Atlas français des champignons du sol

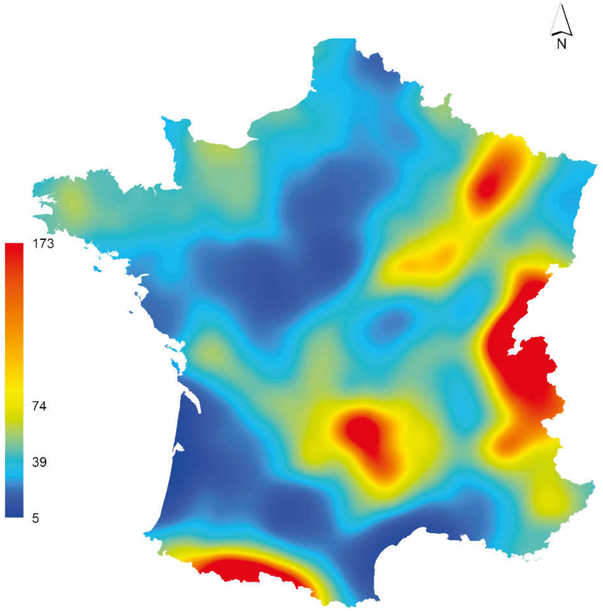
Christophe DJEMIEL, Sébastien TERRAT, Samuel DEQUIEDT,
Claudy JOLIVET, Pierre-Alain MARON, Lionel RANJARD

Rendez-Vous RMQS 2022 2ème partie
20 Mai 2022, Orléans

CC BY

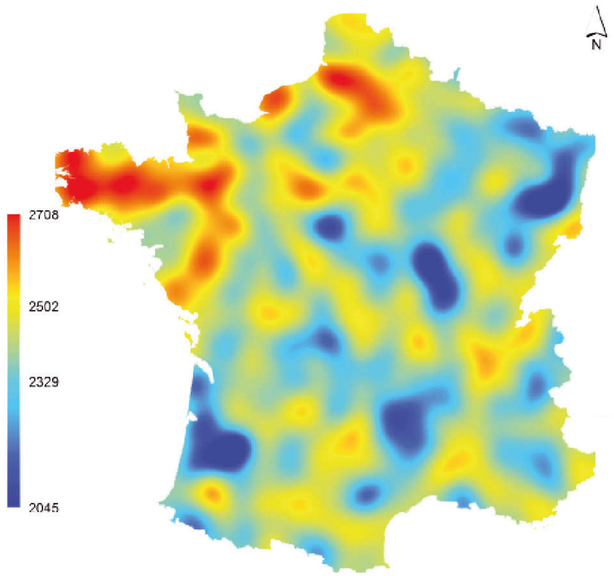
RMQS ÉCOLOGIE MICROBIENNE - UNE DÉCENNIE DE RECHERCHE

Différents patrons biogéographiques observés selon les mesures de diversité microbienne prises en compte.



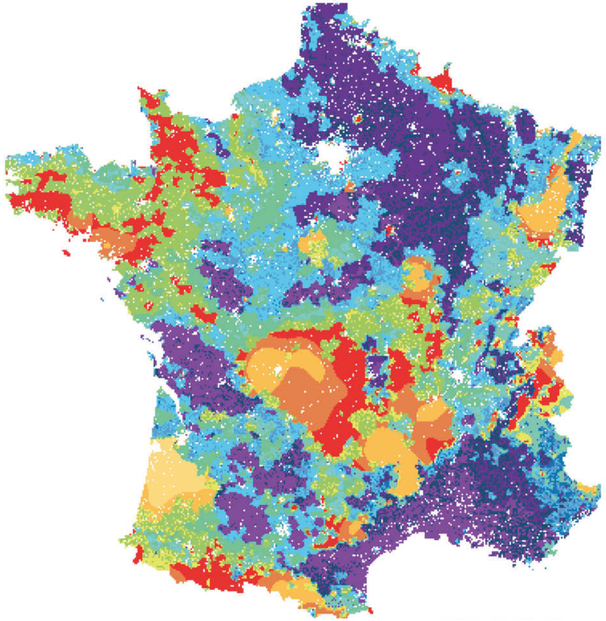
Biomasse microbienne moléculaire

Dequiedt *et al.*, 2011



Richesse 16S (bactéries/archées)

Terrat *et al.*, 2020



Habitats 16S (bactéries/archées)

Karimi *et al.*, 2020

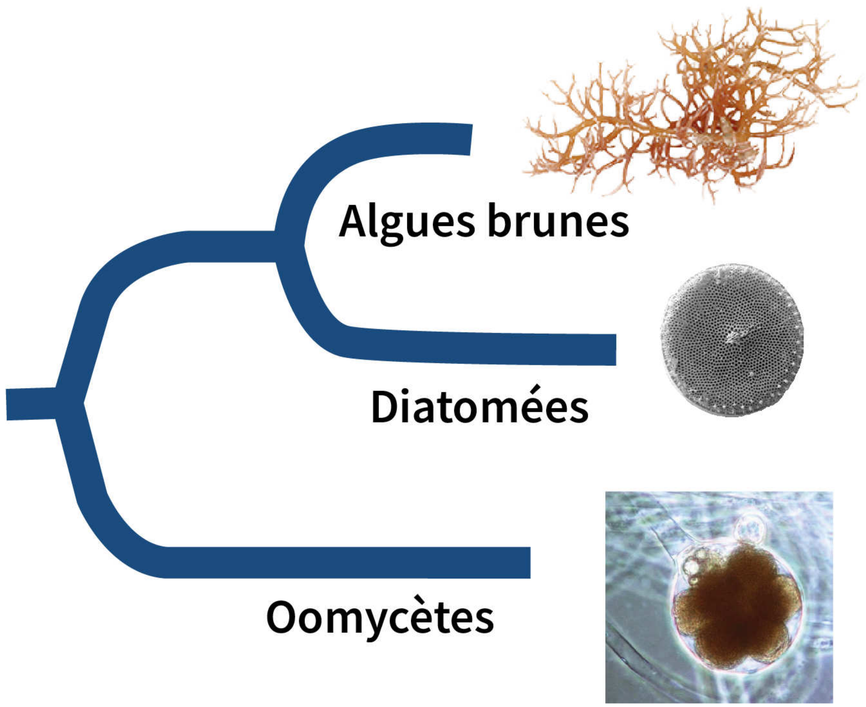
Atlas 16S (bactéries/archées)

