



Fondation
Jean-François & Marie-Laure
de Clermont-Tonnerre



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

Chaire annuelle Biodiversité et écosystèmes

Les interactions plantes- pollinisateurs, une vitrine de la crise de la biodiversité

Emmanuelle Porcher



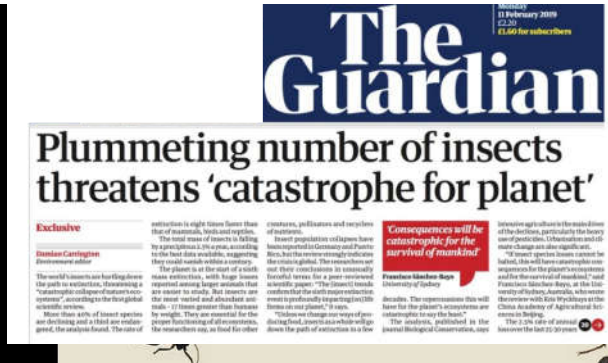
Vers une disparition des insectes ?



FEATURE

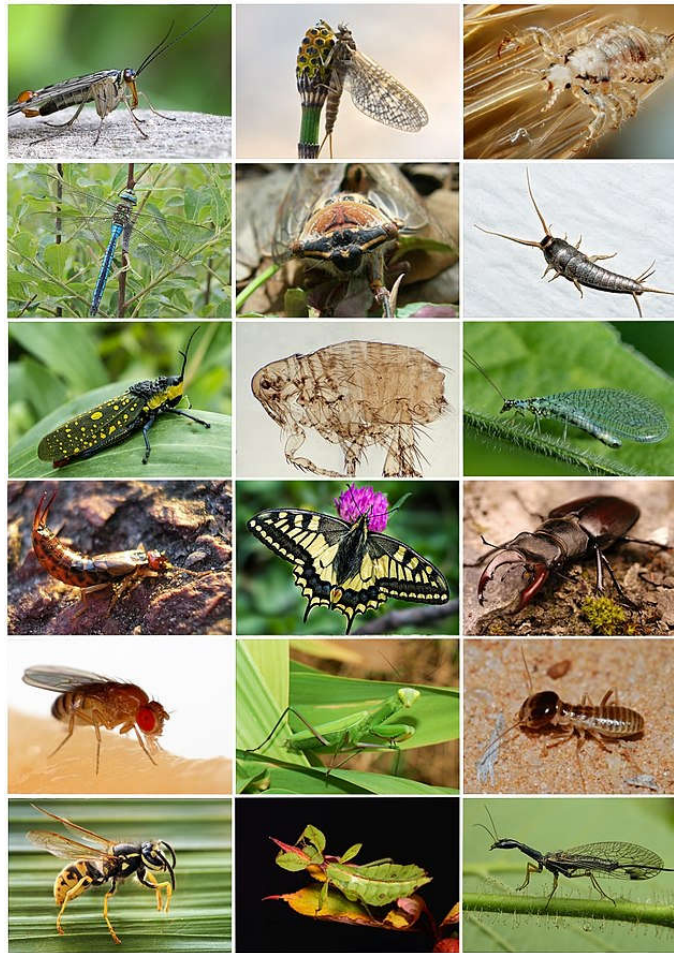
The Insect Apocalypse Is Here

What does it mean for the rest of life on Earth?



Pourquoi cette disparition est-elle inquiétante ?

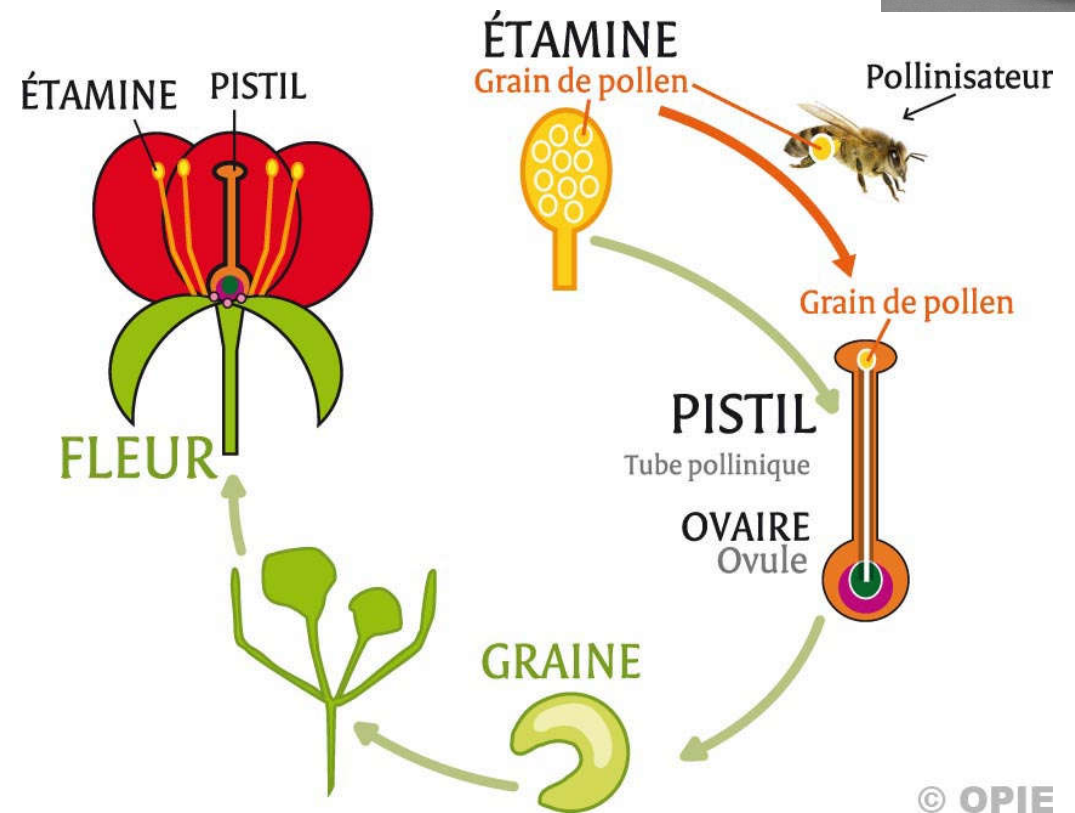
- Place centrale des insectes dans le vivant :
 - Trois à huit millions d'espèces
 - Un million connues



- Assurent de nombreuses fonctions
 - Source de nourriture pour de nombreux animaux
 - Recyclage de la matière organique
 - Contrôle de certaines espèces
 - Pollinisation
 - ...

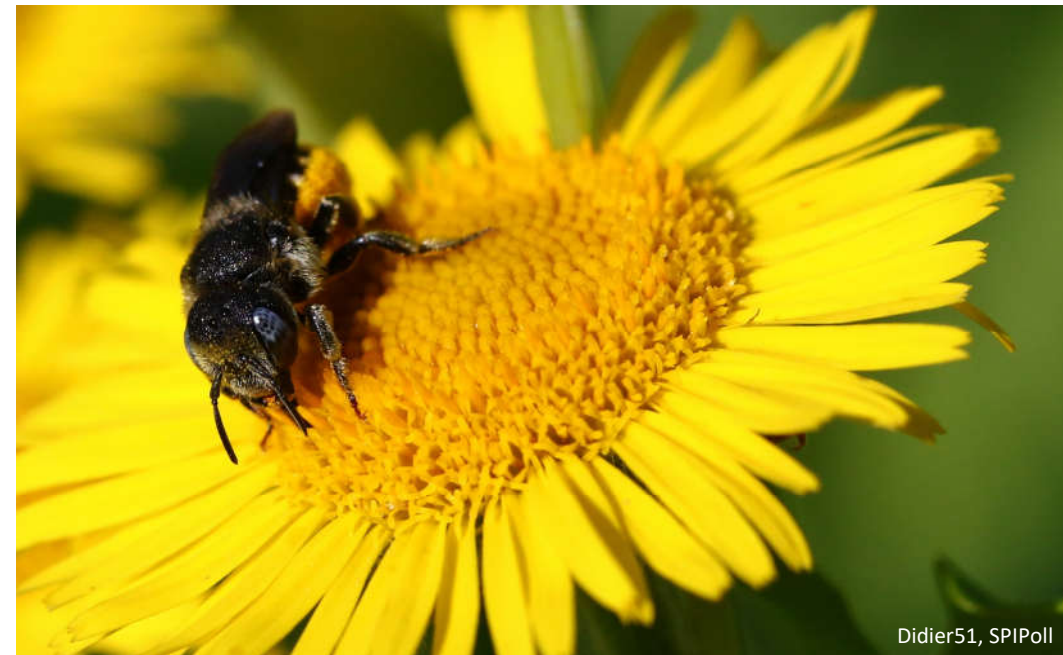
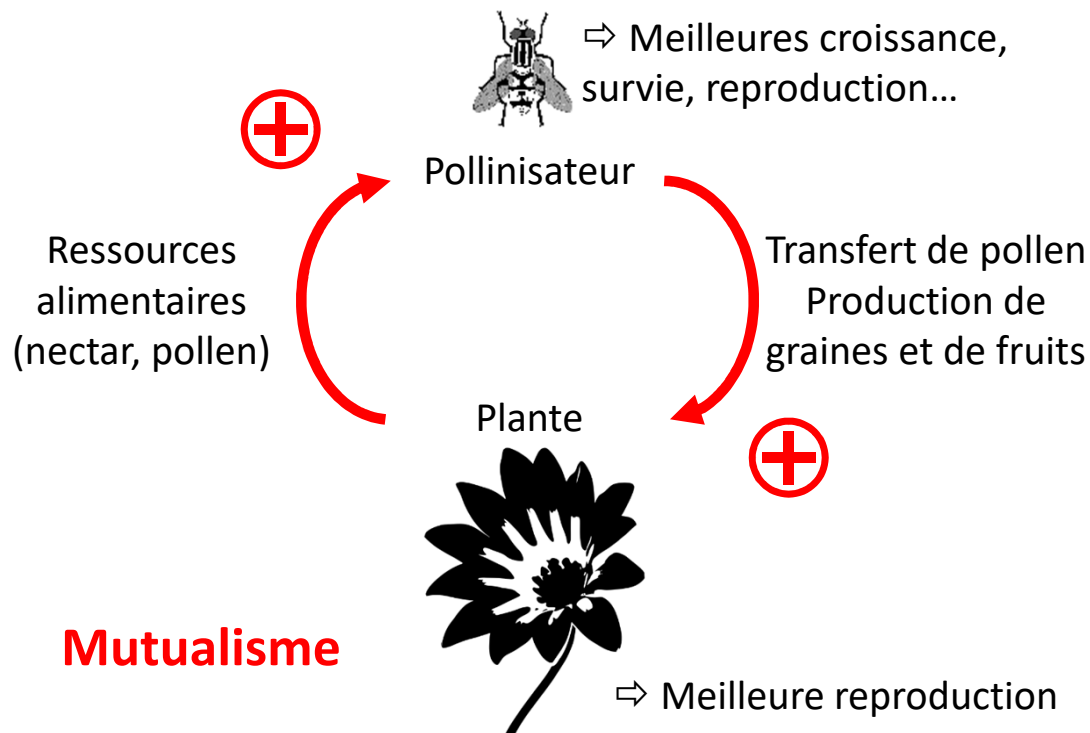
Qu'est-ce que la pollinisation ?

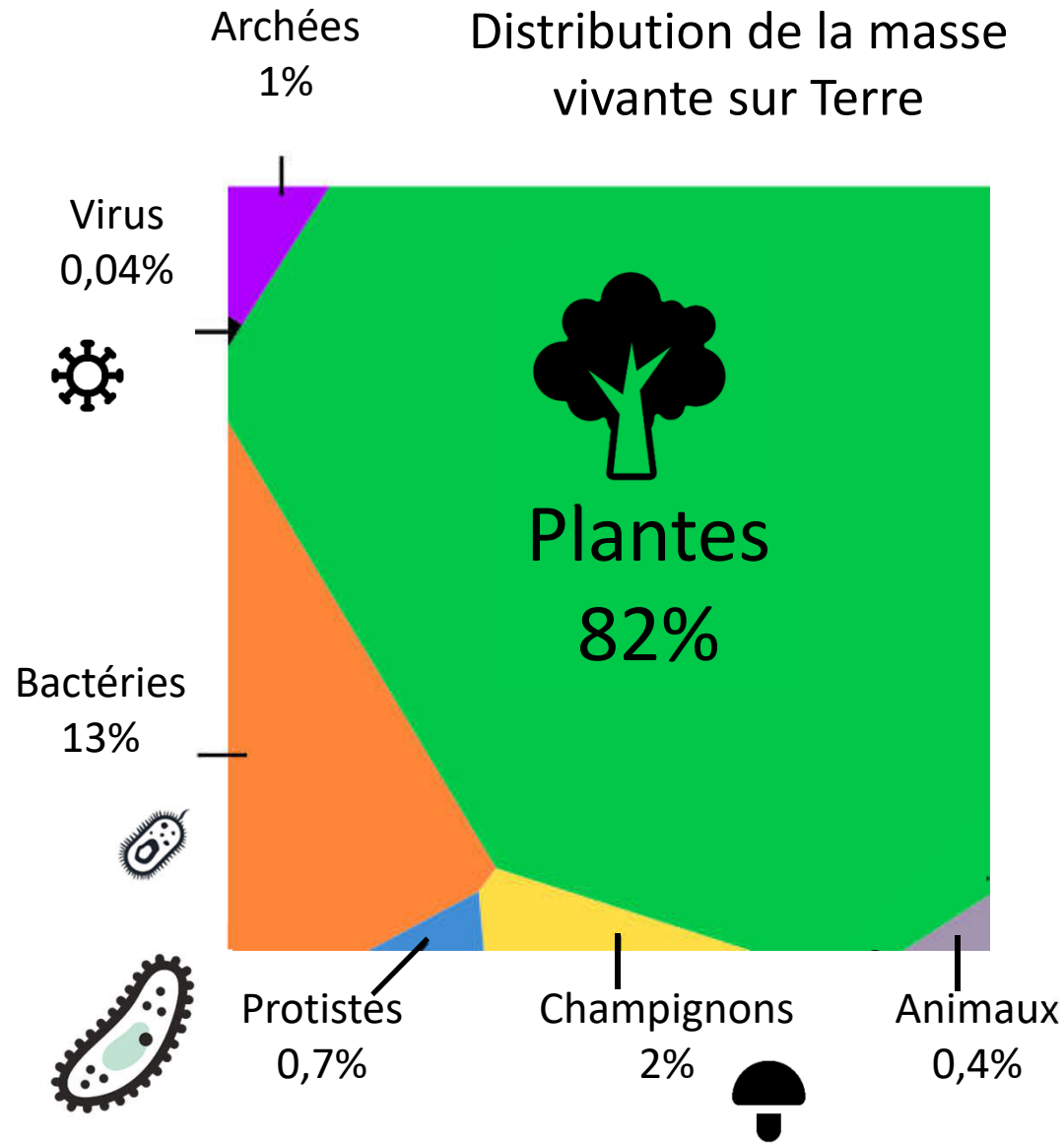
- Transfert du pollen
 - Entre les parties mâle (étamine) et femelle (pistil) des fleurs
- Indispensable pour la reproduction sexuée
- Assuré par un transporteur
 - Vent
 - Animaux pour 80 à 90% des plantes à fleurs



