

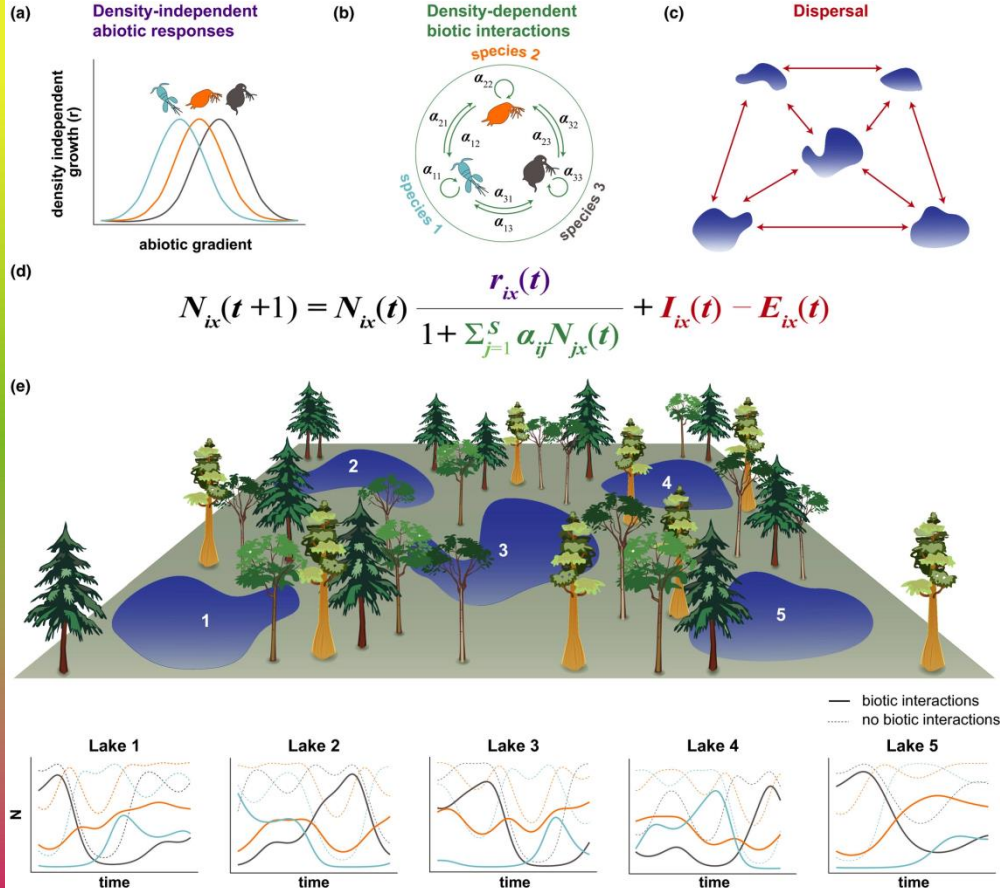
MathForGenomics 6 mai 2021

Joint species distributions reveal the combined effects of host plants, abiotic factors and species competition as drivers of species abundances in fruit flies

Benoit Facon, INRAE, UMR PVBMT, St-Pierre
Abir Hafsi, post-doc, UMR PVBMT, St-Pierre
Maud Charlery de la Masselière, Excelsus Plongée
Stéphane Robin, INRAE, Labo MMIP, Paris
François Massol, CNRS, UMR 9017 CIIL, Lille
Maxime Dubart, post-doc, UMR 8198 EEP Lille

Julien Chiquet , INRAE, Labo MMIP
Enric Frago, INRAE, UMR CBGP, Montpellier
Frédéric Chiroleu, CIRAD, UMR PVBMT, St-Pierre
Pierre-François Duyck, CIRAD, UMR PVBMT, Nouméa
Virginie Ravigné, CIRAD, UMR PVBMT, St-Pierre