Karimi *et al.*, 2018

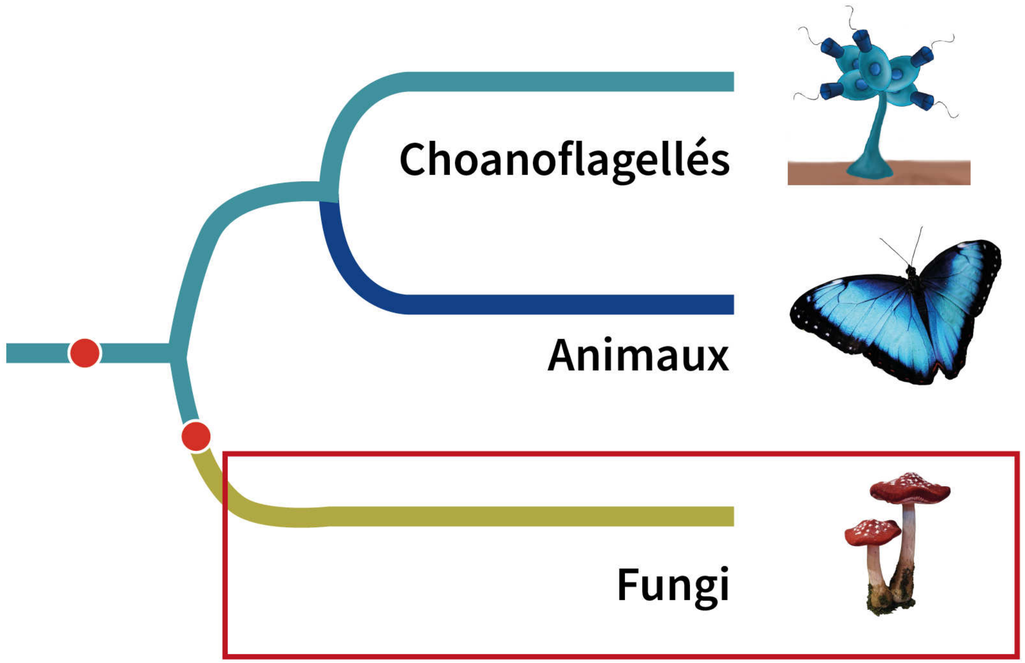
CC BY

VRAI OU FAUX CHAMPIGNONS

Straménopiles



Opisthocontes

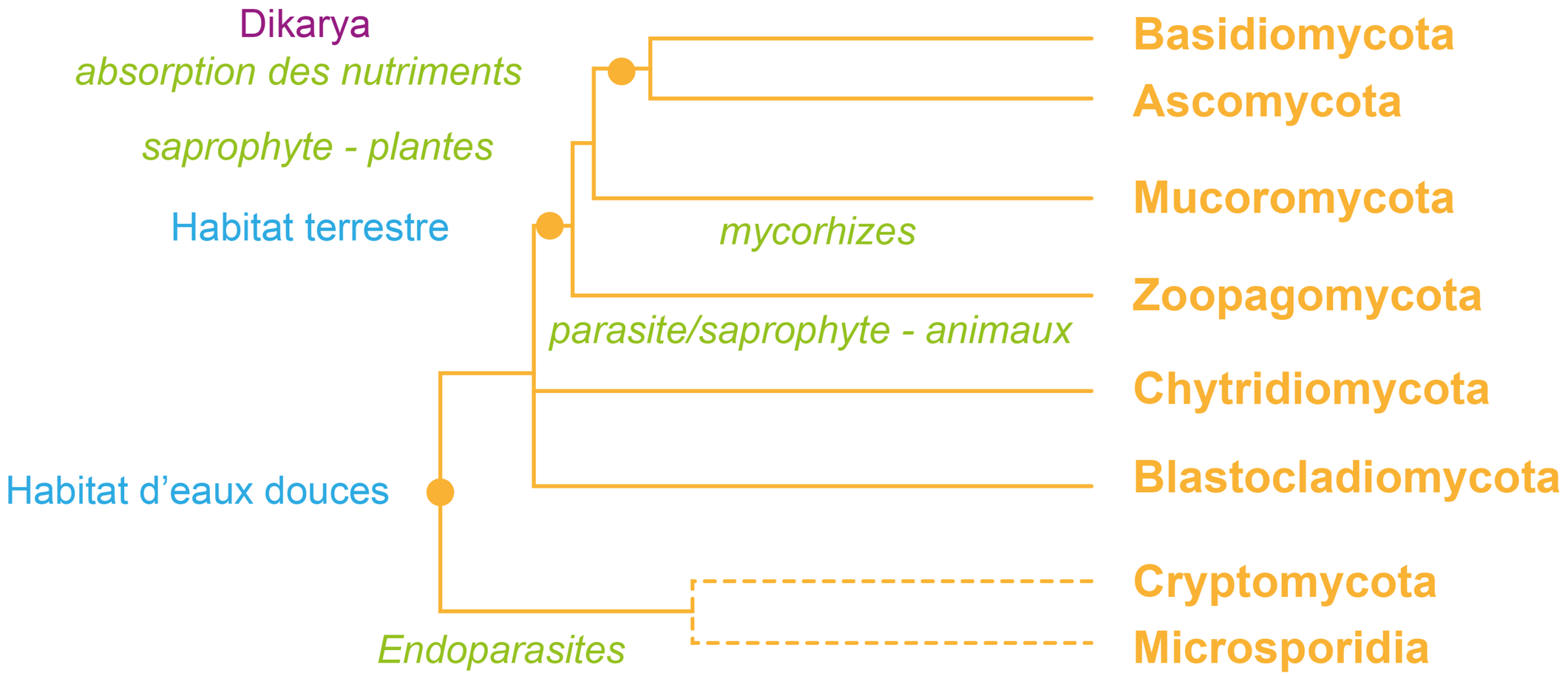


CC BY

ORIGINES

Eaux douces

800 millions d'années



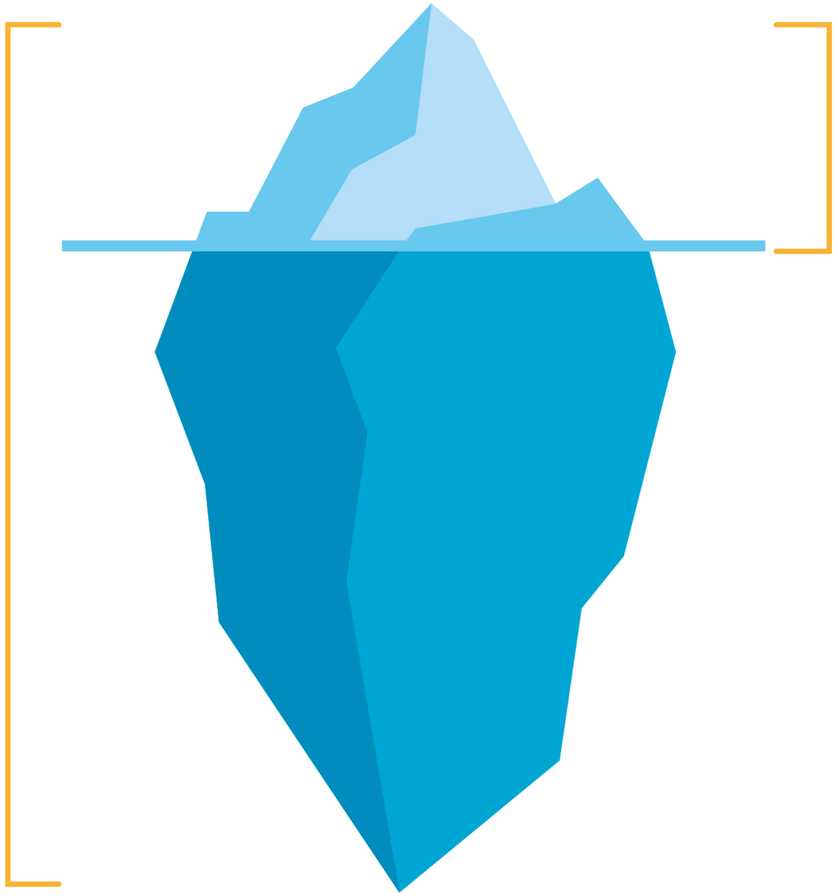
Loron *et al.*, 2019; Bonneville *et al.*, 2020; Berbee *et al.*, 2020

CC BY

COMBIEN D'ESPÈCES ?

Estimation

2 to 6 M d'espèces



Décrites

~ 150 000 espèces

> 147 000 espèces

1 000 - 3 000 espèces

Taylor *et al.,* 2014; Hawksworth & Lücking 2017; Baldrian *et al.,* 2021

CC BY

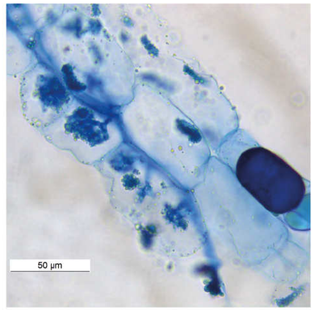
SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Rôles écologiques fondamentaux

Décomposeurs (saprotrophes)

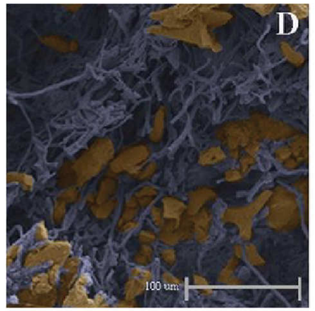
Symbiotiques (mycorhiziens/ endophytes)

Pathogènes (plantes/animaux)



