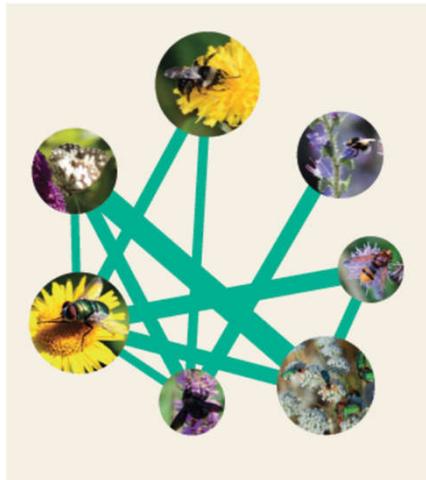


# Comment les pollinisateurs influencent l'évolution des fleurs : une approche expérimentale

Mathilde Dufaÿ



CENTRE D'ÉCOLOGIE  
FONCTIONNELLE  
& ÉVOLUTIVE



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:

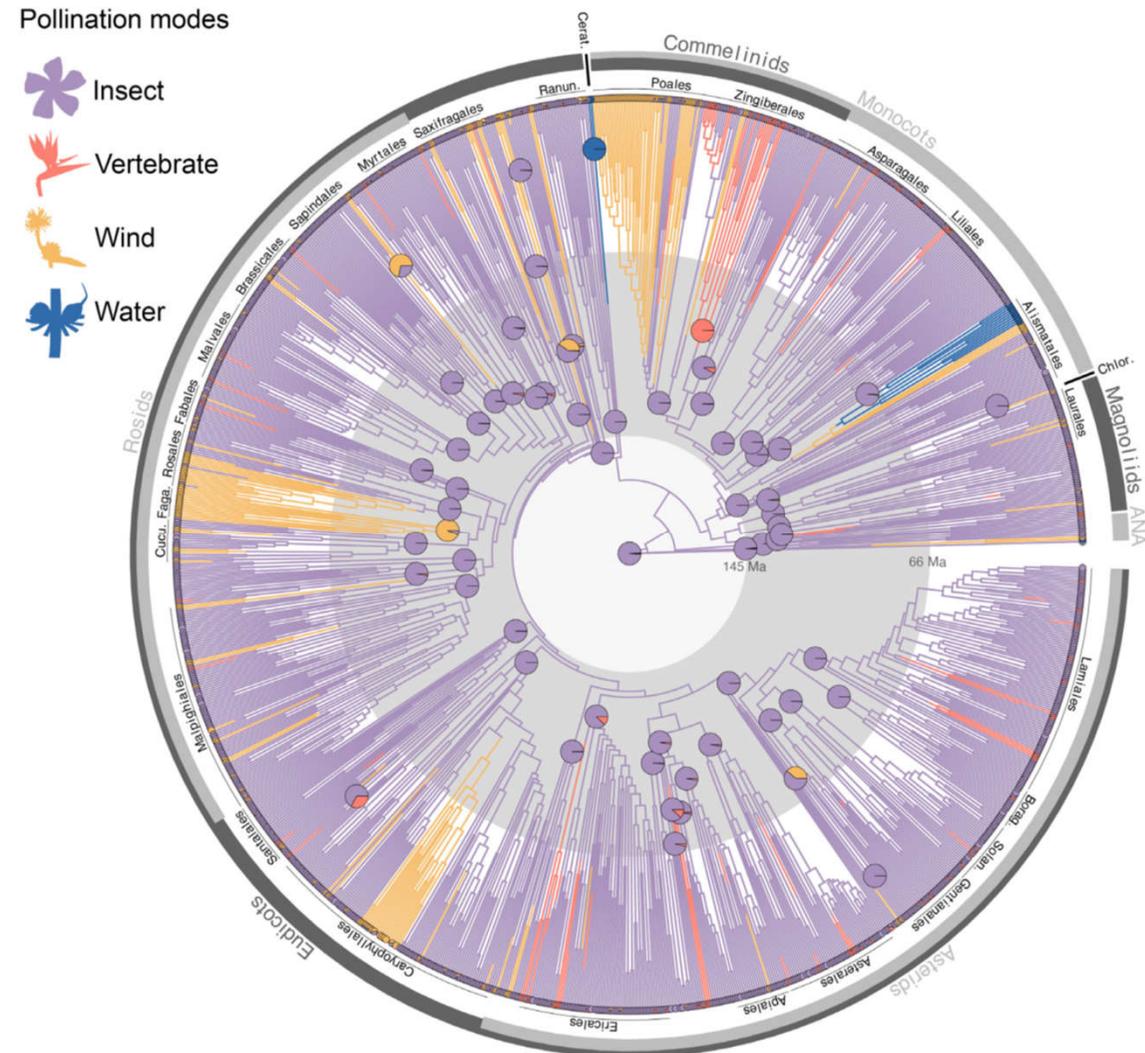
- Diversité de formes florales
  - Couleur
  - Taille
  - Nombre, arrangement
  - Forme, symétrie
  - Parfums
  - Ressources (pollen, nectar, ...)

Signaux attractifs pour les pollinisateurs



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

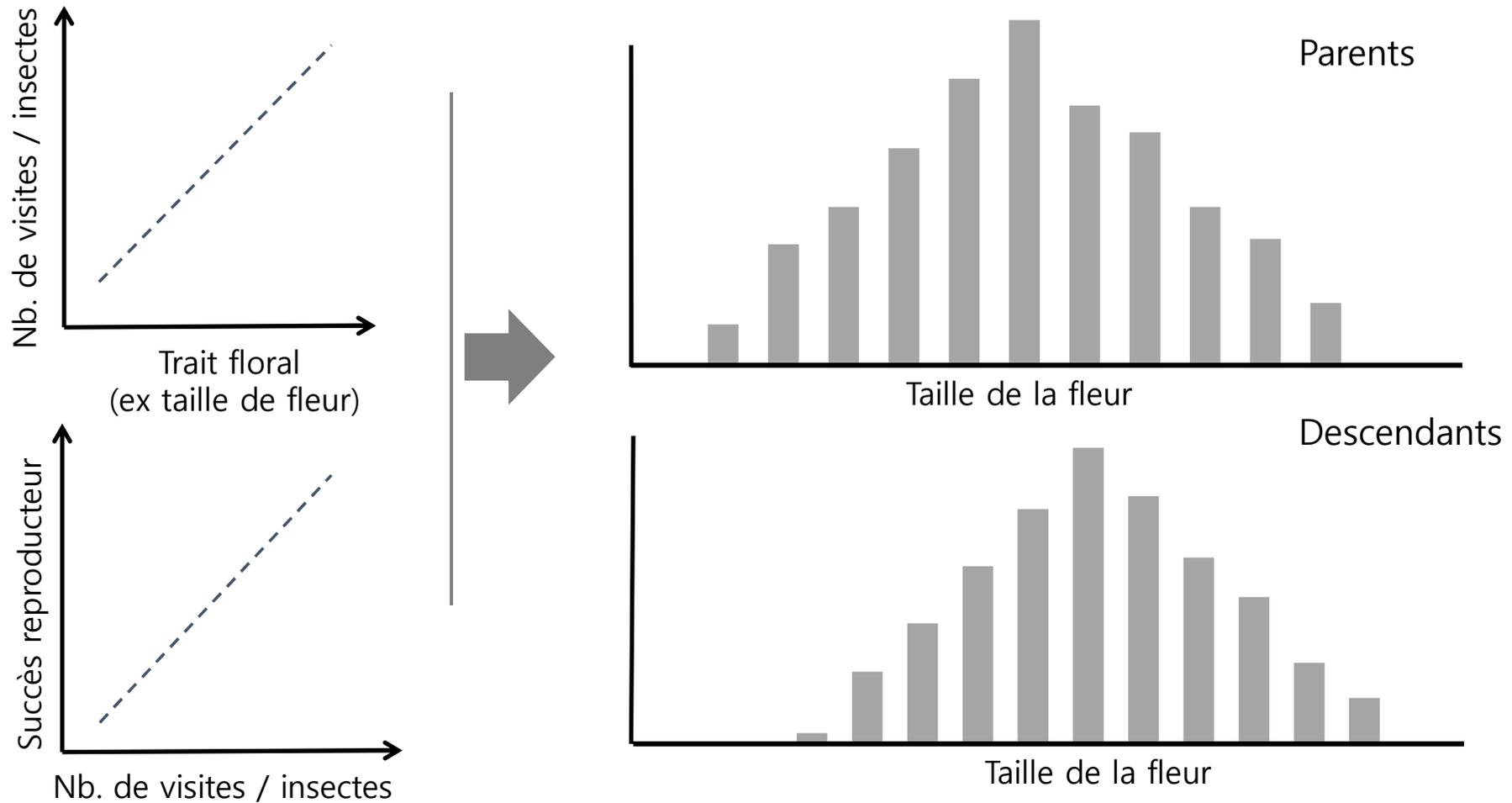
- Emergence ~synchrone entre certains groupes d'insectes et les plantes à fleurs
- Majorité d'espèces à pollinisation par les insectes
- Taux de diversification plus fort dans les groupes à pollinisation biotique



Stephens et al. 2023 *New Phytologist*

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

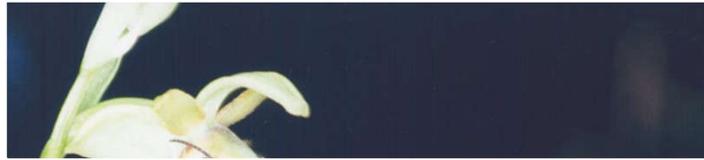
Evolution des traits floraux : sélection médiée par les pollinisateurs