Ecologie des communautés



Comprendre les processus qui déterminent la structure des communautés

Regional species pool

Ecological drift under species loss and immigration processes

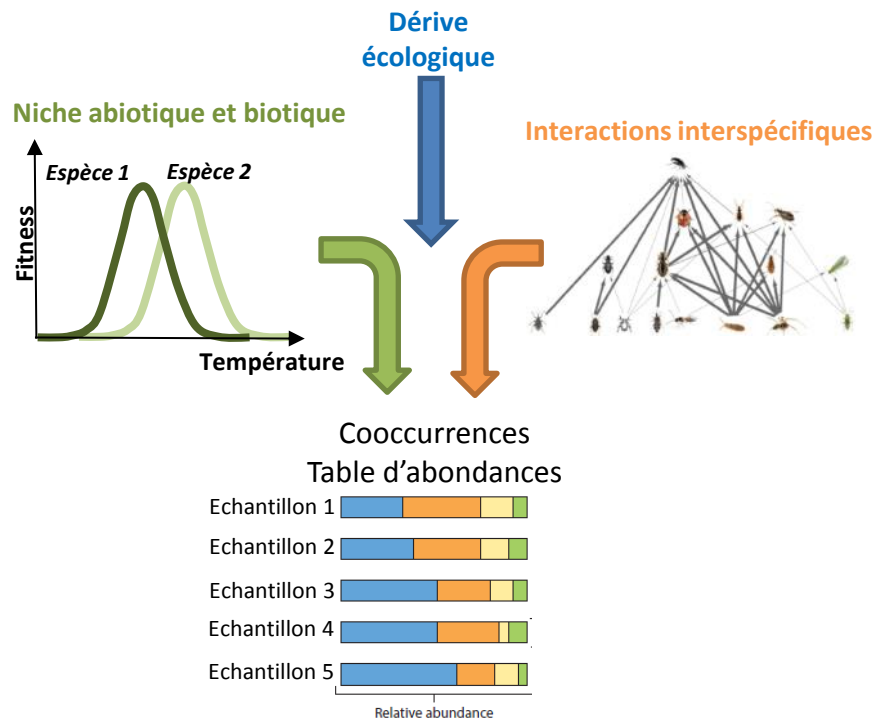
Niche

Species interactions

Observed communities

?

Comprendre les processus d'assemblage des communautés



- Une corrélation entre un facteur éco-climatique et l'abondance d'une espèce peut indiquer un effet de niche
- Des cooccurrences
 - Peuvent être liées à des niches similaires
 - Peuvent être liées à des interactions positives (facilitation)
- Des absences des cooccurrences
 - Peuvent être liées à des niches divergentes
 - Peuvent être liées à des interactions négatives (compétition)

Les insectes phytophages

... sont l'un des groupes les plus abondants et diversifiés de la planète

... sont un élément clé du fonctionnement des écosystèmes de part leur impact écologique et évolutif sur les plantes



Regional species pool



*Ecological drift under
species loss and
immigration processes*

Abiotic niche

*Biotic niche
Plant-insect interactions*



*Species interactions
Insect-insect competition*



Observed communities

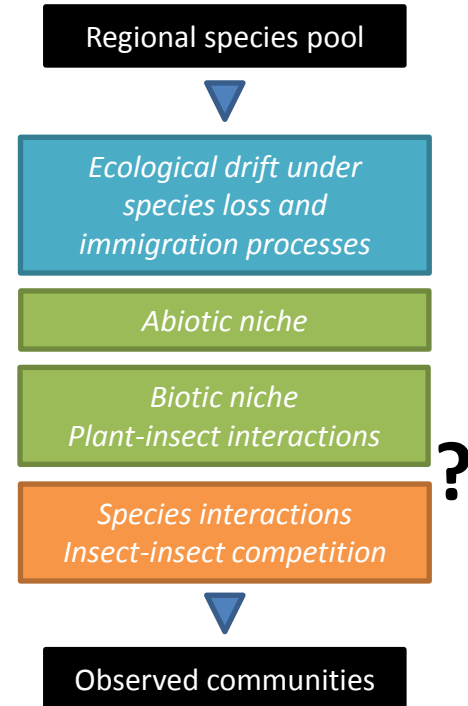
Les insectes phytophages

... sont l'un des groupes les plus abondants et diversifiés de la planète

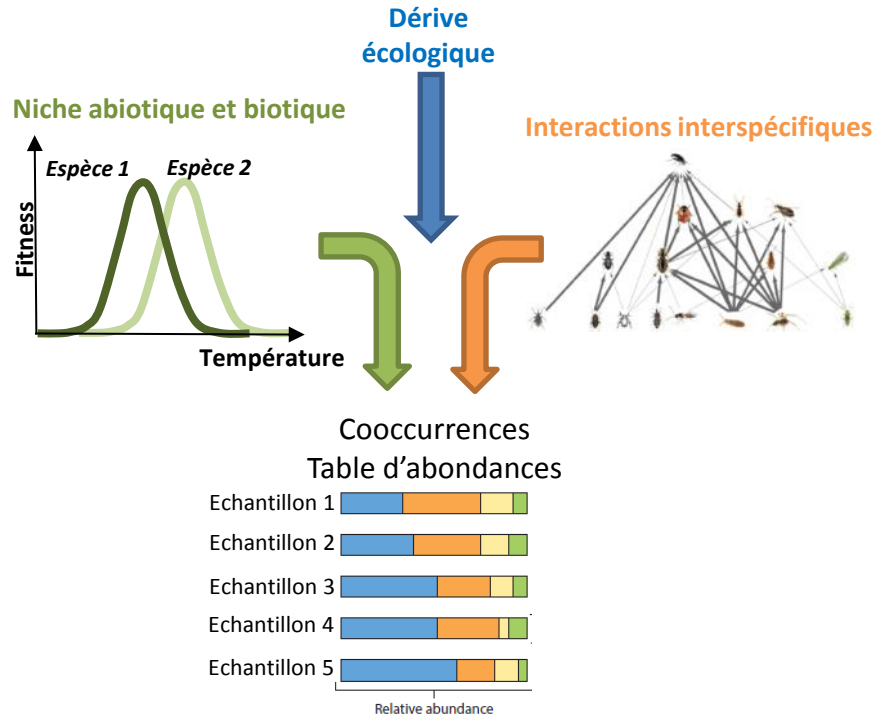
... sont un élément clé du fonctionnement des écosystèmes de part leur impact écologique et évolutif sur les plantes