Fonctions principales

Dégradation des matières organiques
(capacité de décomposer de nombreuses substances complexes)



Cycle des nutriments
(champignons saprotrophes libérent des nutriments de la litière et les champignons mycorhiziens complétent le cycle en aidant à l'absorption et au transport des nutriments vers les plantes)

Formation de la structure du sol
(la force physique des hyphes permet d'enchevêtrer les particules fines du sol en agrégats plus gros)

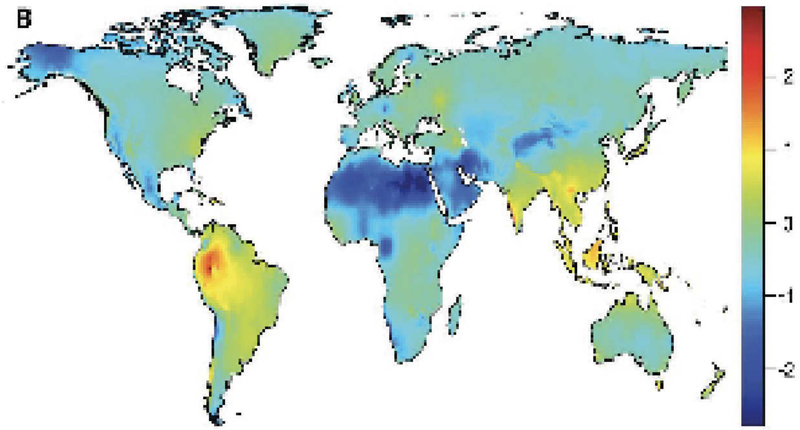
Pathologie végétale
(peuvent infecter plus de 1 400 espèces de plantes différentes)

Régulation biologique
(les champignons sont un élément central du réseau trophique du sol)

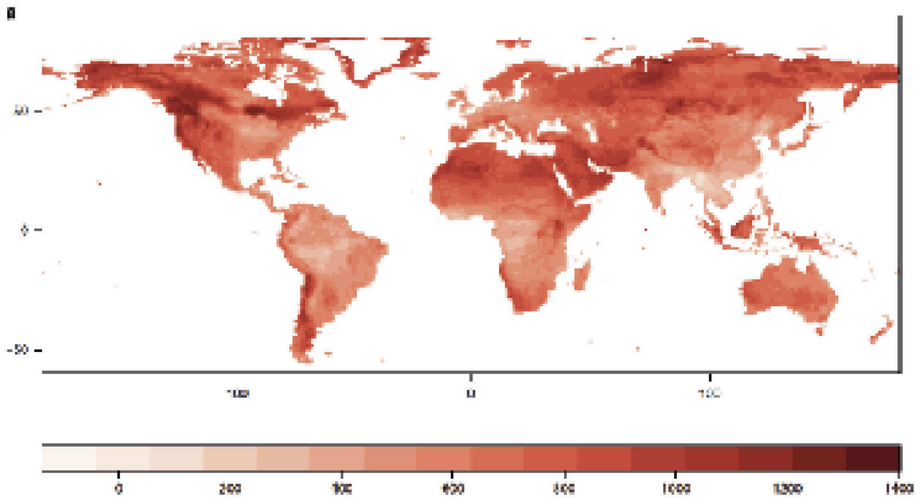
Berbee *et al.,* 2017; Casanova *et al.,* 2018;
Nilsson et al., 2019; Tedersoo et al., 2019; Genre *et al.,* 2020