La pollinisation est une interaction écologique

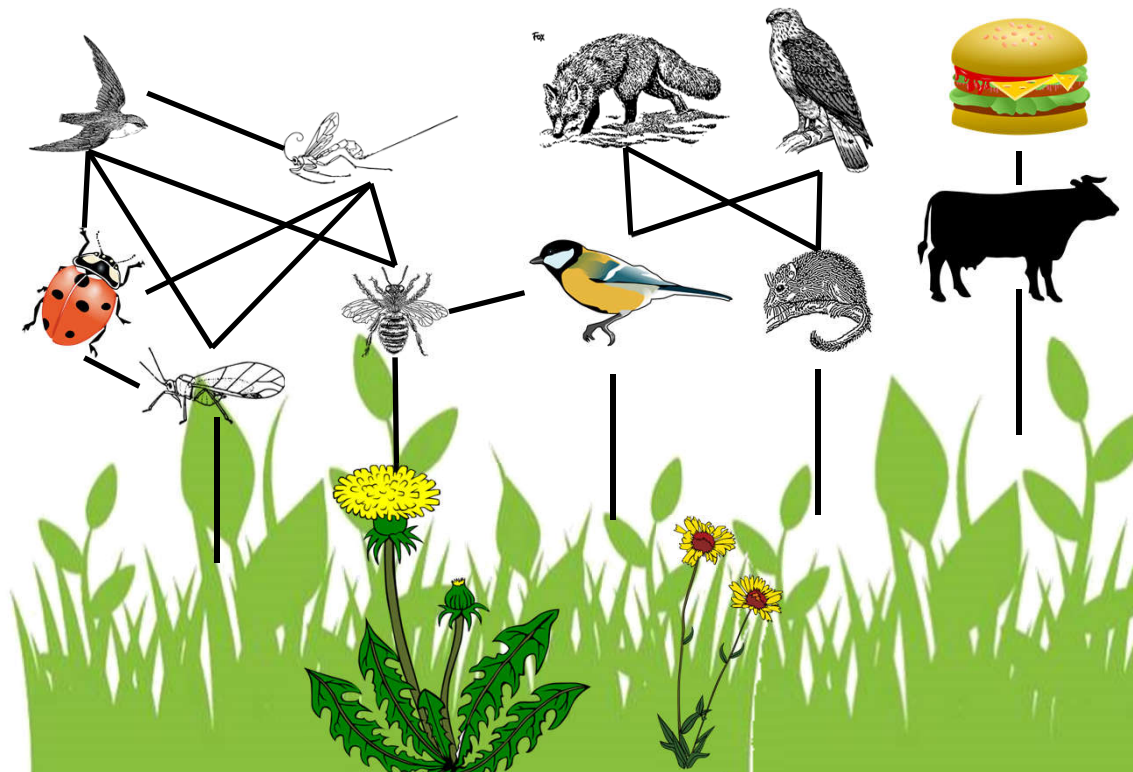
- Interaction = chaque partenaire agit sur l'autre





Les plantes, fondations de la vie sur Terre

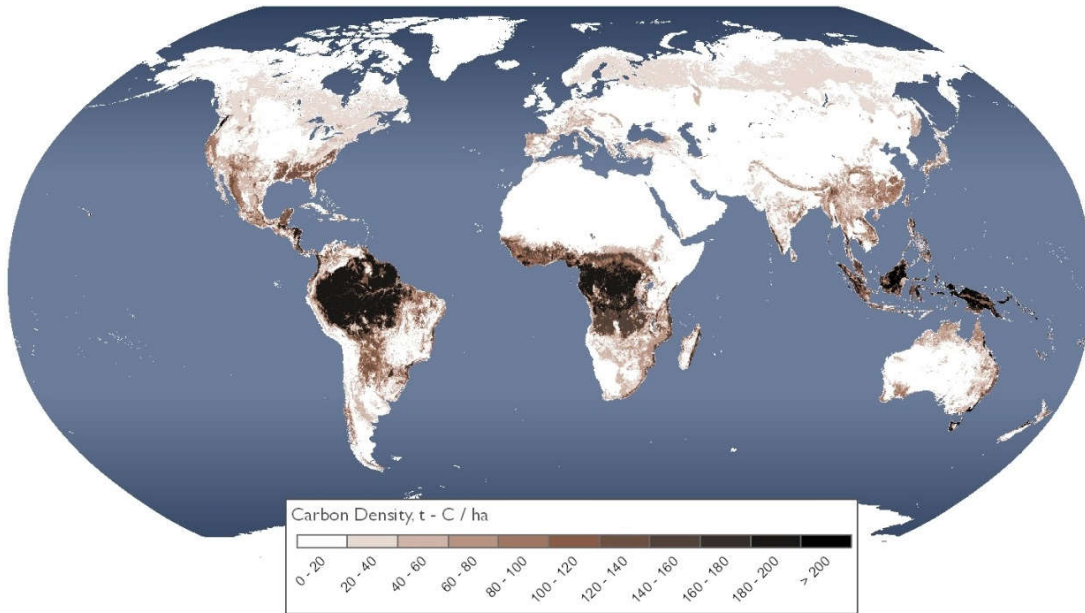
- A la base de la plupart des chaînes alimentaires terrestres



Les plantes contribuent à la régulation du climat

- Stockage du carbone

Densité de carbone souterraine et aérienne
dans la biomasse vivante



Ruesch & Gibbs 2008

- Rafraîchissement et humidification



Primaire

Secondaire

Tertiaire

-300 Ma

-200 Ma

-100 Ma

Aujourd'hui



Les plantes à fleurs représentent aujourd'hui plus de 90% des plantes sur Terre

- Mais elles n'ont pas toujours été dominantes
- Carbonifère : fougères dominantes + gymnospermes

Primaire

Secondaire

?

Tertiaire

-300 Ma

-200 Ma

Apparition des
plantes à fleurs
~-140 Ma

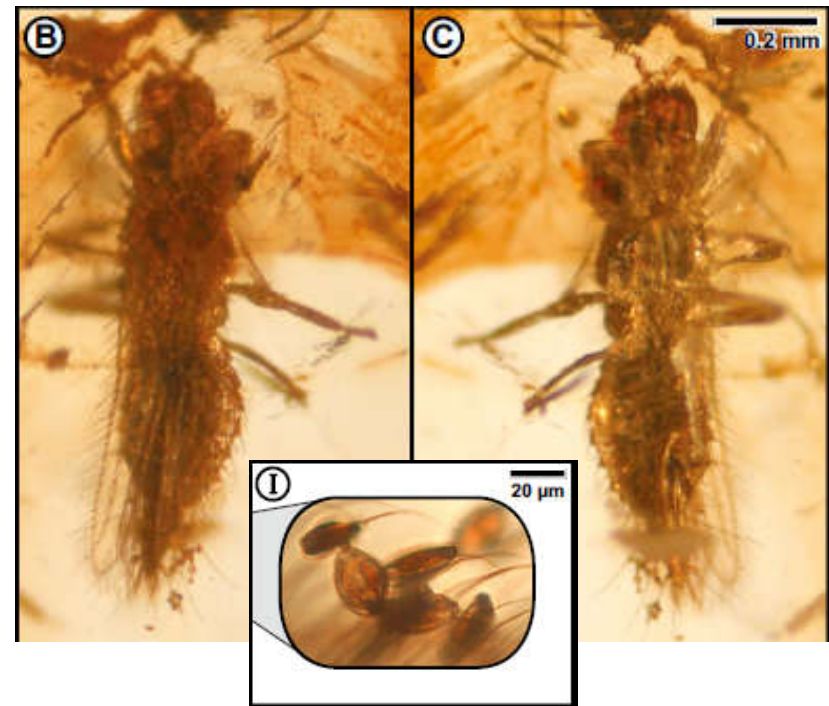
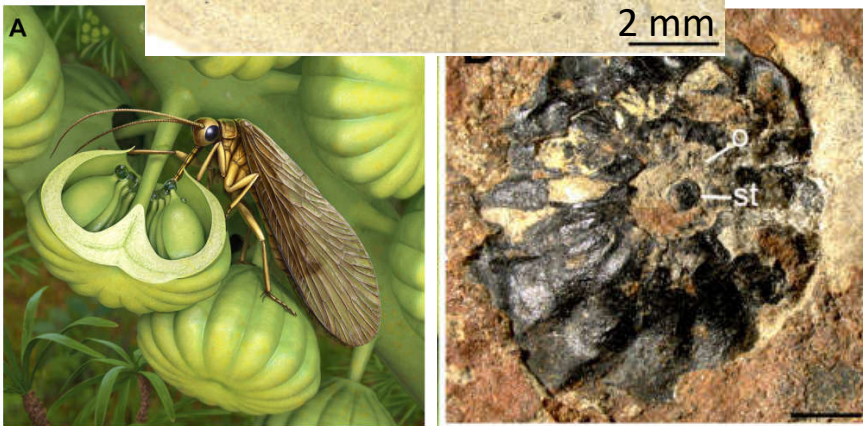
-100 Ma

Aujourd'hui

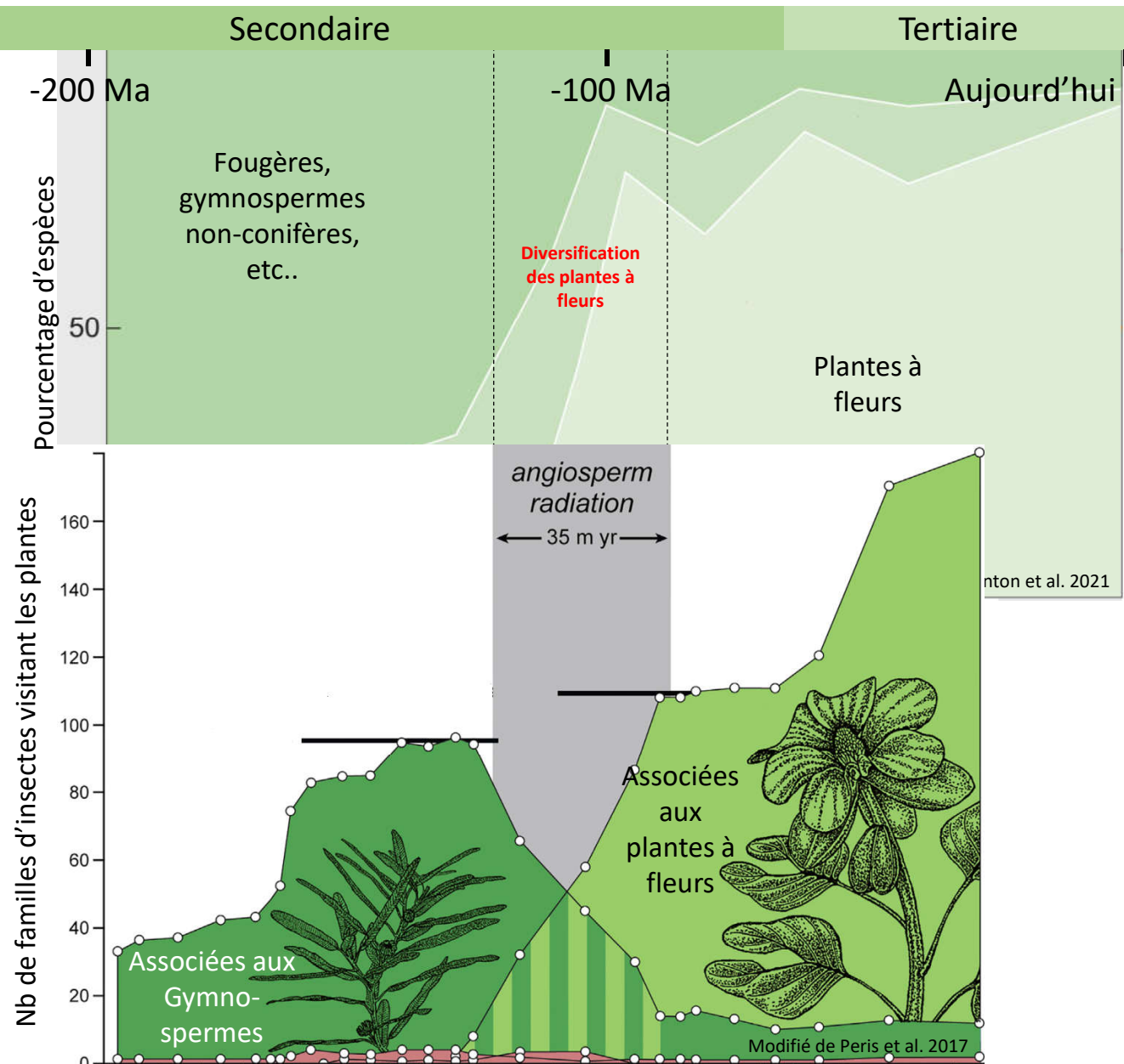
La pollinisation est une interaction ancienne