La niche se décompose en deux grandes catégories de conditions :

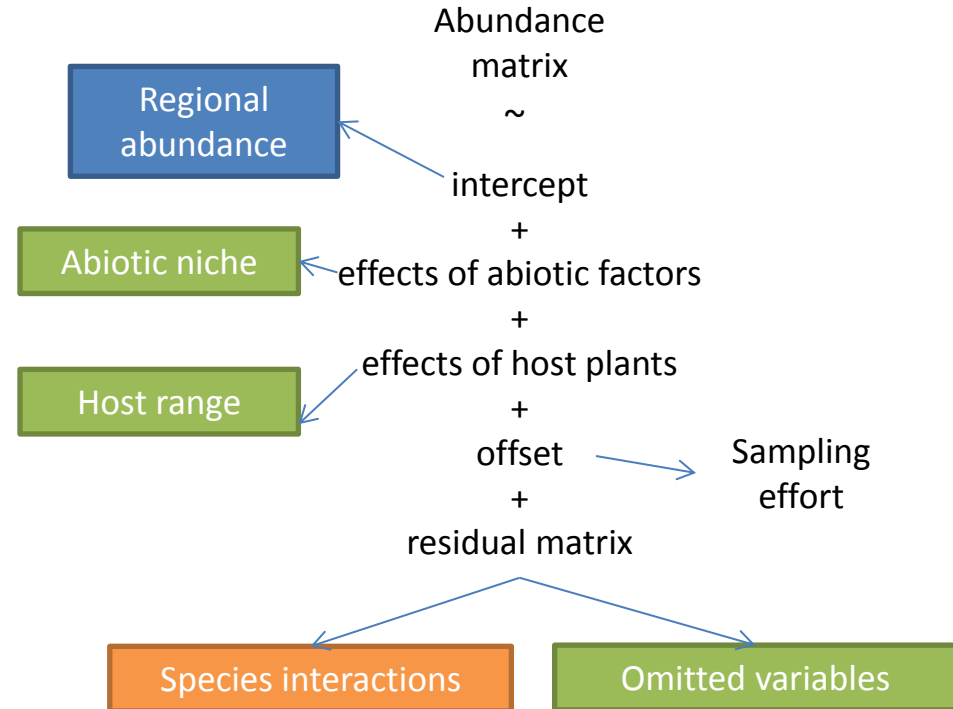
- abiotiques (climat, environnement)
- biotiques (plantes hôtes)
- De nombreuses preuves expérimentales de la compétition (ex : Denno et al. 1995, Kaplan & Denno 2007)
- Pas de patron de cooccurrences négatives dans les communautés naturelles (ex: Tack et al. 2009, Brazeau & Schamp 2019)



Joint species distribution modelling



Joint Species Distribution Modelling (JSDM)



Les mouches des fruits de l'île de la Réunion

Une communauté de 8 Tephritidae en sympatrie à la Réunion

C. catoirii



C. capitata



C. quilicii



B. zonata



D. demmerezi



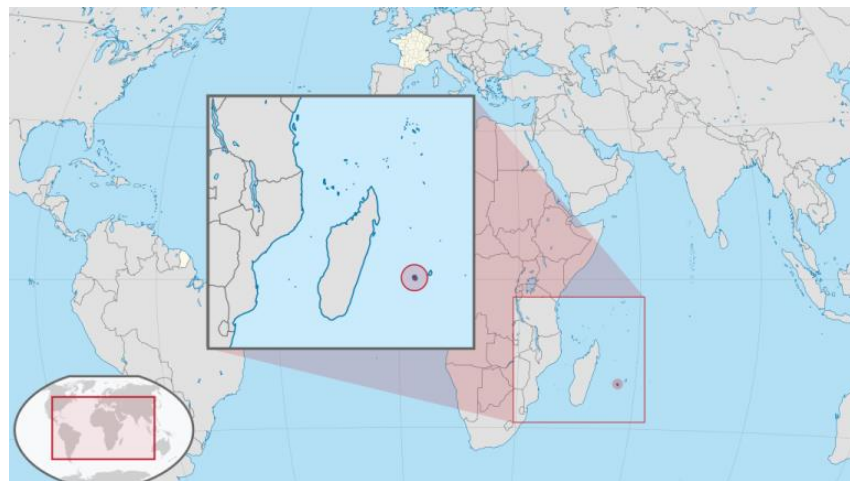
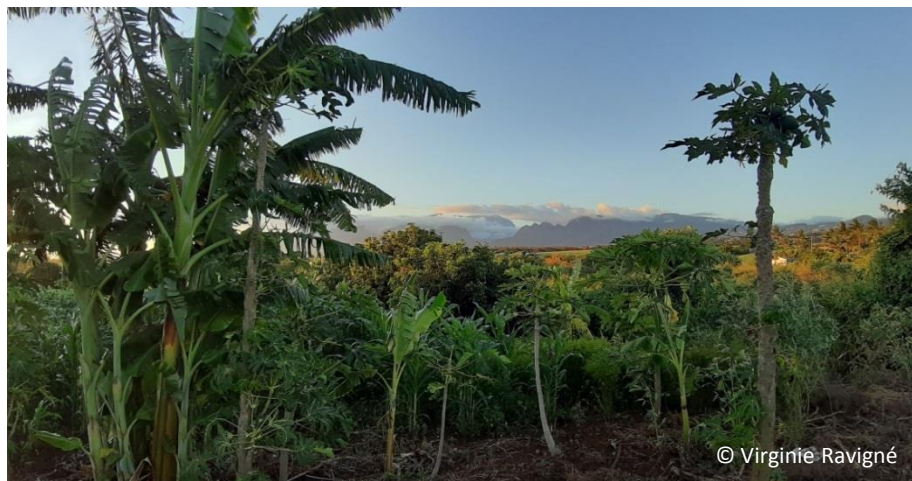
Z. cucurbitae