CC BY

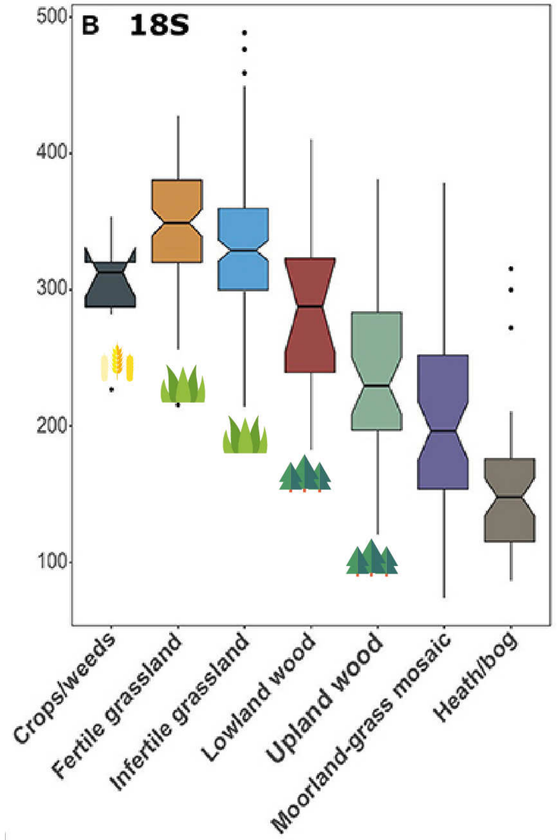
BIOGÉOGRAPHIE DU RÈGNE FONGIQUE



Tedersoo *et al.*, 2014 (365 échantillons)

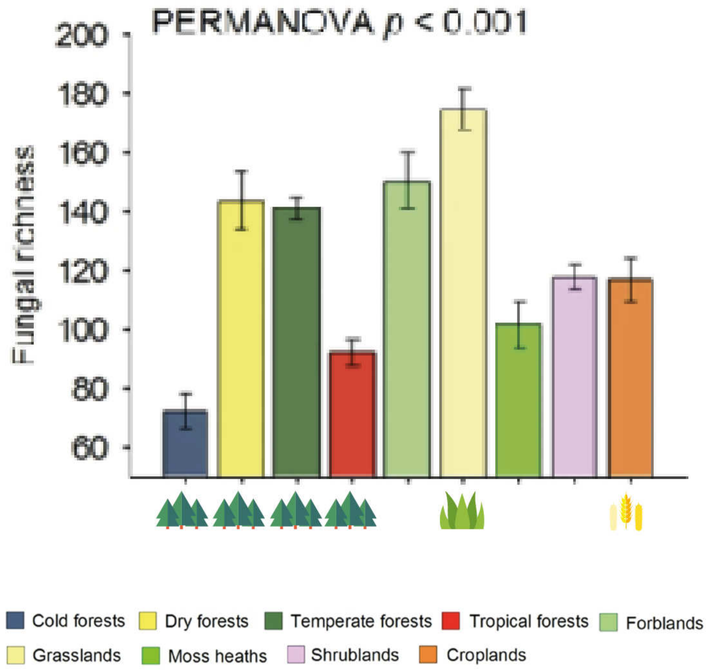


Větrovský *et al.*, 2019
3 084 échantillons (méta-analyse)



George *et al.*, 2019
422 échantillons (Wales)

pH ++	Arg. ++
Corg --	C/N --



Bastida *et al.*, 2021
435 échantillons (échelle globale)

pH ++	Corg ++

CC BY

LES DIFFÉRENTES ÉTAPES POUR RÉALISER UN ATLAS

GisSol

10

1
Échantillonnage RMQS

GenoSol PLATEFORME

2
Réception des échantillons

GenoSol PLATEFORME

3
Préparation des échantillons

1-2

4
Séquençage des échantillons

0,2

GENOSCOPE

1-2

5
Traitements bio-informatiques
&
analyses statistiques

6
Valorisations scientifiques

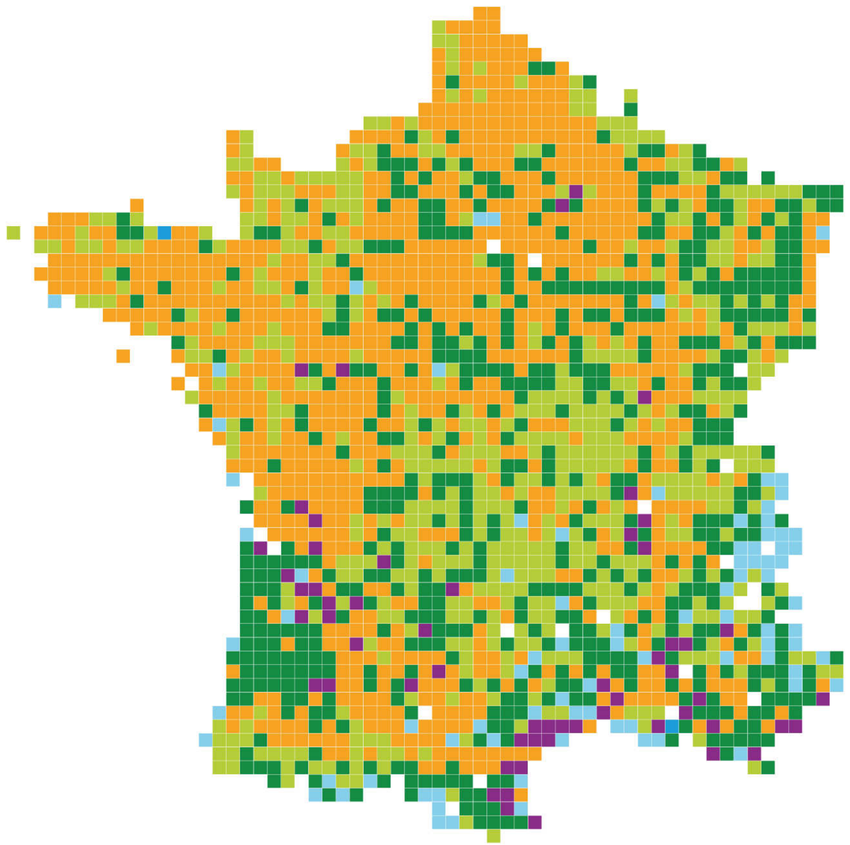
?

