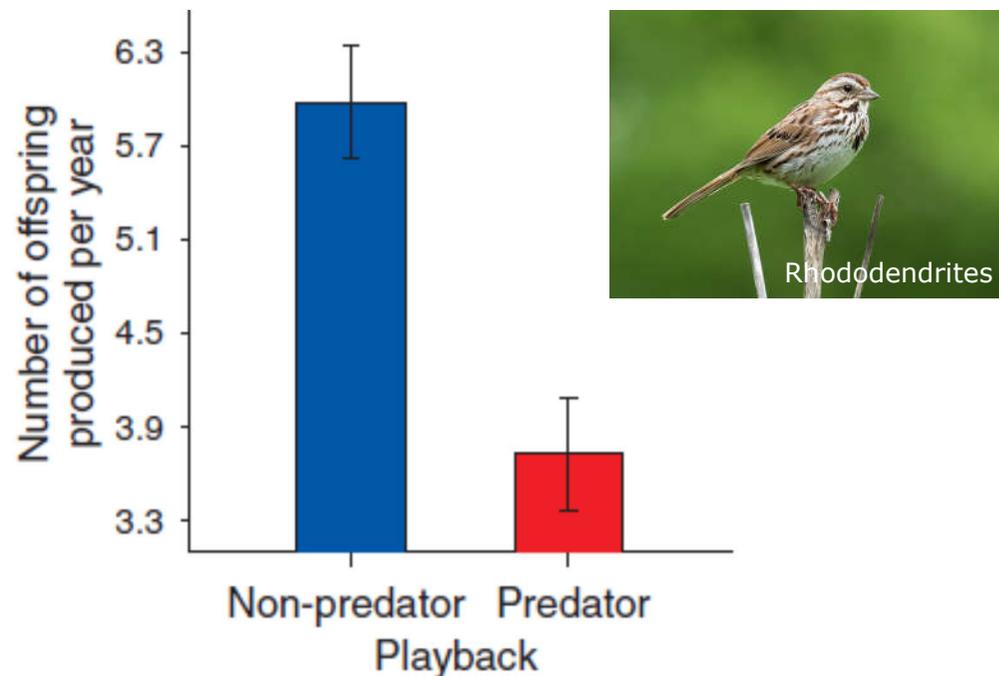


antagoniste +/-

Définitions

Vrais prédateurs - Carnivores

- Tuent leurs proies
- Consomment plusieurs proies durant leur vie
- Effets négatifs sur la dynamique de la proie
 - Directs / Indirects



Herbivores



- ❑ Consomment une partie de leurs proies et en général ne les tuent pas (à court terme)
- ❑ Consomment plusieurs proies durant leur vie



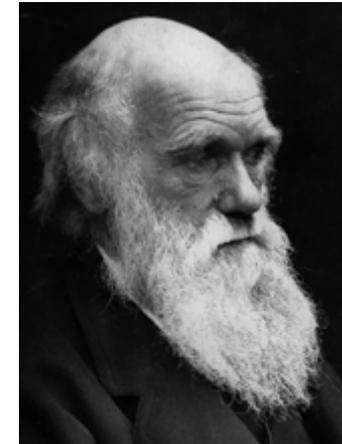
Macquarie marshes, Australie

- ❑ Second niveau des chaînes trophiques (consommateurs primaires)

Le rôle des interactions (indirectes) entre espèces, reconnu depuis longtemps

□ Charles Darwin, 1859

- *"Hence it is quite credible that the presence of a feline animal in large numbers in a district might determine, through the intervention first of mice and then of bees, the frequency of certain flowers in that district"*