Indices morphologiques
(longue trompe) -280 Ma

Fossile de thrips avec
pollen de Ginkgo -105 Ma

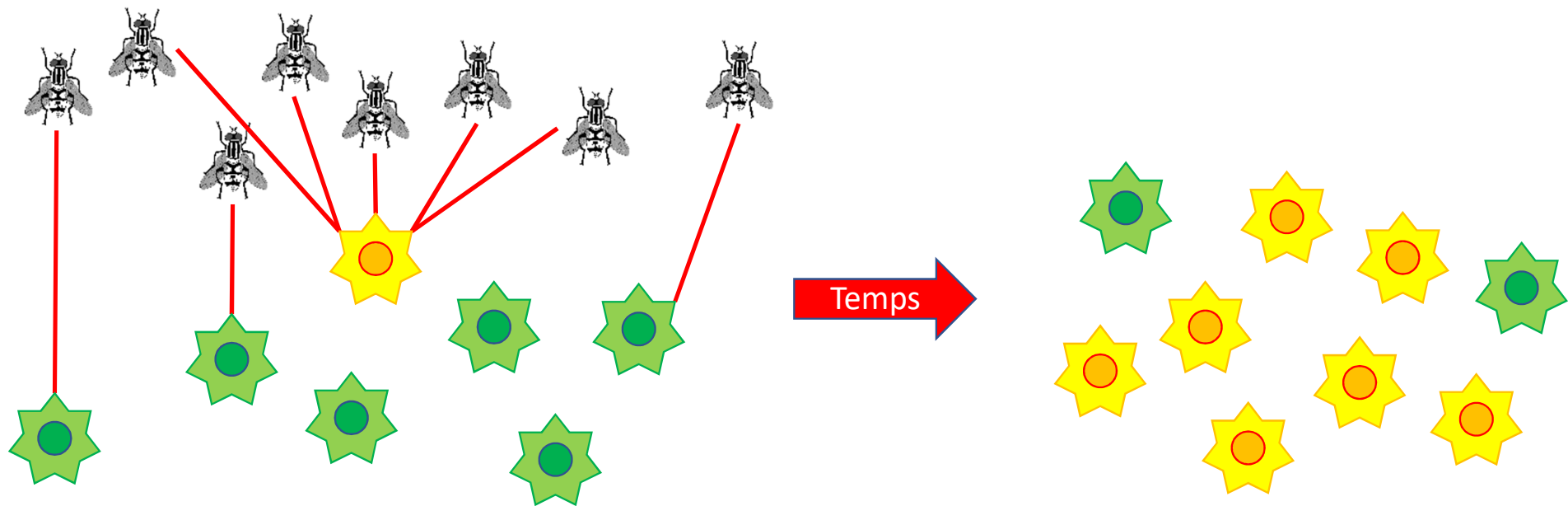


- Diversification rapide des plantes à fleurs entre -125 et -90 Ma
- Charles Darwin : « *abominable mystère* »
- Mécanismes encore incertains
- Diversification conjointe de certains groupes d'insectes



Rôle de la sélection naturelle dans l'évolution du vivant (dont plantes et pollinisateurs)

- Les caractéristiques (acquises au hasard des mutations) qui permettent aux individus de survivre mieux ou de se reproduire mieux sont plus transmises à la descendance et s'installent dans une population





RahmadHimawan



Viascos



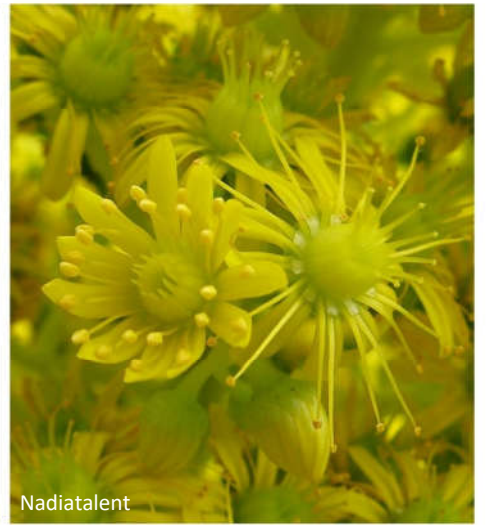
Phonon.b



André Karwath



Rasbak



Nadiatalent



Gllawm



Captainpixel



Robert Flogaus-Faust



geoff mckay



Ivar Leidus



Michael Gasperl



Bob Embleton



Cbaille19



US Botanic Garden



David Lickhoff



Krzysztof Ziarnek



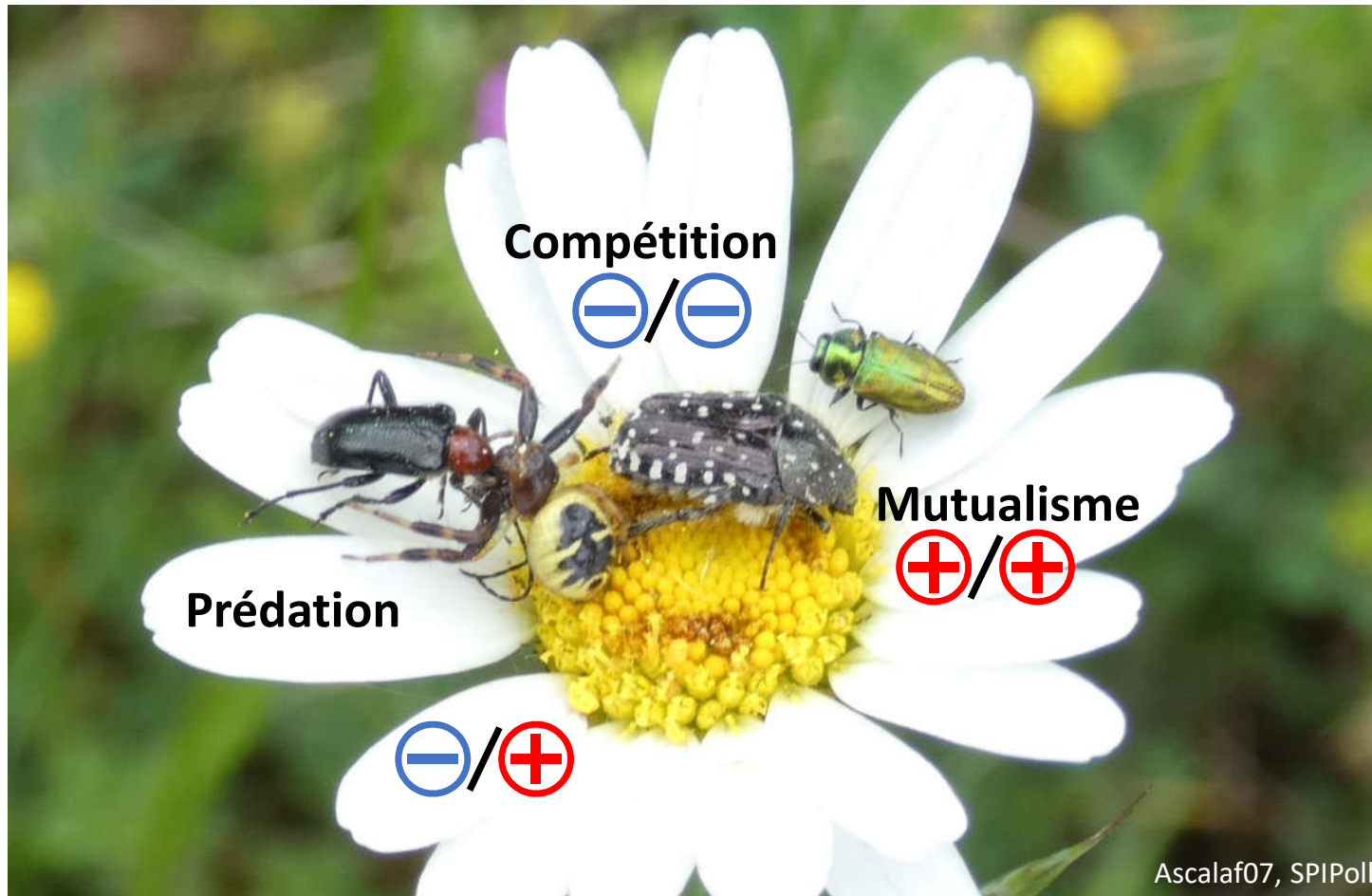
SAplants

Diptères (mouches) Hyménoptères (abeilles, bourdons, guêpes...) Coléoptères (scarabées...) Lépidoptères (papillons)

Diversification des insectes



La biodiversité est aussi une diversité des interactions écologiques



Grande margerite
Leucanthemum vulgare

Anthaxie
Anthaxia sp.

