

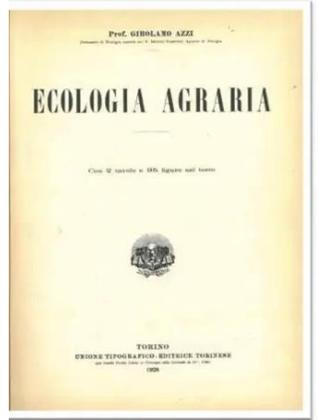
Vision portée par les écologues sur l'apport du numérique pour l'agroécologie et les impacts attendus sur les écosystèmes et la biodiversité

Thierry Caquet, INRAE, Directeur Scientifique Environnement
thierry.caquet@inrae.fr

Sommaire

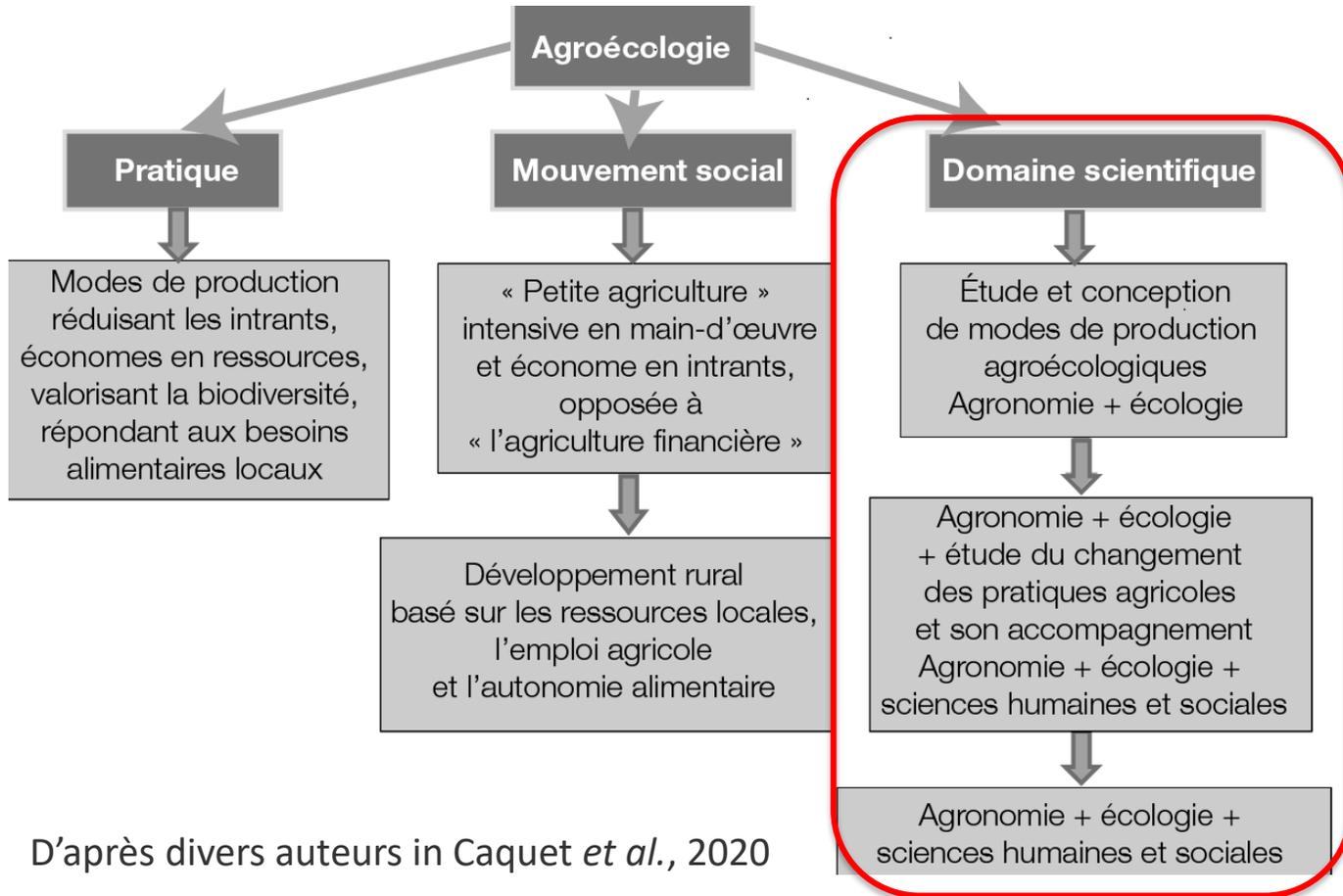
1. Agroécologie et écologie
2. Recherches en écologie et numérique
3. Agroécologie, écologie et numérique : opportunités et points de vigilance

1. Agroécologie et écologie



Azzi, 1928

Place de l'écologie dans l'agroécologie



D'après divers auteurs in Caquet *et al.*, 2020

« L'augmentation de la diversité fonctionnelle dans les cultures, les systèmes de cultures et les paysages augmente les régulations biologiques et favorise certaines propriétés émergentes »

- Diversité
 - Relations interspécifiques
 - Fonctions écosystémiques
 - Relations diversité-fonction
 - Paysages
 - Propriétés (ex. résilience)
- intra- et services
et
Thématiques importantes en écologie
émergentes

Un changement de paradigme

Agriculture conventionnelle

Paradigme « Individuel »

L'individu le plus performant
dans un environnement optimal



Exploiter les
interactions
biologiques

Plante-plante
Microbiotes
Prédateur-proie

Intégration multi-
échelle de la
diversité

Diversité fonctionnelle
Above-belowground
Propriétés des paysages
Services écosystémiques

Meilleure utilisation
des ressources, cycle
des nutriments,
santé du sol...

