

Comment les pollinisateurs influencent l'évolution des fleurs : une approche expérimentale

Mathilde Dufaÿ



Interactions plantes-pollinisateurs : hier, aujourd'hui et demain

COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Séminaire au Collège de
France, 26 février 2024



Isabelle De Cauwer

Maître de Conférences, laboratoire Evolution-Ecologie-Paléontologie

Université de Lille

Les plantes à fleurs : un groupe extrêmement diversifié

- Diversité en nombre d'espèces
- Diversité de formes de vie
- Diversité de milieux de vie
- ... mais surtout:

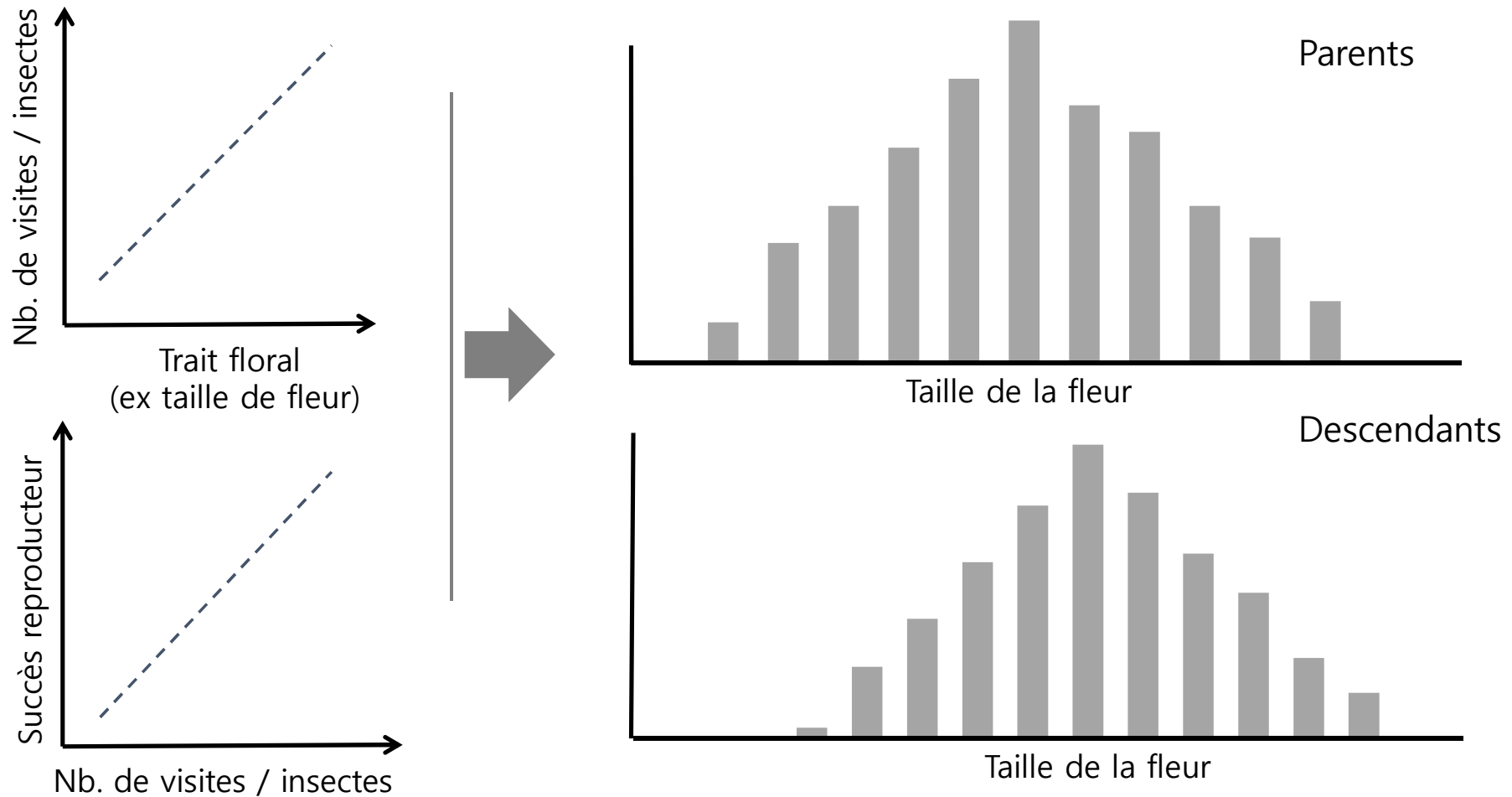
- Diversité de formes florales
 - Couleur
 - Taille
 - Nombre, arrangement
 - Forme, symétrie
 - Parfums
 - Ressources (pollen, nectar, ...)

Signaux attractifs pour les pollinisateurs



Diversité florale : le résultat de la coévolution avec les insectes ?

Evolution des traits floraux : sélection médiée par les pollinisateurs



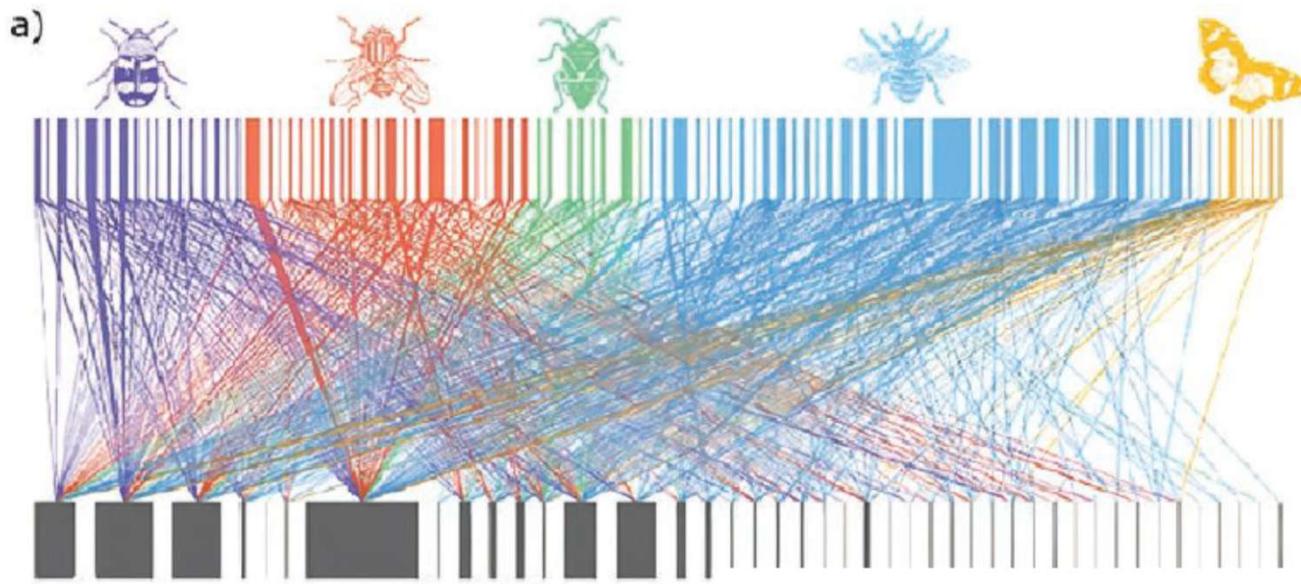
Systemes de pollinisation specialisee vs. generaliste