6
Production de l'Atlas

2

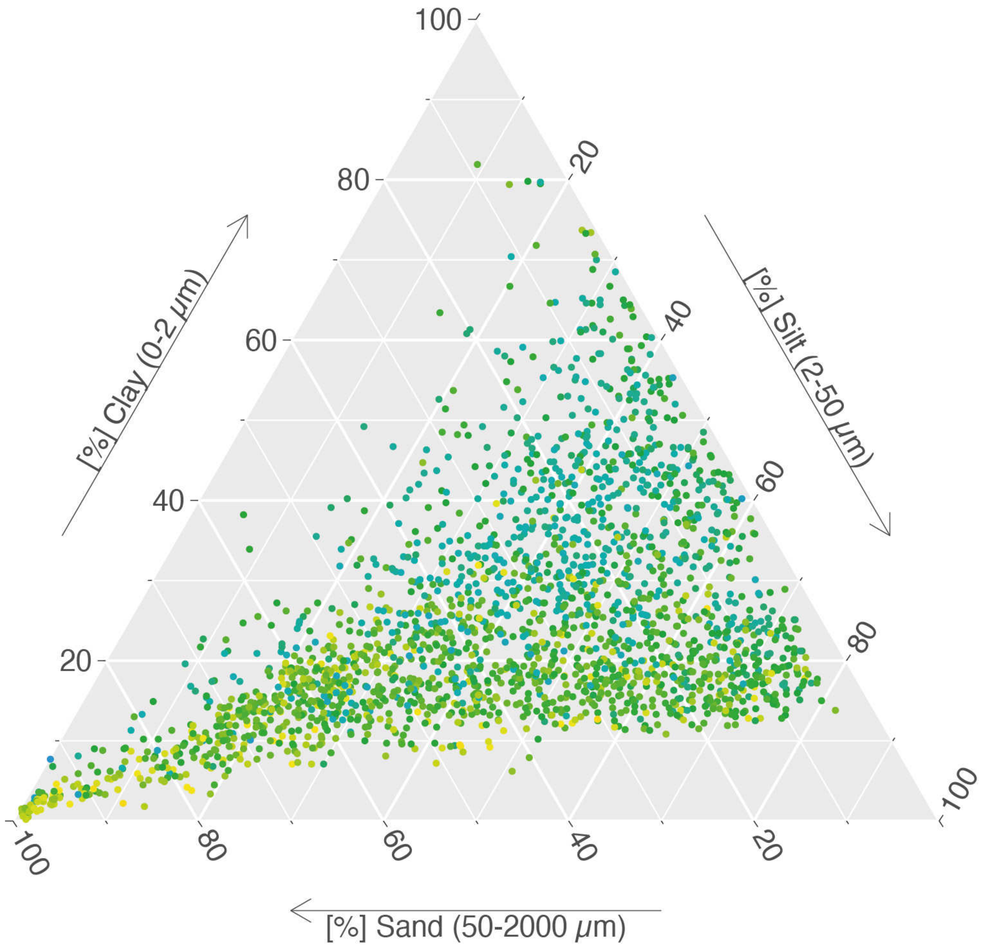
CC BY

STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONAGE RMQS



26.6% 25% 41.7% 3% 3.7%

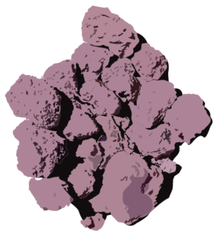
Mode d'usage



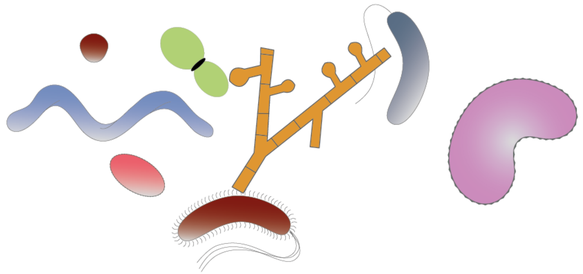
Arrouays *et al.*, 2020

CC BY

FLUX DE TRAVAIL POUR UNE ANALYSE DE METABARCODING

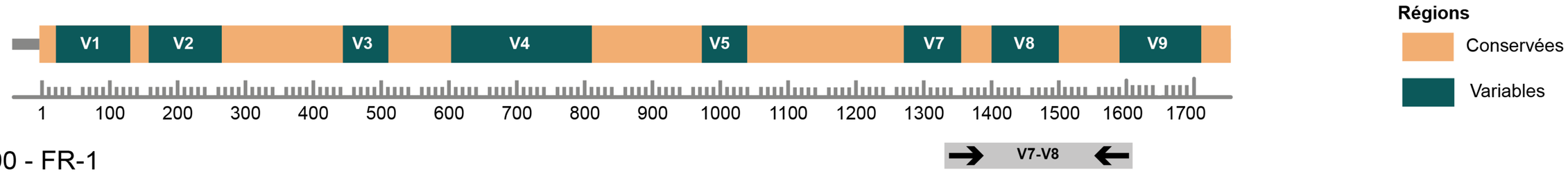


1g de sol



Micro-organismes

Approche de *metabarcoding*



FF390 - FR-1

- **Marqueur moléculaire : ADNr 18S - amplicon V7-V8 (~348 pb)**
- **Séquençage à très haut débit : Illumina HiSeq**
- **Traitements bio-informatiques avec BIOCOMPIPE (aggrégation des UTOs à 95%, taxonomie SILVA r132)**

Terrat *et al.*, 2017; Nicolas Chemidlin *et al.*, 2011;
Terrat *et al.*, 2020; Djemiel *et al.*, 2020