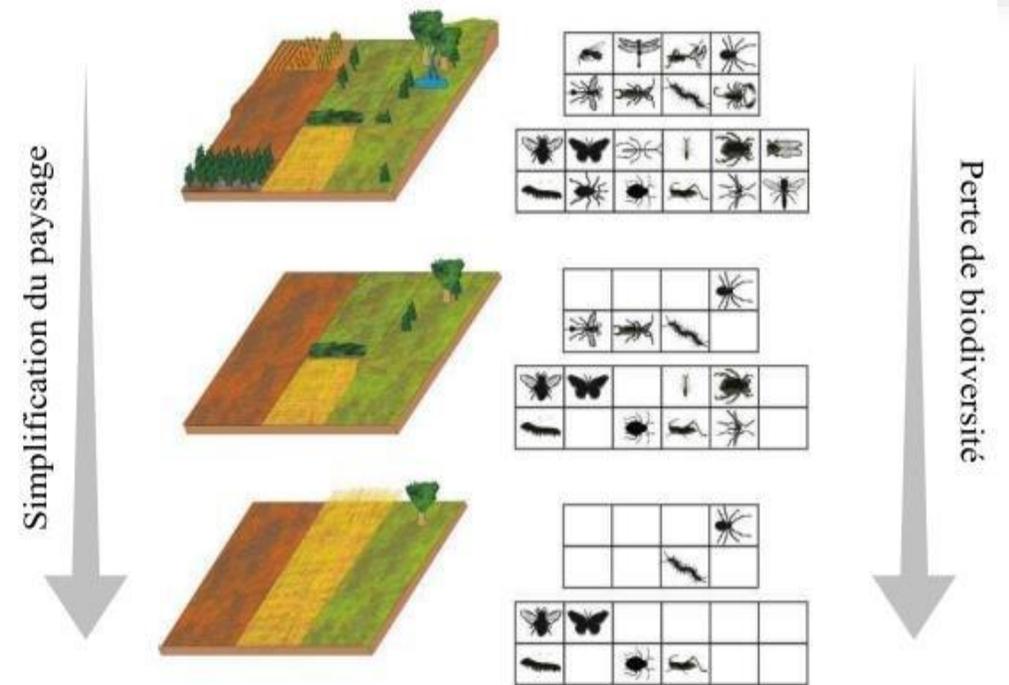
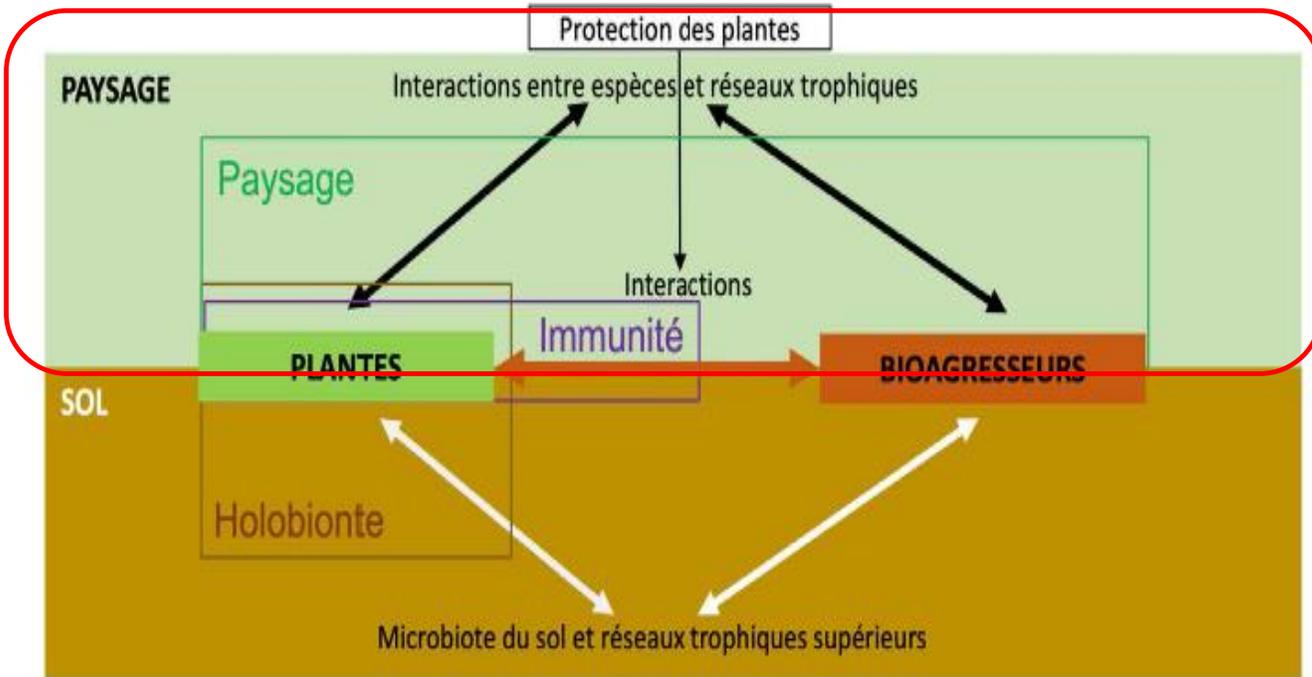
Agroécologie

Paradigme « Interaction et intégration »

Obtenir les arrangements les plus
« performants » dans des environnements
hétérogènes et changeants



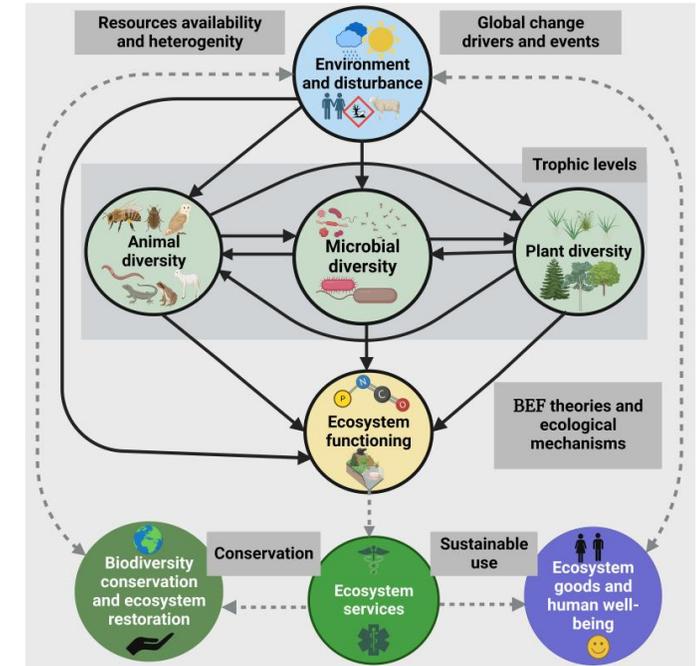
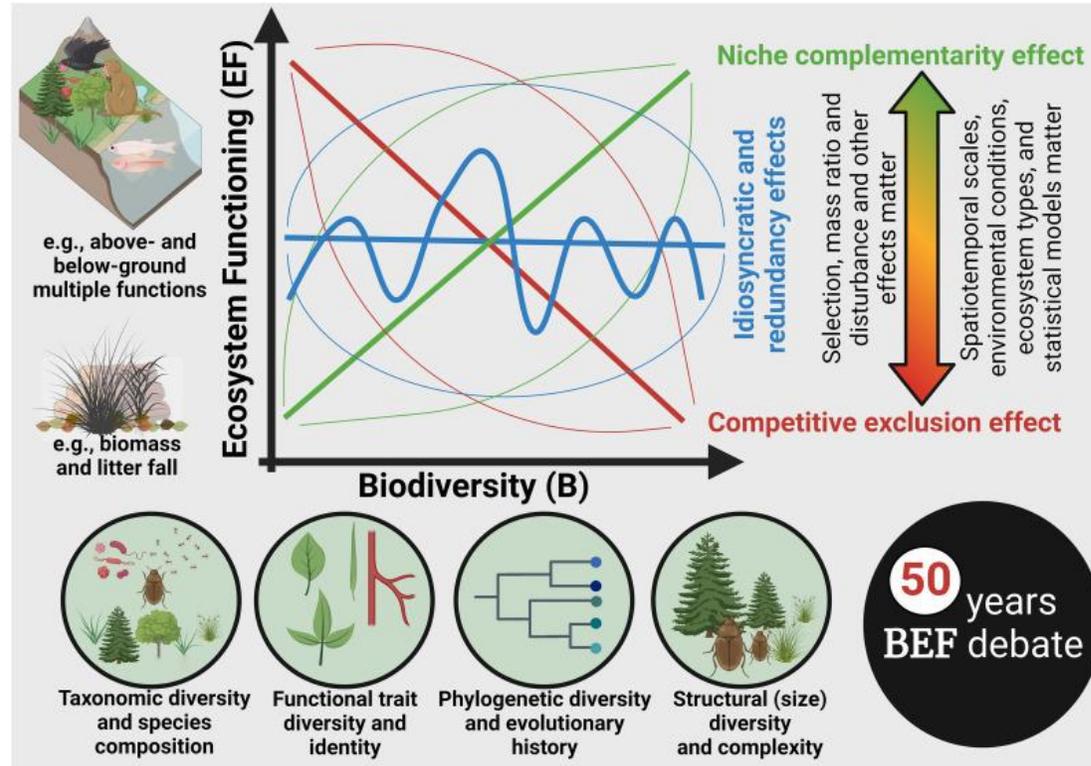
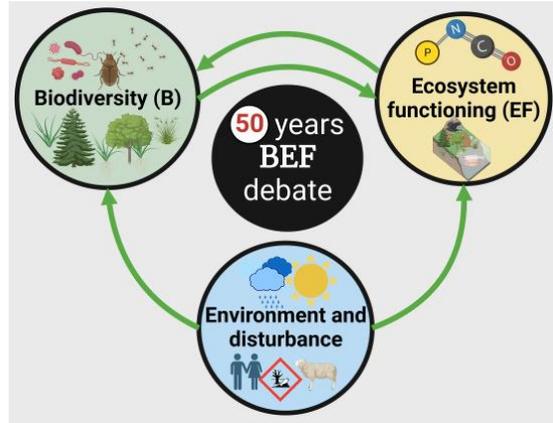
Exemple #1 : Régulation des bioagresseurs