Cétoine grise
Oxythyrea funesta

Dinoptère
Dinoptera collaris

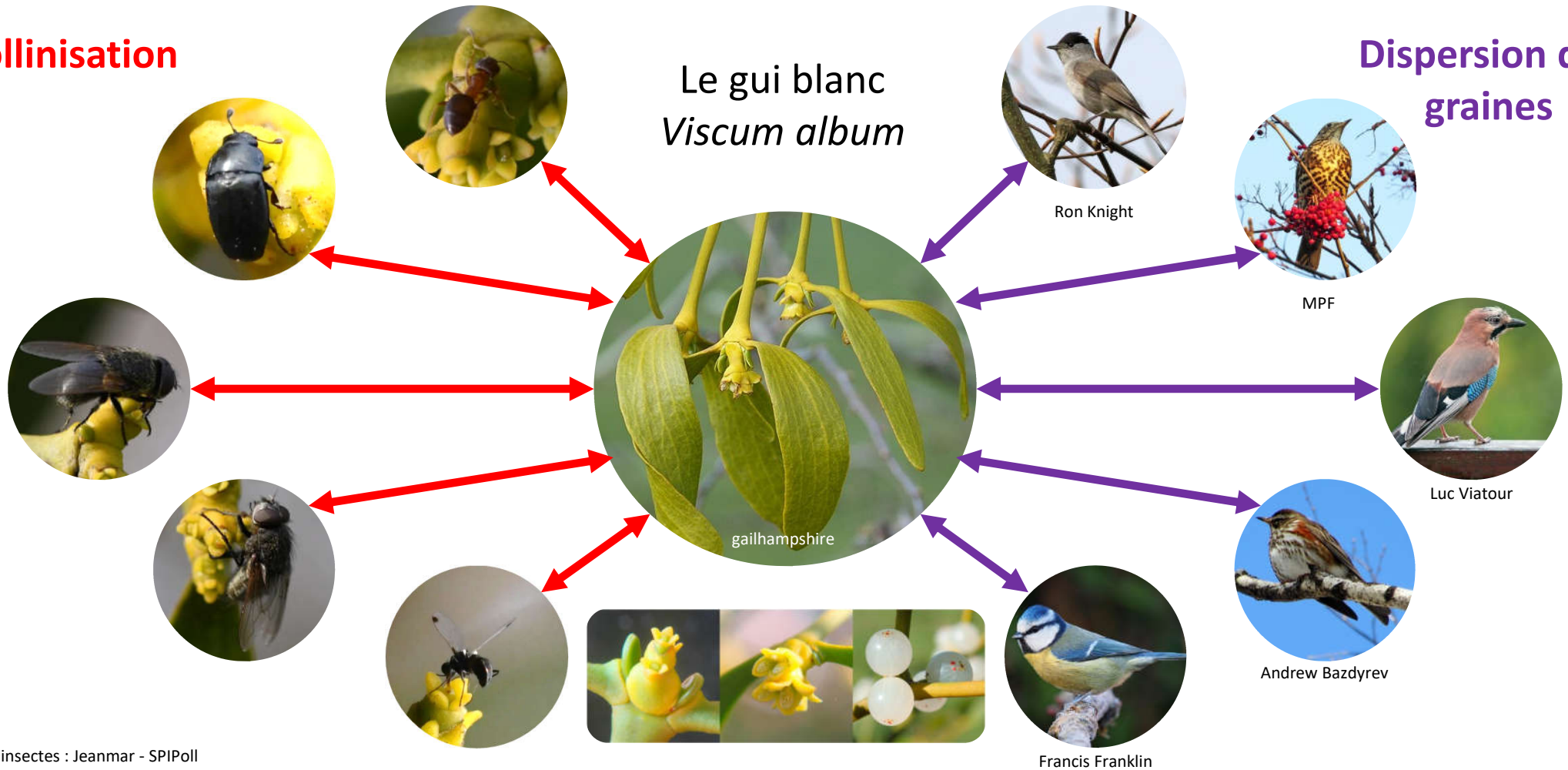
Araignée Napoléon
Synema globosum

Des interactions qui s'étendent dans l'espace

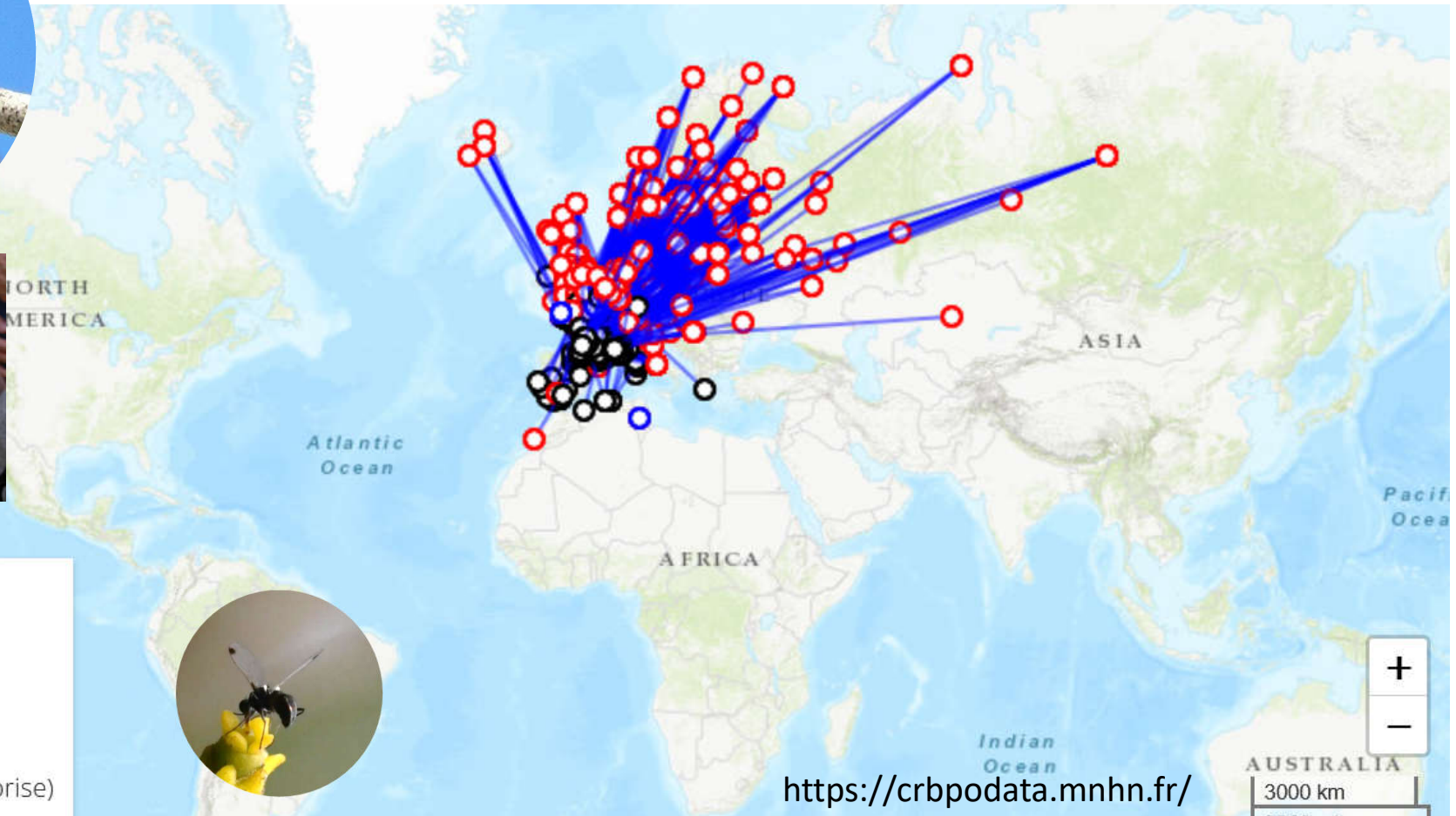
Pollinisation

Le gui blanc
Viscum album

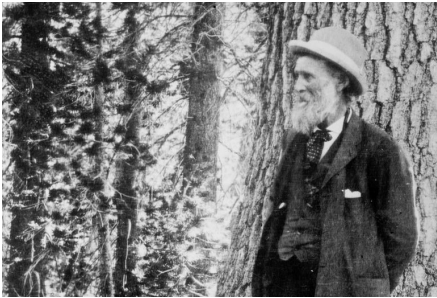
Dispersion des graines



Migrations de la grive mauvis *Turdus iliacus*



La biodiversité comme tissu vivant de la planète



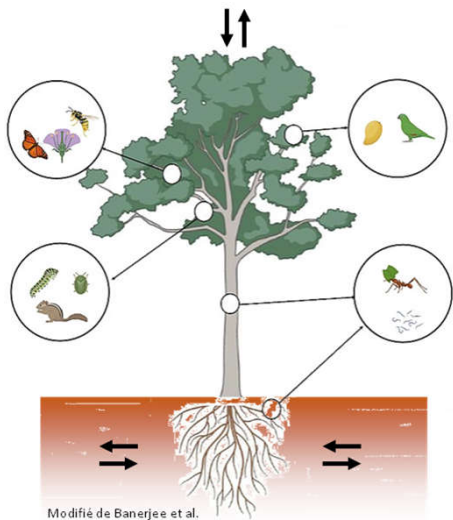
John Muir – © Library of congress

“Quand nous essayons d’isoler un élément, nous réalisons qu’il est relié solidement, par un millier de fils invisibles qui ne peuvent être cassés, à tout le reste dans l’univers” (1869)



L'écologie, étude des interactions entre les êtres vivants et leur environnement

- Comprendre l'origine de l'abondance, de la diversité et de la distribution des êtres vivants



17 JANUARY 2013 | VOL 493 | NATURE | 295

Time to model all life on Earth

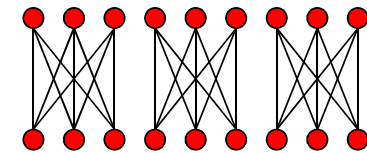
- Quantifier, conceptualiser, trouver des lois générales au milieu de la diversité
 - Modélisation mathématique

- Exemple : la structure des réseaux d'interactions favorise leur stabilité

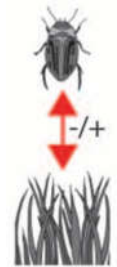
$$\frac{dP_i}{dt} = r_{P_i}P_i - I_{P_i}P_i^2 + \beta \sum_{j=1}^{N_a} \frac{c_{ij}A_jP_i}{\alpha_{ij}^{-1} + S_{ij}}$$

$$\frac{dA_i}{dt} = r_{A_i}A_i - I_{A_i}A_i^2 + \sum_{j=1}^{N_p} \frac{c_{ji}A_iP_j}{\alpha_{ji}^{-1} + \sum_{k, \alpha_{kj} > 0} P_k}$$

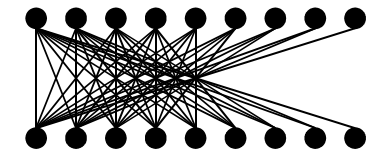
Antagonistes
Plantes/herbivores



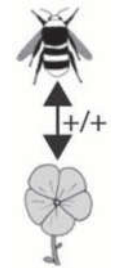
Modulaires



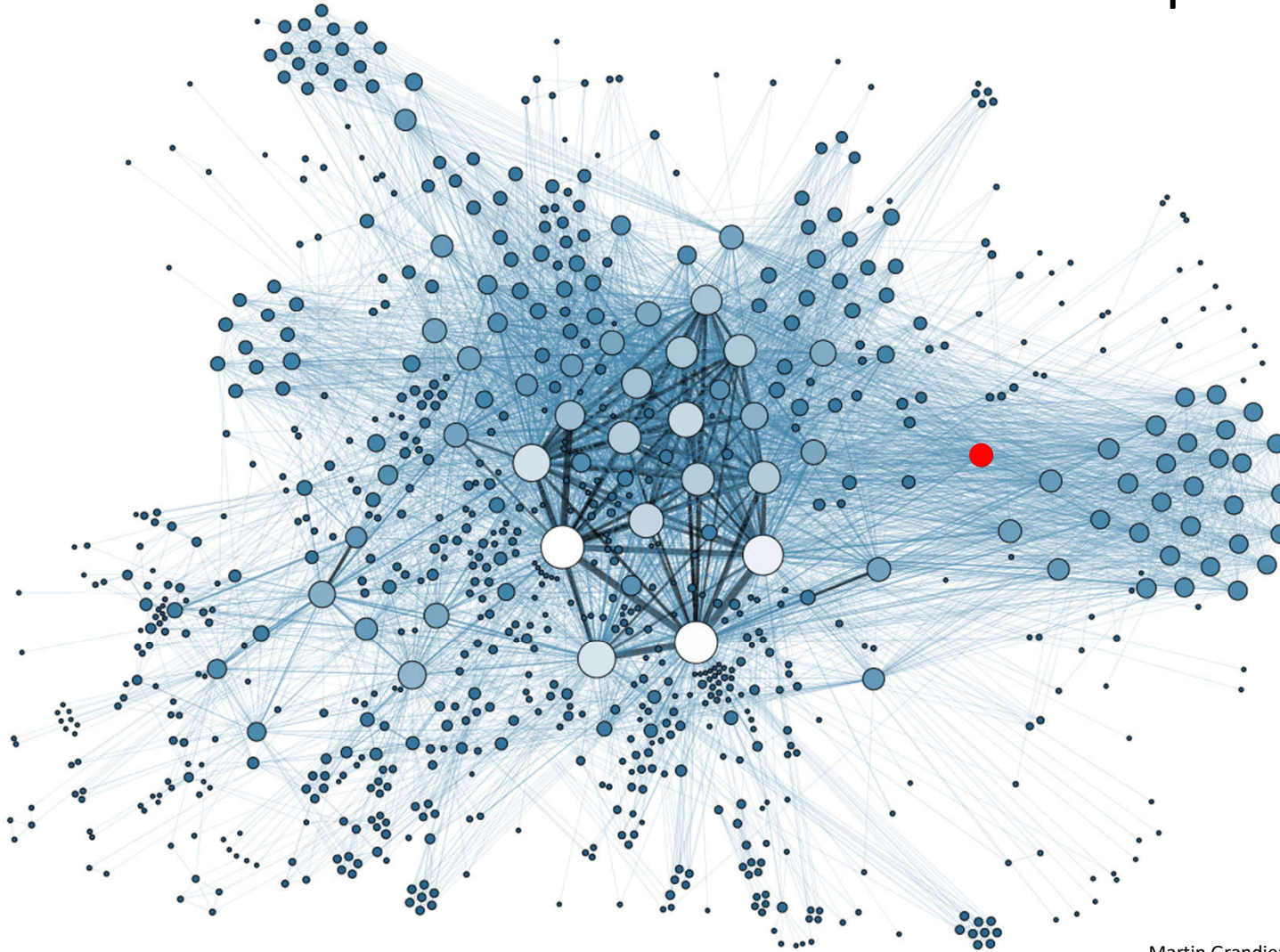
Mutualistes
Plantes/pollinisateurs



Emboîtés

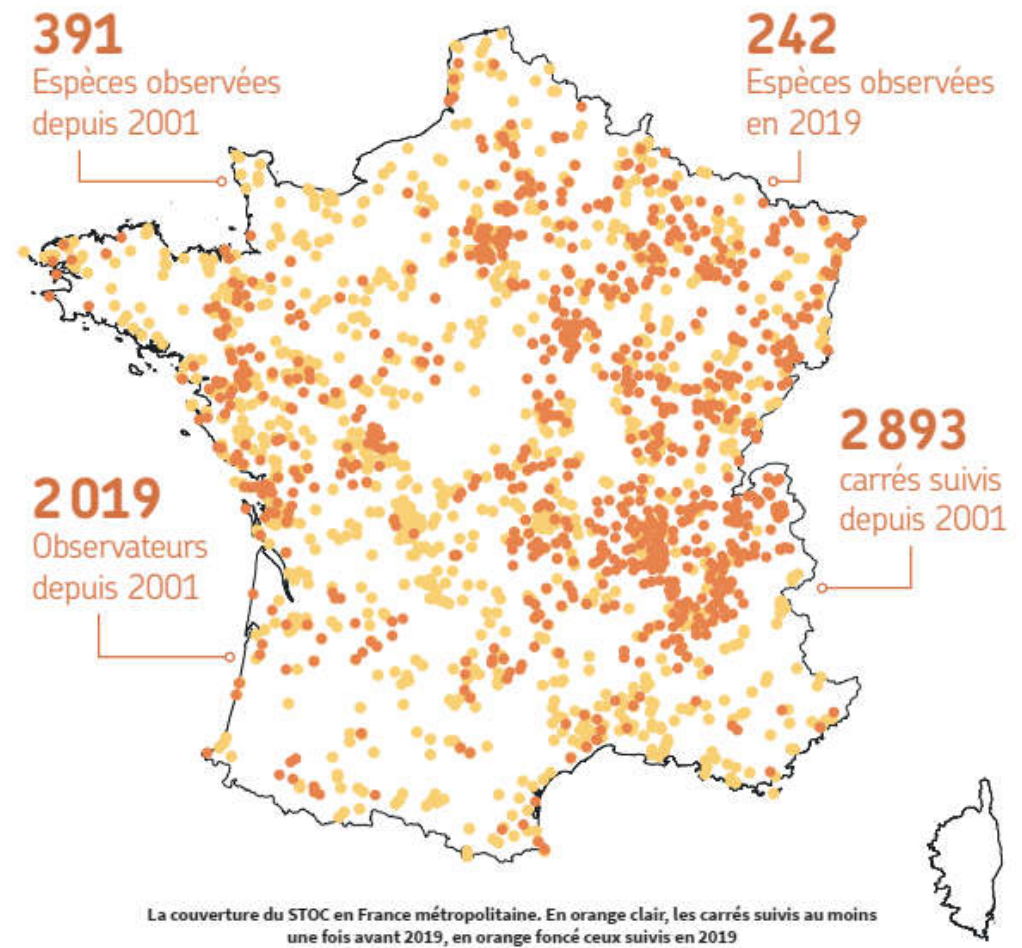
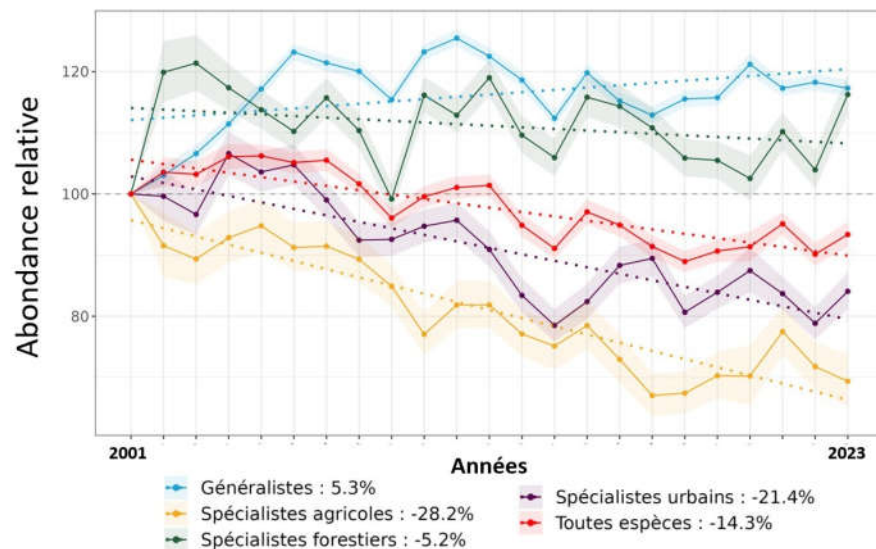