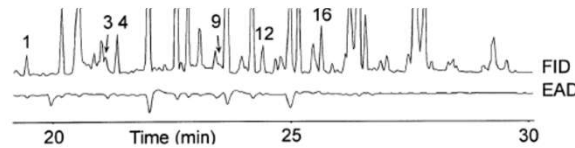
© Minden Pictures



© Stephan Imhof



Barker et al. 2021, *AoB Plants*

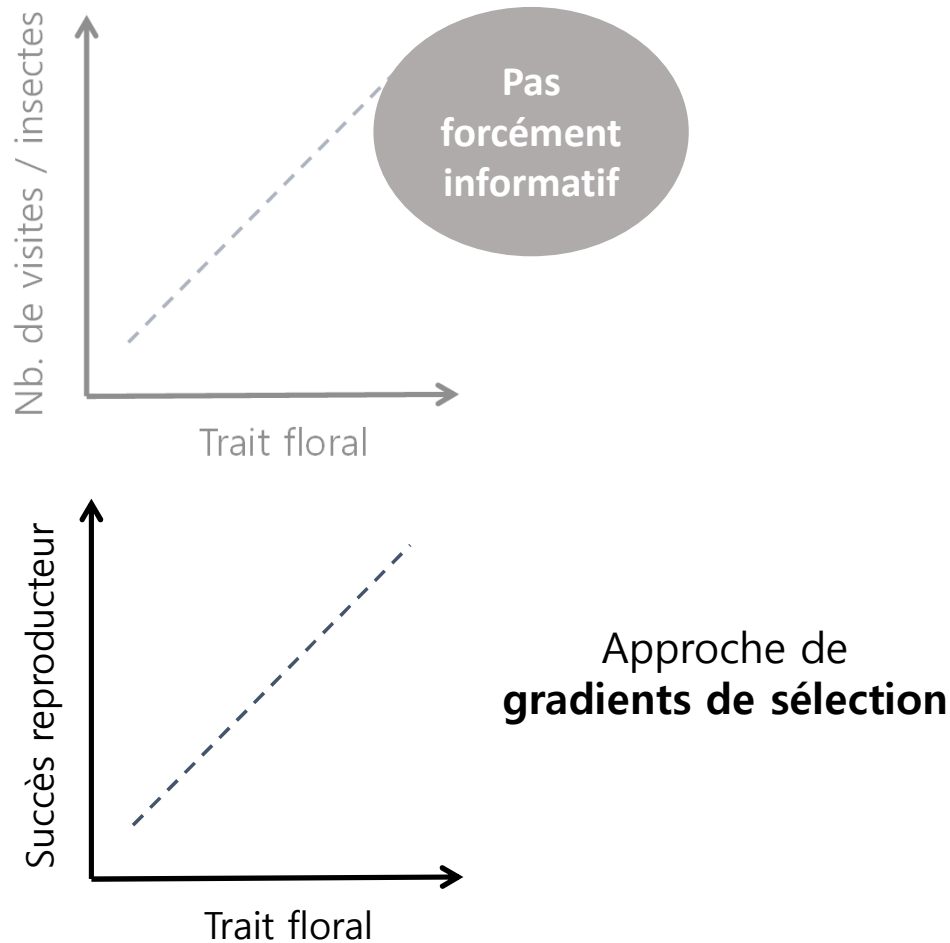


Schiestl et al. 2000 *J. Comp. Physiol*

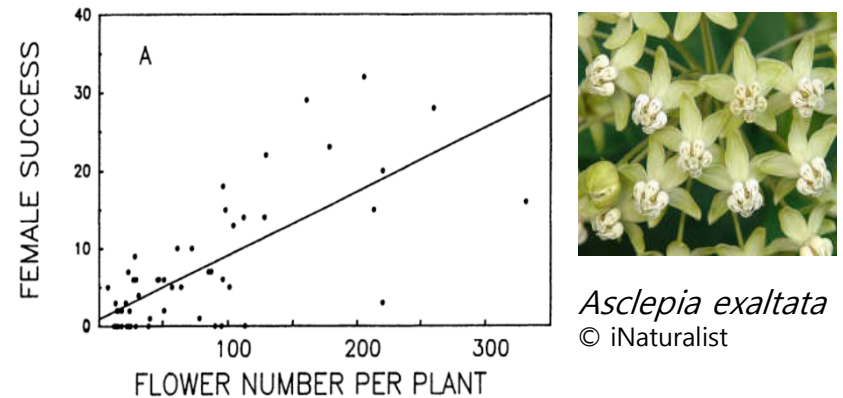
Dufay et al. 2003 *Ecol. Lett.*

Comment mesurer la sélection médiée par les pollinisateurs ?

1. Mesurer la sélection = mesurer le « succès » d'un trait



- Réalisé dans de nombreuses études...



Broyles & Wyatt, 1990

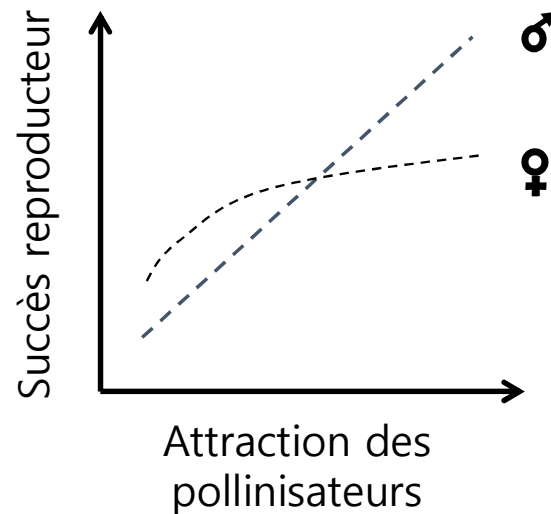
- ... mais souvent mesuré sur le succès reproducteur **femelle** (nombre de graines)

Comment mesurer la sélection médiée par les pollinisateurs ?

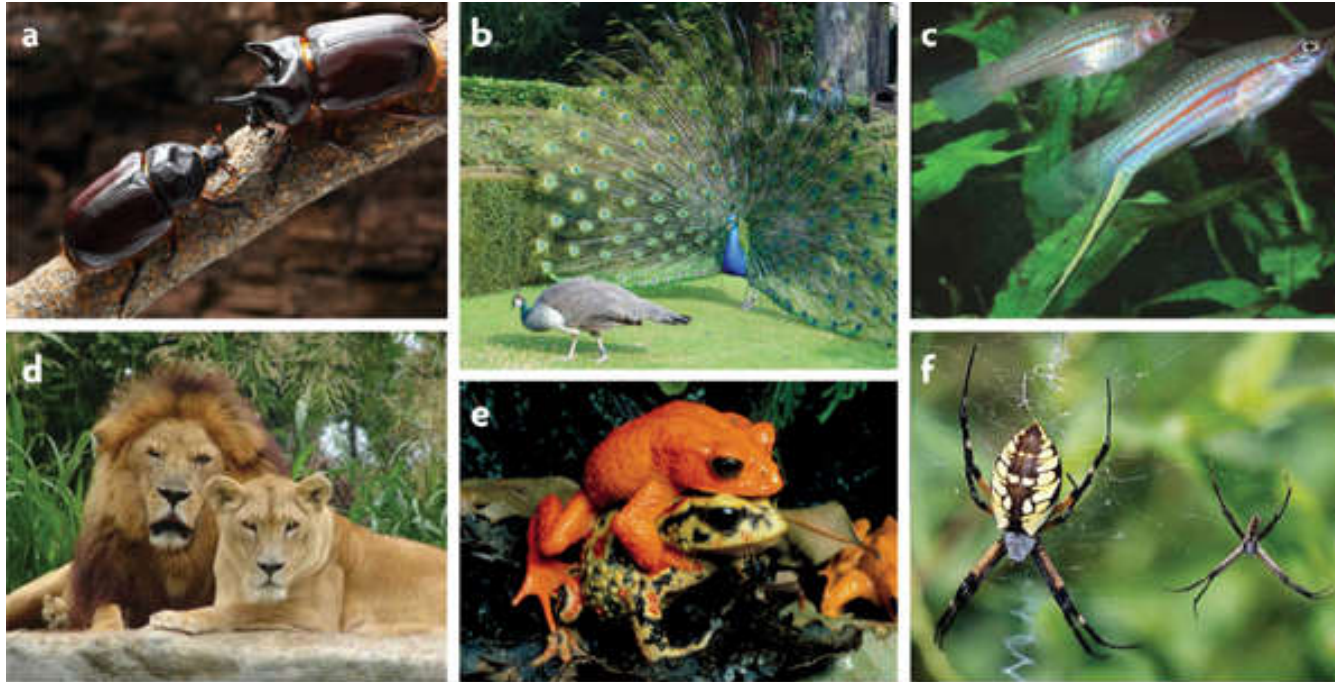
1. Mesurer la sélection = mesurer le « succès » d'un trait

- Succès reproducteur d'un individu hermaphrodite = Nombre de descendants par la voie femelle = nombre de graines issus de ses ovules + Nombre de descendants par la voie mâle = nombre d'ovules fécondés par ses grains de pollen

Attendus théoriques:

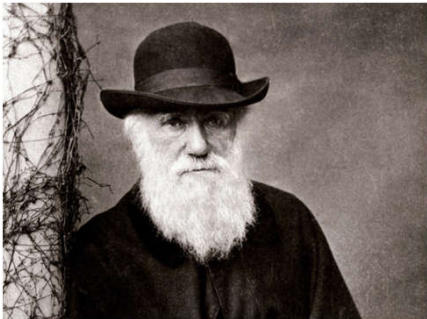


La sélection sexuelle appliquée aux plantes

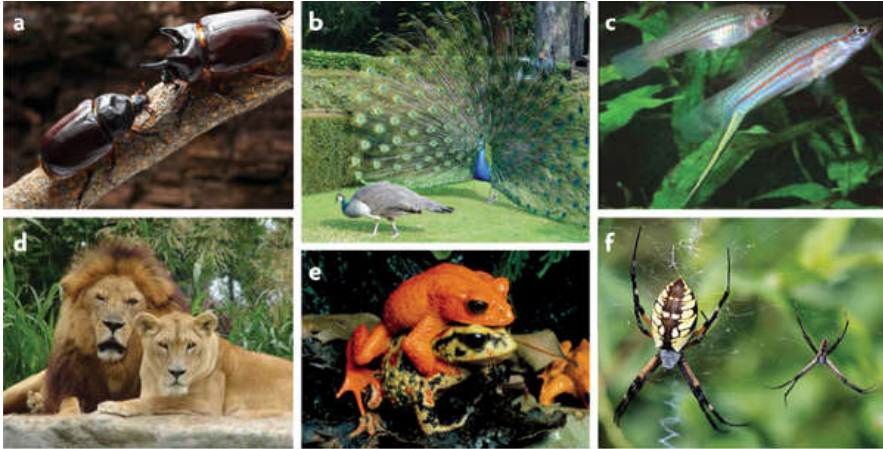


Sélection sexuelle:
sélection jouant sur les
traits qui affectent l'accès
à la **reproduction** (aux
partenaires de reproduction,
ou à leurs gamètes)