(d'après Tscharnke *et al.*, 2007 ; Petit, 2009)

<https://dx.doi.org/10.17180/ca9n-2p17>

Exemple #2 : Relations biodiversité-fonctionnement



2. Recherches en écologie et numérique

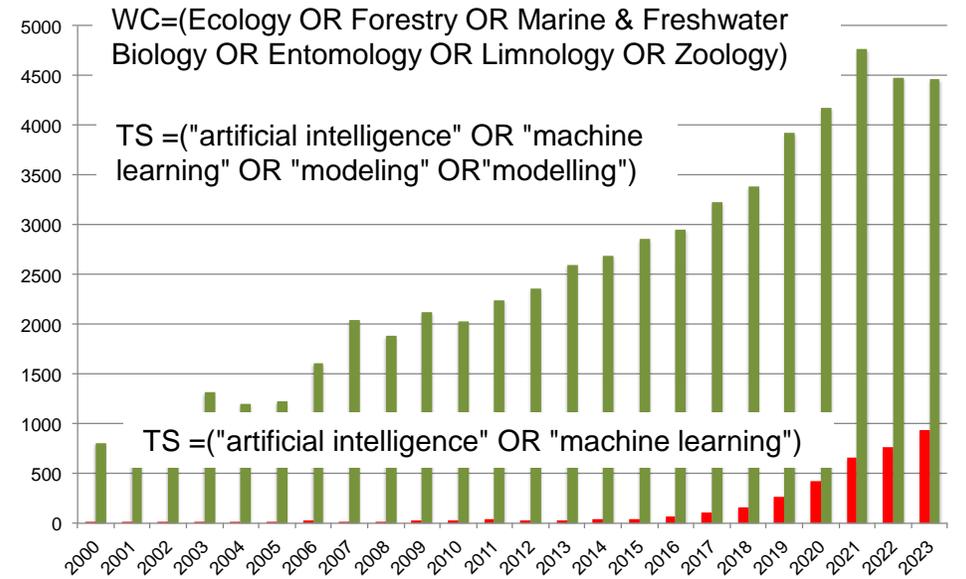
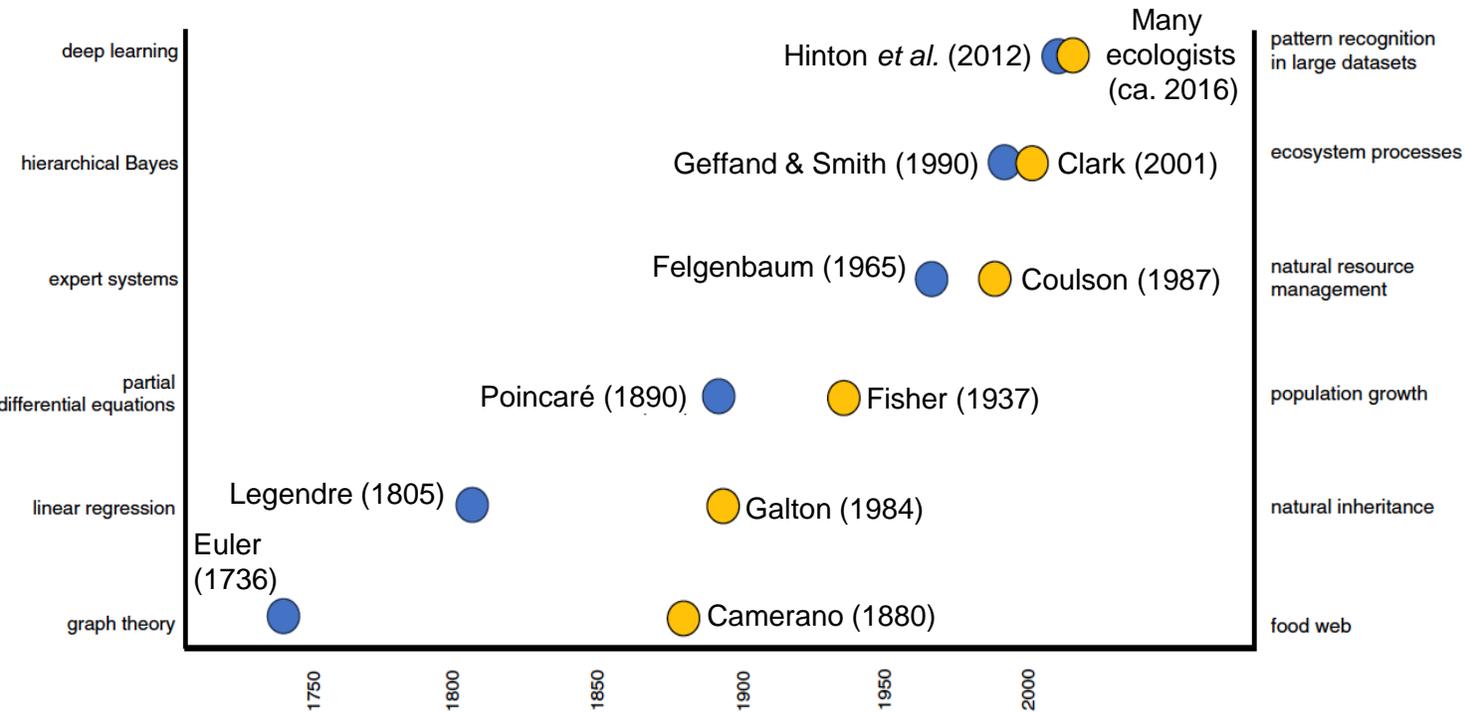


A synergistic future for AI and ecology

Barbara A. Han^{a,1}, Kush R. Varshney^{b,1}, Shannon LaDeau^a, Ajit Subramaniam^c, Kathleen C. Weathers^a, and Jacob Zwart^d

PNAS 2023 Vol. 120 No. 38 e2220283120

<https://doi.org/10.1073/pnas.2220283120>



Une accélération récente

CONCEPTS AND QUESTIONS

Big data and the future of ecology

Stephanie E Hampton^{1*}, Carly A Strasser², Joshua J Tewksbury³, Wendy K Gram⁴, Amber E Budden⁵, Archer L Batcheller⁶, Clifford S Duke⁷, and John H Porter⁸

Front Ecol Environ 2013; 11(3): 156–162, doi:10.1890/120103

- Ecologists collectively produce large volumes of data through diverse individual projects but lack a culture of data curation and sharing, so that ecological data are missing from the landscape of data-intensive science
- To fully take advantage of scientific opportunities available in the information age, ecologists must treat data as an enduring product of research and not just as a precursor to publications
- Forward-thinking ecologists will organize and archive data for posterity, publicly share their data, and participate in collaborations that address large-scale questions

REVIEWS

Trends in ecology: shifts in ecological research themes over the past four decades

Emily McCallen[†], Jonathan Knott[†], Gabriela Nunez-Mir, Benjamin Taylor, Insu Jo, and Songlin Fei^{*}
Front Ecol Environ 2019; doi:10.1002/fee.1993

- Ecology has experienced rapid growth over the past four decades, propelled largely by advancements in technology, availability of big data, and a new awareness of the connections between human and natural systems
- By analyzing a large body of ecological literature, we show that ecology has expanded beyond classical-, plant-, and population-oriented themes to cover anthropogenic and more contemporary, data-rich, micro- and macroscale themes
- The increased availability of complex data and advances in technological and analytical capabilities have expanded ecology from a classical theoretical discipline to a data-driven, multidisciplinary science focused on applying ecological knowledge to real-world problems