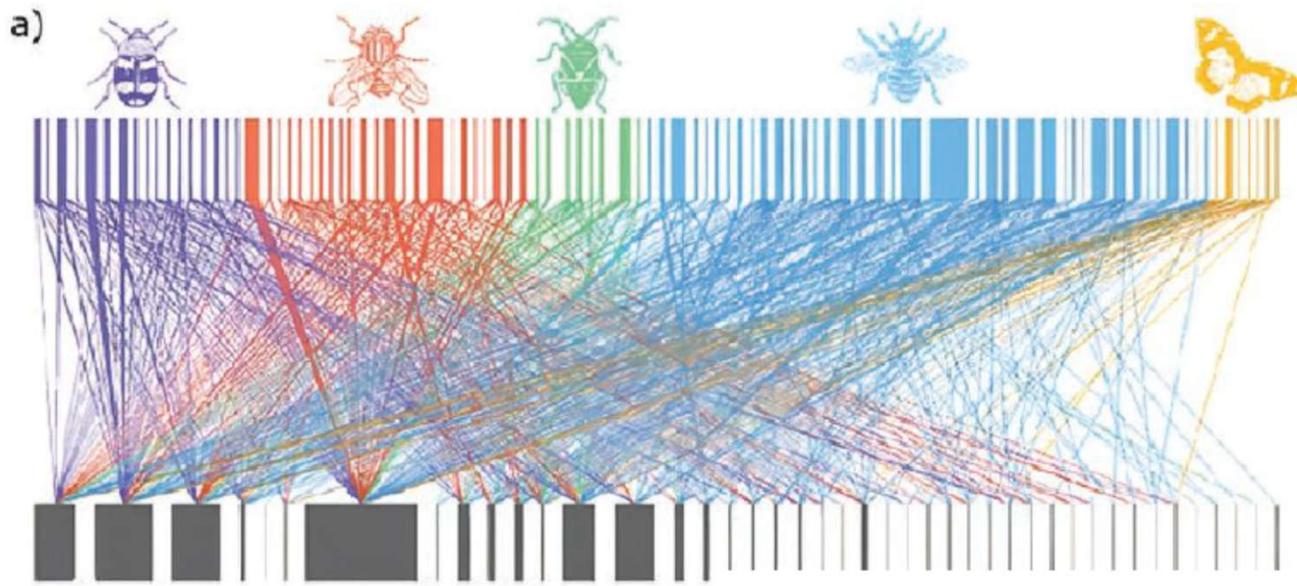
# Systemes de pollinisation specialisee vs. generaliste



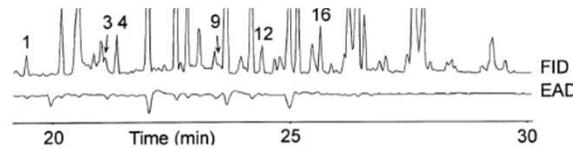
© Minden Pictures



© Stephan Imhof



Barker et al. 2021, *AoB Plants*

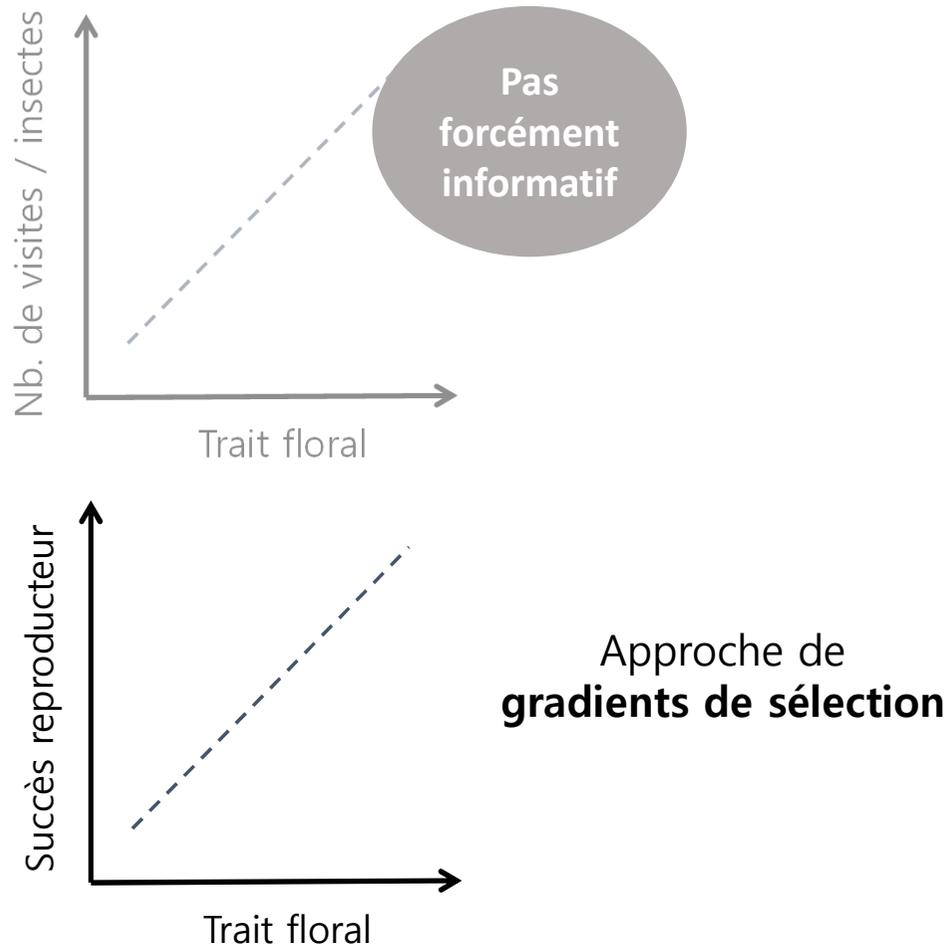


Schiestl et al. 2000 *J. Comp. Physiol*

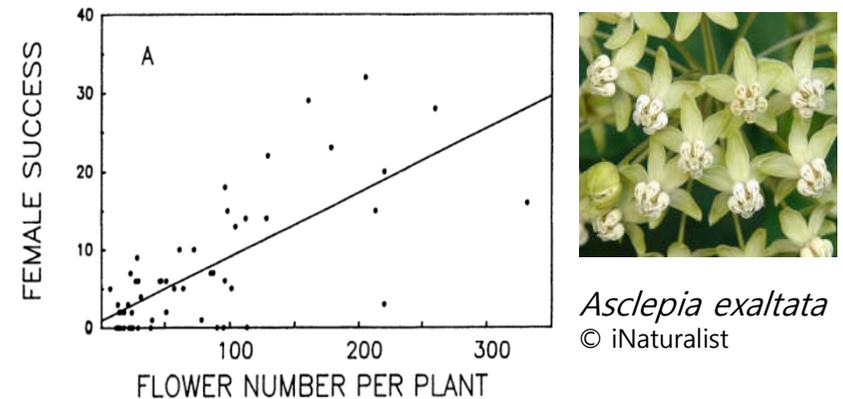
Dufay et al. 2003 *Ecol. Lett.*

# 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

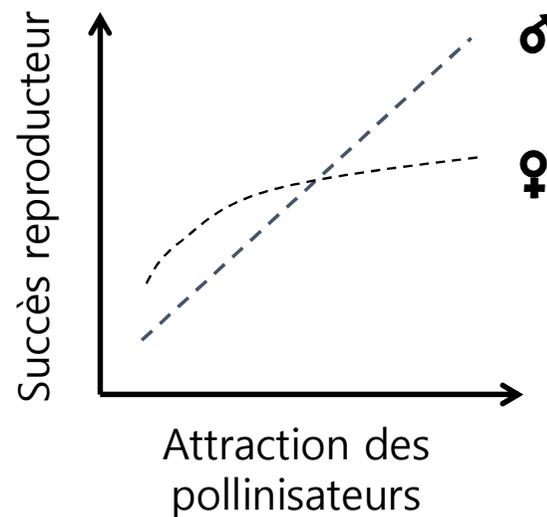
- ... mais souvent mesuré sur le succès reproducteur **femelle** (nombre de graines)

# Comment mesurer la sélection médiée par les pollinisateurs ?

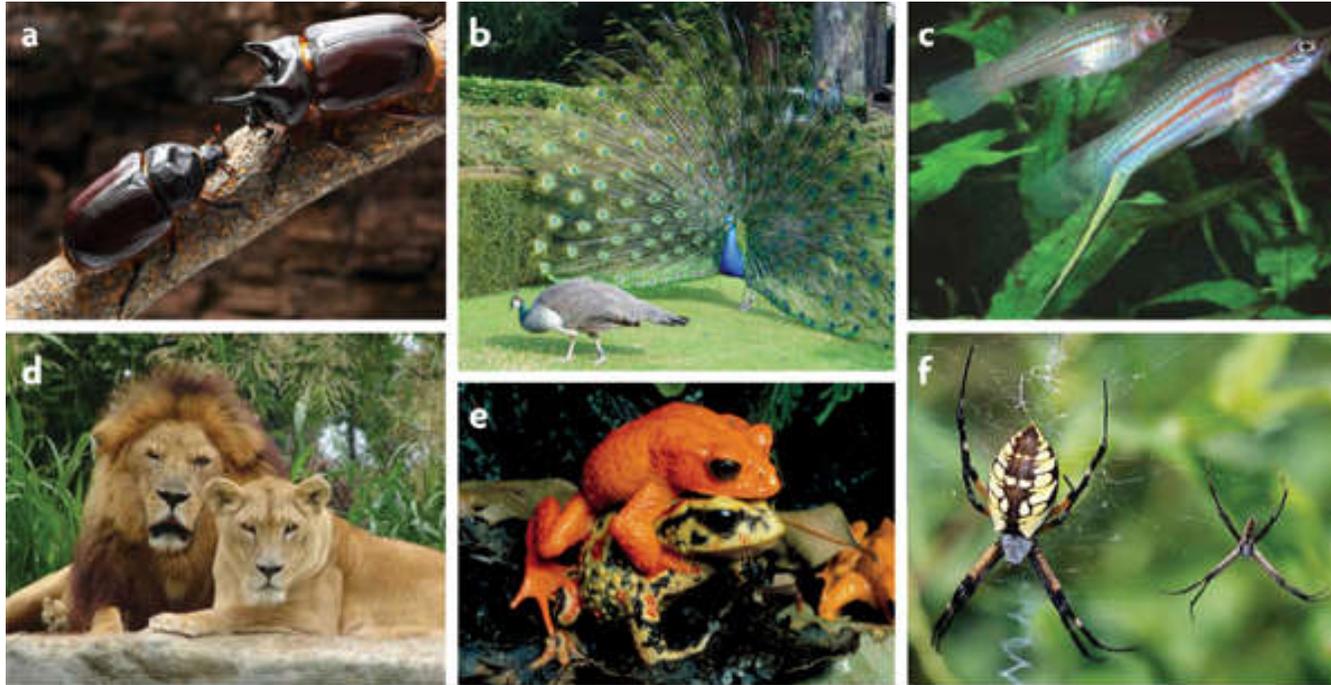
1. Mesurer la sélection = mesurer le « succès » d'un trait