D. ciliatus



N. cyanescens



Les mouches des fruits de l'île de la Réunion

Une communauté de 8 Tephritidae en sympatrie à la Réunion

Ceratitinae

C. catoirii



C. capitata



C. quilicii



B. zonata



D. demmerezi



Z. cucurbitae



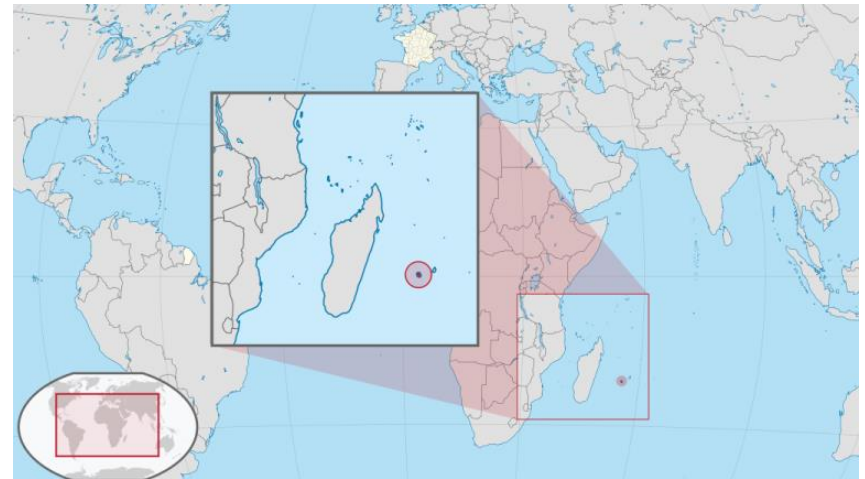
D. ciliatus



N. cyanescens



© Virginie Ravigné



Les mouches des fruits de l'île de la Réunion

Une communauté de 8 Tephritidae en sympatrie à la Réunion

Ceratitinae

C. catoirii



C. capitata



C. quilicii



Dacinae

B. zonata



D. demmerezi



Z. cucurbitae



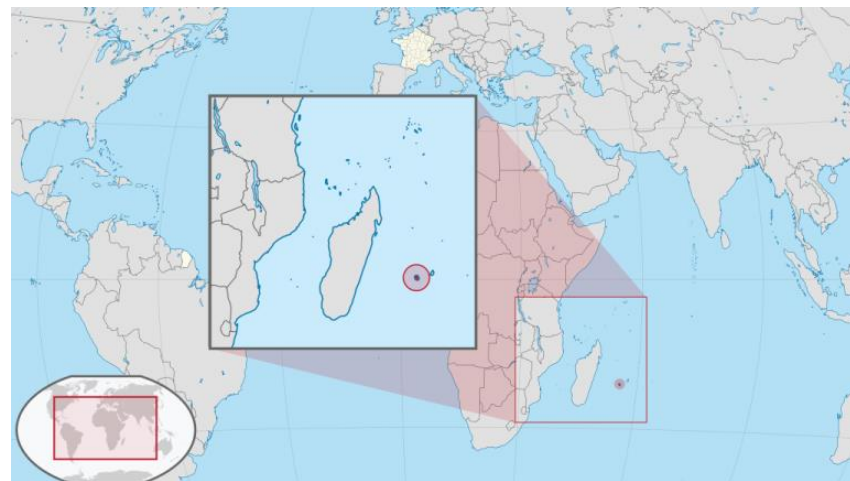
D. ciliatus



N. cyanescens



© Virginie Ravigné



Les mouches des fruits de l'île de la Réunion

> 100 espèces de plantes hôtes en milieu naturel et cultivé

C. catoirii



C. capitata



C. quilicii



B. zonata