Towards the fully automated monitoring of ecological communities

Marc Besson^{1,2} | Jamie Alison^{3,4} | Kim Bjerge⁵ | Thomas E. Gorochowski^{1,6} |
Toke T. Høye^{3,7} | Tommaso Jucker¹ | Hjalte M. R. Mann^{3,7} |
Christopher F. Clements¹

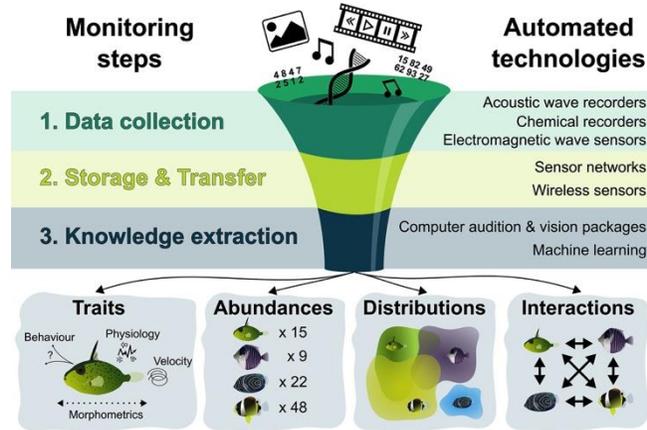
Description de la biodiversité



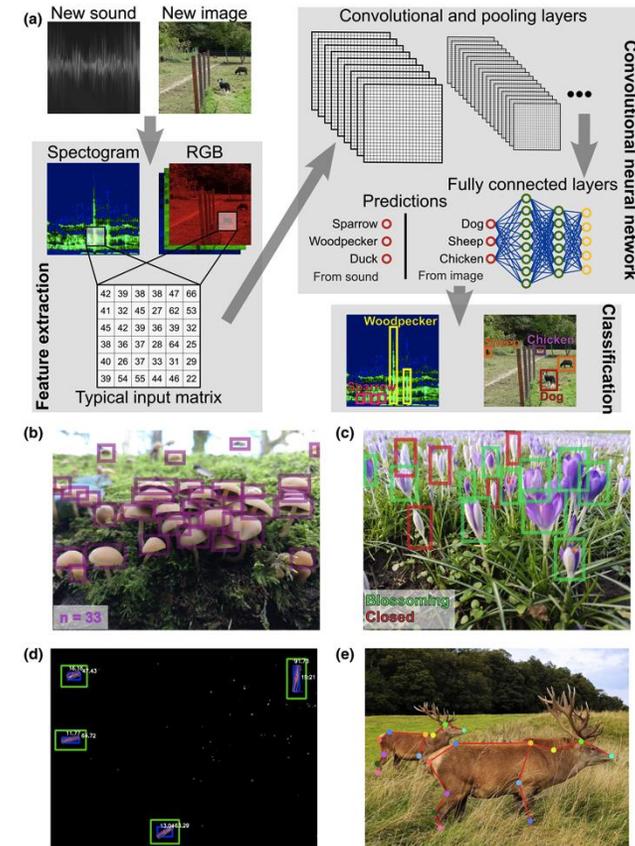
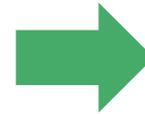
J.-J. Audubon (1785-1851)



A. von Humboldt (1769-1859)



- 1 Microphones**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 2 Hydrophones**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 3 Geophones**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 4 Sonars**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 5 ESPs & eDNA**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 6 Digital cameras**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 7 Hyperspectral cameras**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 8 LIDAR sensors**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 9 Flow cytometers**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 10 Thermal & IR cameras**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring
- 11 Radars**: Detecting, Counting, Classifying, Measuring

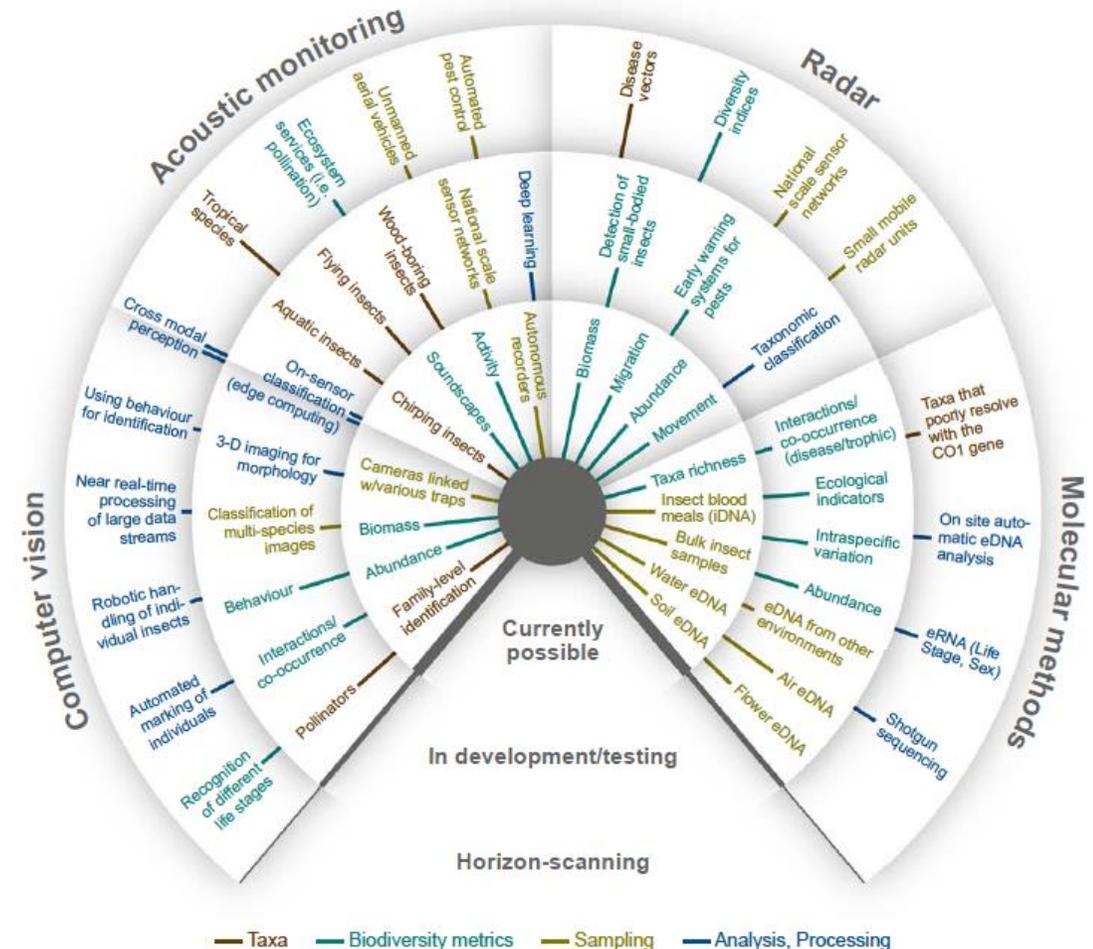
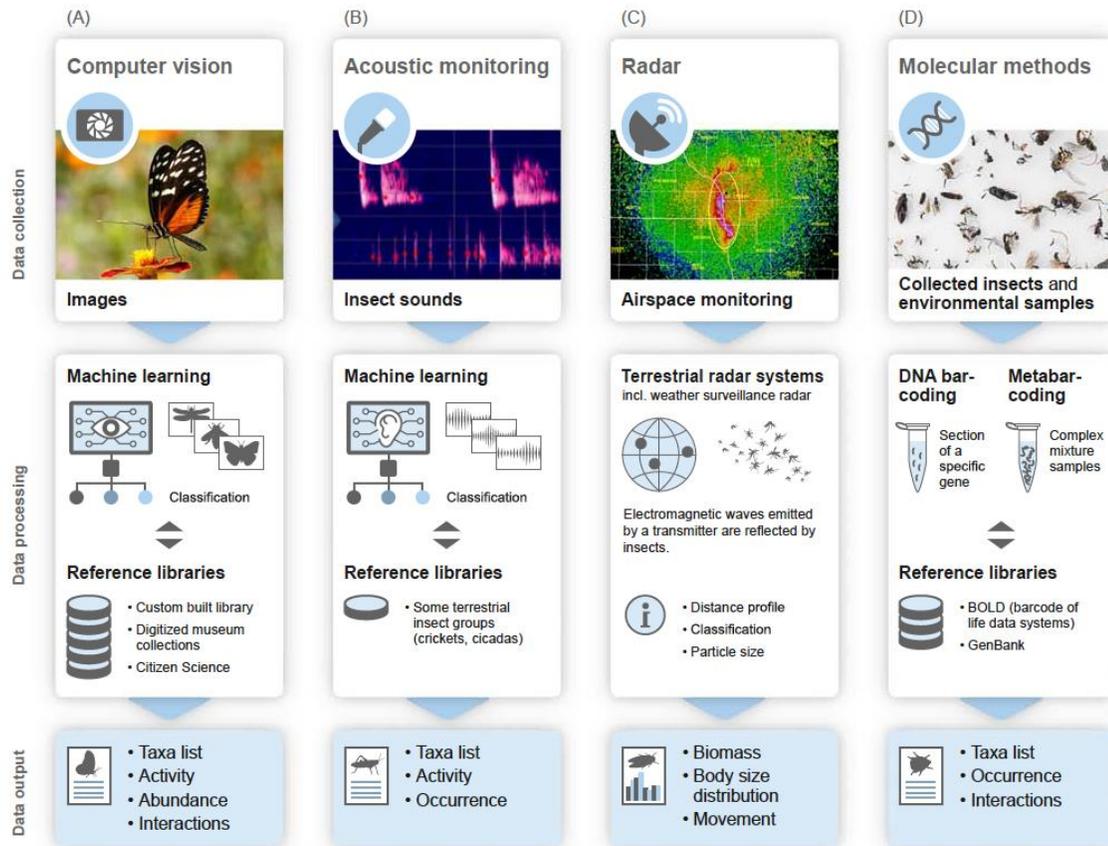