- 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:**

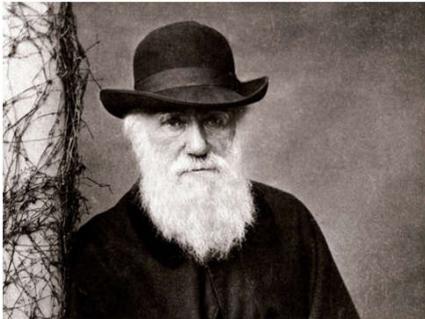


# La sélection sexuelle appliquée aux plantes

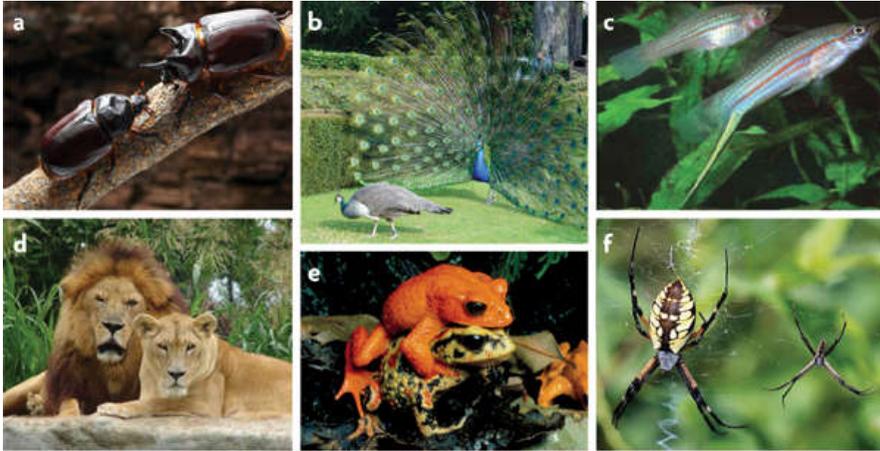


**Sélection sexuelle:**  
sélection jouant sur les  
traits qui affectent l'accès  
à la **reproduction** (aux  
partenaires de reproduction,  
ou à leurs gamètes)

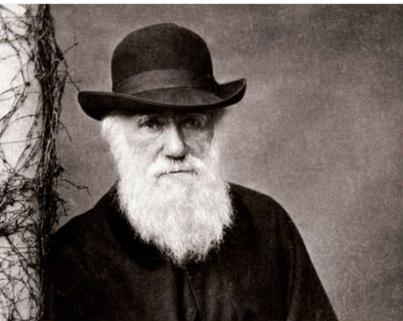
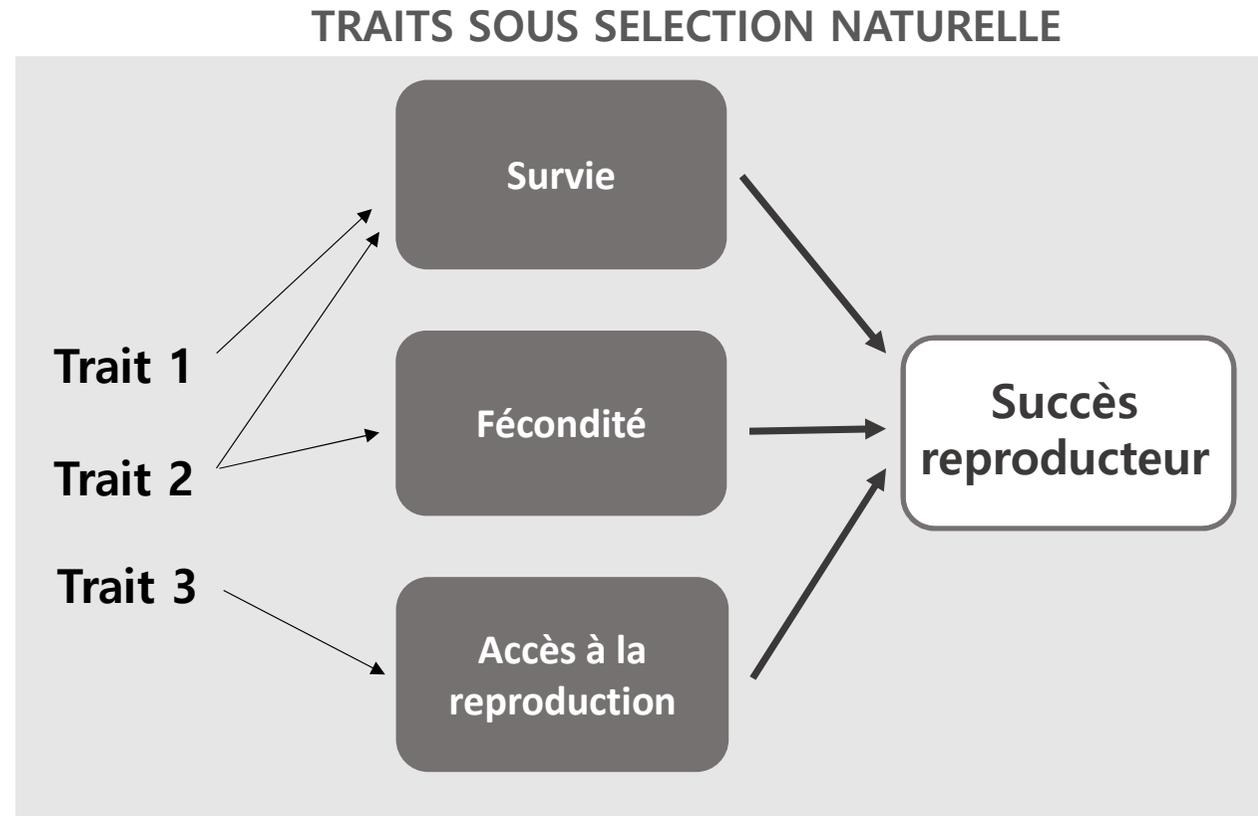
Nature Reviews | **Genetics**