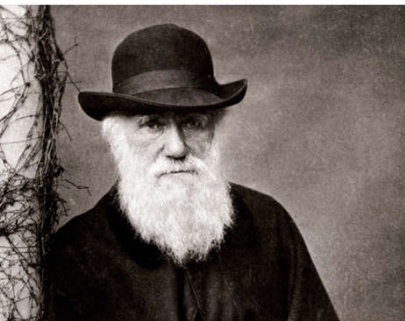
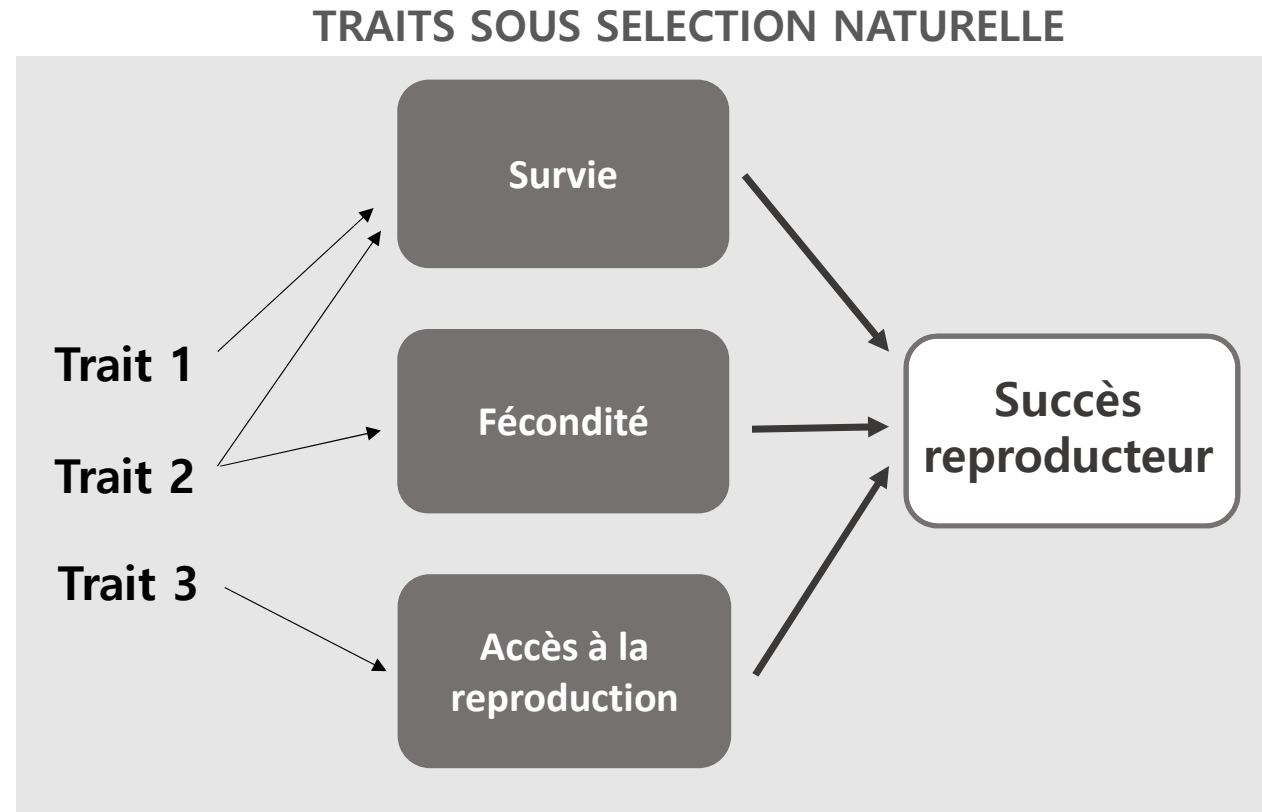
Nature Reviews | **Genetics**



La sélection sexuelle appliquée aux plantes

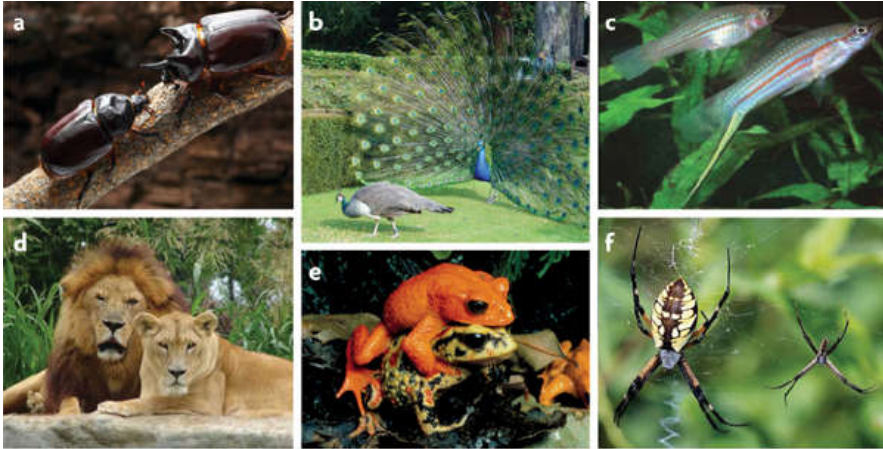


Nature Reviews | Genetics

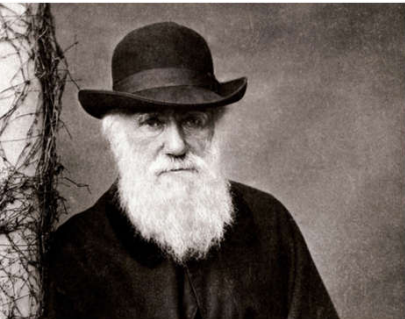
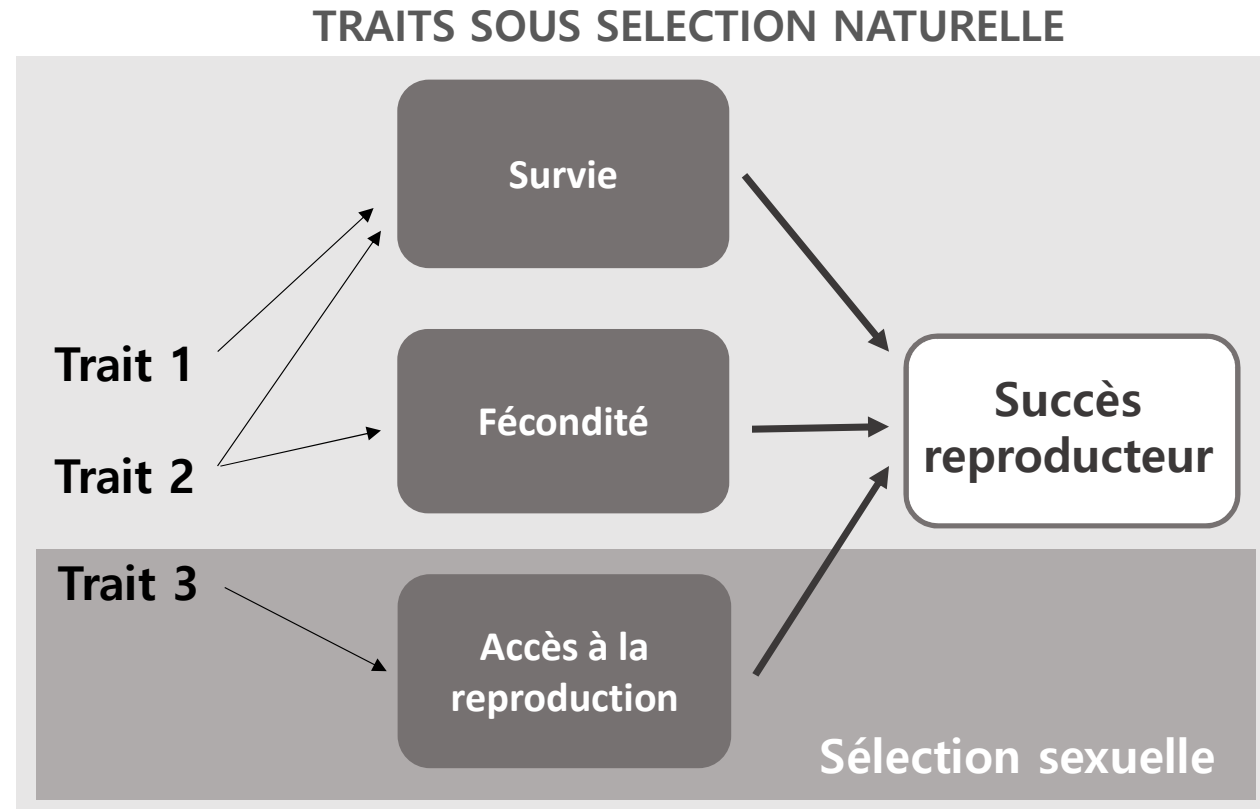


Sélection sexuelle: sélection jouant sur les traits qui affectent l'**accès à la reproduction** (aux partenaires de reproduction, ou à leurs gamètes)