Review

Emerging technologies revolutionise insect ecology and monitoring

Roel van Klink, 1,2,*[ⓧ] Tom August, 3,[ⓧ] Yves Bas, 4,5 Paul Bodesheim, 6 Aletta Bonn, 1,7,8 Frode Fossoy, 9,[ⓧ] Taka T. Hara, 10 Erika Jorgensen, 11,12 Mads H.M. Møller, 13,14 Andrea Mialda, 15,[ⓧ] Tomas Reolin, 16

Focus sur les insectes



Approches fonctionnelles

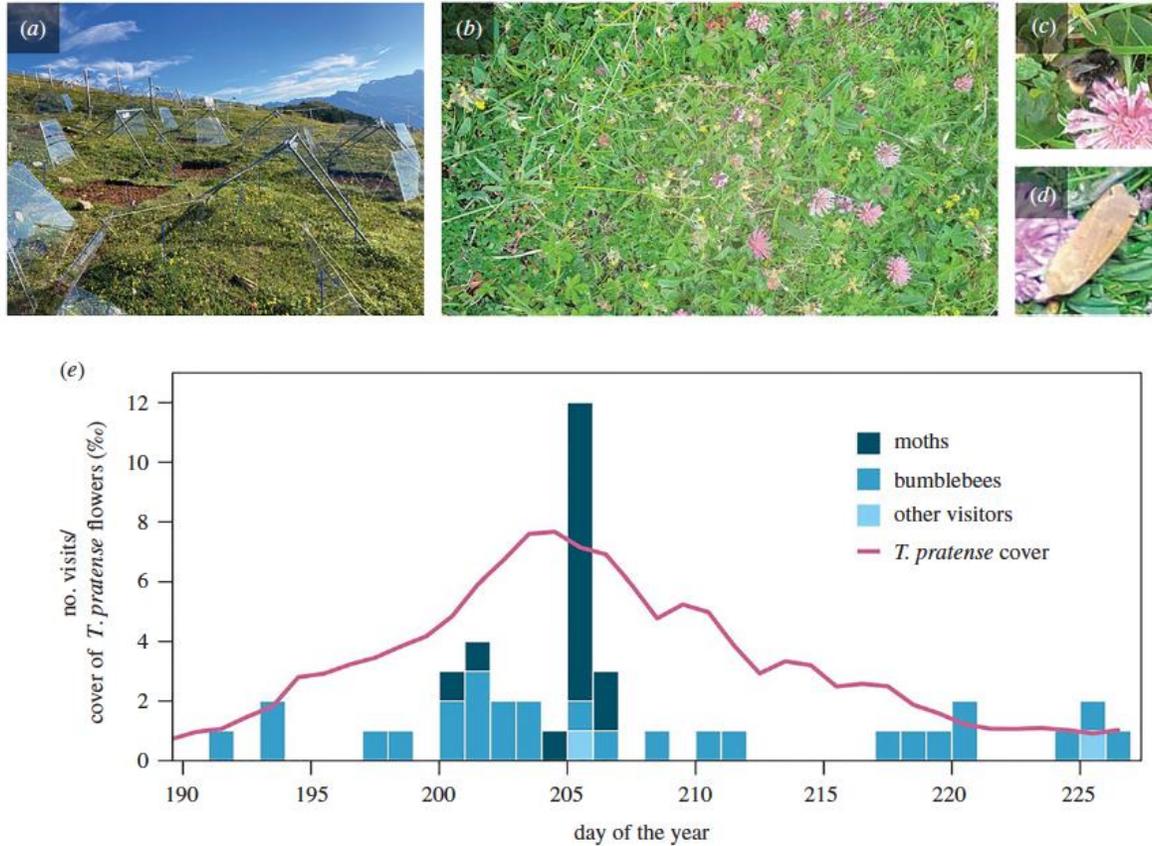
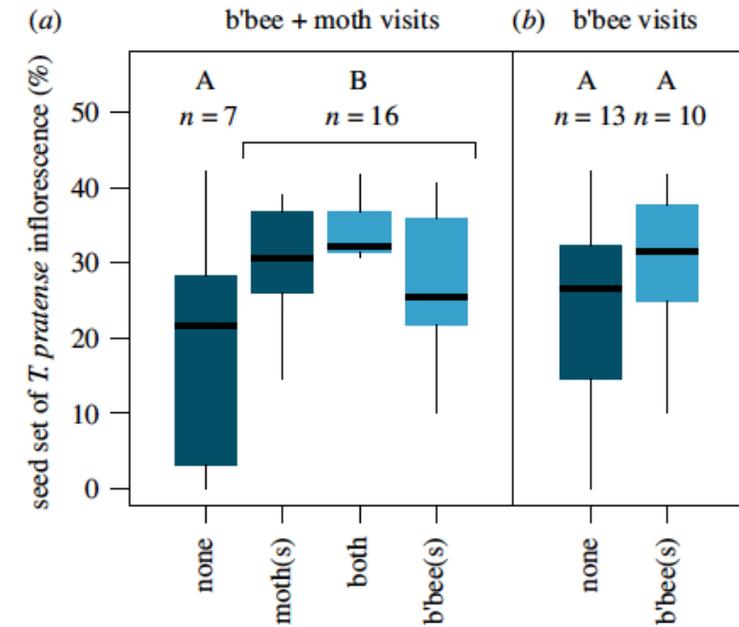


Figure 1. (a) Study site in the Calanda region of the Swiss Alps (photo credit: E.I.). (b) Image from a time-lapse camera, midday, 20 July 2021. (c) Probable *Bombus lapidarius* visit. (d) *Noctua pronuba* visit. (e) Frequency of *Trifolium pratense* visits from moths (dark blue), bumblebees (blue) and other visitors (light blue), as well as *T. pratense* cover (pink line) recorded by cameras throughout summer 2021.