# La sélection sexuelle appliquée aux plantes

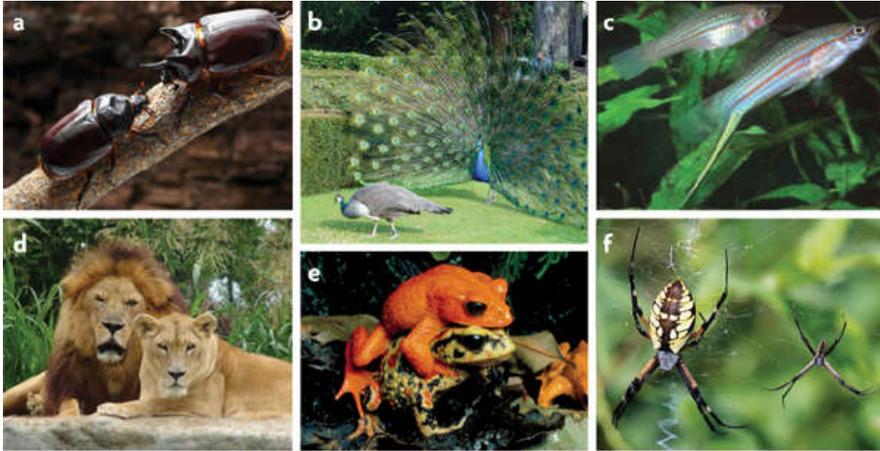


Nature Reviews | Genetics

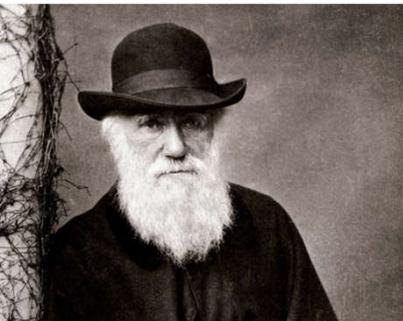
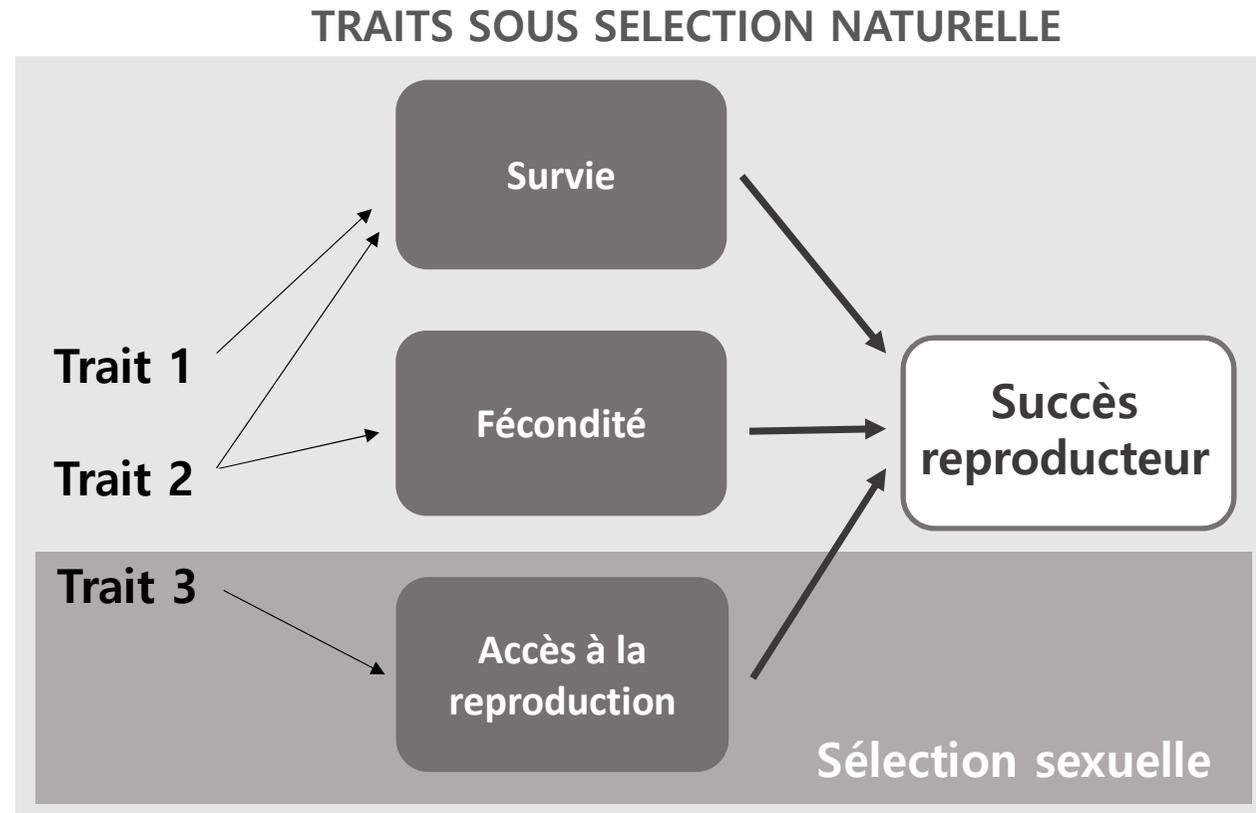


**Sélection sexuelle:** sélection jouant sur les traits qui affectent l'**accès à la reproduction** (aux partenaires de reproduction, ou à leurs gamètes)

# La sélection sexuelle appliquée aux plantes

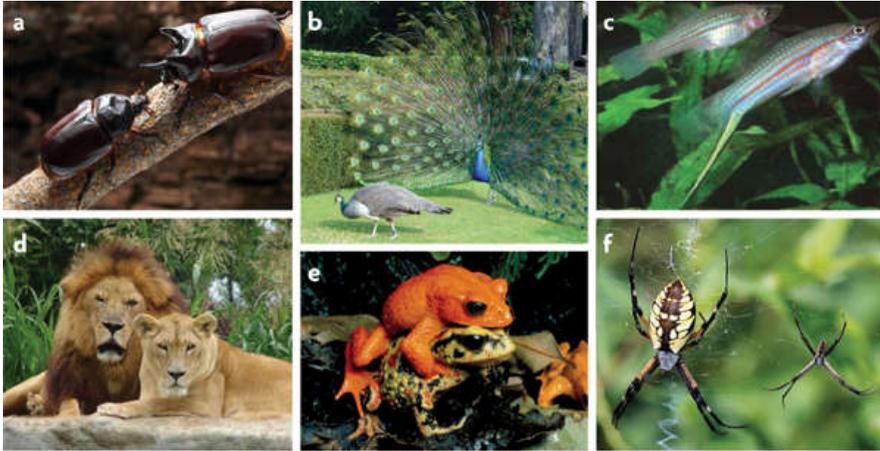


Nature Reviews | Genetics

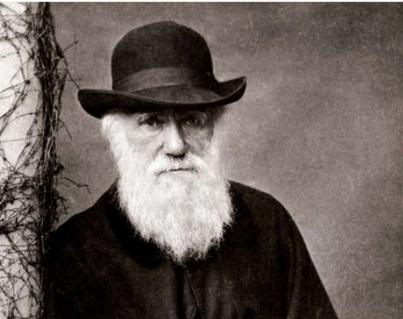
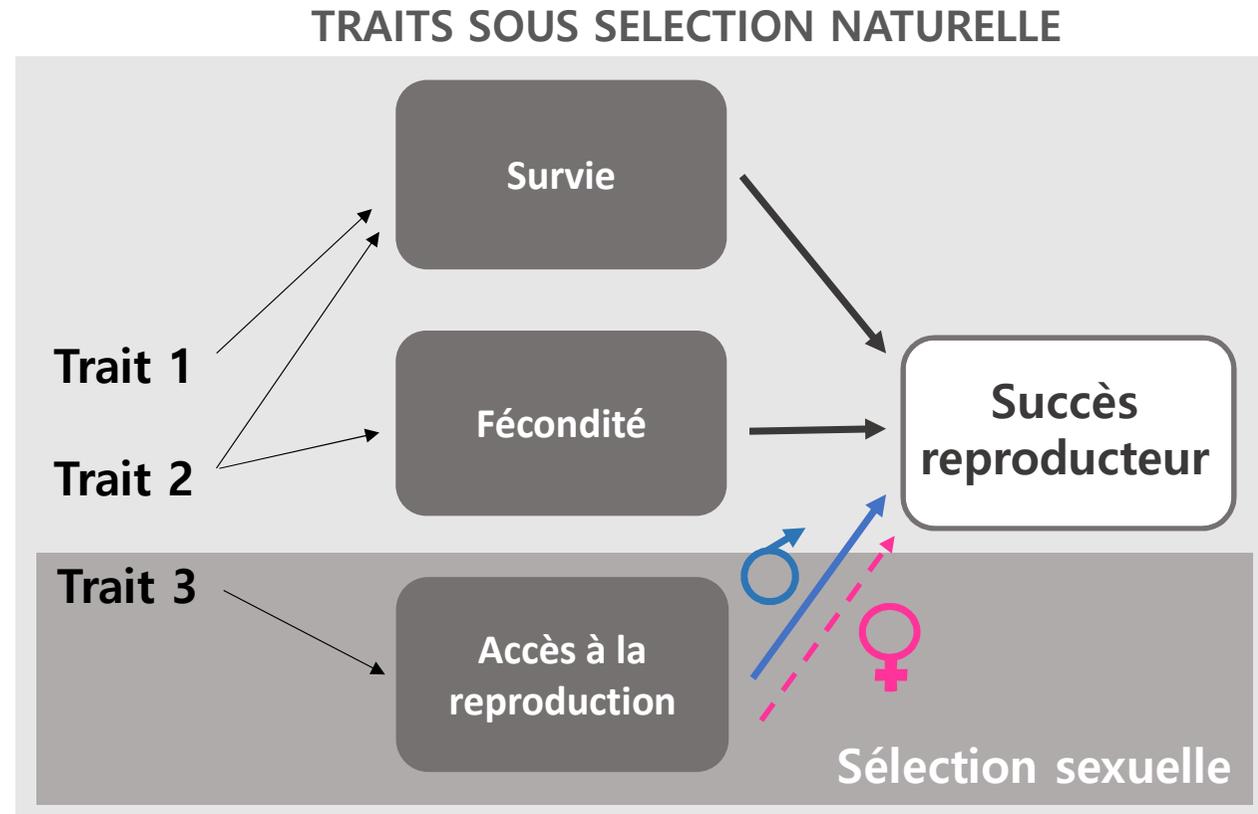


**Sélection sexuelle:** sélection jouant sur les traits qui affectent l'**accès à la reproduction** (aux partenaires de reproduction, ou à leurs gamètes)