D. demmerezi



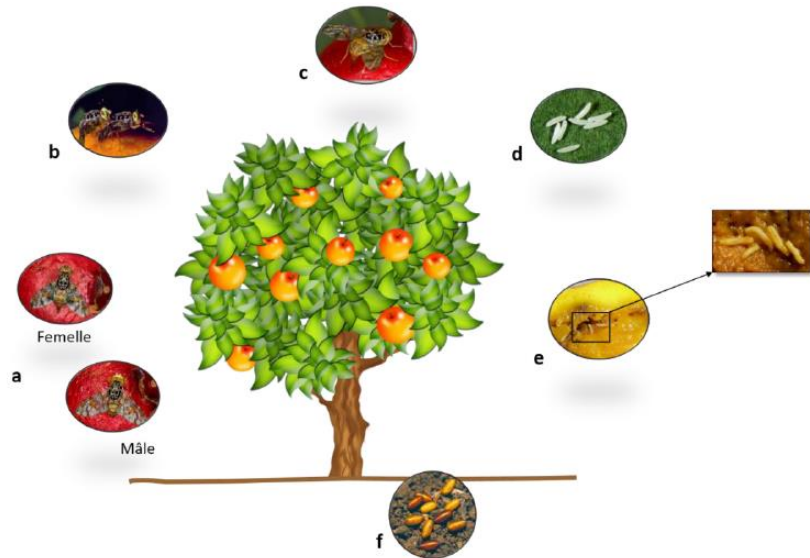
Z. cucurbitae



D. ciliatus



N. cyanescens



Les mouches des fruits de l'île de la Réunion

> 100 espèces de plantes hôtes en milieu naturel et cultivé

Généralistes

C. catoirii



C. capitata



C. quilicii



B. zonata



Spécialistes

D. demmerezi



Z. cucurbitae



D. ciliatus



N. cyanescens



- Mesures de laboratoire de préférence des femelles et performance des larves sur 21 plantes hôtes

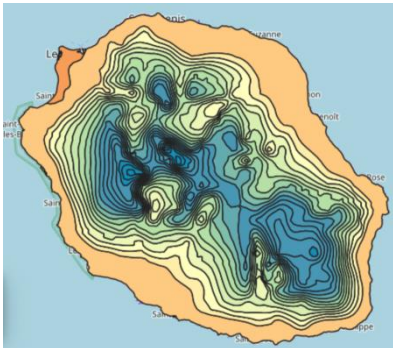
→ Gamme d'hôtes fondamentale

De forts gradients écologiques

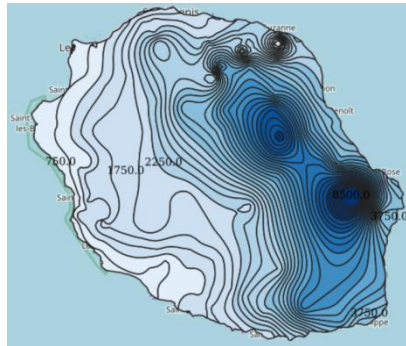
Altitude



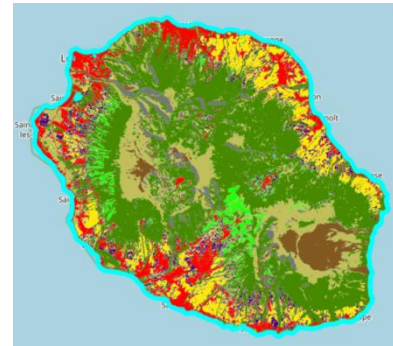
Température



Pluviométrie



Usage du sol



La table d'abondances



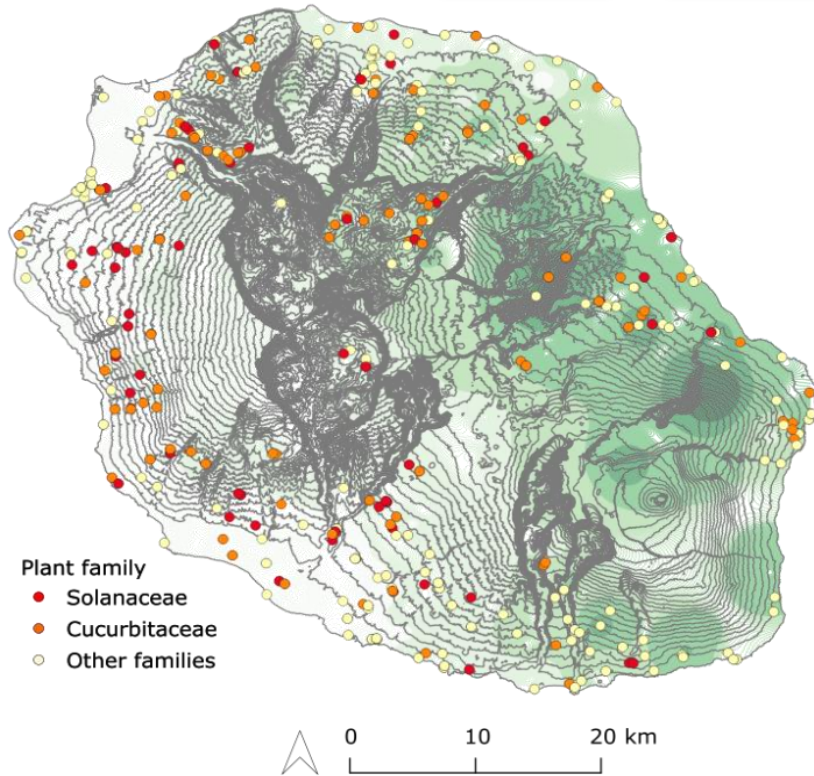
12872 échantillons de fruits
(> 40 espèces de plantes)