La sélection sexuelle appliquée aux plantes

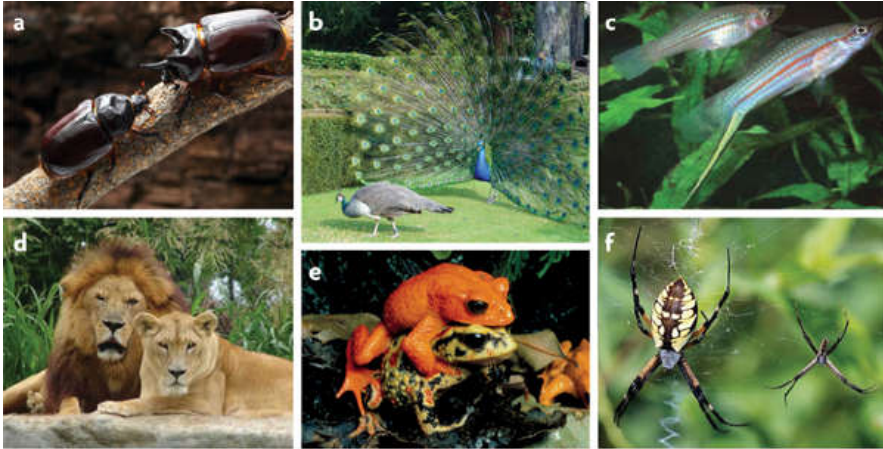


Nature Reviews | Genetics

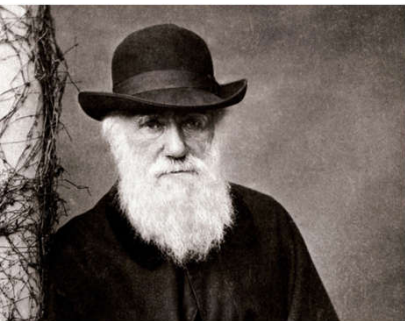
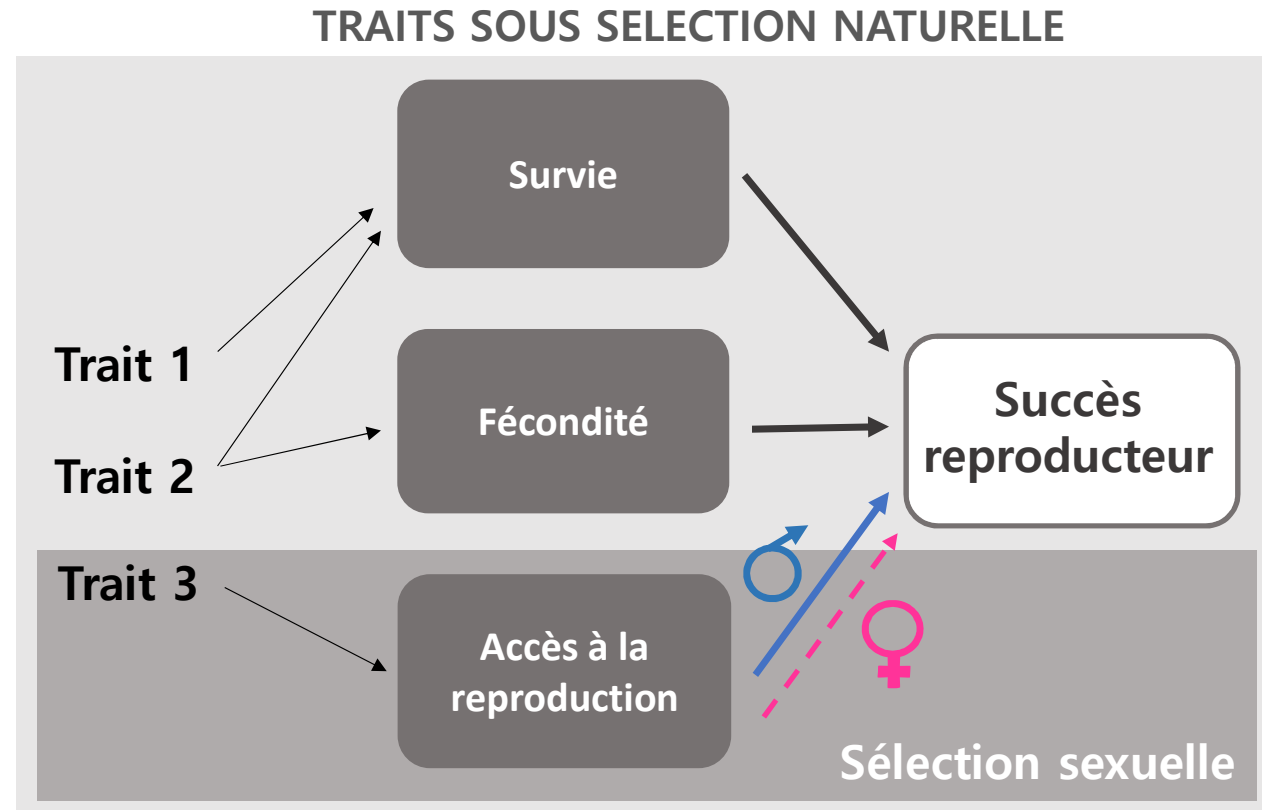


Sélection sexuelle: sélection jouant sur les traits qui affectent l'**accès à la reproduction** (aux partenaires de reproduction, ou à leurs gamètes)

La sélection sexuelle appliquée aux plantes



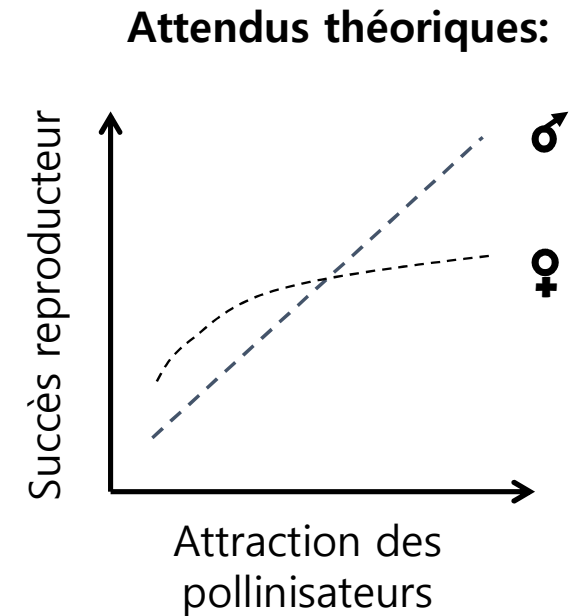
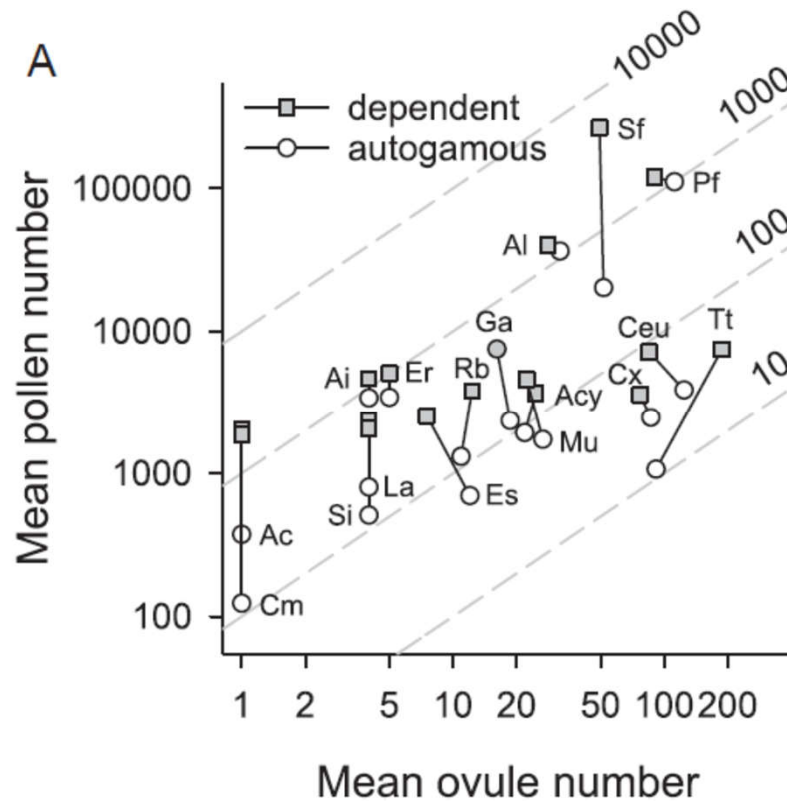
Nature Reviews | Genetics



Sélection sexuelle: sélection jouant sur les traits qui affectent l'**accès à la reproduction** (aux partenaires de reproduction, ou à leurs gamètes)

Comment mesurer la sélection médiée par les pollinisateurs ?

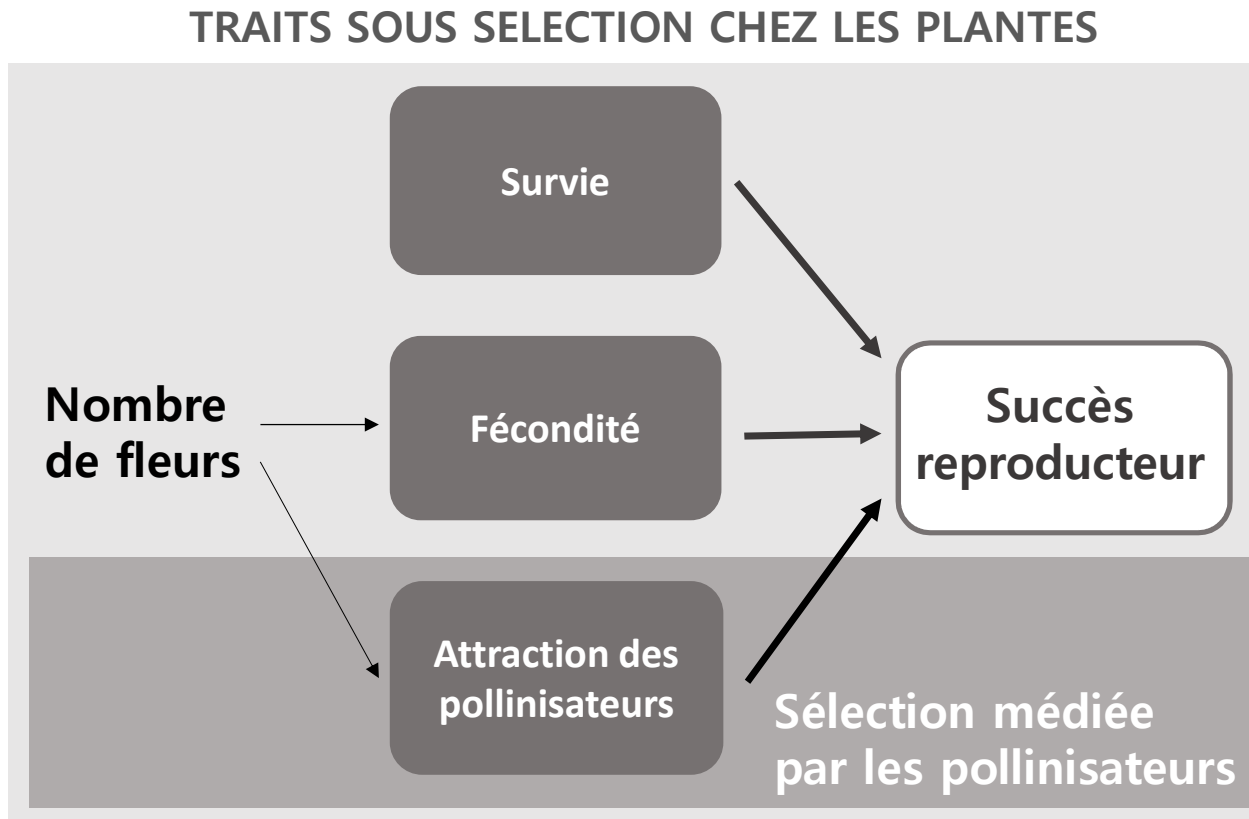
1. Mesurer la sélection = mesurer le « succès » d'un trait



Harder & Johnson, 2022, Am. J. Bot.