CC BY

OBJECTIFS DU PROJET

1. Produire un ouvrage naturaliste de synthèse et d'inventaire à destination du grand public.

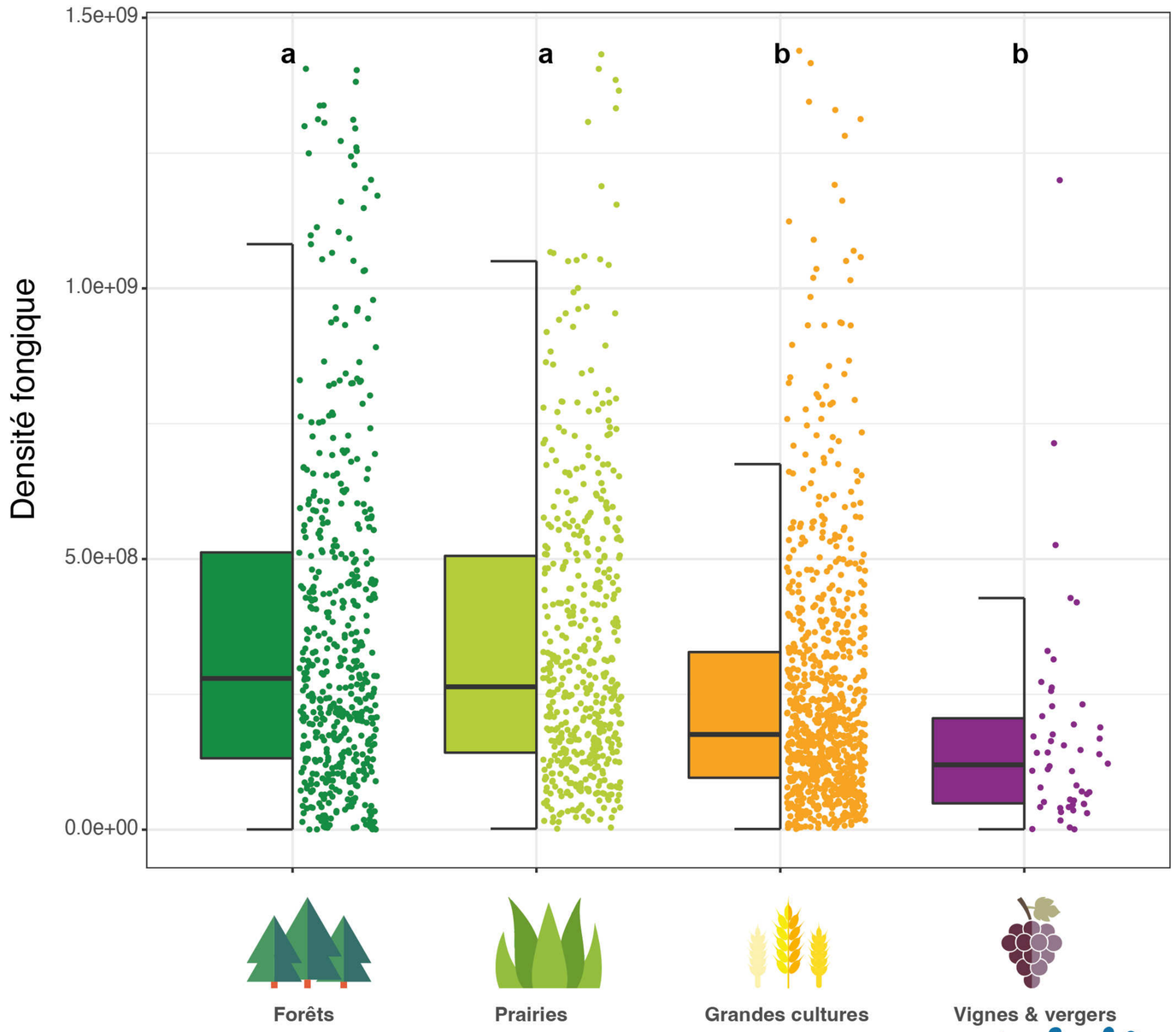
2. Apporter des informations méthodologiques sur l'étude des communautés fongiques.

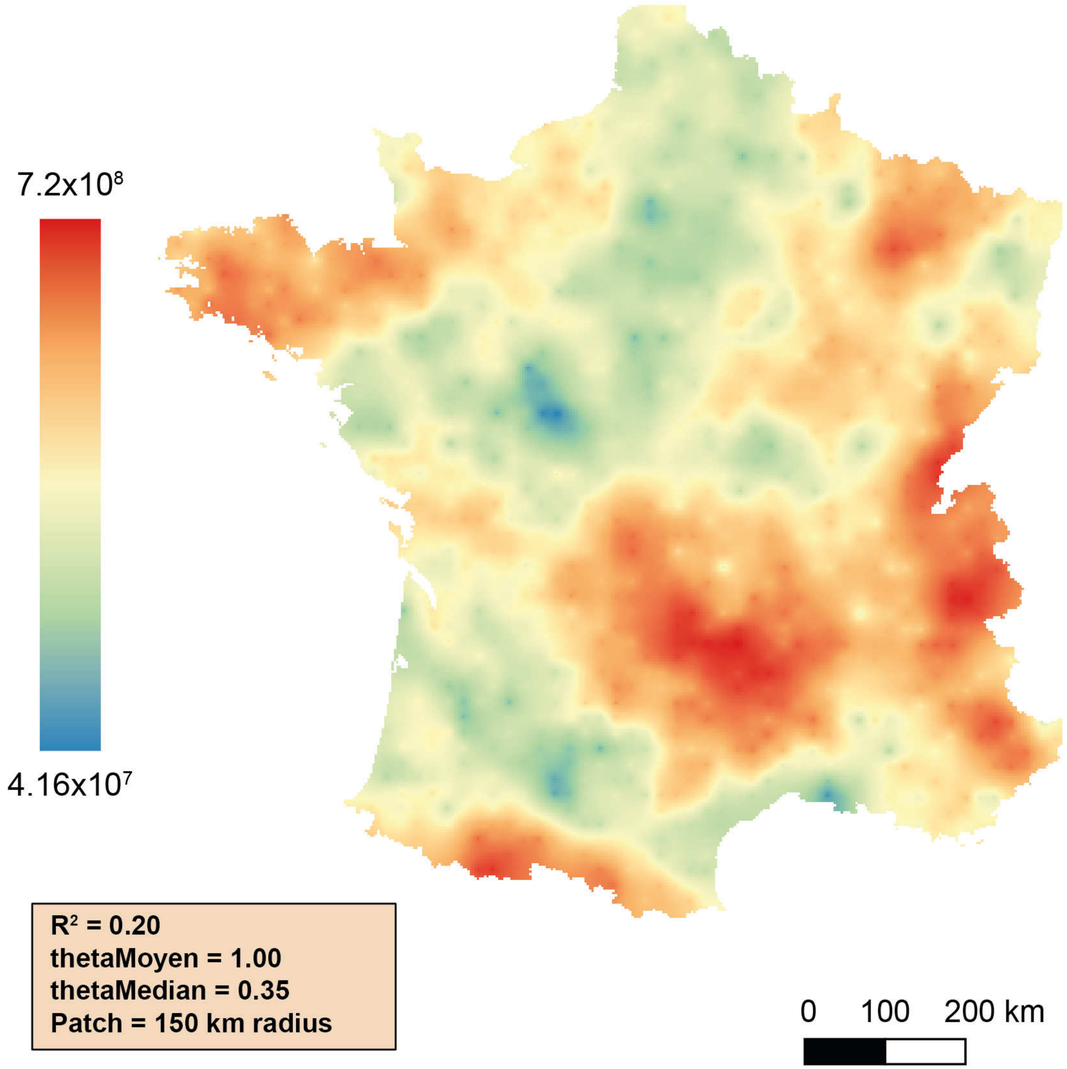
3. Décrire les différents groupes de champignons ainsi que leur distribution spatiale, leurs traits écologiques et leurs interrelations.