Des accrocs dans le tissu vivant de la planète

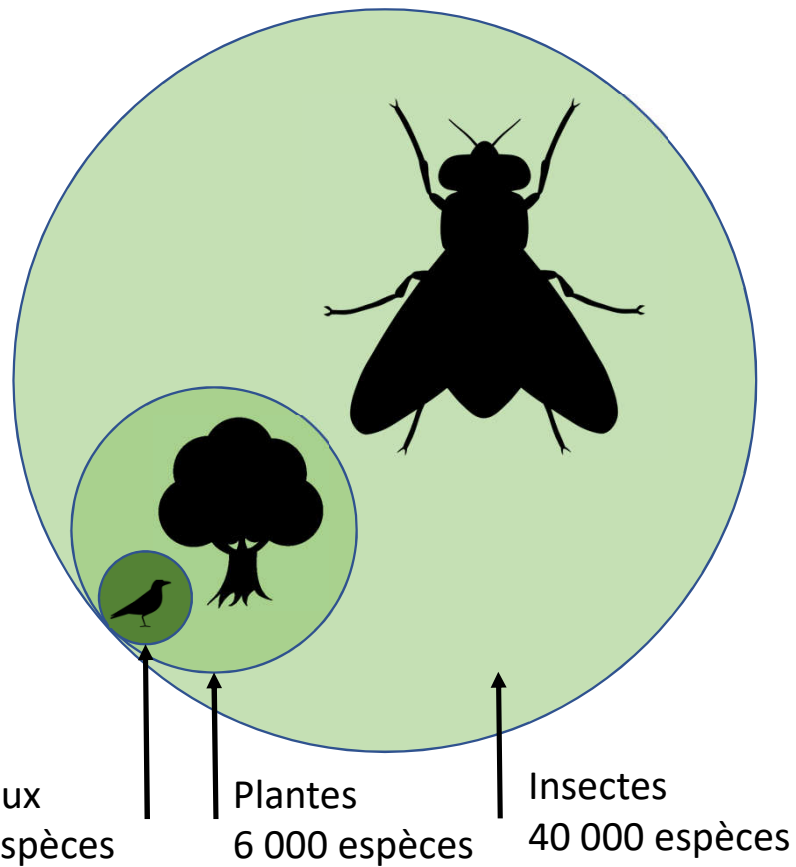


Comment sait-on que les insectes disparaissent ?

- Le graal = un suivi standardisé sur le long terme, mesurant l'abondance
- Exemple Suivi Temporel des Oiseaux Communs

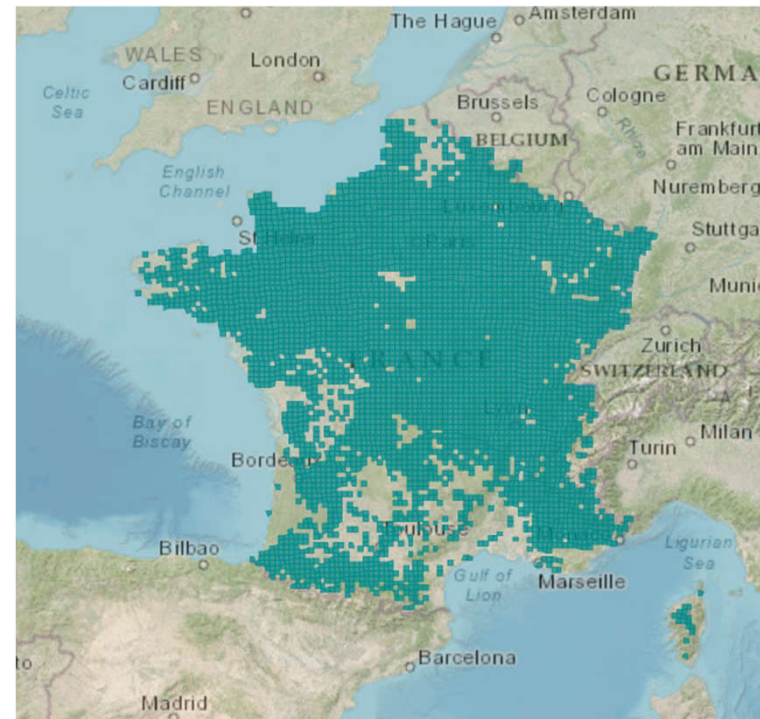
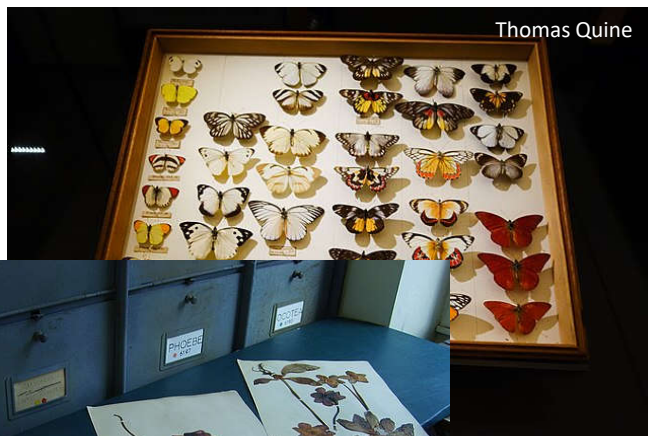


Les plantes et les insectes sont moins attractifs que les oiseaux



Les données disponibles pour les plantes et les insectes

- Opportunistes
 - Souvent associées aux collections
- Souvent des données d'occurrence = présence d'une espèce



Gui blanc, *Viscum album*, données <https://inpn.mnhn.fr>

Le Global Biodiversity Information Facility, une source de données volumineuse mais biaisée



Données

How-to

Outils

Communauté

À propos

> 2,6 milliards de données



Connexion



Big Data Is the Answer . . . But What Is the Question?

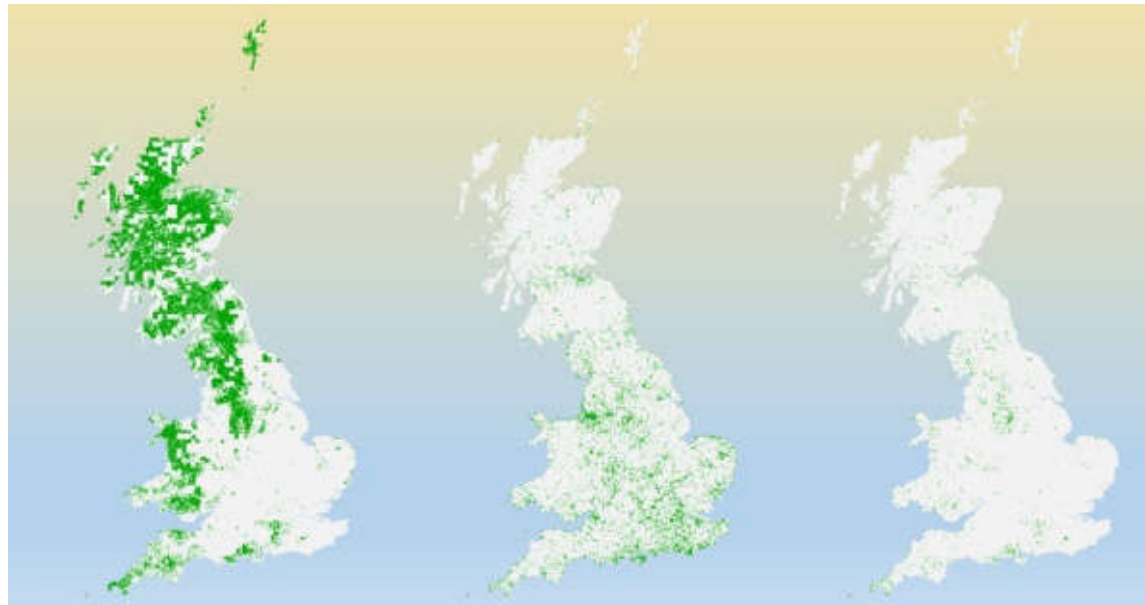
by Bruno J. Strasser* and Paul N. Edwards[§]

Généré le il y a 14 heures © OpenStreetMap contributors, © OpenMapTiles,

<https://www.gbif.org/>

Les limites du « Big data » en écologie, et ailleurs

- Exemple : *Calluna vulgaris*, en Grande-Bretagne



Distribution réelle

19 419 sites
Distribution des observatrices et observateurs

Sites où la callune a été observée



⇒ Nécessité de déclarer, et de corriger, les biais

ROBITT: A tool for assessing the risk-of-bias in studies of temporal trends in ecology

Robin J. Boyd¹ | Gary D. Powney¹ | Fiona Burns² | Alain Danet³ | François Duchenne⁴ | Matthew J. Grainger⁵ | Susan G. Jarvis⁶ | Gabrielle Martin⁷ | Erlend B. Nilsen^{5,8} | Emmanuelle Porcher³ | Gavin B. Stewart⁹ | Oliver J. Wilson¹⁰ | Oliver L. Pescott¹

Des résultats contradictoires à grande échelle

REPORT

Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances

Roel van Klink^{1,2,3,*}, Diana E. Bowler^{1,4,5}, Konstantin B. Gongalsky^{6,7}, Ann B. Swengel⁸, Alessandro Gentil...

Science 24 Apr 2020:
Vol. 368, Issue 6489, pp. 417-420
DOI: 10.1126/science.aax9931



Article | Published: 10 August 2020

No net insect abundance and diversity declines across US Long Term Ecological Research sites

Michael S. Crossley , Amanda R. Meier, Emily M. Baldwin, Lauren L. Berry, Leah C. Crenshaw, Glen L. Hartman, Doris Lagos-Kutz, David H. Nichols, Krishna Patel, Sofia Varriano, William E. Snyder & Matthew D. Moran

Nature Ecology & Evolution 4, 1368–1376(2020) | Cite this article



Article | Published: 17 February 2020

Complex long-term biodiversity change among invertebrates, bryophytes and lichens

Charlotte L. Outhwaite , Richard D. Gregory, Richard E. Chandler, Ben Collen & Nick J. B. Isaac

Nature Ecology & Evolution 4, 384–392(2020) | Cite this article




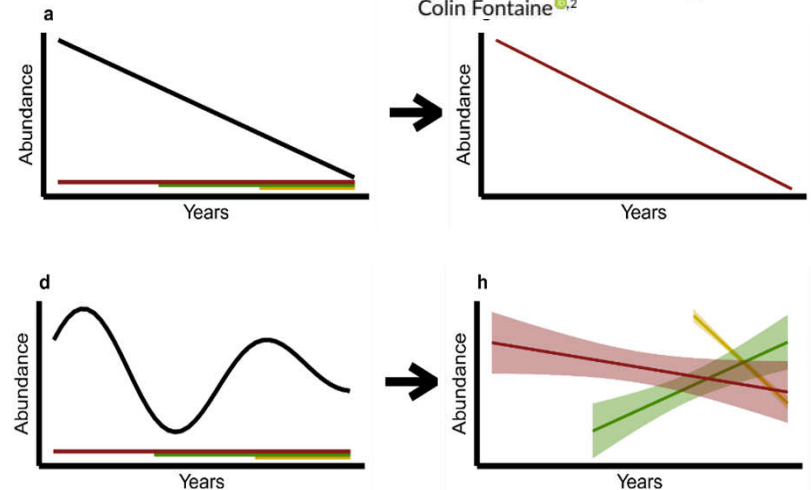
- Des résultats réconciliés par la prise en compte des années de référence

Peer Community Journal

Section: Ecology

Controversy over the decline of arthropods: a matter of temporal baseline?