Comment mesurer la sélection médiée par les pollinisateurs ?

2. Identifier les pressions de sélection **médiées** par les pollinisateurs



➔ Nécessité d'**approches expérimentales** pour identifier les pressions de sélection médiées par les pollinisateurs

~sélection sexuelle ?

Nos questions de recherche, notre modèle biologique

- Quels traits floraux sont sous sélection ?
- Cette sélection diffère-t-elle entre fonction mâle et femelle?
- Cette sélection est-elle médiée par les pollinisateurs?

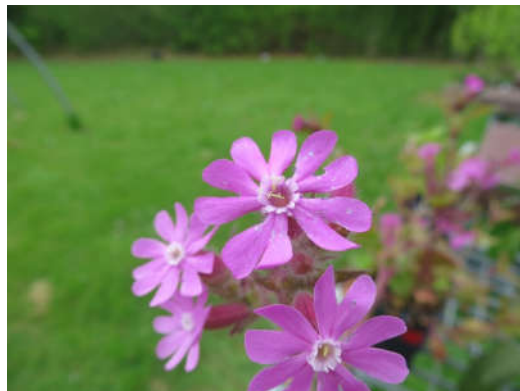
Silene dioica, Caryophyllaceae

Pollinisation généraliste

Dioïque (sexes séparés)



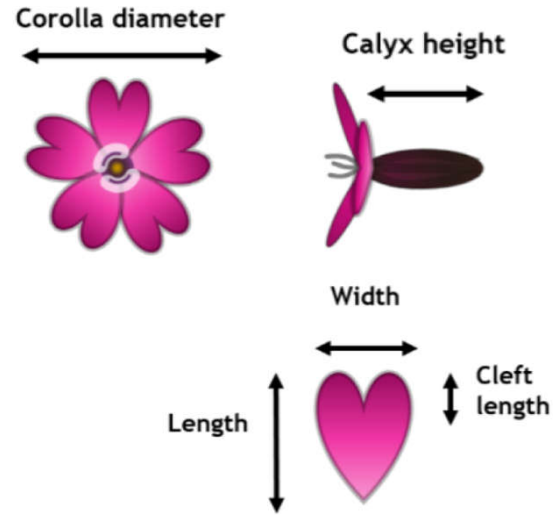
Estelle Barbot



Etude des traits floraux

- **Traits mesurés:**

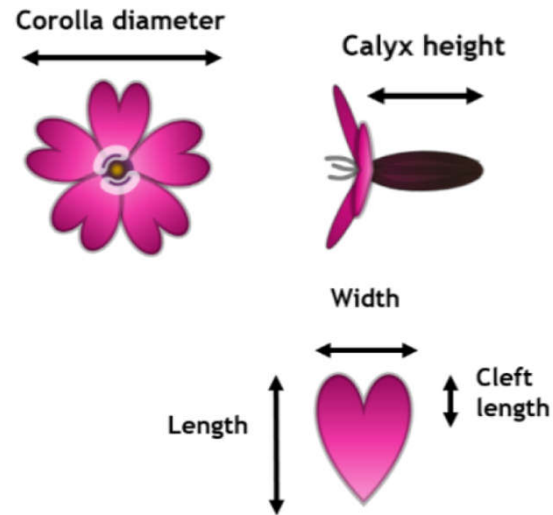
- Nombre de fleurs par jour
- Hauteur de plante
- Largeur moyenne de corolle
- Hauteur moyenne de calice
- Couleur de pétale
- Forme de pétale
- Sucre dans le nectar
- Nombre de gamètes par fleur
- Durée de floraison



Etude des traits floraux

- **Traits mesurés:**

- Nombre de fleurs par jour
- Hauteur de plante
- Largeur moyenne de corolle
- Hauteur moyenne de calice
- Couleur de pétale
- **Forme de pétale**
- **Sucre dans le nectar**
- Nombre de gamètes par fleur
- Durée de floraison



Etude des traits floraux

Annals of Botany 126: 471–480, 2020

doi: 10.1093/aob/mcaa088, available online at www.academic.oup.com/aob

ANNALS OF
BOTANY
Founded 1887

- Traits mesurés:

- Nombre de fleurs par jour
- Hauteur de plante
- Largeur moyenne de corolle
- Hauteur moyenne de calice
- Couleur de pétale
- Forme de pétale
- Sucre dans le nectar
- Nombre de gamètes par fleur
- Durée de floraison

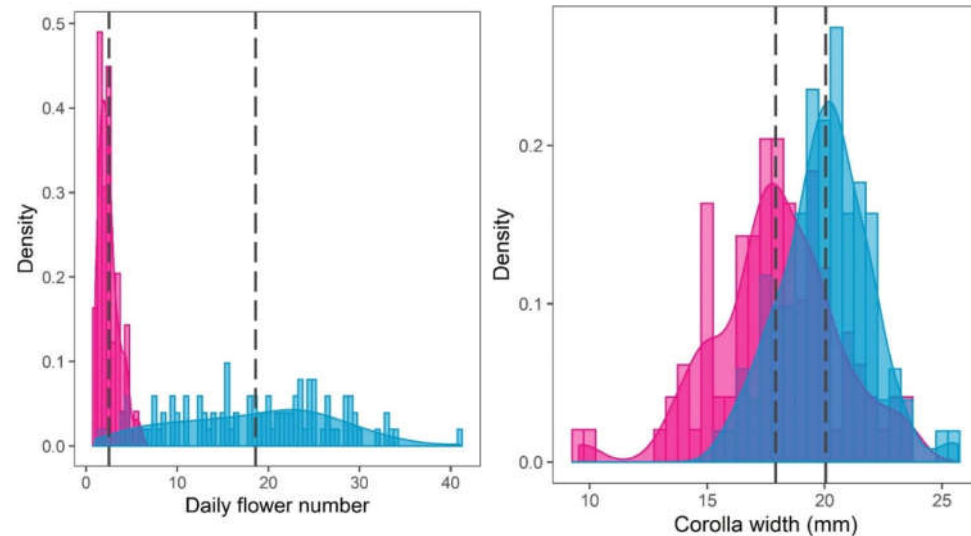
Research

Effects of sexual dimorphism on pollinator behaviour in a dioecious species

Laura Moquet, Anne-Laure Jacquemart, Mathilde Dufay and Isabelle De Cauwer*

Temporal dynamics of sexual dimorphism in a dioecious species

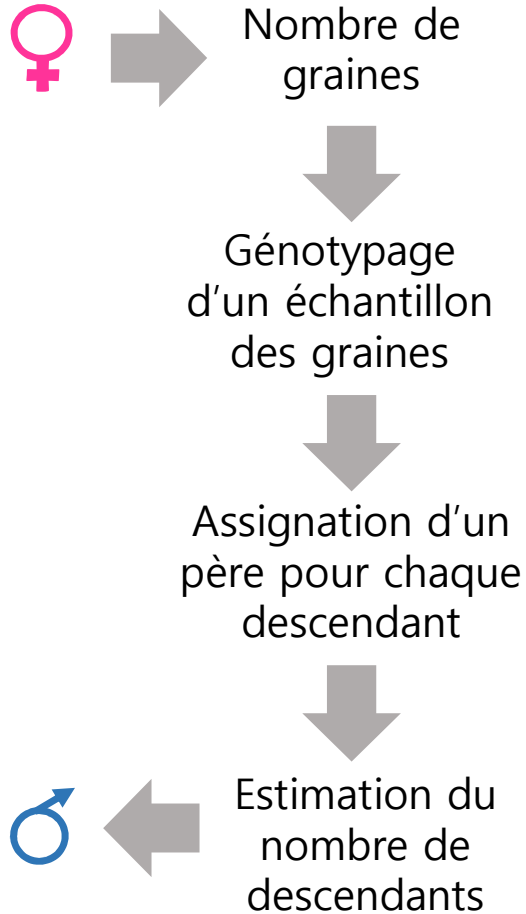
L. Moquet^{1,2,3}, L. Lateur¹, A.-L. Jacquemart³, I. De Cauwer^{1,†} and M. Dufay^{1,4,*}



- Effet positif très fort du nombre de fleurs sur le nombre de visites de pollinisateurs
- Effet significatif mais modéré de la taille des fleurs sur le nombre de visites de pollinisateurs

Gradients de sélection mâle et femelle

Evolution, 2023, 77(7), 1578–1590
<https://doi.org/10.1093/evolut/qpad069>
Advance access publication 24 April 2023
Original Article

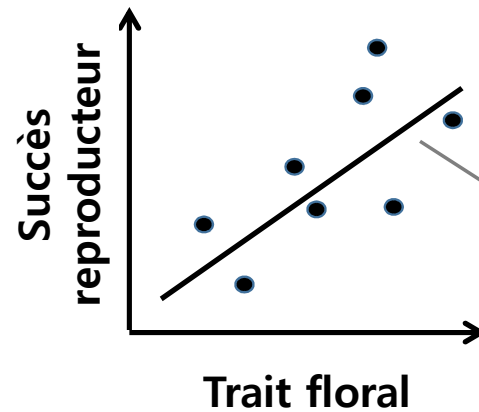
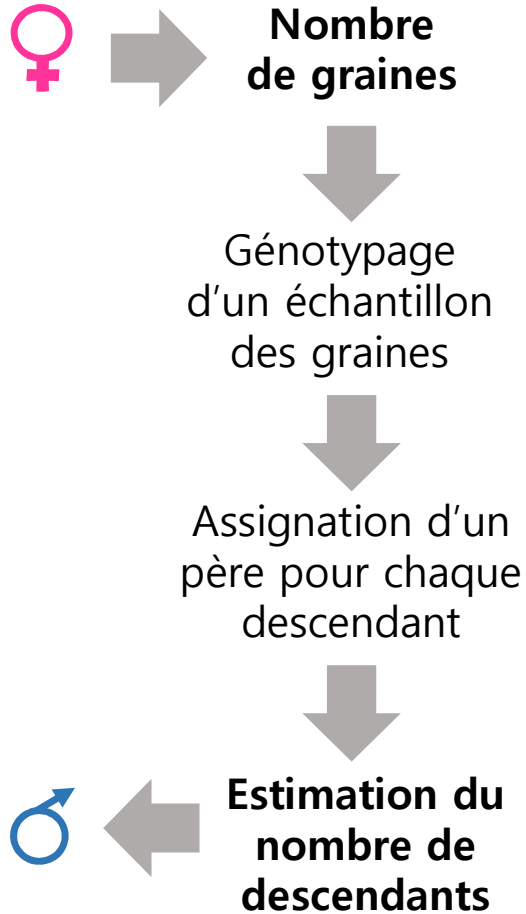