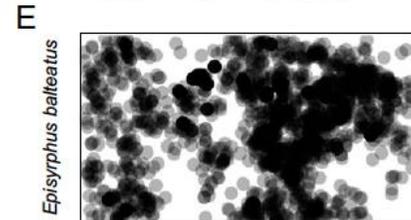
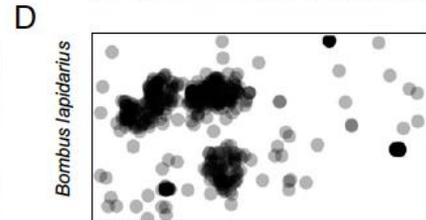
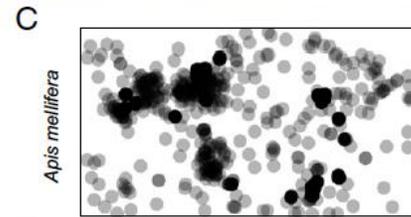
Moths complement bumblebee pollination of red clover: a case for day-and-night insect surveillance

Jamie Alison^{1,3}, Jake M. Alexander⁴, Nathan Diaz Zeugin⁴, Yoko L. Dupont¹, Evelin Iseli⁴, Hjalte M. R. Mann^{1,2} and Toke T. Høye^{1,2}

¹Department of Evolution and Systematics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden



Approches fonctionnelles



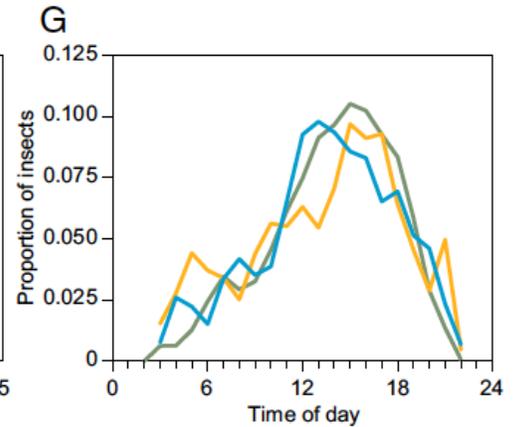
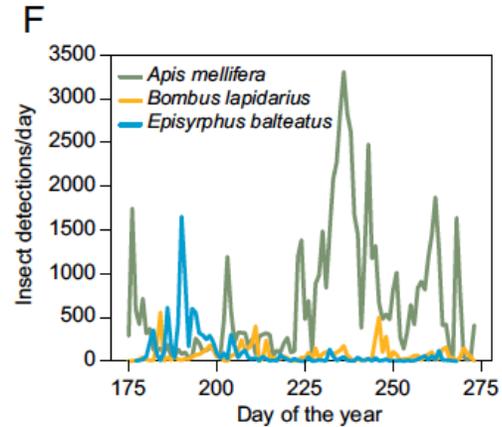
SPECIAL FEATURE: PERSPECTIVE

Deep learning and computer vision will transform entomology

Toke T. Høye^{a,b,1}, Johanna Ärje^{a,b,c}, Kim Bjerger^d, Oskar L. P. Hansen^{a,b,e,f,g}, Alexandros Iosifidis^h, Florian Leeseⁱ, Hjalte M. R. Mann^{a,b}, Kristian Meissnerⁱ, Claus Melvad^{b,d}, and Jenni Raitoharju^j

PNAS 2021 Vol. 118 No. 2 e2002545117

<https://doi.org/10.1073/pnas.2002545117>



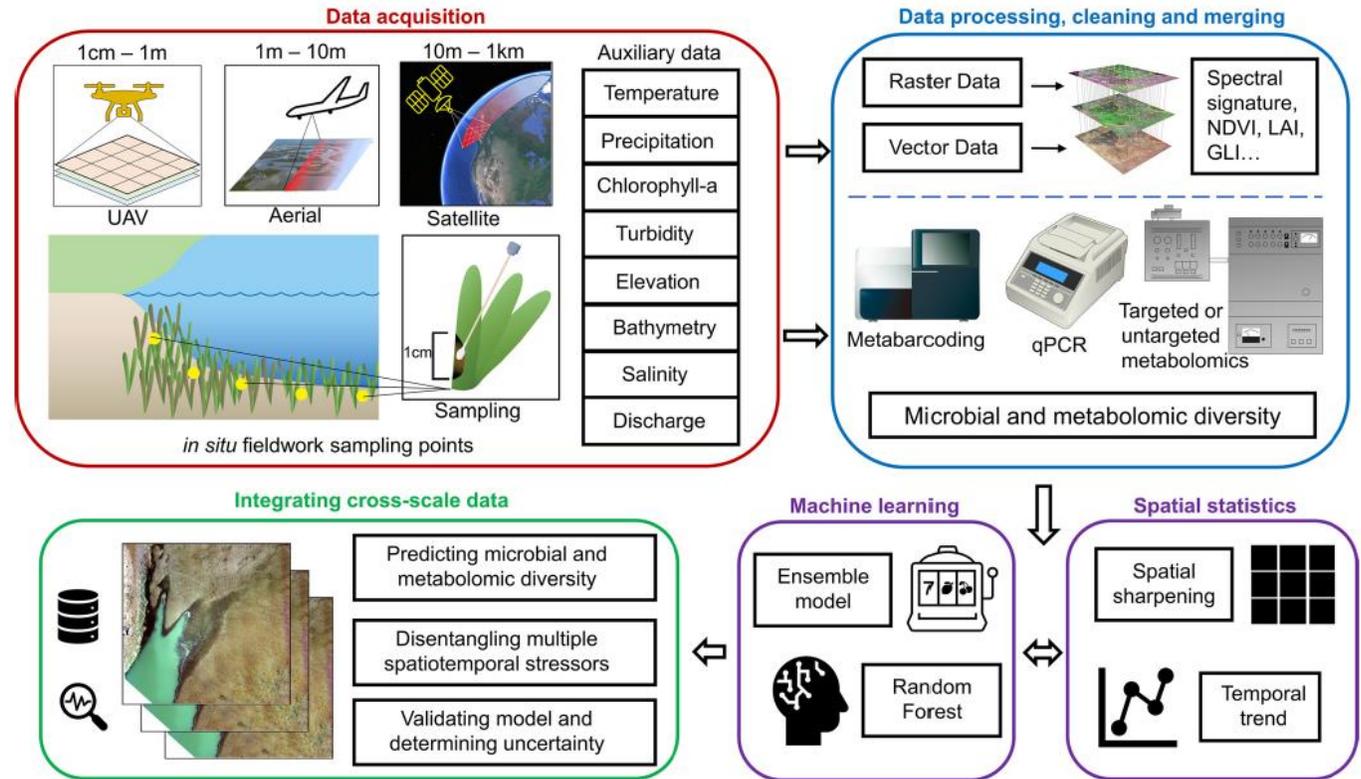
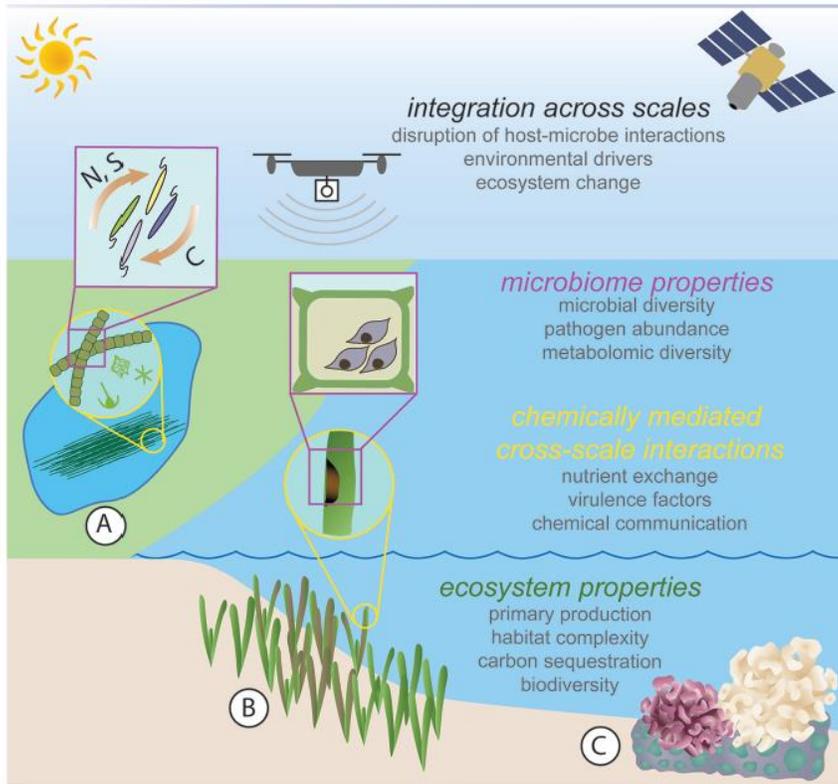