François Duchenne ¹, Emmanuelle Porcher ², Jean-Baptiste Mihoub ², Grégoire Lois ^{2,3}, and Colin Fontaine ²

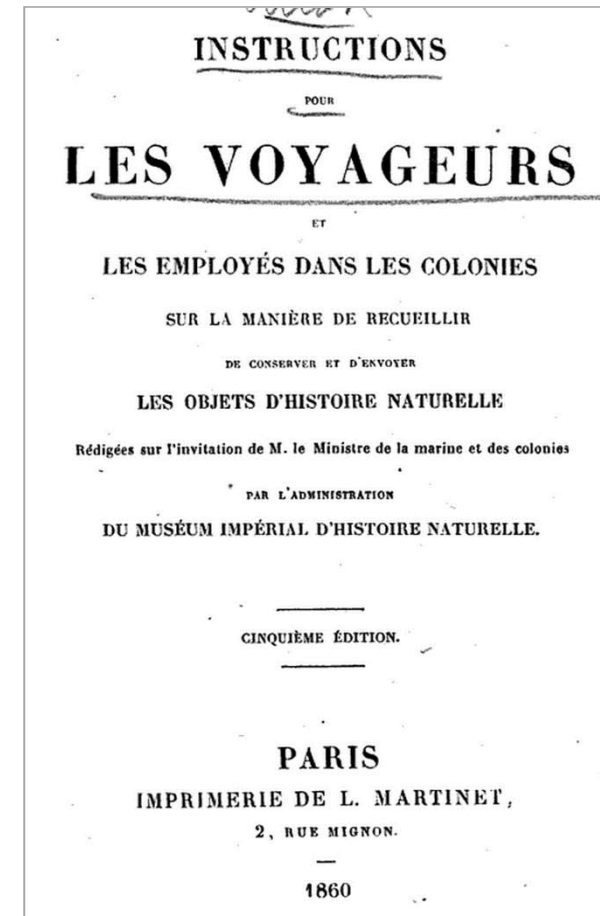
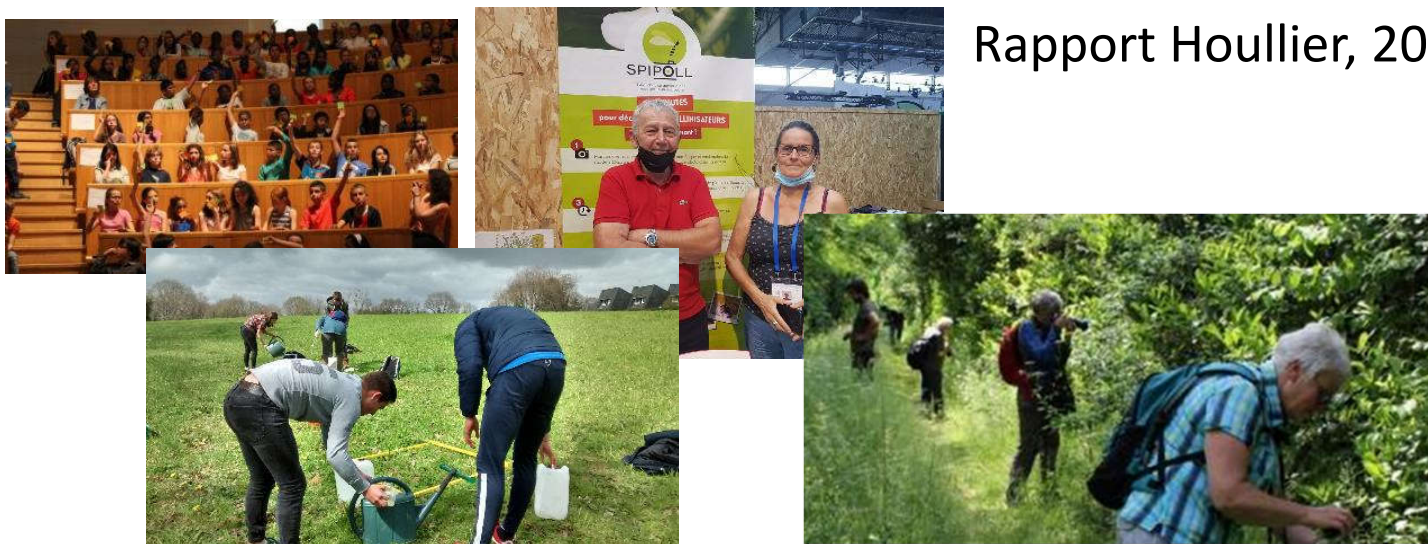


Duchenne et al. (2022)

Contribution des sciences participatives pour connaître les changements du vivant

- La science est un processus collectif
- Sciences participatives : « formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels (...) participent de façon active et délibérée »

Rapport Houllier, 2016



Naturalistes



STOC

Suivi temporel
des oiseaux communs



SHOC

Suivi hivernal
des oiseaux communs



Vigie-Chiro

Suivi des
chauves-souris



STERF

Suivi temporel des
rhopalocères de France



STELI

Suivi temporel
des libellules



Vigie-Flore

Suivi des plantes
communes



SON

Suivi des orthoptères
nocturnes

VIGIENATURE

Grand public



Opération Papillons



Observatoire des bourdons



Spipoll

Suivi photographique
des insectes pollinisateurs



Oiseaux des jardins



BirdLab

Observation
aux mangeoires



Sauvages de ma rue



Plages Vivantes

Observatoire
du haut de plages



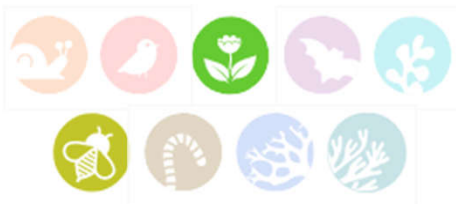
QUBS

Qualité biologique
des sols

Scolaires

Vigie-Nature écolé

DÉCOUVRIR & PARTAGER



Des programmes avec
un protocole non
destructif pour
produire des données
comparables sur
l'abondance des
espèces

Agriculteurs

OBSERVATOIRE AGRICOLE de la BIODIVERSITÉ



Gestionnaires



FLORILÈGES

Suivi de la
flore urbaine

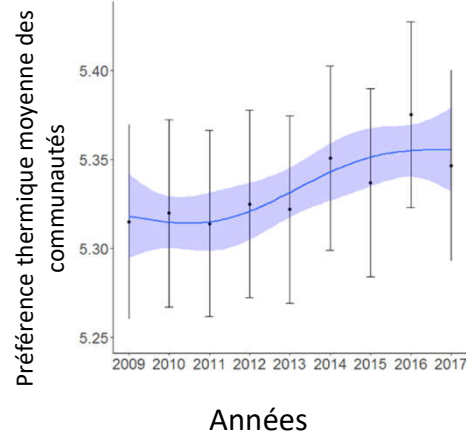
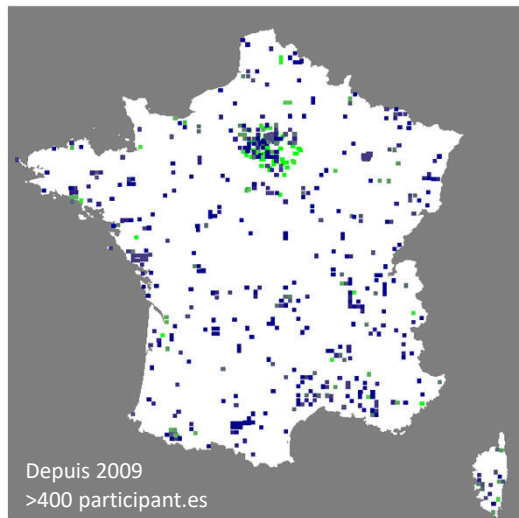


PROPAGÉ

Suivi des
papillons de jour

Les suivis participatifs montrent des changements majeurs des plantes et des pollinisateurs

- **Vigie-flore**



BIOLOGY LETTERS

royalsocietypublishing.org/journal/rsbl

Community ecology

Short-term climate-induced change in French plant communities

Gabrielle Martin¹, Vincent Devictor², Eric Motard³, Nathalie Machon¹ and Emmanuelle Porcher¹

Ecology Letters, (2021) 24: 1178–1186

LETTER

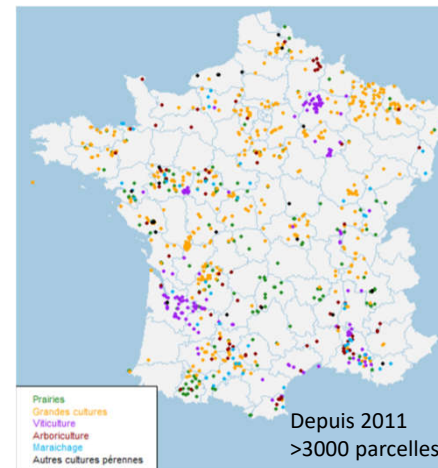
European plants lagging behind climate change pay a climatic debt in the North, but are favoured in the South

- **Observatoire Agricole de la Biodiversité**



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté Égalité Fraternité

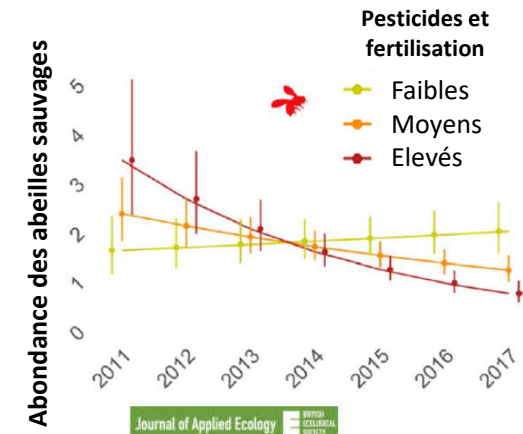
- Abeilles sauvages / Papillons



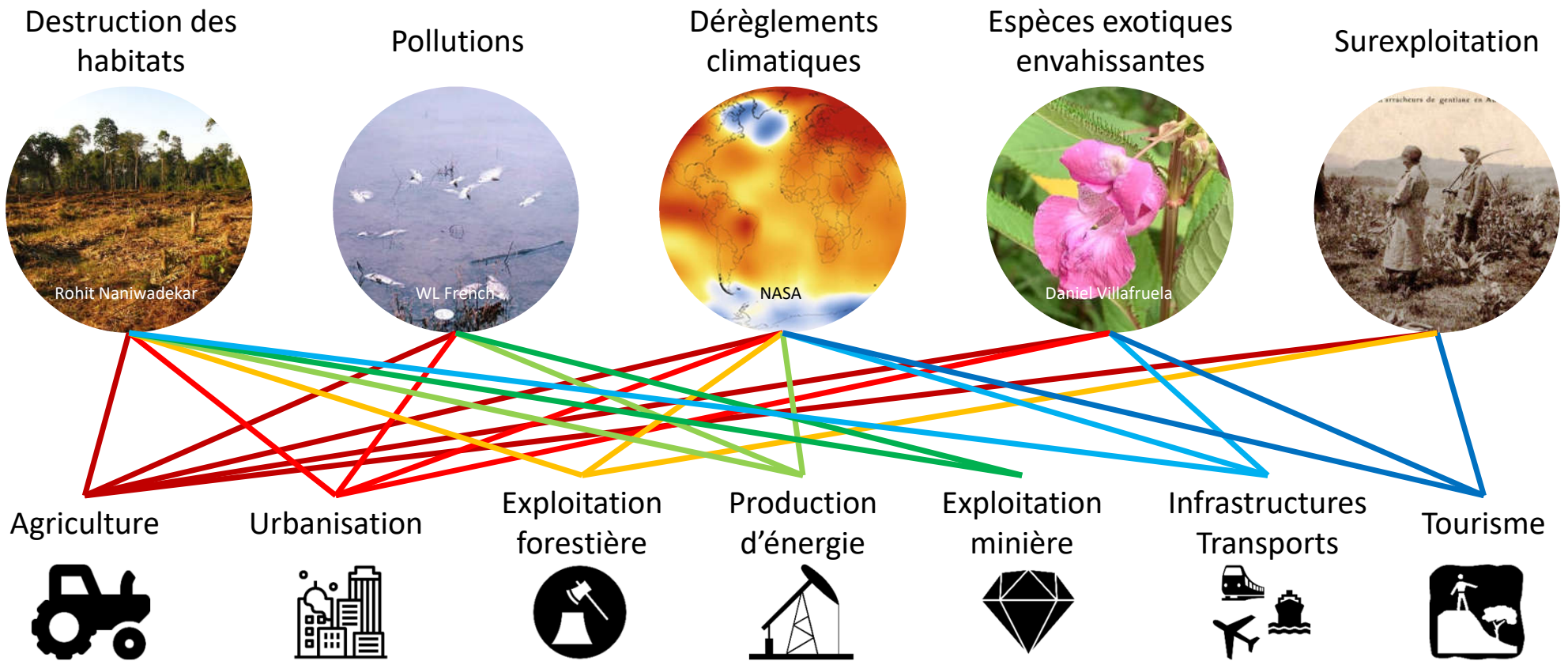
CITIZEN SCIENCE
Research Article

Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices

Olivier Billaud | Rose-Line Vermeersch | Emmanuelle Porcher



Quelles causes pour ces changements ?



⇒ Comment isoler les effets de certains mécanismes ?