Sex-specific selection patterns in a dioecious insect-pollinated plant

Estelle Barbot^{1,2}, Mathilde Dufay^{3,†}, Isabelle De Cauwer^{1,†}

Gradients de sélection mâle et femelle

Evolution, 2023, 77(7), 1578–1590
<https://doi.org/10.1093/evolut/qpad069>
Advance access publication 24 April 2023
Original Article



Sex-specific selection patterns in a dioecious insect-pollinated plant

Estelle Barbot^{1,2}, Mathilde Dufay^{3,†}, Isabelle De Cauwer^{1,†}

Pente β = gradient de sélection

Valeur de β

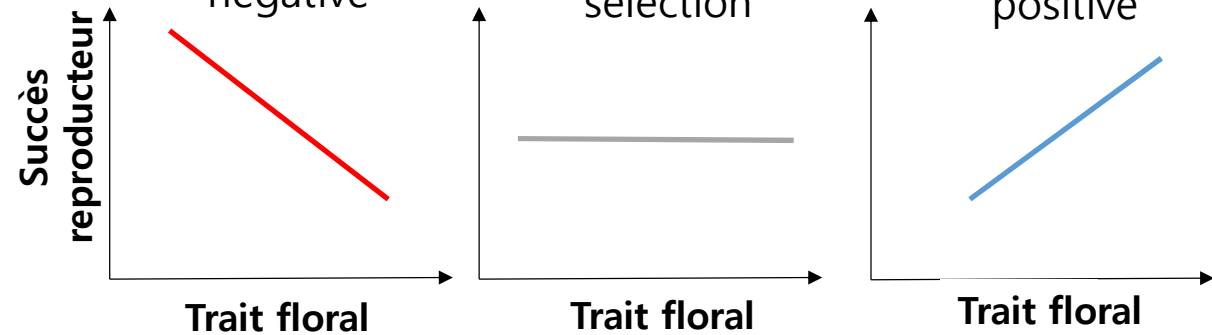
0



Sélection négative

Pas de sélection

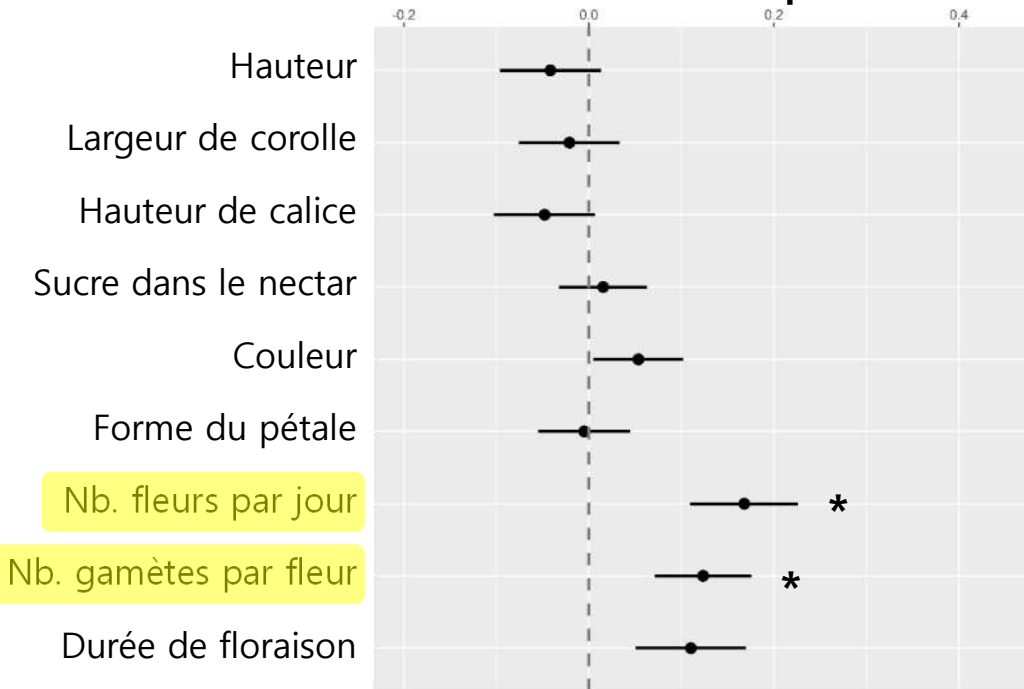
Sélection positive



Gradients de sélection mâle et femelle

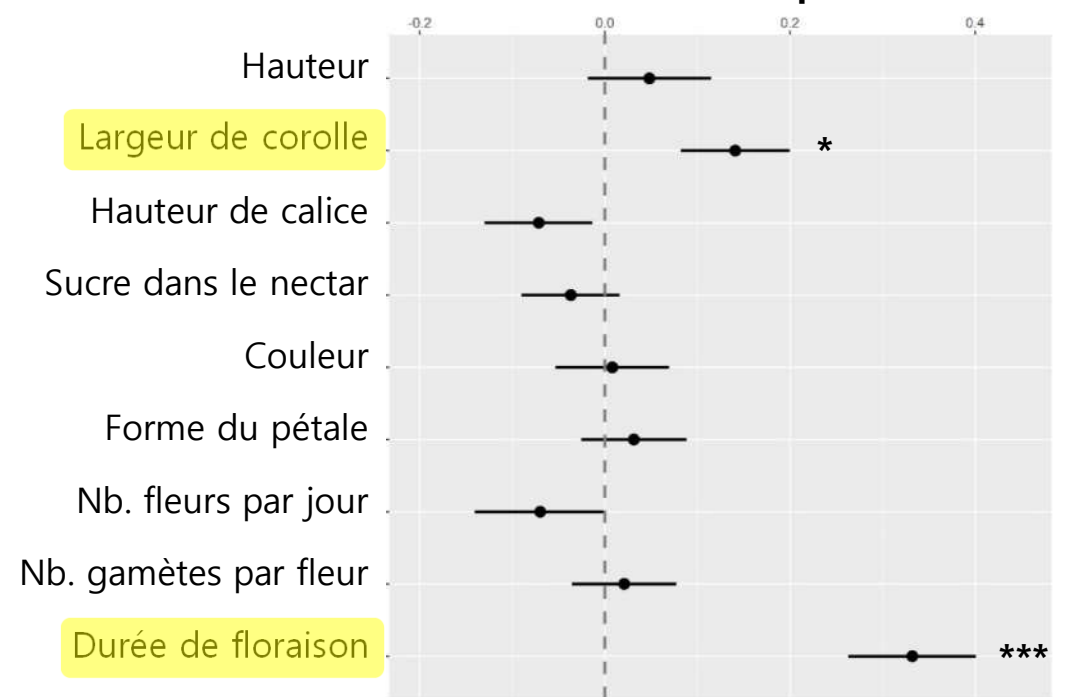
Plantes femelles

Gradients de sélection β :



Plantes mâles

Gradients de sélection β :

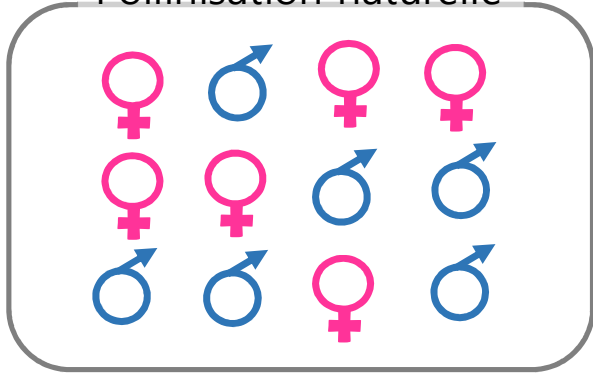


- Pressions de sélection différentes entre mâles et femelles
- Parfois cohérentes avec le dimorphisme sexuel observé...
- Mais pas toujours : pas de sélection plus forte sur les nombre de fleurs chez les mâles..

Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

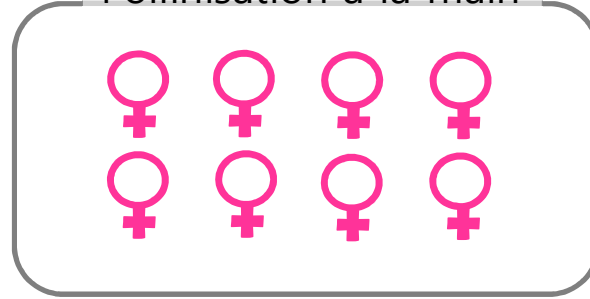
1^{ère} méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

Pollinisation naturelle



Pressions de sélection de **fécondité** + sélection médiée par les **pollinisateurs**

Pollinisation à la main



Pressions de sélection de **fécondité** uniquement

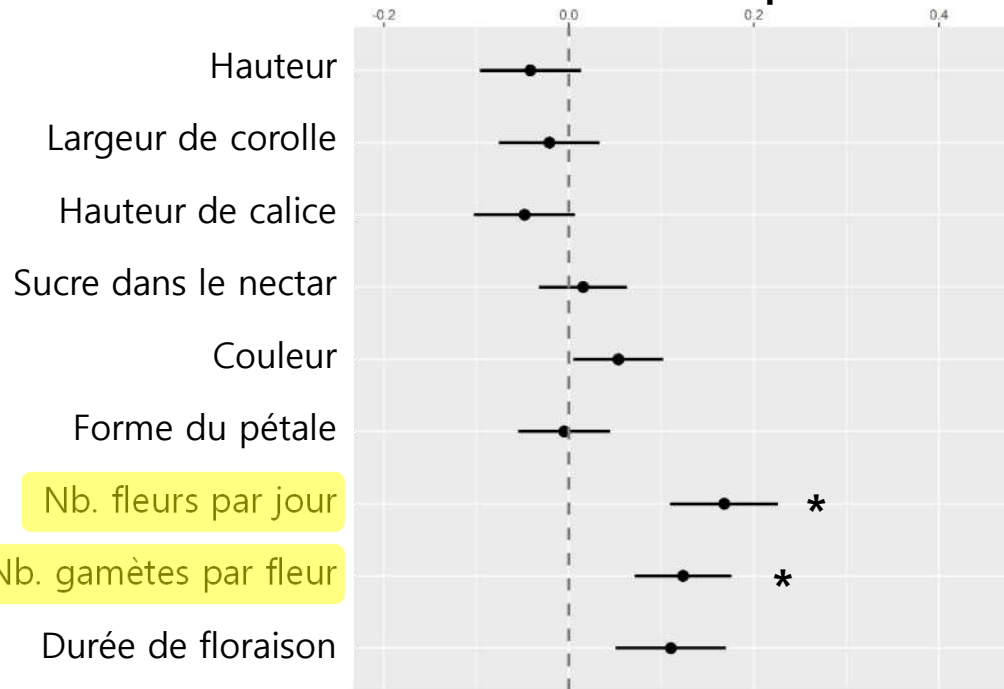


Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

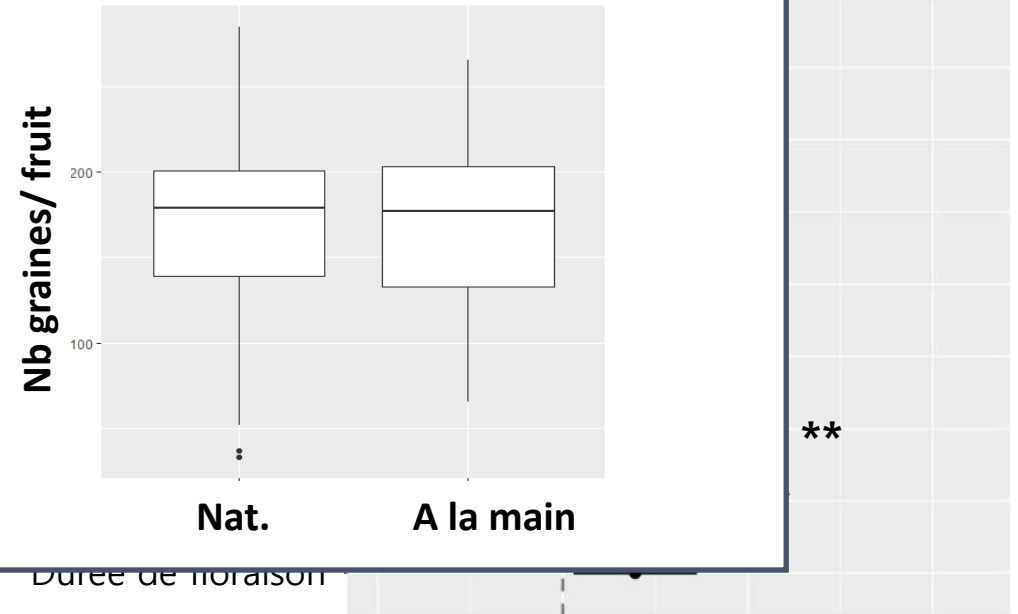
Plantes femelles – pollinisation naturelle

Plantes femelles – pollinisation à la main

Gradients de sélection β :



La production de graines n'est pas limitée par les pollinisateurs

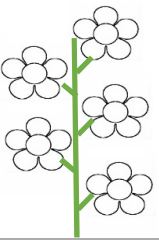
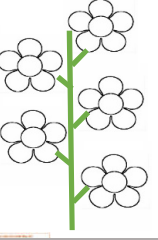
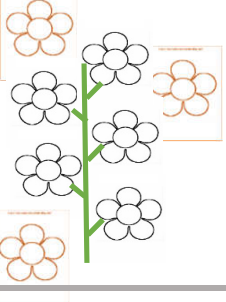
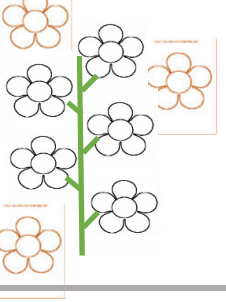


- Pressions de sélection sur les traits femelles = sélection de fécondité
- Les pollinisateurs ne sont pas des agents de sélection sur les femelles dans notre étude

Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

1^{ère} méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

2^{ème} méthode : manipuler le phénotype des individus

Sexe	femelles	mâles
Plantes témoin		
Plantes + fleurs artificielles		

PROCEEDINGS B

royalsocietypublishing.org/journal/rspb

Research

Cite this article: Barbot E, Dufaj M, Tonnabel J, Godé C, De Cauwer I. 2022 On the function of flower number: disentangling fertility from pollinator-mediated selection. *Proc. R. Soc. B*




On the function of flower number: disentangling fertility from pollinator-mediated selection

Estelle Barbot^{1,2}, Mathilde Dufaj³, Jeanne Tonnabel^{2,3}, Cécile Godé¹ and Isabelle De Cauwer¹

¹Univ. Lille, CNRS, UMR 8198 - Evo-Eco-Paleo, F-59000 Lille, France

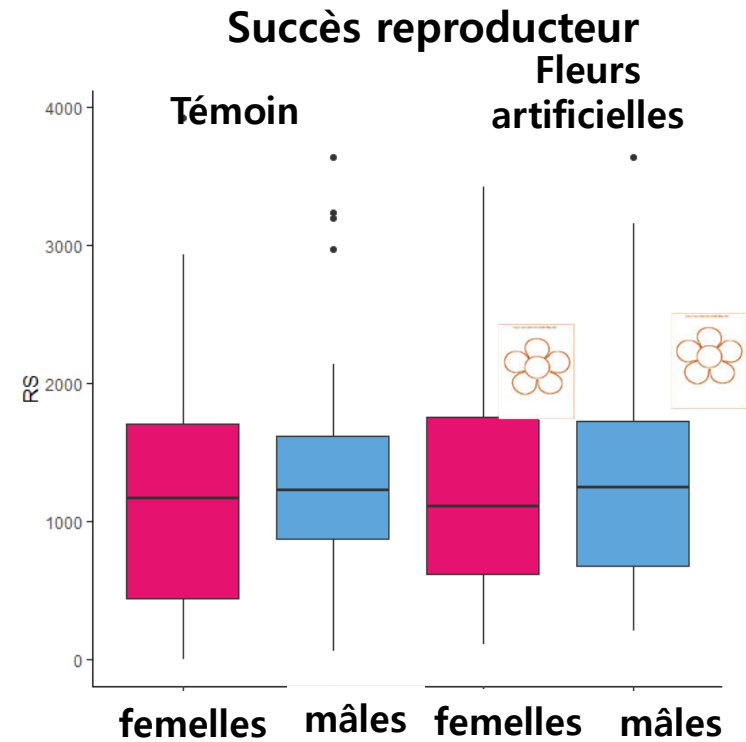
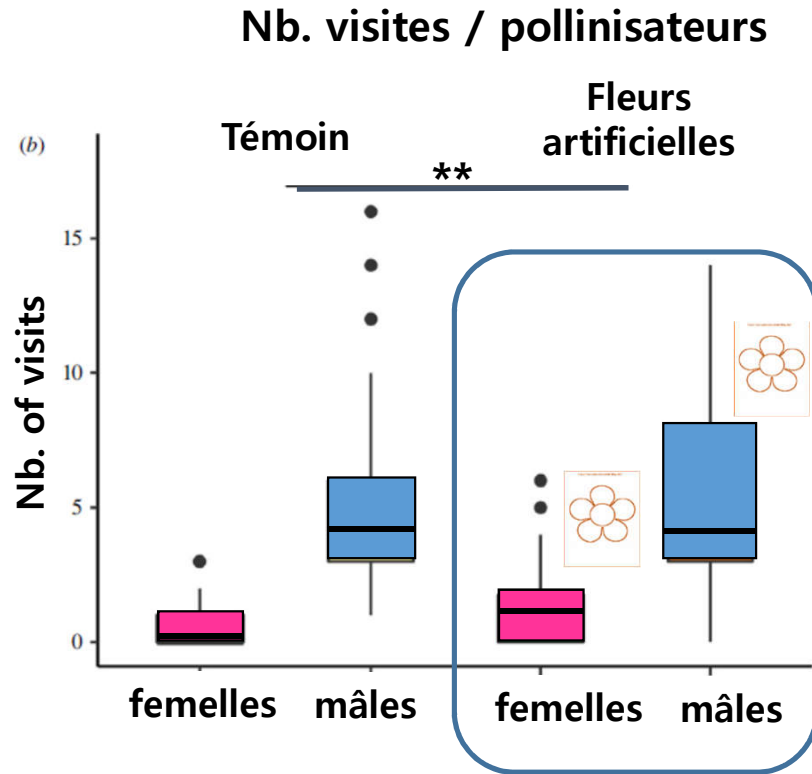
²ISEM, Univ. Montpellier, CNRS, IRD, Montpellier, France

³CEFE, Univ. Montpellier, CNRS, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, EPHE, IRD, Montpellier, France