4. Transférer les connaissances acquises à un très large public universitaire, à des enseignants mais aussi à des acteurs du monde agricole mettant en oeuvre des outils de diagnostic de la qualité des sols.

Photo
© Claudy JOLIVET

DENSITÉ FONGIQUE

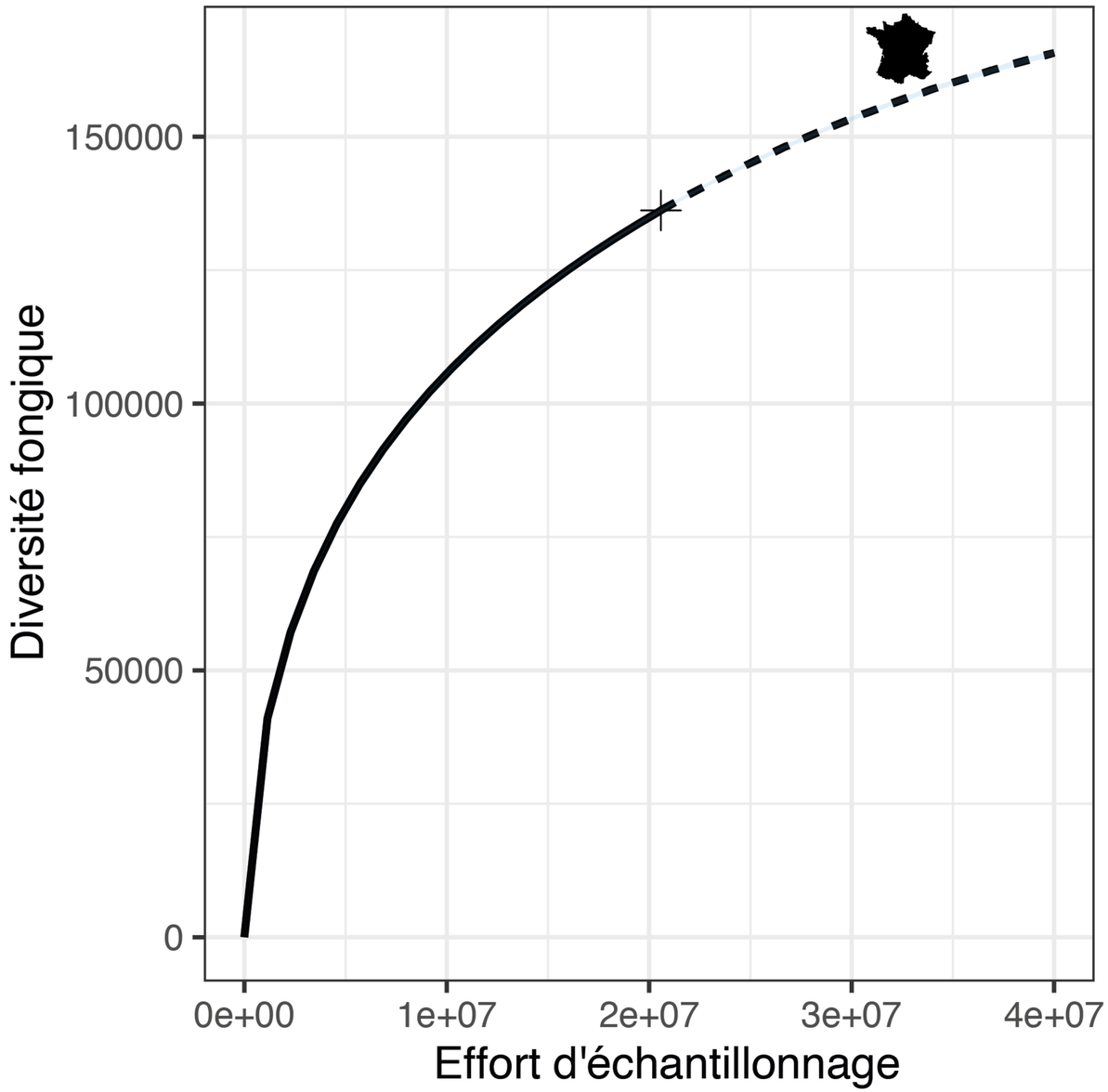




Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Frontiers in Ecology and the Environment