Approches multi-échelles

The Future Is Big—and Small: Remote Sensing Enables Cross-Scale Comparisons of Microbiome Dynamics and Ecological Consequences

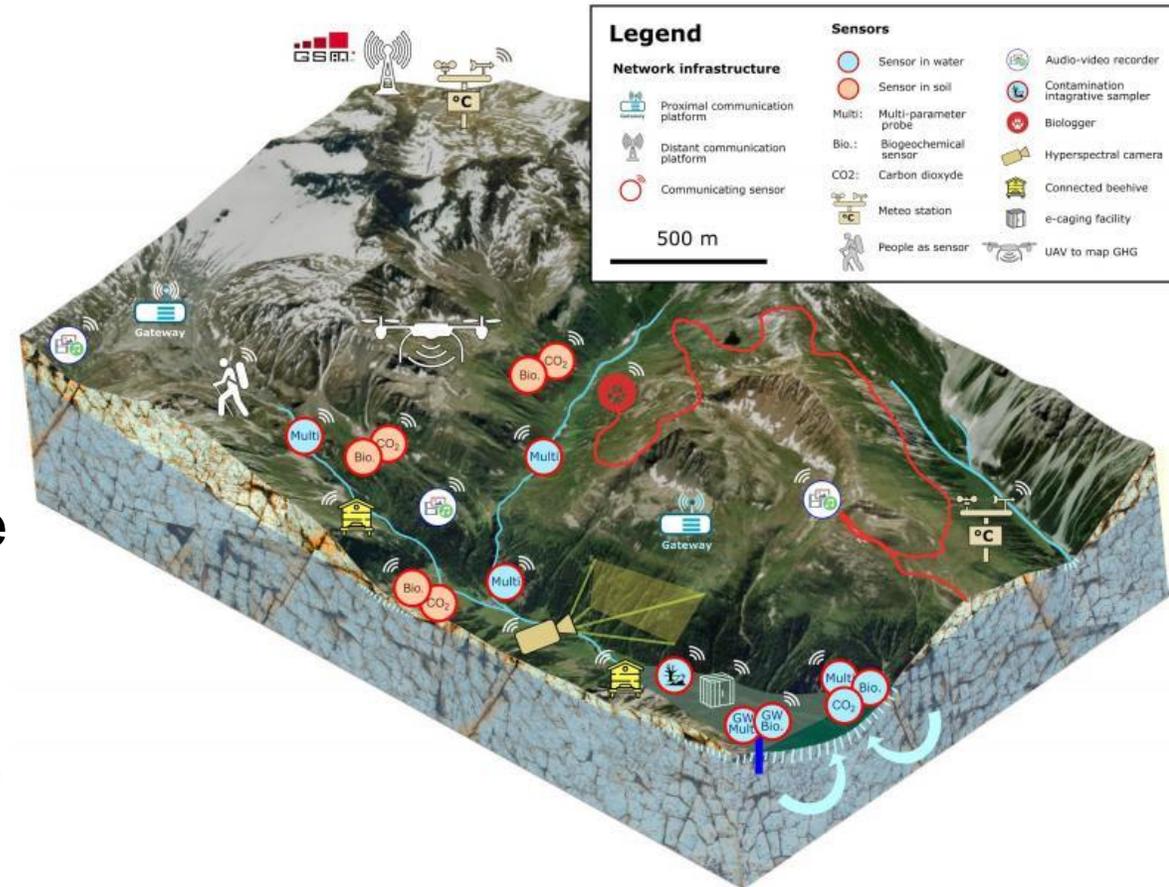
Deanna S. Beatty,^a Lillian R. Aoki,^{b,c} Olivia J. Graham,^c Bo Yang^d

mSystems 6:e01106-21. <https://doi.org/10.1128/mSystems.01106-21>.