# La sélection sexuelle appliquée aux plantes



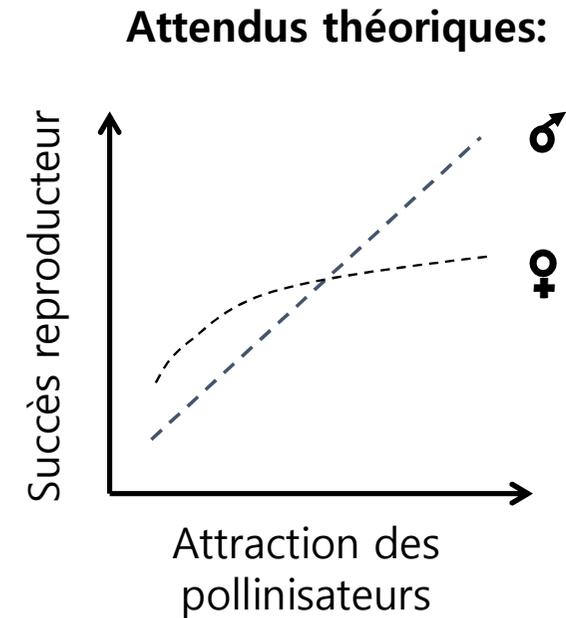
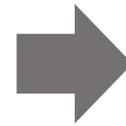
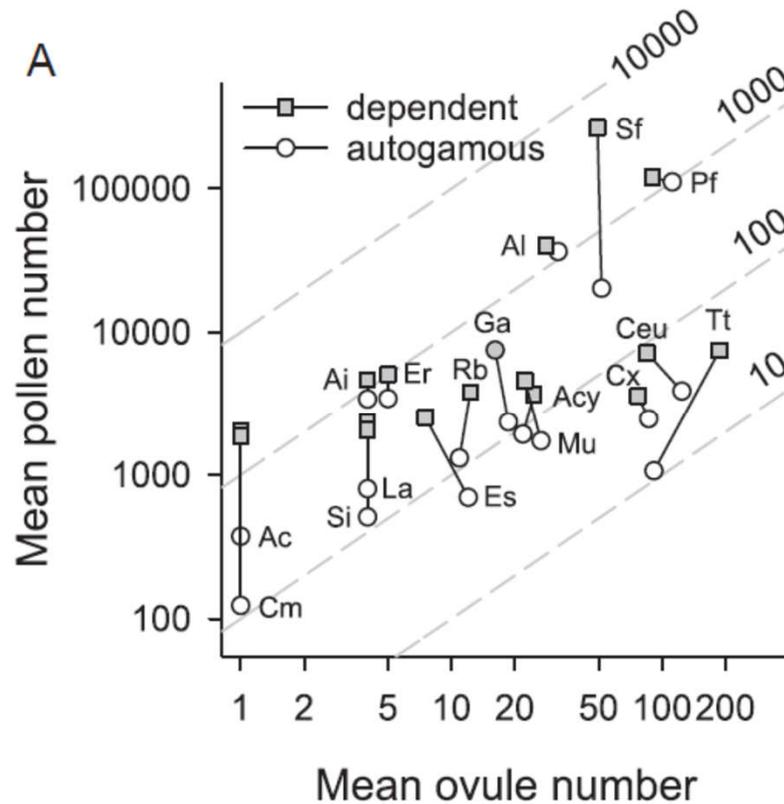
Nature Reviews | Genetics



**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 ?

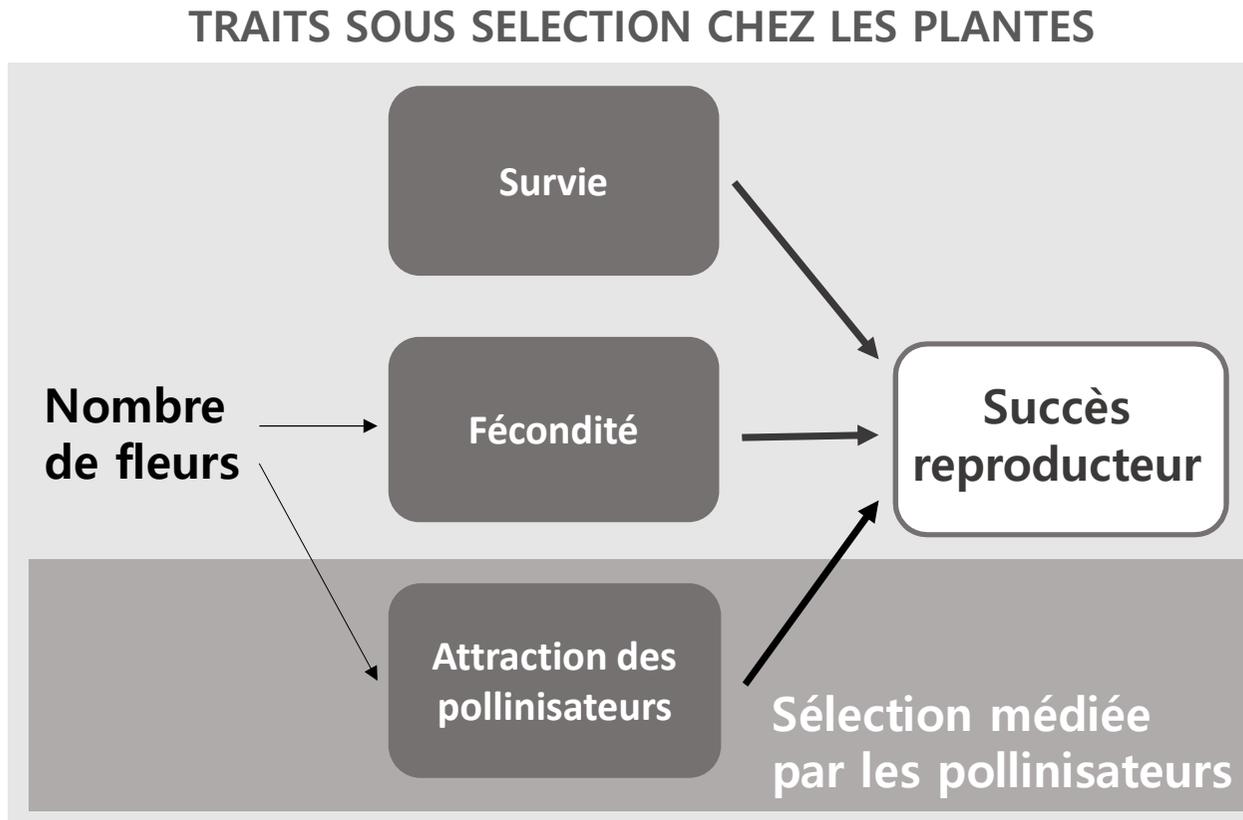
1. Mesurer la sélection = mesurer le « succès » d'un trait



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)



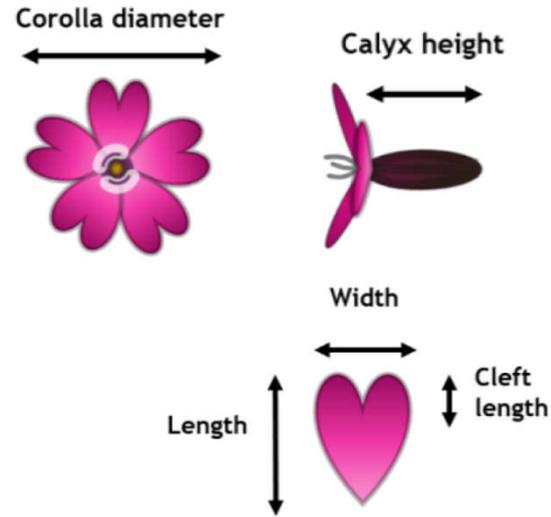
Estelle Barbot



# Etude des traits floraux

- **Traits mesurés:**

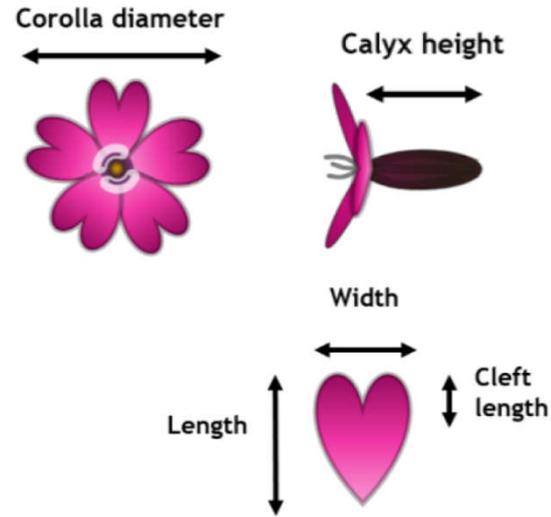
- Nombre de fleurs par jour
- Hauteur de plante
- Largeur moyenne de corolle
- Hauteur moyenne de calice
- Couleur de pétale
- Forme de pétale
- Sucre dans le nectar
- Nombre de gamètes par fleur
- Durée de floraison



# 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](http://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

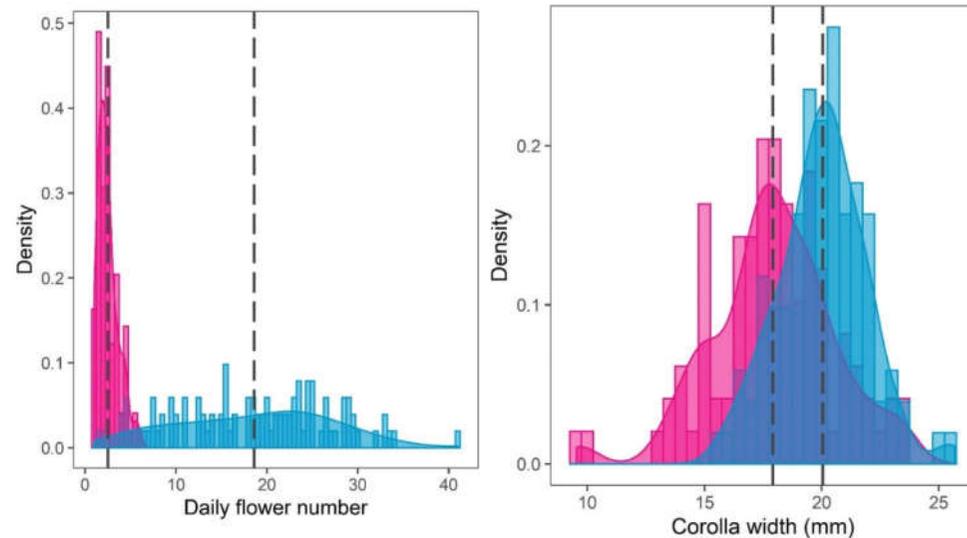
## Research

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

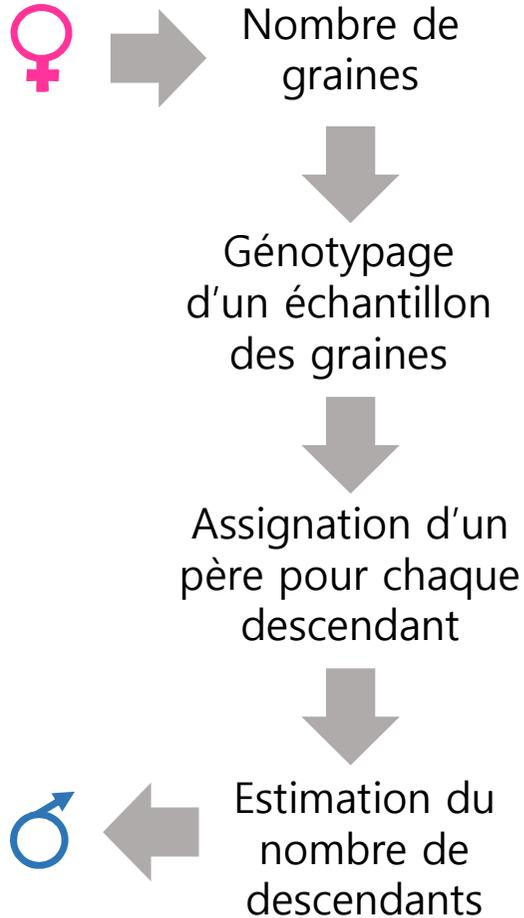
L. Moquet<sup>1,2,3</sup>, L. Lateur<sup>1</sup>, A.-L. Jacquemart<sup>3</sup>, I. De Cauwer<sup>1,†</sup> and M. Dufay<sup>1,4,\*</sup>