Effets de l'agriculture intensive sur la biodiversité

- Cause majeure d'érosion de la biodiversité

- Effets isolés des pesticides

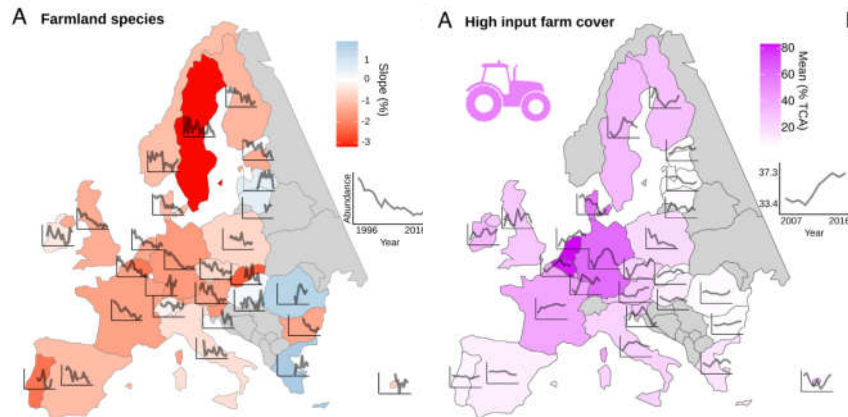
PNAS RESEARCH ARTICLE ECOLOGY SUSTAINABILITY SCIENCE

OPEN ACCESS

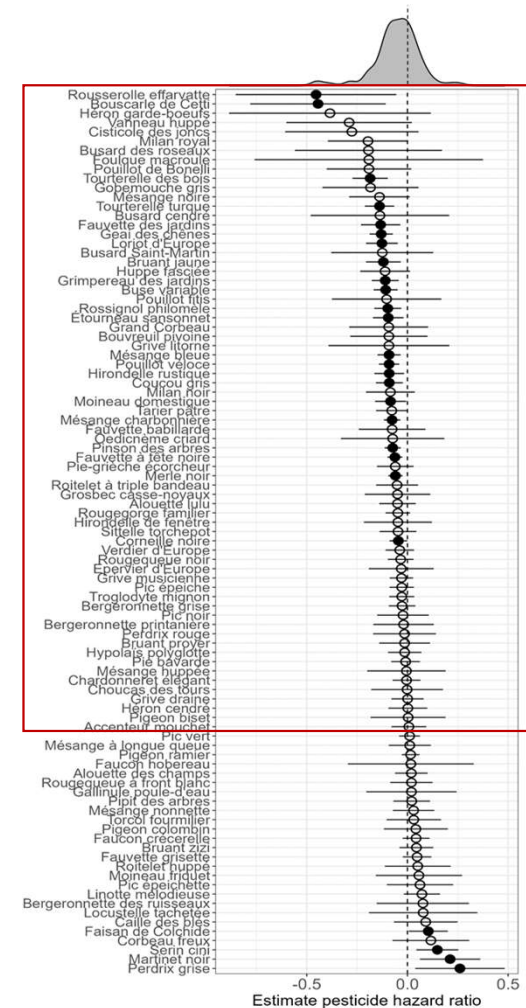


Farmland practices are driving bird population decline across Europe

Stanislas Rigal¹, Vasilis Dakos², Hany Alonso³, Ainars Aunins^{5,6,7}, Zoltán Benkő⁸, Lluís Brotons^{5,6,7}, Tomasz Chodkiewicz¹, Przemysław Chylarecki⁹, Elisabetta de Carli¹⁰, Juan Carlos del Moral¹¹, Cristian Domșa⁸, Virginia Escandell¹², Benoît Fontaine¹³, Ruud Foppen¹⁴, Richard Gregory¹⁵, Sarah Harris², Sergi Herrando¹⁶, Magne Husby^{17,18}, Christina Ieronymidou¹⁹, Frédéric Jiguet¹, John Kennedy²⁰, Alena Křiváňová²¹, Primož Krnc²², Lechosław Kuczyński²³, Petras Kurlavičius^{24,25}, John Atle Kålås²⁶, Aleksi Lehikoinen²⁷, Åke Lindström²⁸, Romain Lorrillière¹, Charlotte Moshøj²⁹, Renno Nellis³⁰, David Noble³¹, Daniel Palm Eskildsen³², Jean-Yves Paquet¹, Mathieu Pélassié³³, Clara Pladevall³⁴, Danae Portolou³⁵, Jiří Rejz^{36,37}, Hans Schmid³⁸, Benjamin Seaman³⁹, Zoltán D. Szabó⁴⁰, Tibor Szép^{41,42}, Guido Tellini Florenzano⁴³, Norbert Teufelbauer⁴⁴, Sven Trautmann⁴⁵, Chris van Turnhout⁴⁶, Zdeněk Vermouzek⁴⁷, Thomas Vikstrøm⁴⁸, Petr Voříšek⁴⁹, Anne Weiserbs⁵⁰, and Vincent Devictor⁵¹



Rigal et al. 2023



Pour 68 % des espèces d'oiseaux communes, les abondances sont négativement corrélées au danger lié à l'utilisation des pesticides

Perspectives sur plantes et pollinisateurs

Higher abundance of breeding birds in farmlands with lower pesticide purchase

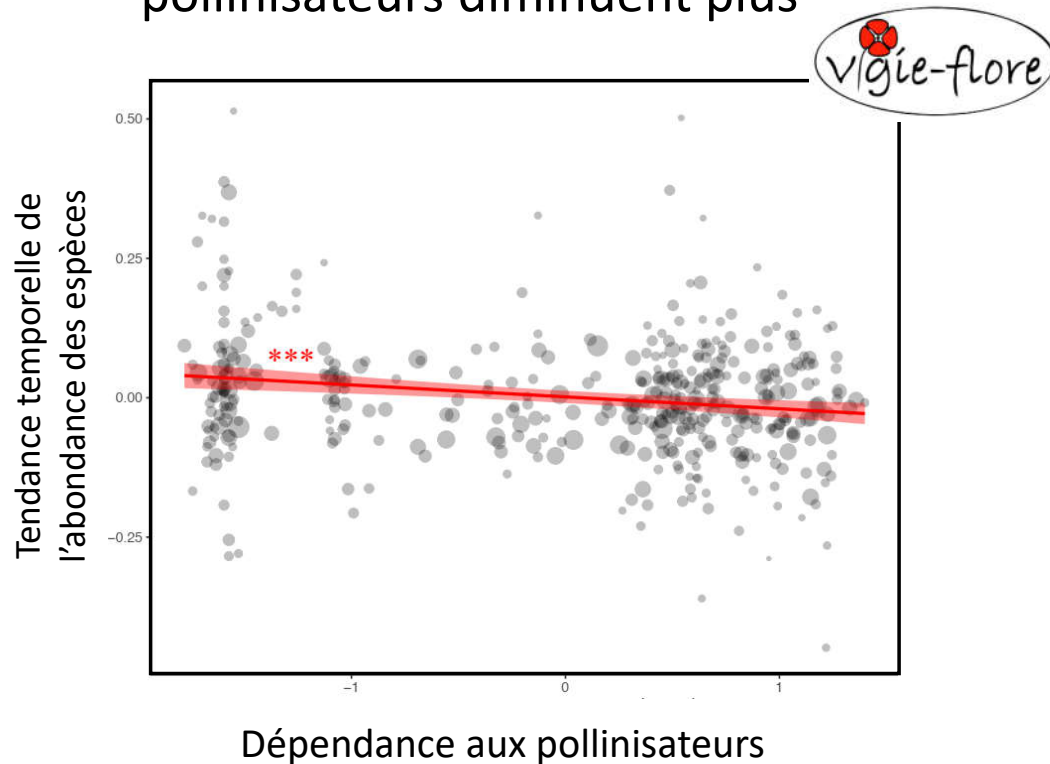
Anne-Christine Monnet¹, Milena Cairo¹, Nicolas Deguines^{1,2}, Frédéric Jiguet¹, Mathilde Vimont¹, Colin Fontaine¹, Emmanuelle Porcher¹

Quelles conséquences des changements des plantes et des pollinisateurs ?



Une diminution, voire disparition des plantes dépendantes des pollinisateurs

- Les plantes les plus dépendantes des pollinisateurs diminuent plus



- Confirmation des disparitions conjointes plantes/pollinisateurs observées localement



Vincent van Gogh, 1890

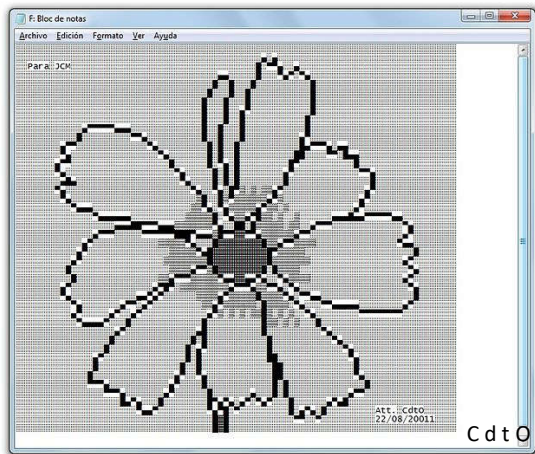
Chez beaucoup d'espèces de plantes, les individus peuvent se reproduire seuls

- Autofécondation
- Possibilité d'évolution sous l'effet de la sélection naturelle
- Favorisant cette fois-ci les caractéristiques qui permettent de se passer des pollinisateurs pour la reproduction



Une évolution des plantes pour devenir moins dépendantes des pollinisateurs

- Des fleurs plus autofécondes, plus petites, avec moins de nectar...



Porcher & Lande 2005



Bodbyls-Roels & Kelly 2011



Gervasi & Schiestl 2017



Acoca-Pidolle et al. 2023

Modélisation
mathématique

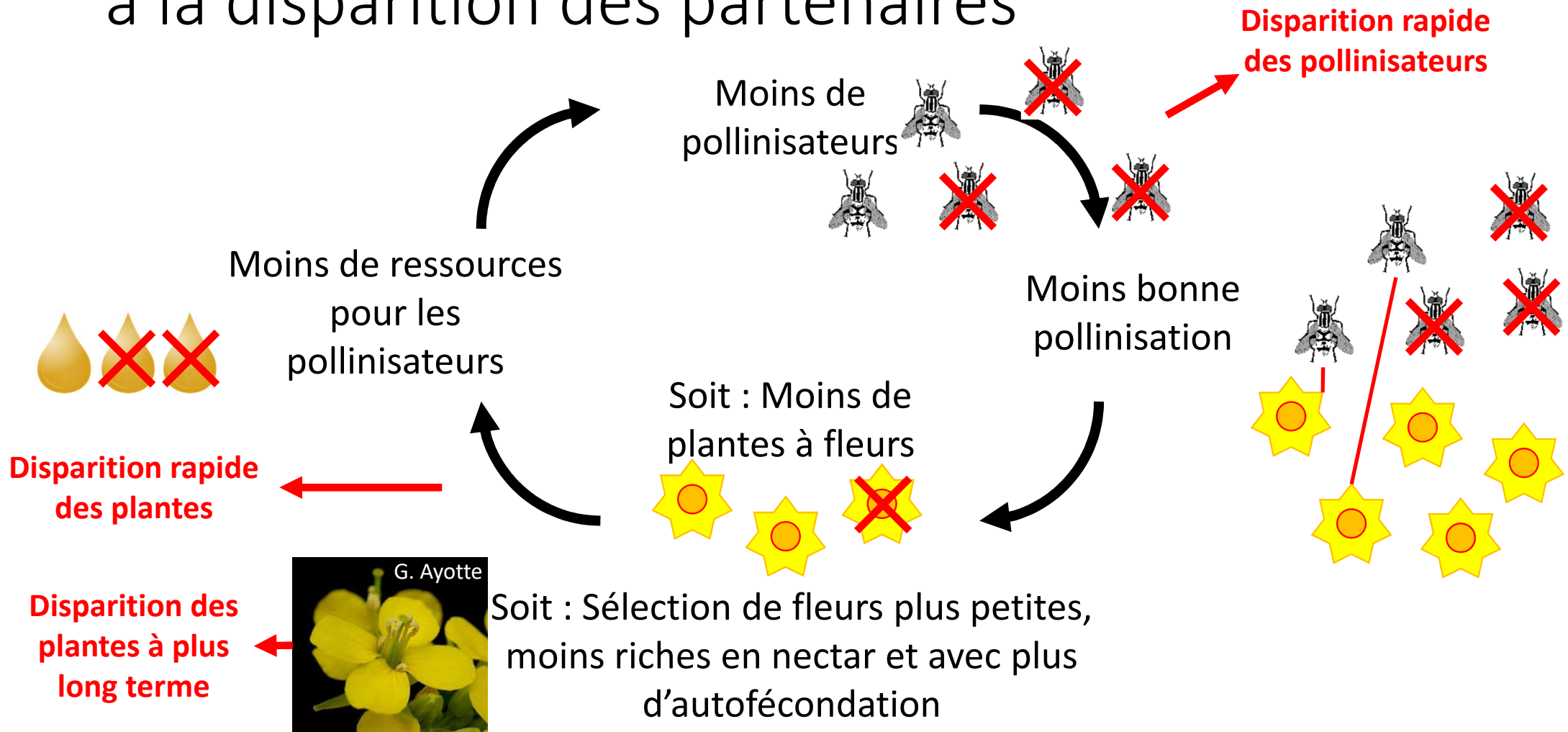


Expérimentations en serre



Ecologie de la
résurrection
Démonstration
dans la nature

Mise en place d'un cercle infernal, conduisant à la disparition des partenaires



Conséquences pour la pollinisation des cultures, donc pour les humains

- 70% des espèces cultivées dépendent des pollinisateurs



Cacao



Café

- Echelle mondiale : Rendements des cultures dépendantes des pollinisateurs plus faibles et plus instables (Garibaldi et al. 2011)

- France : rendement du cassis divisé par 4 du fait du manque de pollinisateurs



Salicyna



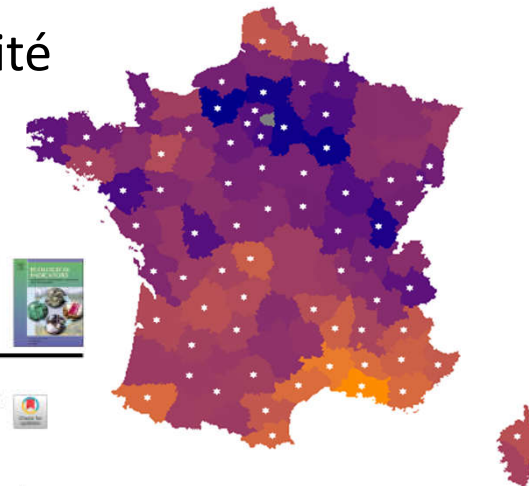
Janusz Jakubowski

- Indicateurs de l'efficacité de la pollinisation des cultures



New indices for rapid assessment of pollination services based on crop yield data: France as a case study

Gabrielle Martin^{1,2}, Colin Fontaine³, Francesco Accatino⁴, Emmanuelle Porcher⁵



Changements des interactions plantes-pollinisateurs : résumé



Des transformations importantes



Des causes multiples mais déjà bien identifiées



Des conséquences déjà observables, au-delà des plantes et des pollinisateurs

⇒ Nécessité de mettre en place ou renforcer des mesures de conservation

Comment mieux conserver la biodiversité ?