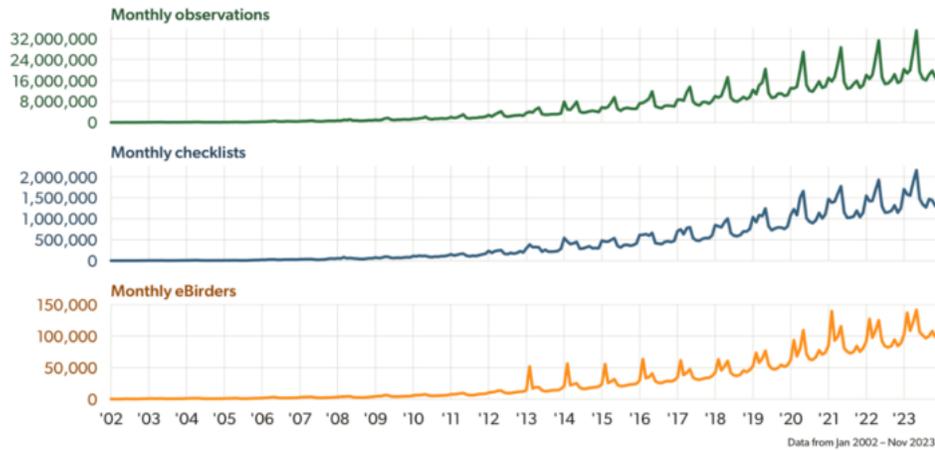


Approches multi-échelles : l'exemple de Terra Forma

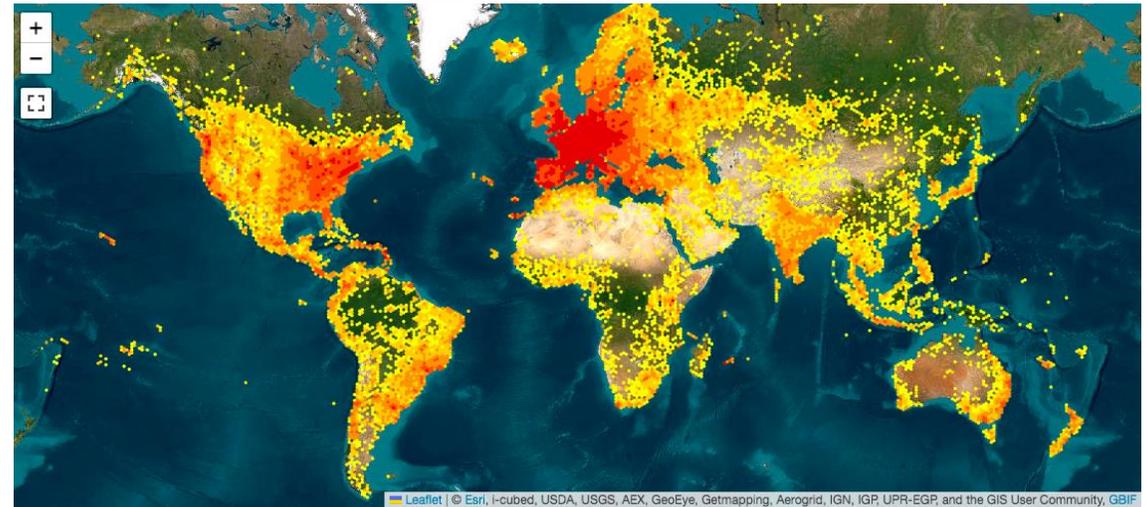
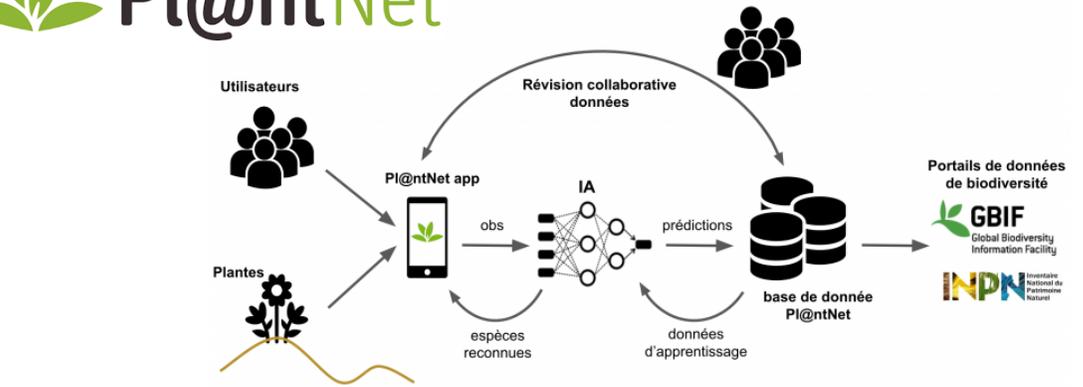
- Projet Equipex+ (coord. L. Longuevergne, Géosciences Rennes, OSUR).
- Plateforme d'observation *in-situ* qui s'appuie sur des réseaux de capteurs intelligents et connectés, à faible consommation énergétique, et une infrastructure de communication adaptative pour traiter l'information en ligne.
- Coupler les points de vue sur les dynamiques humaine, biotique et abiotique et leurs interactions au sein des territoires.



L'essor des SRP



- 930 000 contributeurs ; >1,6 Md observations
- Carte d'abondances et de répartition pour 2424 espèces
- Tendances des populations pour 852 espèces
- > 900 ACL <https://ebird.org/home>



77 flores	48 182 espèces	5 947 914 comptes	20 815 515 observations	943 981 154 requêtes	21 861 894 votes
19 641 groupes	25 038 660 images observations	1 012 824 524 images requêtes	436,51 To stockage	> 660 références (GBIF)	

<https://plantnet.org/>

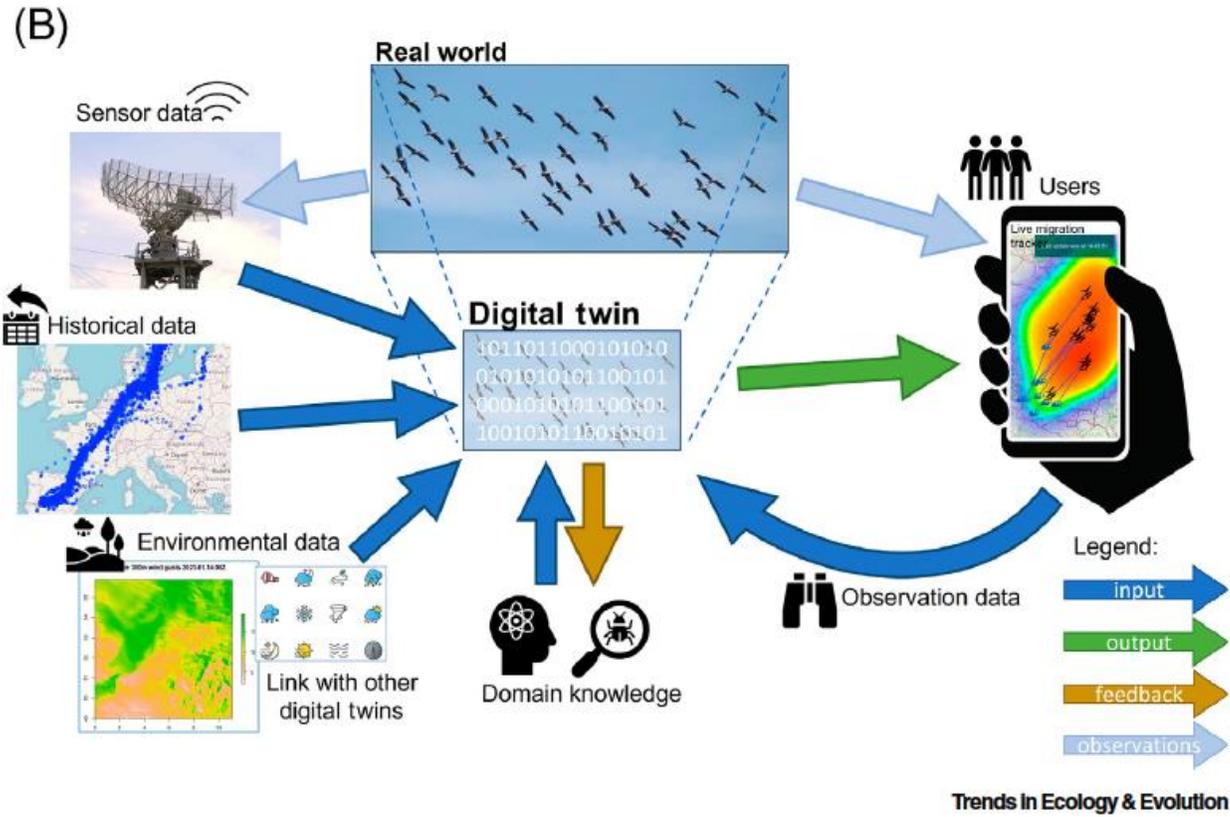
Vers des jumeaux numériques

Opinion

Digital twins: dynamic model-data fusion for ecology

Koen de Koning^{1,®}, Jeroen Broekhuijsen,² Ingolf Kühn^{3,4,5}, Otso Ovaskainen^{6,7,8}, Franziska Taubert⁹, Dag Endresen^{10,*}, Dmitry Schigel^{11,®} and Volker Grimm^{5,9,12}

Trends in Ecology & Evolution, October 2023, Vol. 38, No. 10
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.04.010>



- Architectures logicielles, protocoles, workflows
- Echelles, résolution, objectifs
- Biais dans les données d'entrée
- Communication des sorties du modèle

Trends in Ecology & Evolution, October 2023, Vol. 38, No. 10
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.04.010>

3. Agroécologie, écologie et numérique : opportunités et points de vigilance

Opportunités – des contextes et des données pour :

- Quantification de processus écologiques : relations inter-spécifiques, cycles biogéochimiques...
- Test d'hypothèses/modèles, e.g., Biodiversité-Multifonctions
- Elargissement de la base d'observation => *On-farm* experiments, réseaux expérimentaux
- Analyse d'interactions entre facteurs et processus à différentes échelles, incl. pratiques de gestion et dynamique systèmes en transition
- Transfert vers d'autres systèmes (capteurs, algorithmes...)
- Jumeaux numériques : exploitations, mosaïque paysagère...
- Approches interdisciplinaires/transdisciplinaires => SRP, sciences de la durabilité/sciences transformatives

Points de vigilance

Du point de vue de la recherche

- Déficit de connaissance ?
- Accès aux données
- Nouvelle(s) dépendance(s)
- Biais éventuel

Du point de vue environnemental

- Effet rebond
 - ↗ empreinte
environnementale
- } Effets négatifs
collatéraux sur
biodiversité et
fonctionnement
des écosystèmes ?



PROGRAMME
DE RECHERCHE
AGROÉCOLOGIE
ET NUMÉRIQUE

Merci pour votre attention