Coordonnées GPS + Plantes échantillonnées au
moins 10 fois + Au moins 1 mouche vivante + Une
des 21 plantes étudiée au labo



4918 observations de 8 espèces de mouches
soit > 95 000 mouches comptées
sur 21 plantes hôtes
lors de 104 sessions de terrain sur 380 sites
entre 1991 et 2009



JSDM with PLNmodels

Matrice des abondances

~

$\mathcal{P}(\exp(\text{intercept} + \text{effets des covariables} + \log(\text{offset}) + \text{matrice résiduelle}))$



Contient
potentiellement les
interactions



Sparsification



Associations significatives

Estimer l'importance des filtres liés à la niche vs interactions entre espèces

- Comparaison de modèles PLN

Covariables éco-climatiques
Cofacteur plante hôte



Matrice résiduelle pleine
Matrice résiduelle diagonale

- Examen de la matrice résiduelle du meilleur modèle PLN
- Comparaison niche réalisée vs. niche fondamentale

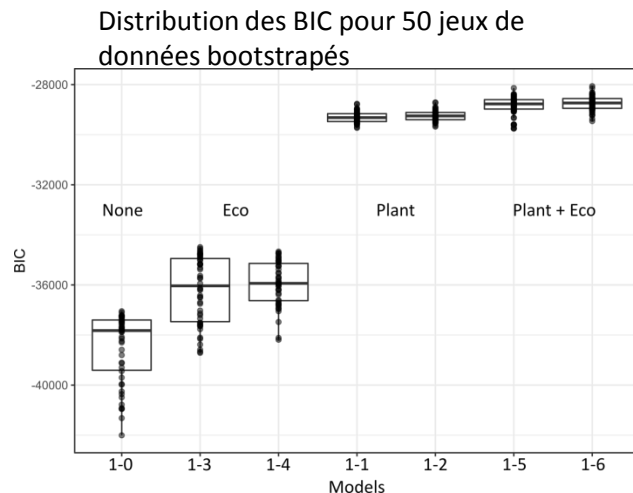
Abondances → Coefficients
de régression vis-à-vis des
plantes hôtes



Mesures d'adaptation aux
plantes hôtes en conditions
contrôlées

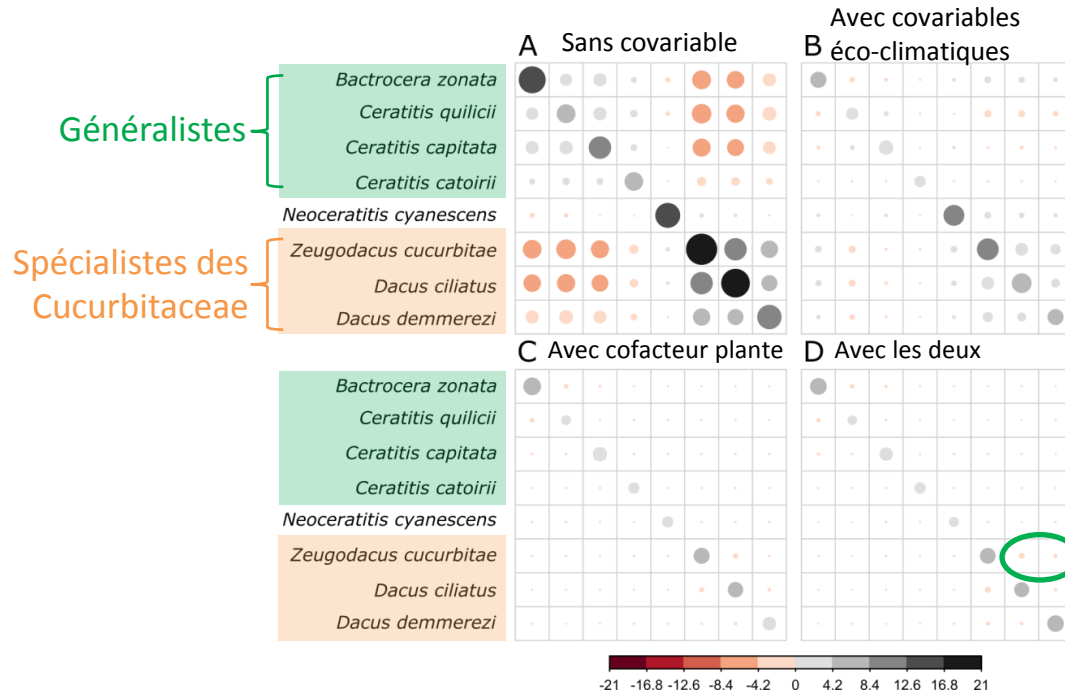
Comparaison de modèles

Models	Covariates	Residual matrix	K	L	BIC	Δ_{BIC}
A) Model set 1 (21 plants x 8 flies)						
Model 1-5	Plant + Eco	Full	284	-27664.3	57742.8	0.0
Model 1-6	Plant + Eco	Diagonal	256	-27997.8	58171.7	428.9
Model 1-2	Plant	Diagonal	176	-28608.9	58713.9	971.1
Model 1-1	Plant	Full	204	-28784.0	59302.1	1559.2
Model 1-3	Eco	Full	124	-35888.8	72831.6	15088.8
Model 1-4	Eco	Diagonal	96	-36598.4	74012.9	16270.1
Model 1-0	None	Full	44	-37228.1	74830.3	17087.4