- 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

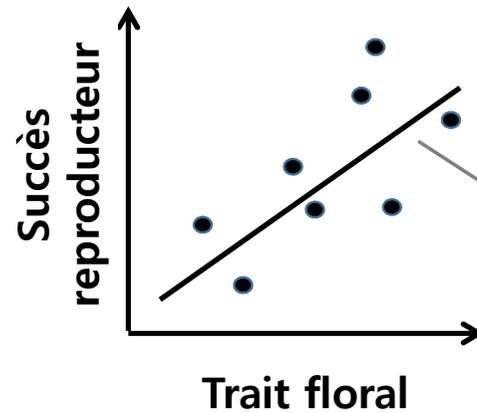
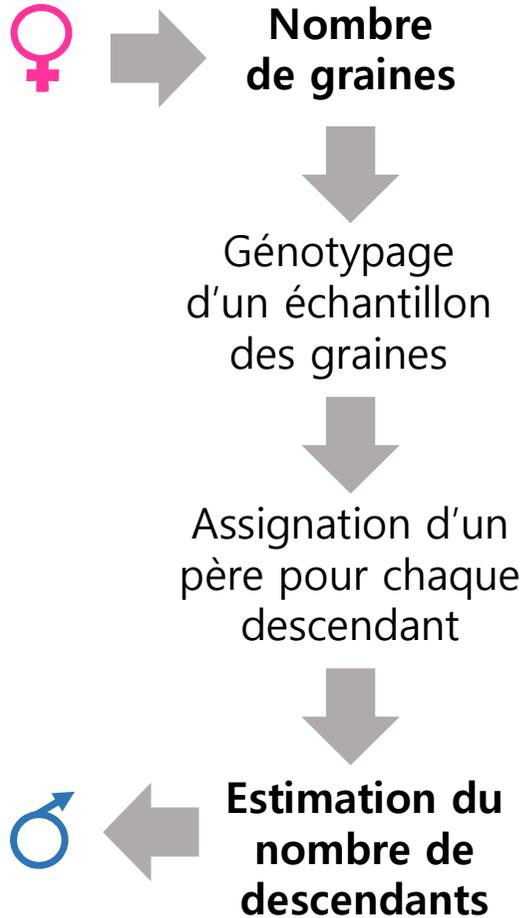


## Sex-specific selection patterns in a dioecious insect-pollinated plant

Estelle Barbot<sup>1,2</sup>, Mathilde Dufay<sup>3,†</sup>, Isabelle De Cauwer<sup>1,†</sup>

# 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<sup>1,2</sup>, Mathilde Dufay<sup>3,†</sup>, Isabelle De Cauwer<sup>1,†</sup>

Pente  $\beta$  = gradient de sélection

Valeur de  $\beta$

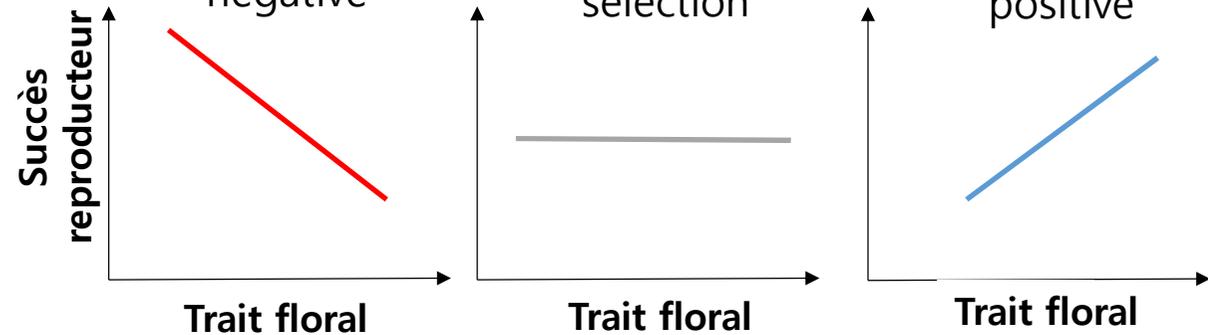
0



Sélection négative

Pas de sélection

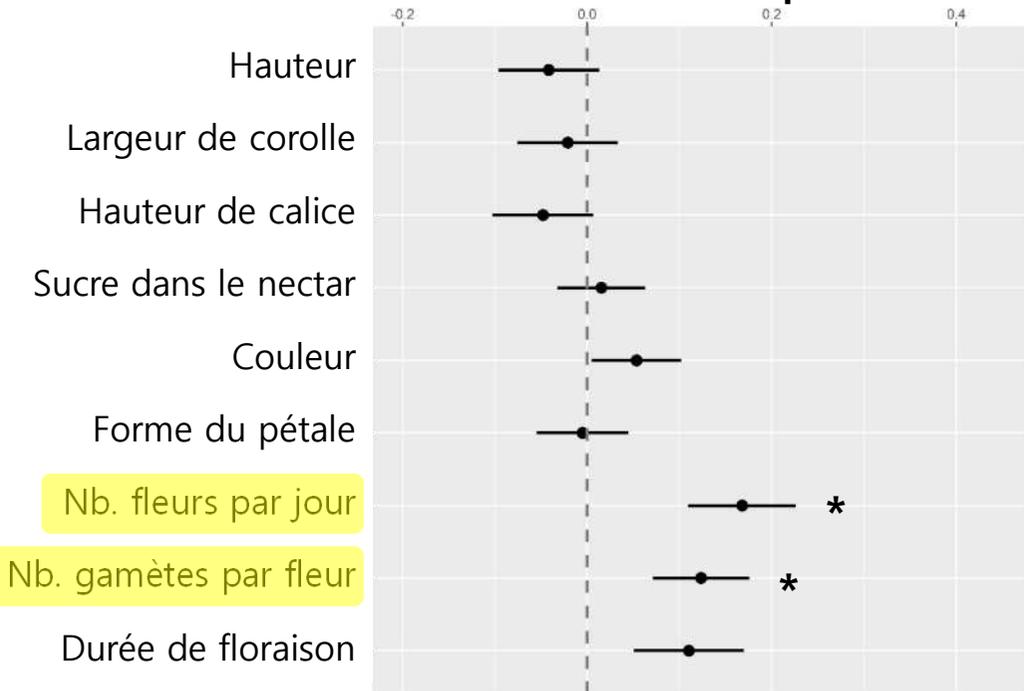
Sélection positive



# Gradients de sélection mâle et femelle

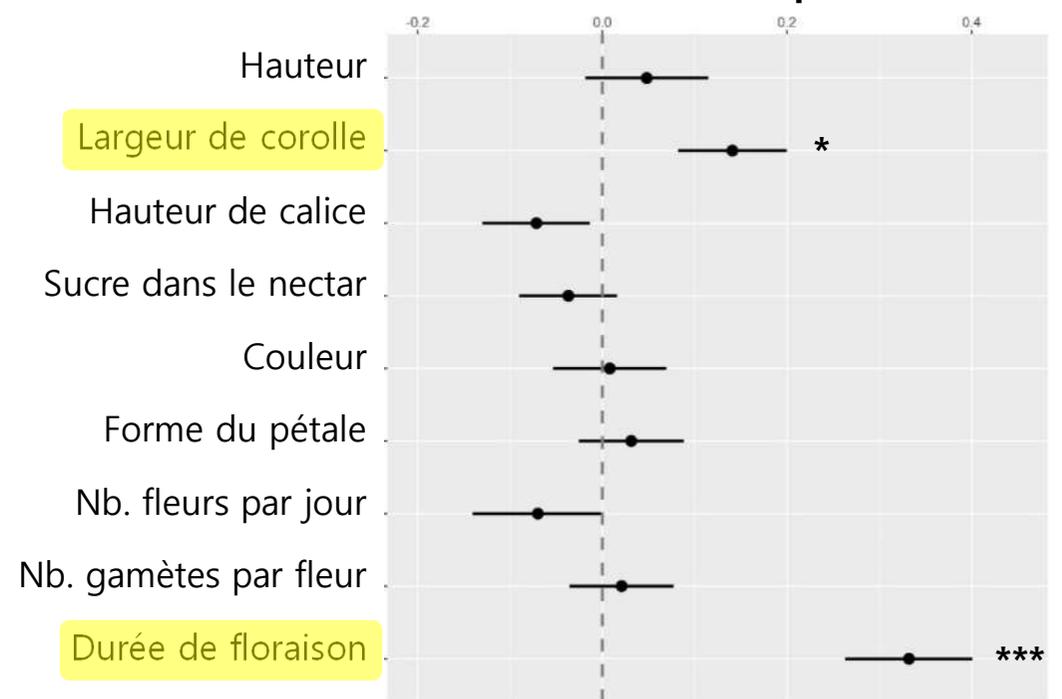
## Plantes femelles

### Gradients de sélection $\beta$ :



## Plantes mâles

### Gradients de sélection $\beta$ :

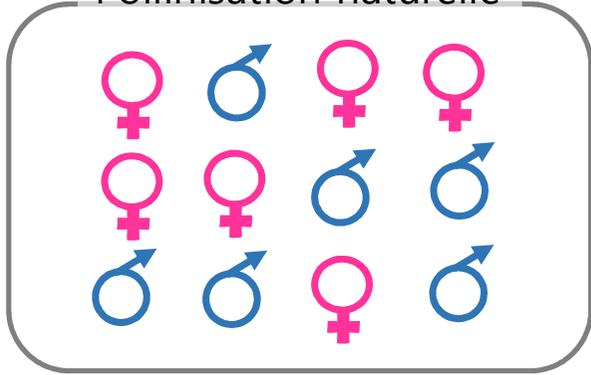


- Pressions de sélection différentes entre mâles et femelles
- Parfois cohérentes avec le dimorphisme sexuel observé...
- Mais pas toujours : pas de sélection plus forte sur les nombre de fleurs chez les mâles..

# Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

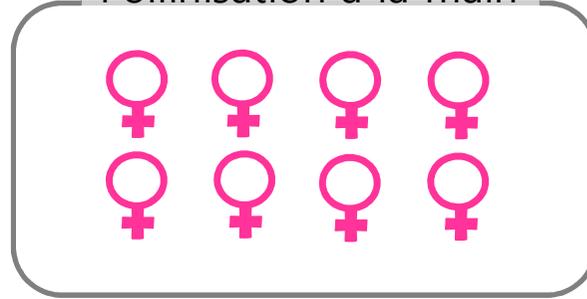
1<sup>ère</sup> méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

Pollinisation naturelle



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

Pollinisation à la main



Pressions de sélection de **fécondité** uniquement

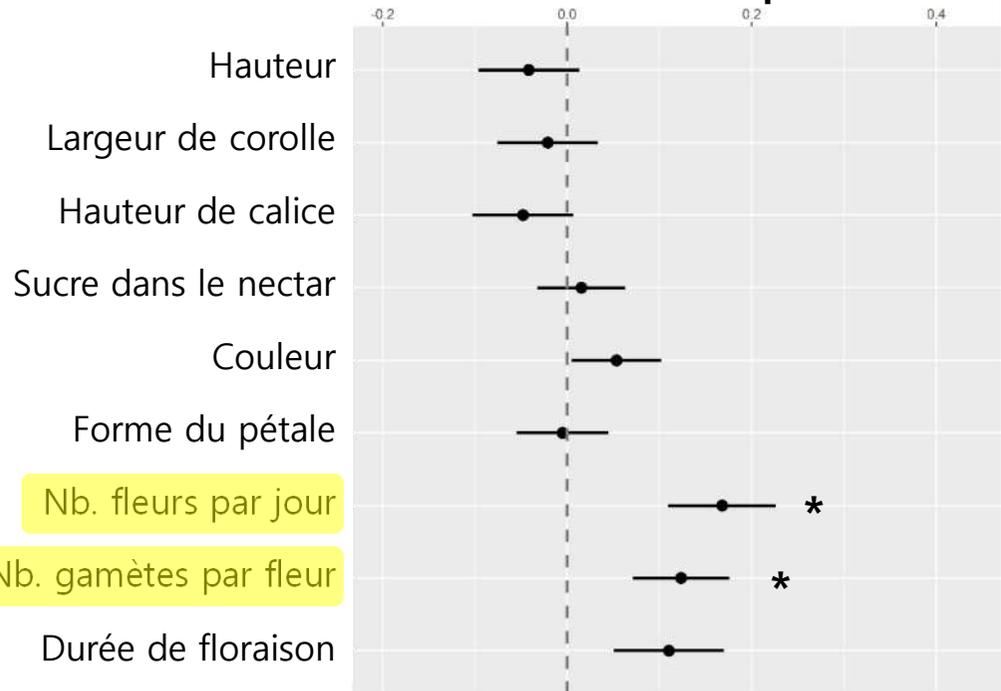


# Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

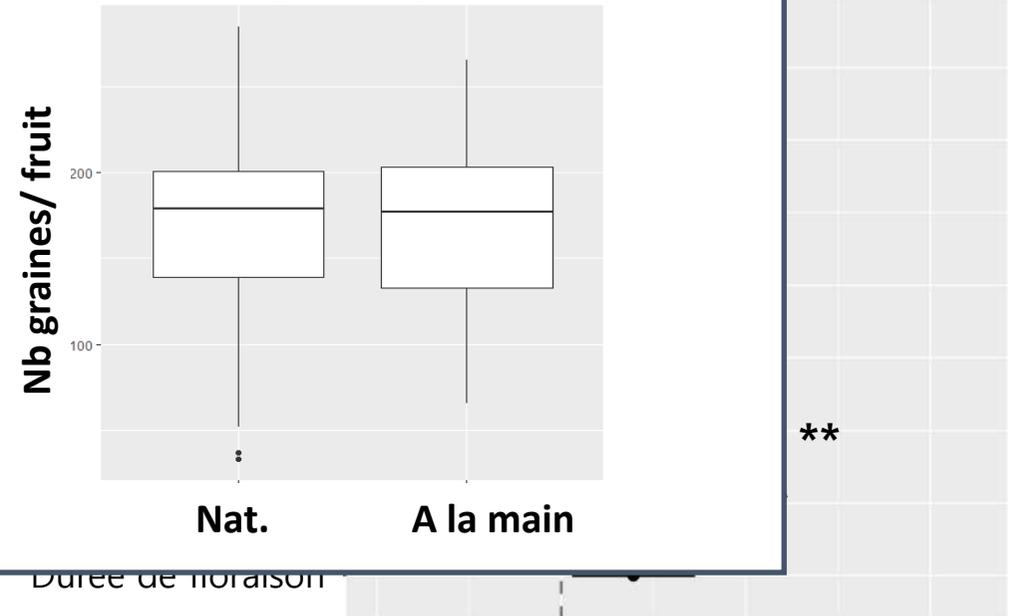
Plantes femelles – pollinisation naturelle

Plantes femelles – pollinisation à la main

Gradients de sélection  $\beta$ :



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

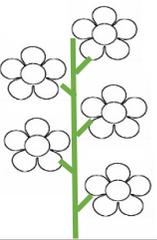
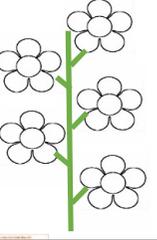
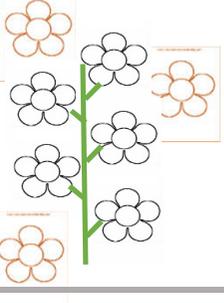
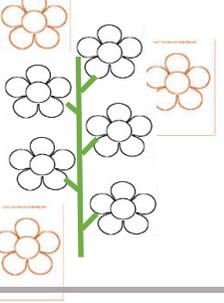


- Pressions de sélection sur les traits femelles = sélection de fécondité
- Les pollinisateurs ne sont pas des agents de sélection sur les femelles dans notre étude

# Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

1<sup>ère</sup> méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

2<sup>ème</sup> 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<sup>1,2</sup>, Mathilde Dufaj<sup>3</sup>, Jeanne Tonnabel<sup>2,3</sup>, Cécile Godé<sup>1</sup> and Isabelle De Cauwer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. Lille, CNRS, UMR 8198 - Evo-Eco-Paleo, F-59000 Lille, France

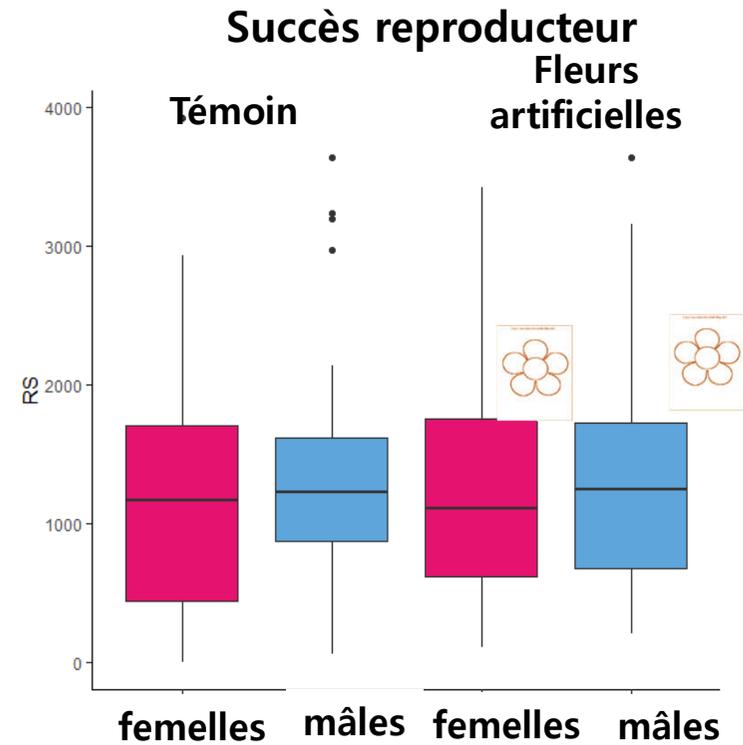
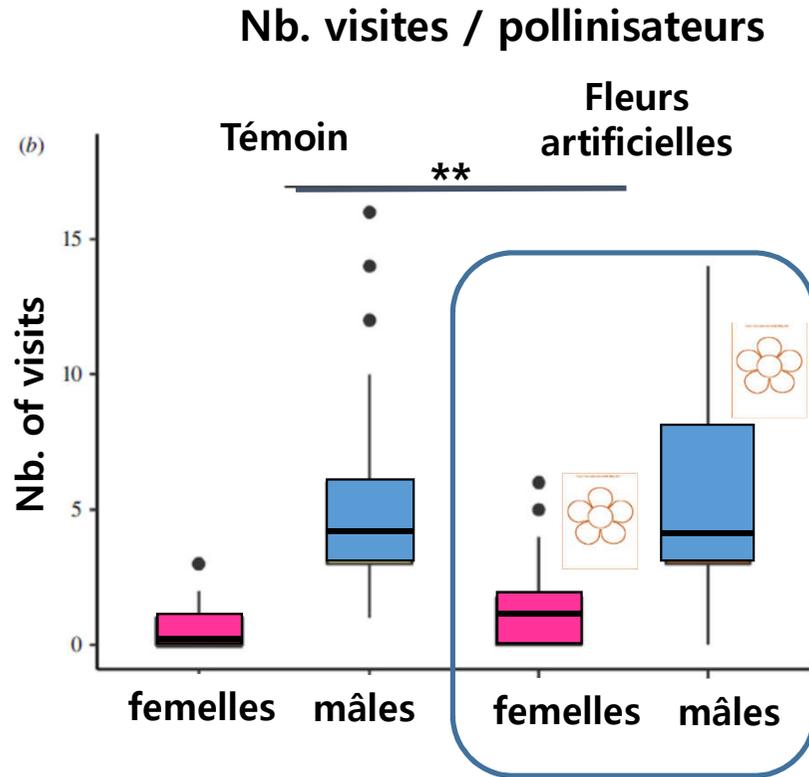
<sup>2</sup>ISEM, Univ. Montpellier, CNRS, IRD, Montpellier, France