DBCLS



Jonas Töle

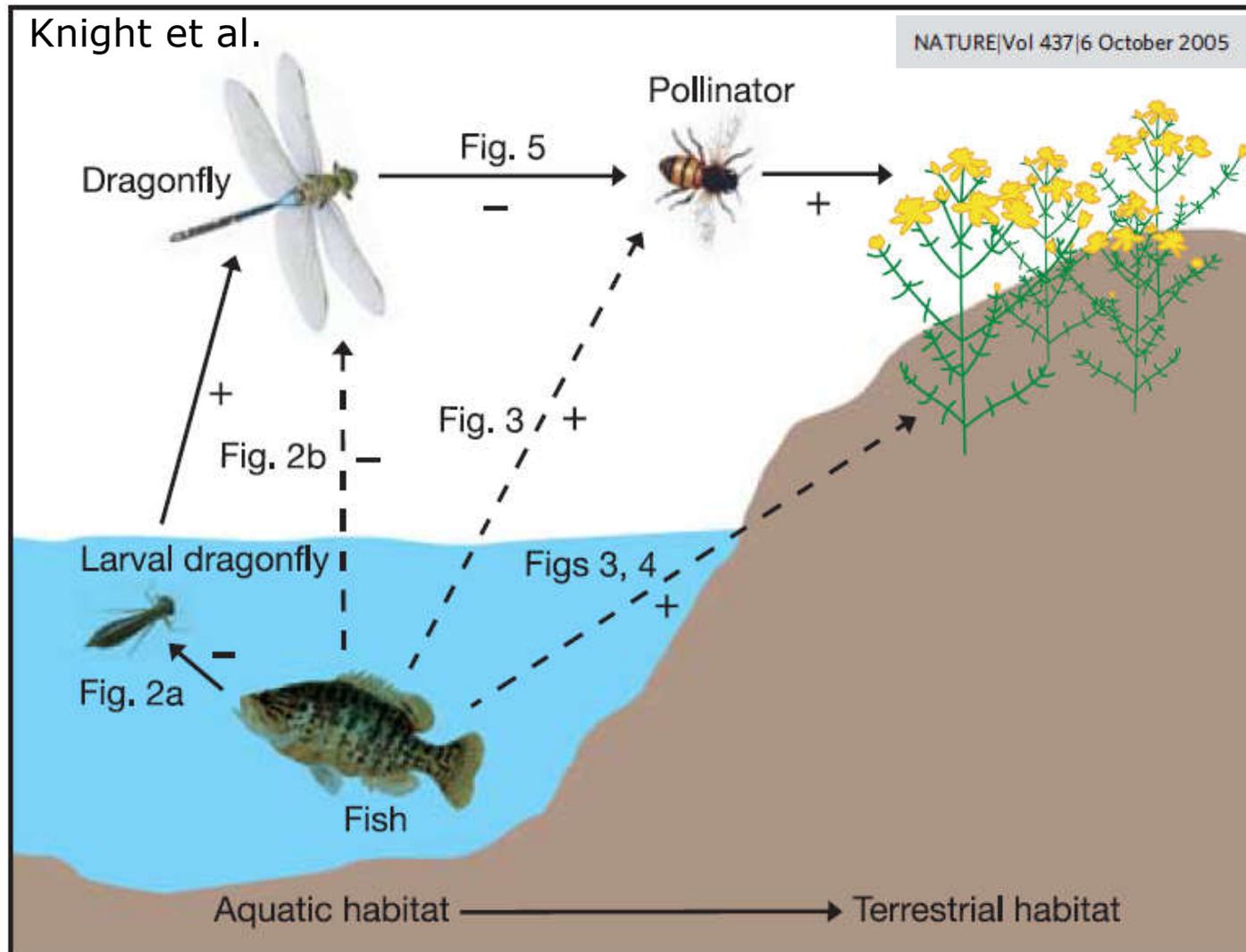


The noun project



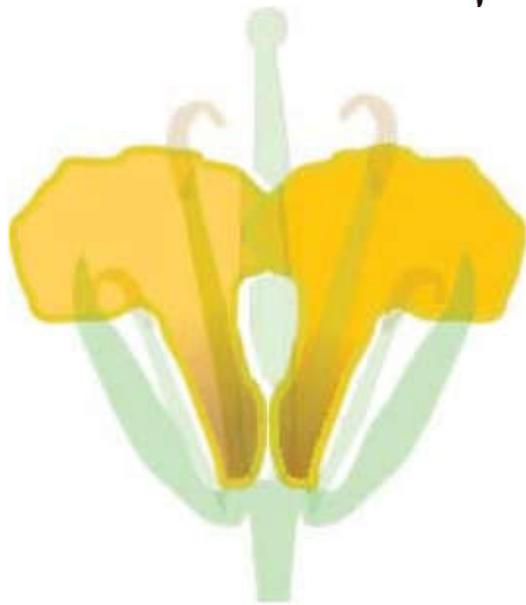
Julian Herzog

Les poissons peuvent influencer la reproduction des plantes à fleurs



Interactions entre pressions de sélection

- Par les pollinisateurs et par les herbivores
 - Evolution expérimentale



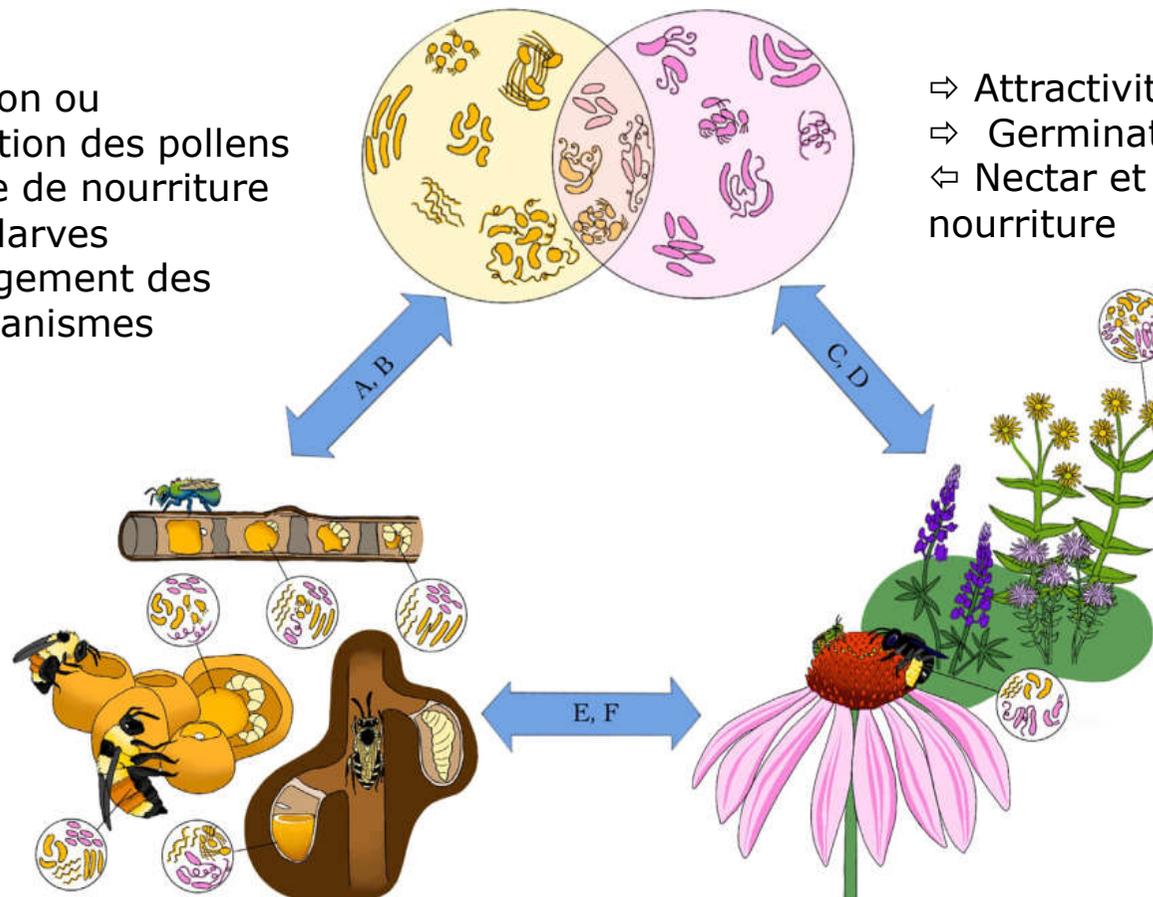
- Sélection par les pollinisateurs :
 - Augmentation de l'attractivité (taille des fleurs, émission d'odeurs...)
- Sélection par les pollinisateurs + herbivores :
 - Plus faible augmentation de l'attractivité
 - Augmentation de l'autofécondation

D'autres interactions peuvent être importantes

- Interactions mutualistes avec les microorganismes
 - Bactéries et champignons

⇒ Digestion ou préservation des pollens
⇒ Source de nourriture pour les larves
⇐ Hébergement des microorganismes

⇒ Attractivité des pollinisateurs
⇒ Germination du pollen
⇐ Nectar et pollen comme nourriture



Conclusions

- ❑ Les dynamiques écologiques et évolutives ont favorisé des réseaux de pollinisation stables, avec des complémentarités entre espèces
- ❑ Quelles conséquences écologiques ?

The Robustness and Restoration of a Network of Ecological Networks

www.sciencemag.org SCIENCE VOL 335 24 FEBRUARY 2012

Michael J. O. Pocock,*† Darren M. Evans,‡ Jane Memmott