 EB, 0000-0001-6790-2429

→ Augmente l'attractivité sans augmenter la fécondité

Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits



- Les plantes manipulées attirent plus de pollinisateurs

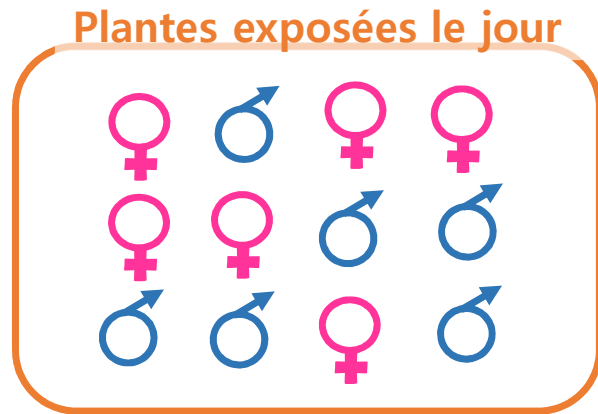
- Augmenter le nombre de visites n'augmente pas le succès reproducteur, que ce soit chez les mâles ou les femelles
- → pas de sélection médiée par les pollinisateurs sur le nombre de fleurs

Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

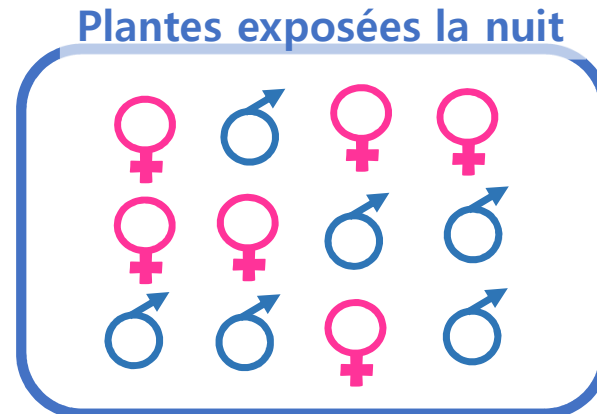
1^{ère} méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

2^{ème} méthode : manipuler le phénotype des individus

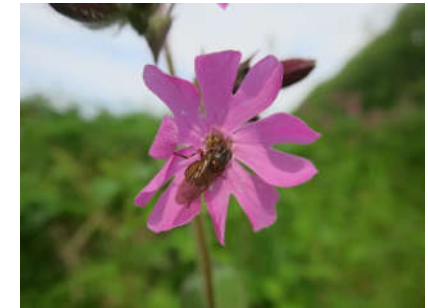
3^{ème} méthode : manipuler l'accès des pollinisateurs aux plantes mâles et femelles



Pressions de sélection de **fécondité** + sélection médiée par les **pollinisateurs diurnes**

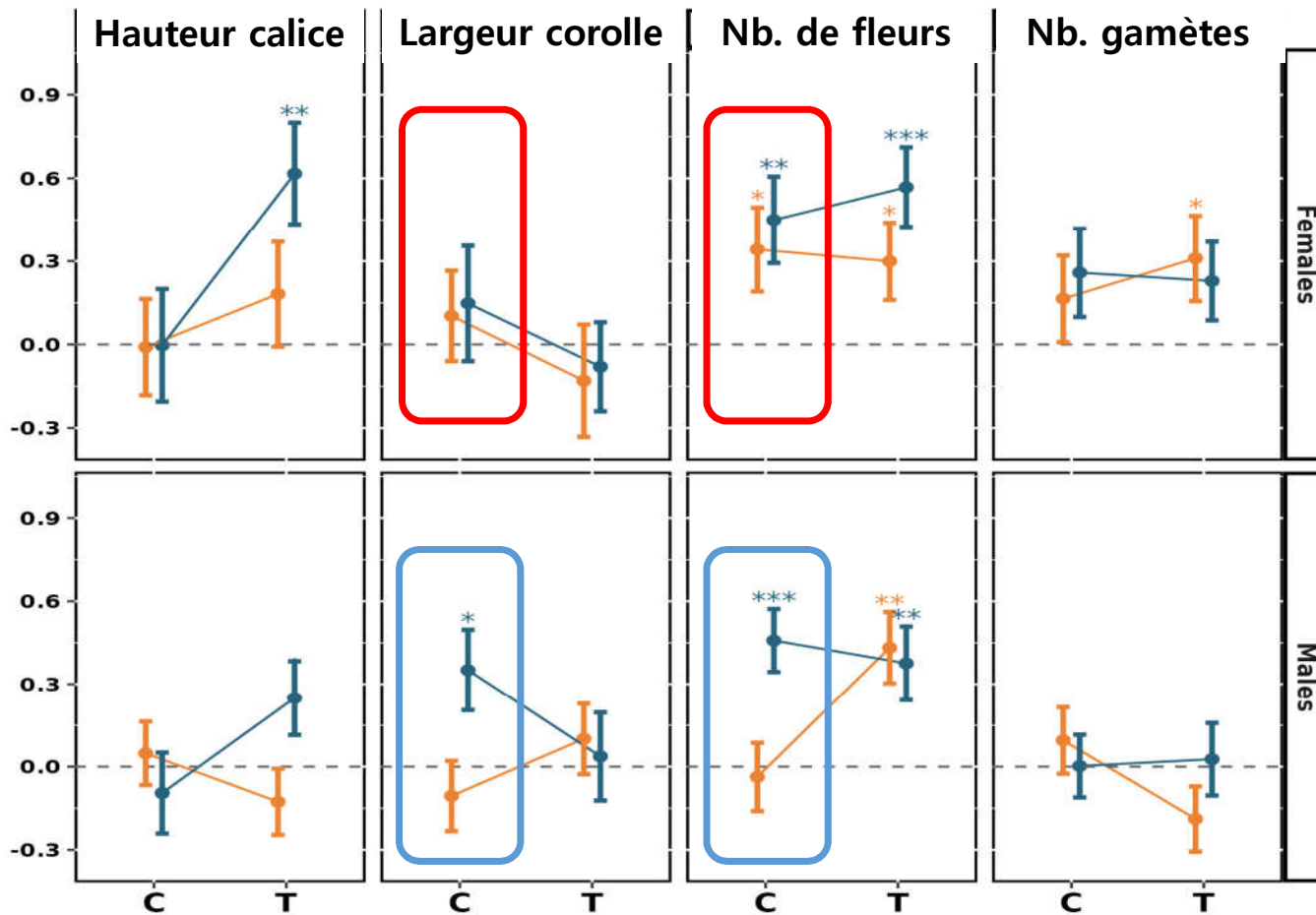


Pressions de sélection de **fécondité** + sélection médiée par les **pollinisateurs nocturnes**



Syndrome de pollinisation plutôt diurne...
mais des visiteurs nocturnes également!

Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits



Femelles

- Pressions de sélection équivalentes dans les deux groupes

Mâles

- Gradients de sélection différents entre les groupes
- Sélection médiée par les pollinisateurs
- Rôle étonnamment important des pollinisateurs nocturnes

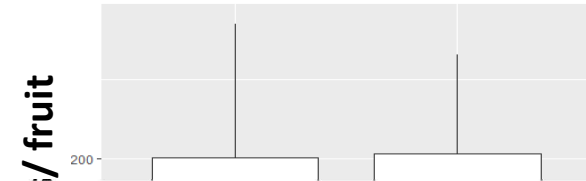
Conclusions (1)

- Pressions de sélection différentes entre mâles et femelles
→ Compréhension partielle et biaisée quand on ne s'intéresse qu'à la fonction femelle
 - Certains attendus théoriques vérifiés...
 - Sélection médiée par les pollinisateurs / sélection sexuelle plus marquée chez les mâles
 - Sélection de fécondité chez les femelles
 - D'autres, non..
 - Des traits floraux peuvent très exprimés, attractifs pour les insectes sans être apparemment sous sélection
 - Certaines pressions de sélection médiées par les pollinisateurs semblent être le fait des pollinisateurs nocturnes
- Les processus écologiques et évolutifs ne sont pas forcément intuitifs

Conclusions (2)

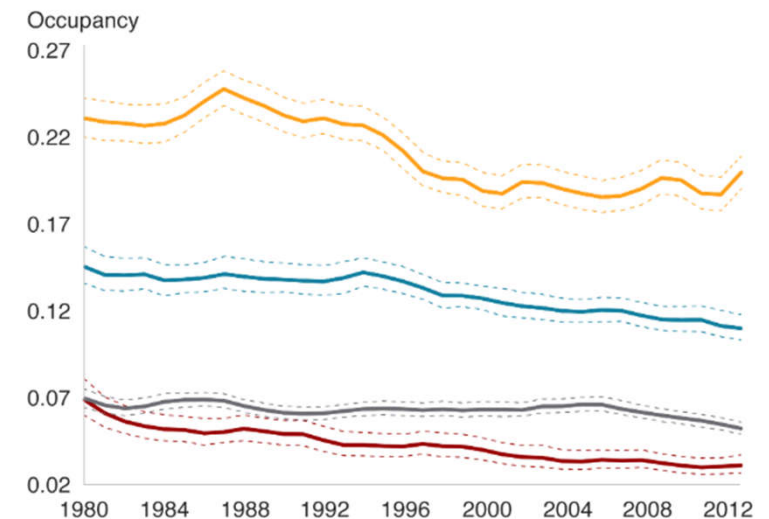
- Les pollinisateurs ne sont pas agents de sélection des traits sur les plantes femelles dans un contexte particulier = pas de limitation en pollen
- Disparition des pollinisateurs → limitation en pollen observée dans de nombreuses espèces / populations
- Quelles conséquences évolutives de ce déclin ?

La production de graines n'est pas limitée par les pollinisateurs



Decline in pollinating insects in Britain

- Widespread species of wild bee and hoverflies
- Widespread southern species of wild bees and hoverflies
- Wild bees and hoverflies living in southern areas
- Wild bees and hoverflies living in upland areas



Occupancy is an estimate of the proportion of 1km grid cells where the species is present

Source: Nature Communications

BBC

Remerciements



Isabelle De Cauwer
Estelle Barbot
Jeanne Tonnabel
Laura Moquet
Eric Schmitt
Cécile Godé