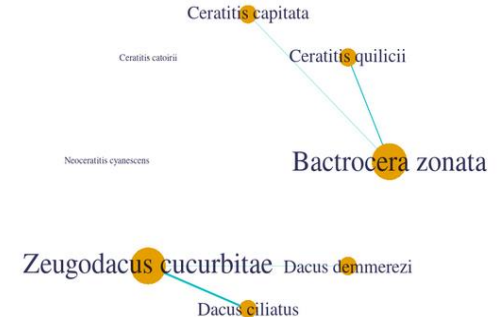
- Le meilleur modèle prend en compte les variables écologiques et l'identité de la plante hôte
- Une légère supériorité du modèle complet à matrice pleine par rapport à sa version diagonale
- Mais ce résultat est peu robuste selon combinaison des covariables et lorsqu'on bootstrape les échantillons

Matrices de variances-covariances résiduelles



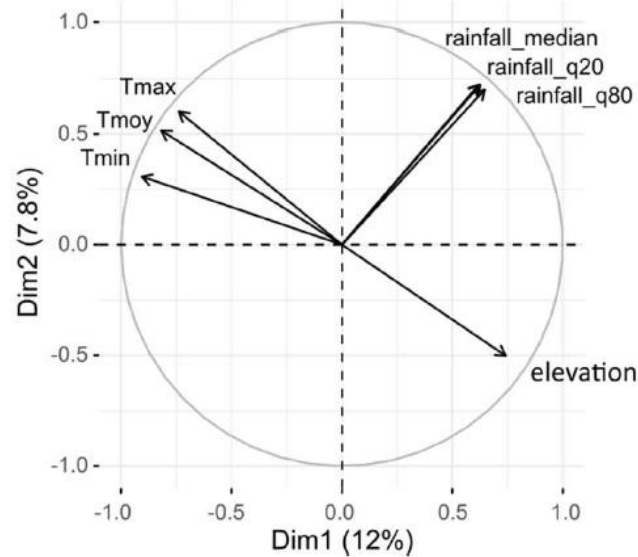
La répartition des mouches est principalement explicable par leurs appétences pour les plantes hôtes

On détecte de faibles associations négatives entre spécialistes des Cucurbitaceae