<sup>3</sup>CEFE, 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

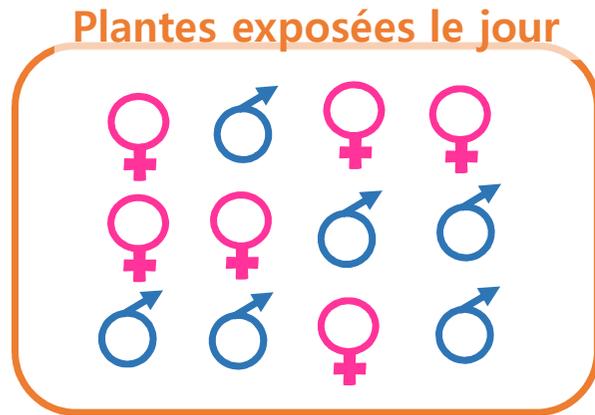
- Augmenter le nombre de visites n'augmente pas le succès reproducteur, que ce soit chez les mâles ou les femelles
- → pas de sélection médiée par les pollinisateurs sur le nombre de fleurs

# Rôle des pollinisateurs dans la sélection des traits

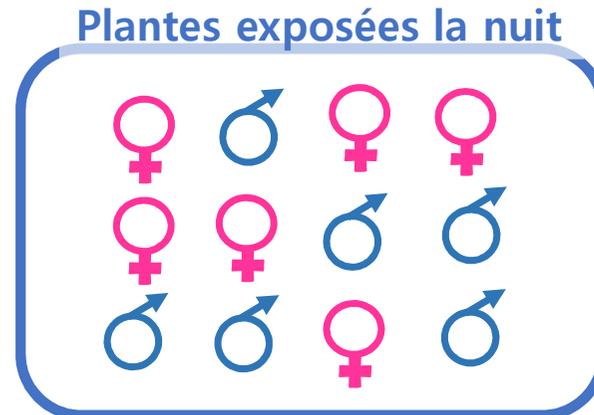
1<sup>ère</sup> méthode : manipuler l'apport en pollen sur les femelles

2<sup>ème</sup> méthode : manipuler le phénotype des individus

3<sup>ème</sup> méthode : manipuler l'accès des pollinisateurs aux plantes mâles et femelles



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

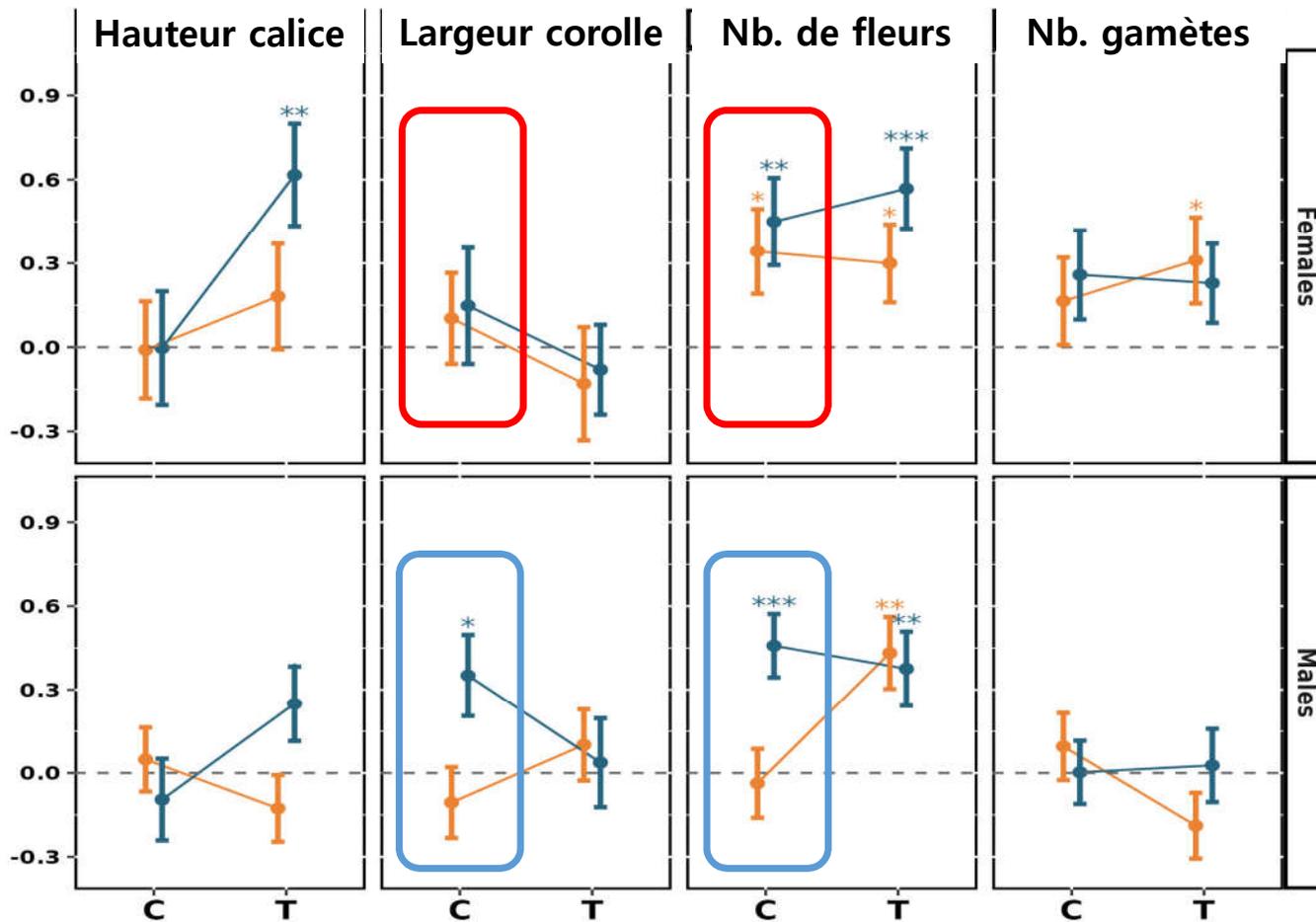


Pressions de sélection de **fécondité** + sélection médiée par les **pollinisateurs nocturnes**



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)

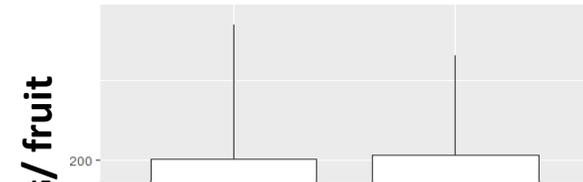
---

- 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)

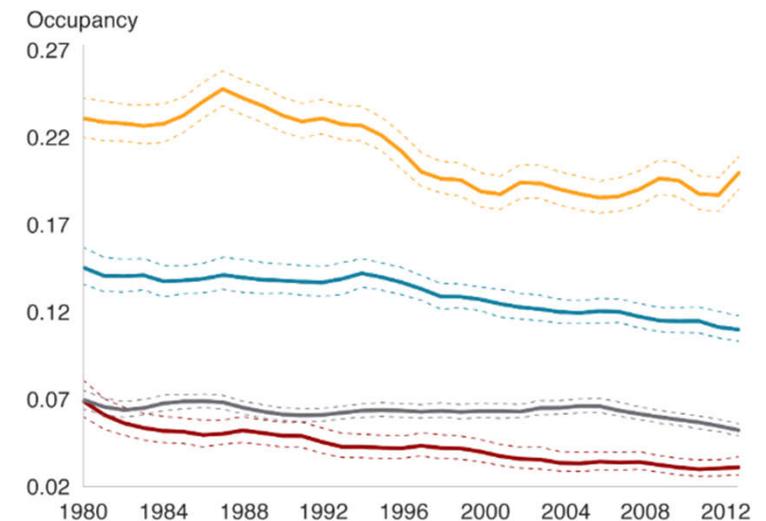
- Les pollinisateurs ne sont pas agents de sélection des traits sur les plantes femelles dans un contexte particulier = pas de limitation en pollen
- Disparition des pollinisateurs → limitation en pollen observée dans de nombreuses espèces / populations
- Quelles conséquences évolutives de ce déclin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

### 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