L'apport de la biologie de la conservation

- Conservation des espèces et espaces remarquables



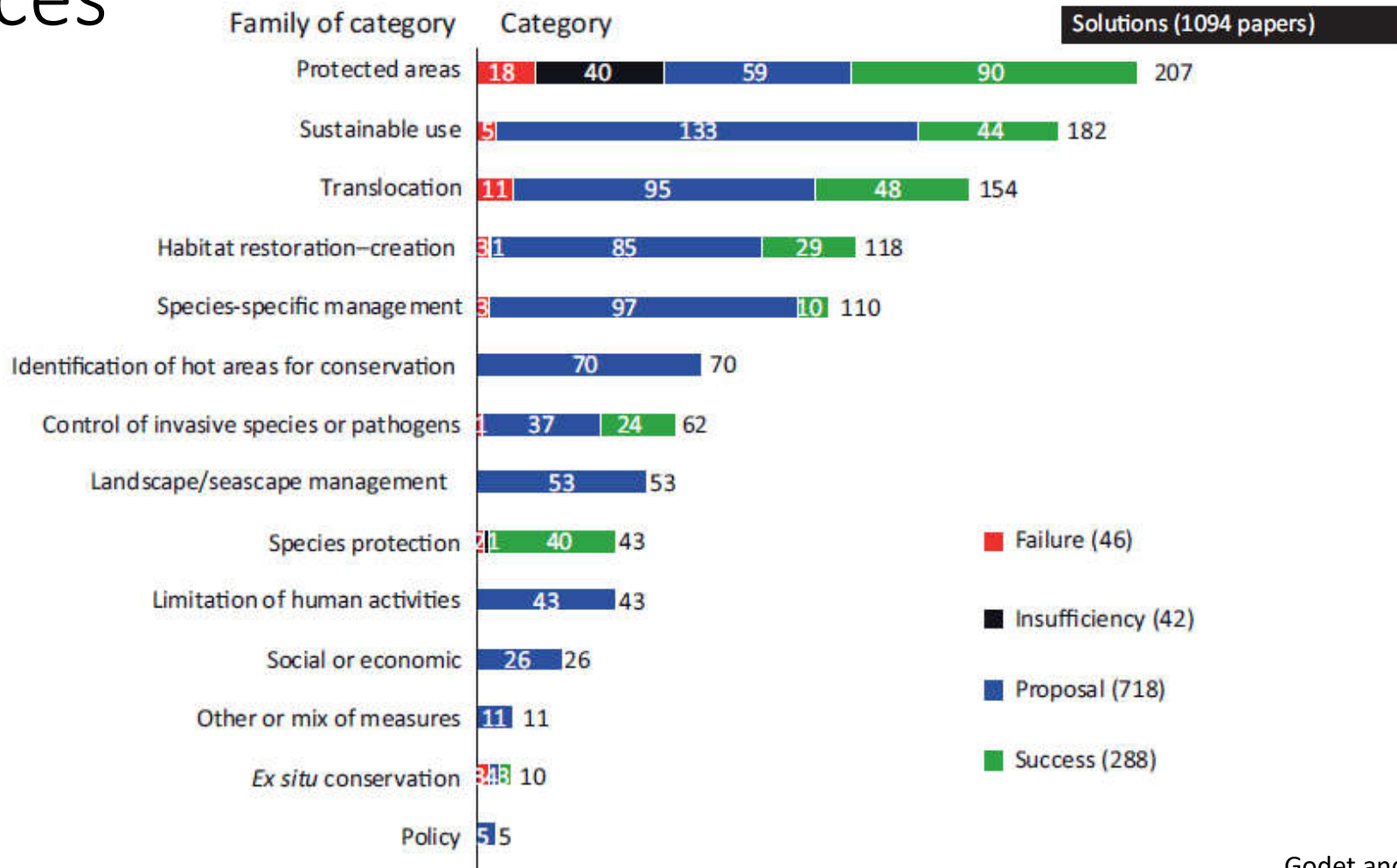
- Démographie
- Génétique des populations
- Ecologie de la restauration

- Conservation de la nature ordinaire



- Ecologie des communautés et des écosystèmes
- Notion de services écosystémiques

Les actions de conservation peuvent être efficaces



Pourquoi les sociétés humaines n'agissent pas davantage pour conserver le vivant ?



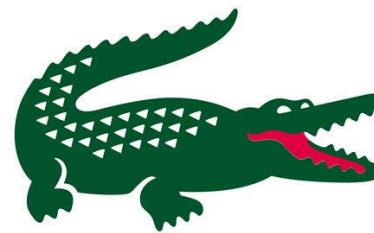
- Besoin d'approches interdisciplinaires



- Besoin de renforcer le lien avec la nature

L'extinction de l'expérience

- Combien de marques pouvez-vous citer ?



Combien d'espèces d'oiseaux pouvez-vous nommer ?



Sur une idée d'Ana-Cristina Torres

Combien d'espèces d'oiseaux pouvez-vous nommer ?

Fauvette à tête noire



Merle noir



Rougegorge familier



Mésange charbonnière



Étourneau sansonnet



Pigeon biset



Moineau domestique



Pinson des arbres



Sur une idée d'Ana-Cristina Torres

Déconnexion et pollinisation

- Options souvent choisies pour remédier à la disparition des pollinisateurs

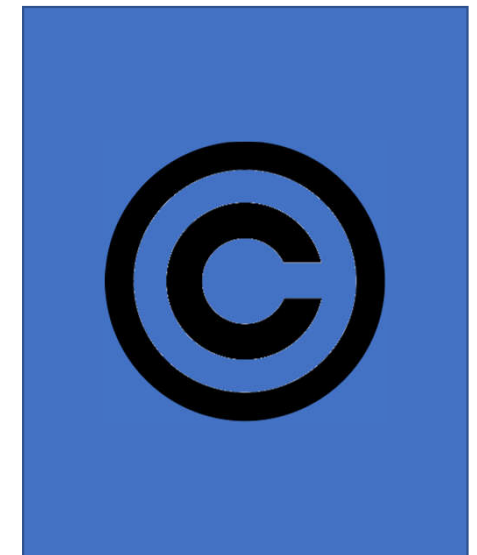
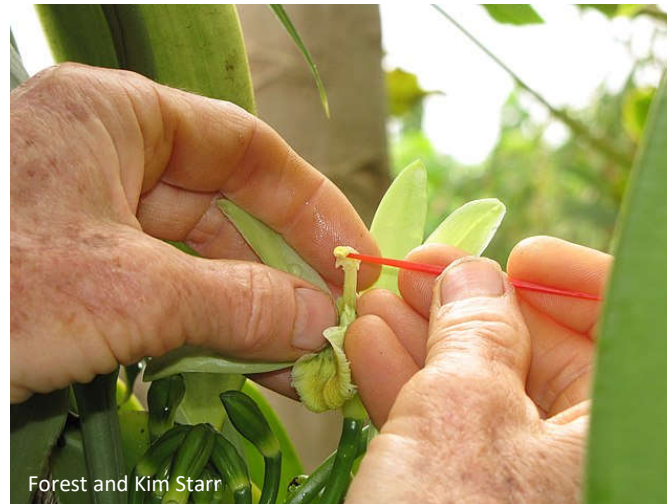
Abeille
mellifère



Bombus sp.



Osmia sp.



Utilisation d'espèces
domestiques

Variétés moins dépendantes
des pollinisateurs

Pollinisation à la main

Pollinisation par des
machines


Sciences participatives et reconnexion au vivant : « *s'émerveiller pour agir** »

Meilleures
connaissances des
espèces et de la
démarche scientifique



M. Evanno




**Fostering close encounters
of the entomological kind**
Nicolas Deguines^{1*}, Mathieu
de Flores², Grégoire Loïs¹, Romain
Julliard¹, and Colin Fontaine¹



Science learning in biodiversity citizen science: Inputs from the analysis of online social interactions within a contributory project for pollinators' monitoring

Baptiste Bedessem^{a,*}, Ana-Cristina Torres^b, Colin Fontaine^a, Nicolas Deguines^c

Changement de
pratiques



Assessing the emergence of pro-biodiversity practices in citizen scientists of a backyard butterfly survey

Nicolas Deguines^{a,*}, Karine Princé^{b,c,d}, Anne-Caroline Prévot^{b,e}, Benoît Fontaine^{b,f}

Changement de relation
avec les espèces sauvages



Experience and trust to handle uncertainty of biodiversity responses to agricultural practices: lessons from citizen science on farms.

Authors: Olivier Billaud^{1*}, Emmanuelle Porcher¹, Etienne Maclouf²

Conclusions – Il est encore temps



Noel Reynolds



Marianne Casamance



Gilles San Martin

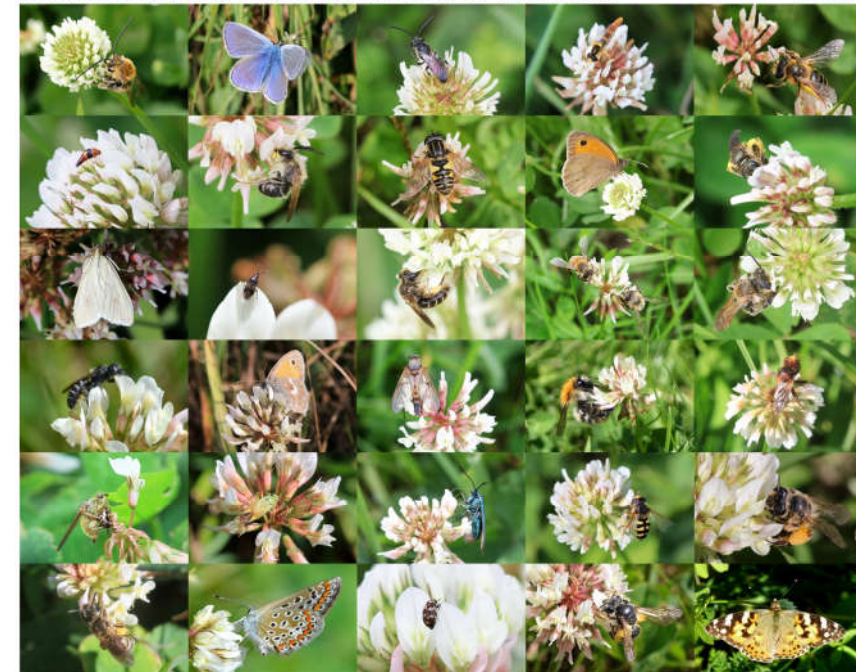


Bernard Dupont



Préserveons les Trèfles blancs pour nourrir les butineurs

Photos issues du Suivi photographique des Insectes pollinisateurs - www.spipoll.org



1) Mésita leprieux, 2) Abeille mellifère, 3) Demi-argus, 4) Andrière, 5) Bourdon fauve, 6) Culvris commun, 7) Oedemère noble mâle, 8) Andrière rayée, 9) Mouchette, 10) Cirmia caerulea femelle, 11) Gonopode Physocéphala, 12) Bourdon noir & jaune à cuilleron, 13) Citrouille, 14) Abeille, 15) Amorylla, 16) Lucerne, 17) Aube, 18) Abeille Scopocidae, 19) Syrphie porte-plume mâle, 20) Andrière, 21) Staphylin, 22) Andrière, 23) Hélicone, 24) Myri, 25) Halcite femelle, 26) Ichne verte, 27) Punaise Anthracide, 28) Andrière, 29) Abeille mellifère, 30) Andrière du trèfle, 31) Hespérie, 32) Fardet commun, 33) Lucite, 34) Bourdon fauve, 35) Copropode, 36) Mouchette pâle, 37) Mésite, 38) Turquoise, 39) Syrphie des corolles, 40) Andrière, 41) Halcite femelle, 42) Collet de corolles, 43) Dermeste, 44) Andrière, 45) Belle Dame.

Observateurs SPIPOLL: Etamines, Claudine Valet, Jfch, Barbara Møi, Marie76, L. Guyard

Barbaramai, SPIPoll

Merci

Marc Ohlmann (1992-2023)