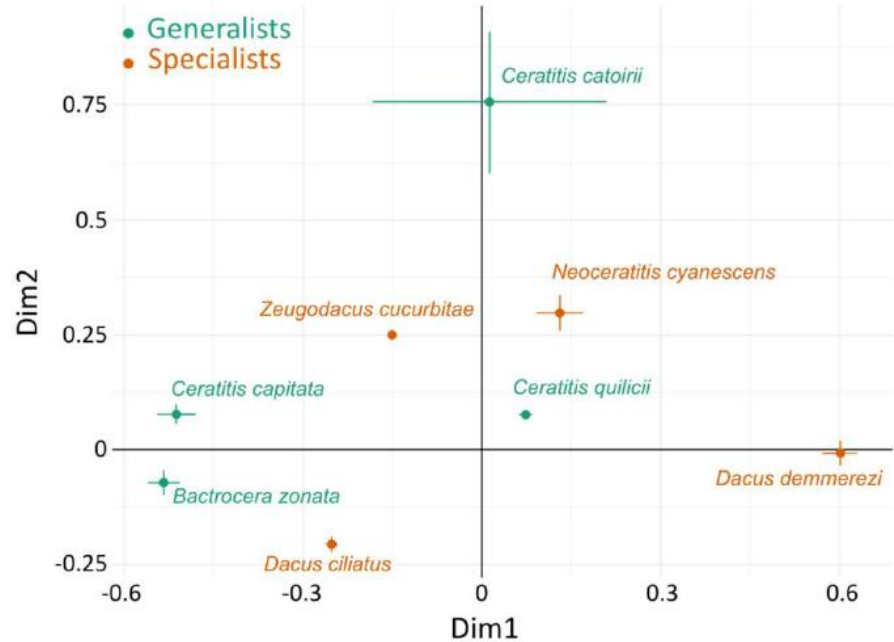


Les niches climatiques

A Correlation circle for quantitative abiotic variables on FAMD axes 1 and 2

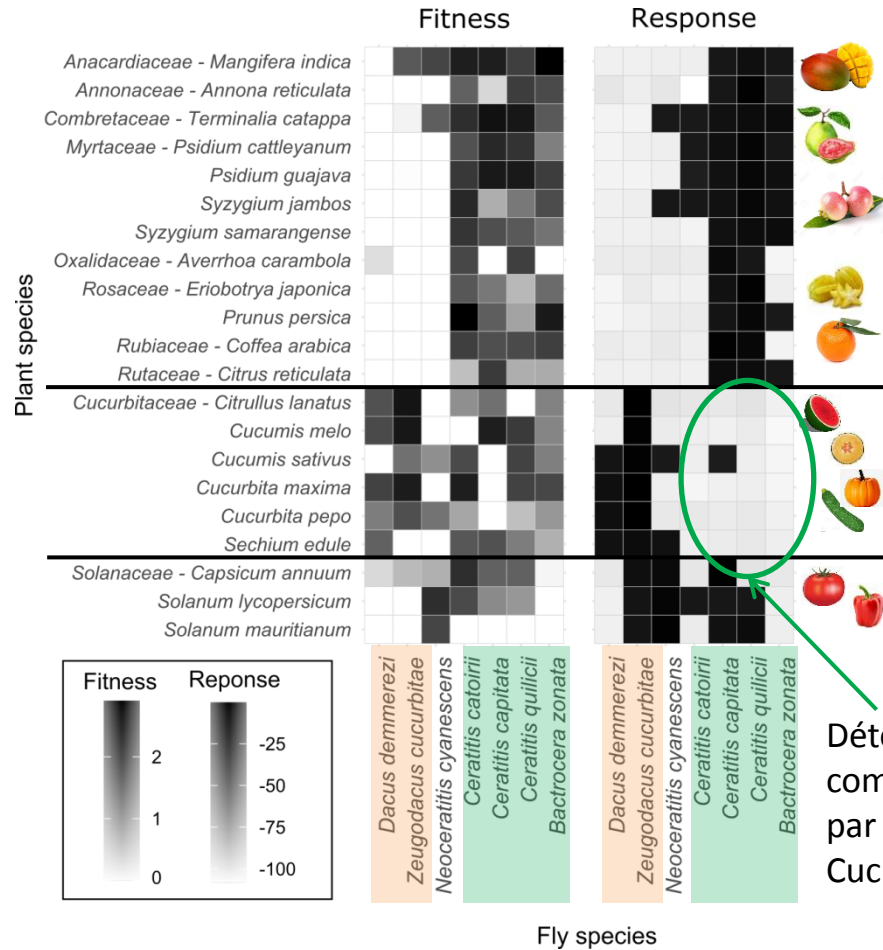


B Species responses to FAMD axes 1 and 2



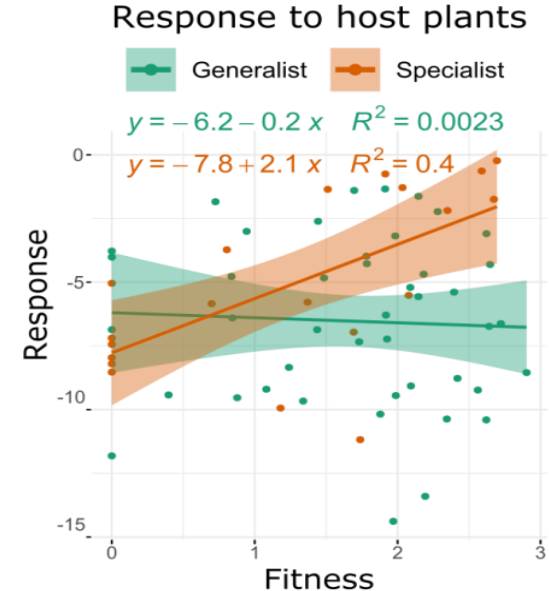
Résultats cohérents avec expériences au laboratoire et observations ciblées au champ !

Niches biotiques fondamentale vs réalisée



Les règles d'assemblage des spécialistes et des généralistes diffèrent : « species sorting » vs. « mass effect »

Leibold et al. 2004



Estimer l'importance des filtres liés à la niche vs interactions entre espèces

... reste compliqué !

A partir des JSMD seuls :

- La matrice résiduelle contient des associations explicables par des variables omises
- Ne peut révéler la compétition lorsqu'elle a abouti à l'exclusion compétitive → l'absence complète d'une espèce dans certaines conditions écologiques se retrouve dans les pentes de la régression

Les pistes :

- Associer des données de terrain à des mesures de traits en conditions contrôlées
- Prendre en compte la dimension temporelle

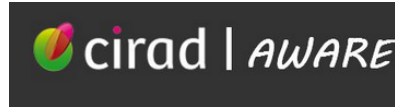
Remerciements



Jim Payet
Serge Glénac
Thomas Brequigny
Antoine Franck, Christophe Simiand, Patrick Turpin



Lionel Le Mézo
Michaël Mézino
Stéphane Dupuy



Projet ANR *Next Generation*
Biomonitoring - D. Bohan



Dave Bohan, Corinne Vacher



Peer Community In
Ecology

Free and transparent preprint and postprint
recommendations in ecology

Facon B., Hafsi A., Charlery de la Masselière M., Robin S., Massol F., Dubart M., **Chiquet J.**, Frago E., Chiroleu F., Duyck P.-F., & **V. Ravigné** (2021)
Joint species distributions reveal the combined effects of host plants, abiotic factors and species competition as drivers of community structure in
fruit flies. bioRxiv, 2020.12.07.414326. ver. 4 peer-reviewed and recommended by **Peer community in Ecology**. Accepted in **Ecology Letters**.