CC BY

EXTRAPOLATION DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE



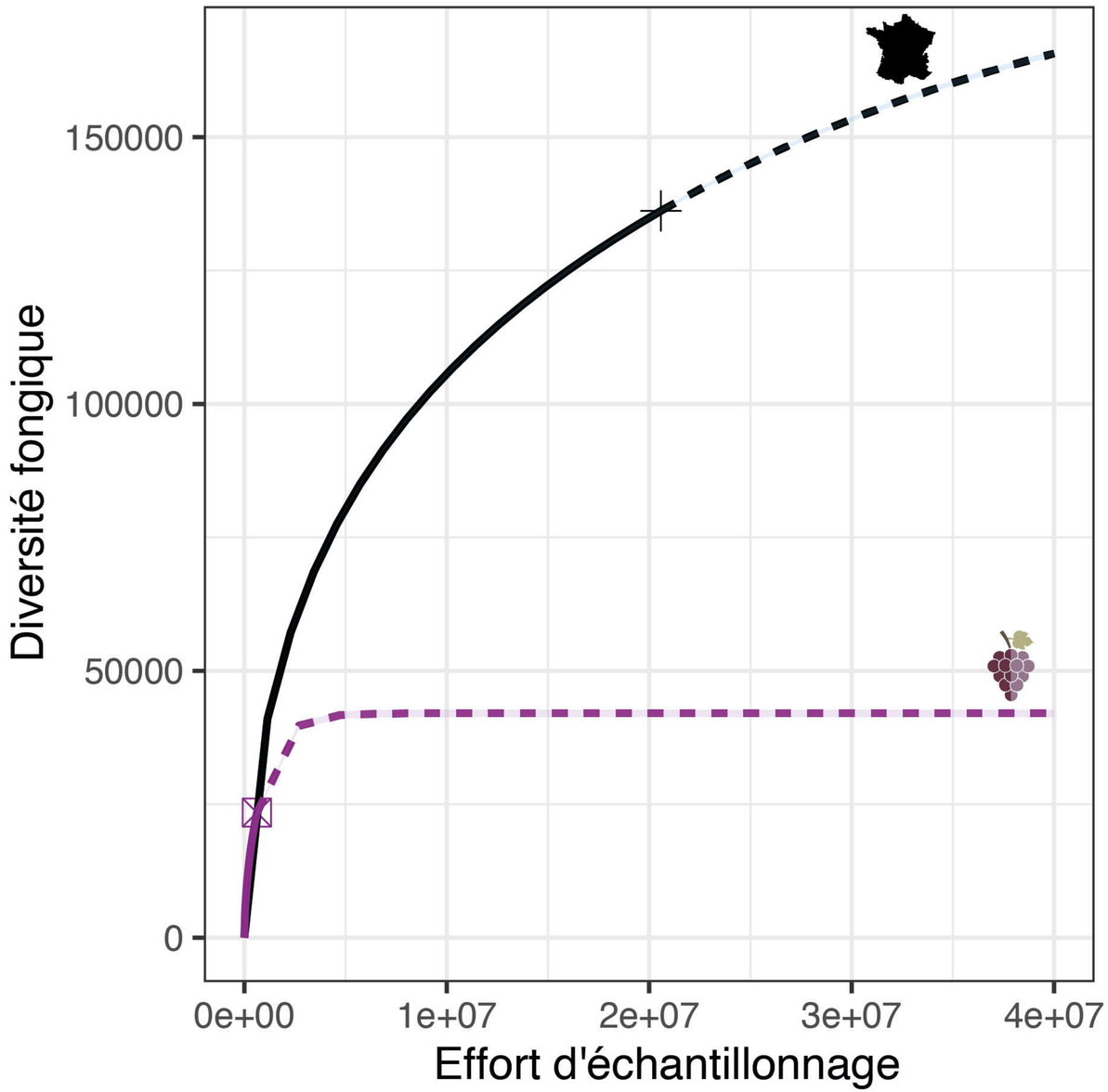
186 794 UTOs

Réalisé avec le package iNEXT

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

EXTRAPOLATION DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE



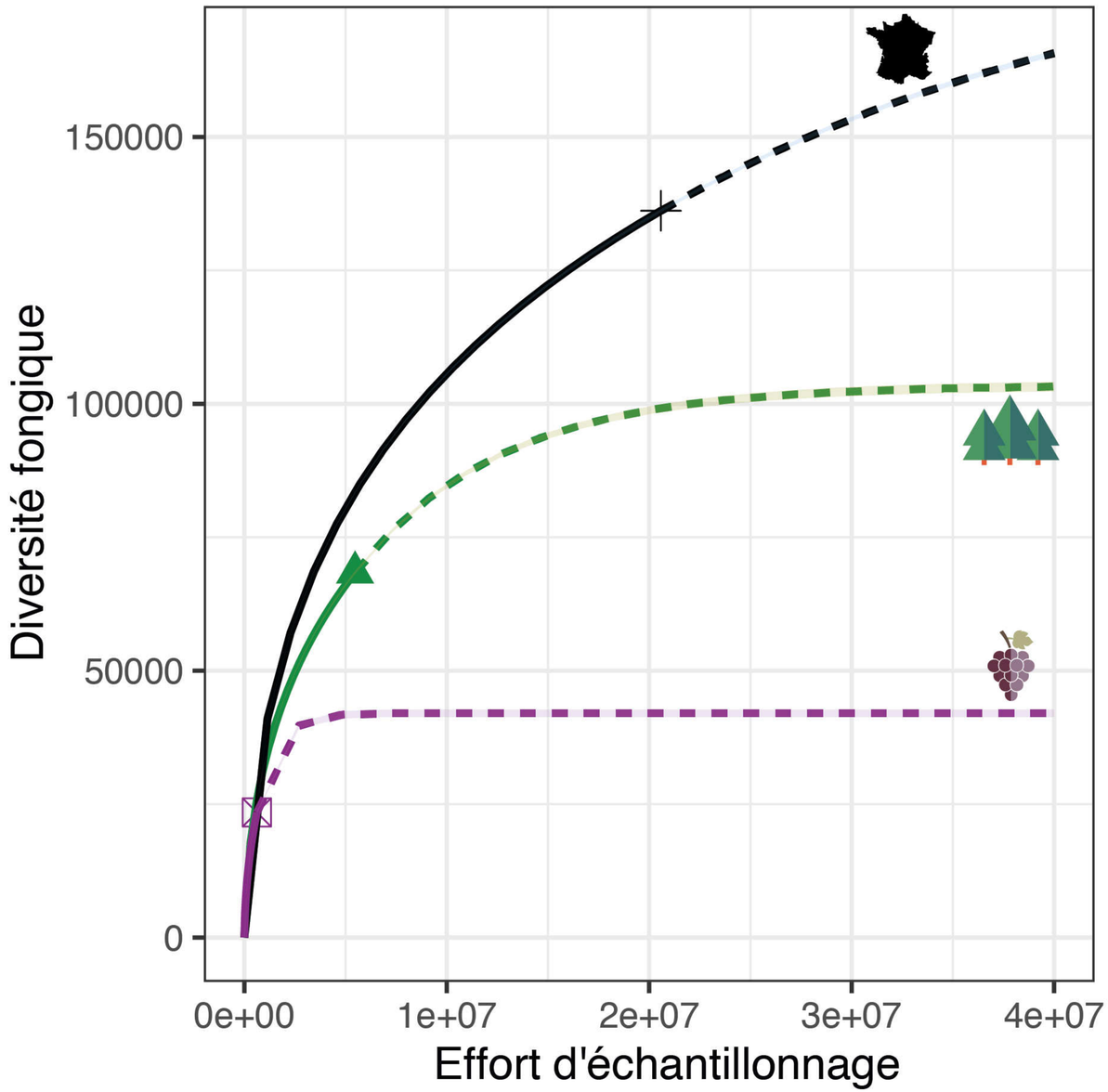
42 026 UTOs

Réalisé avec le package iNEXT

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

EXTRAPOLATION DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE



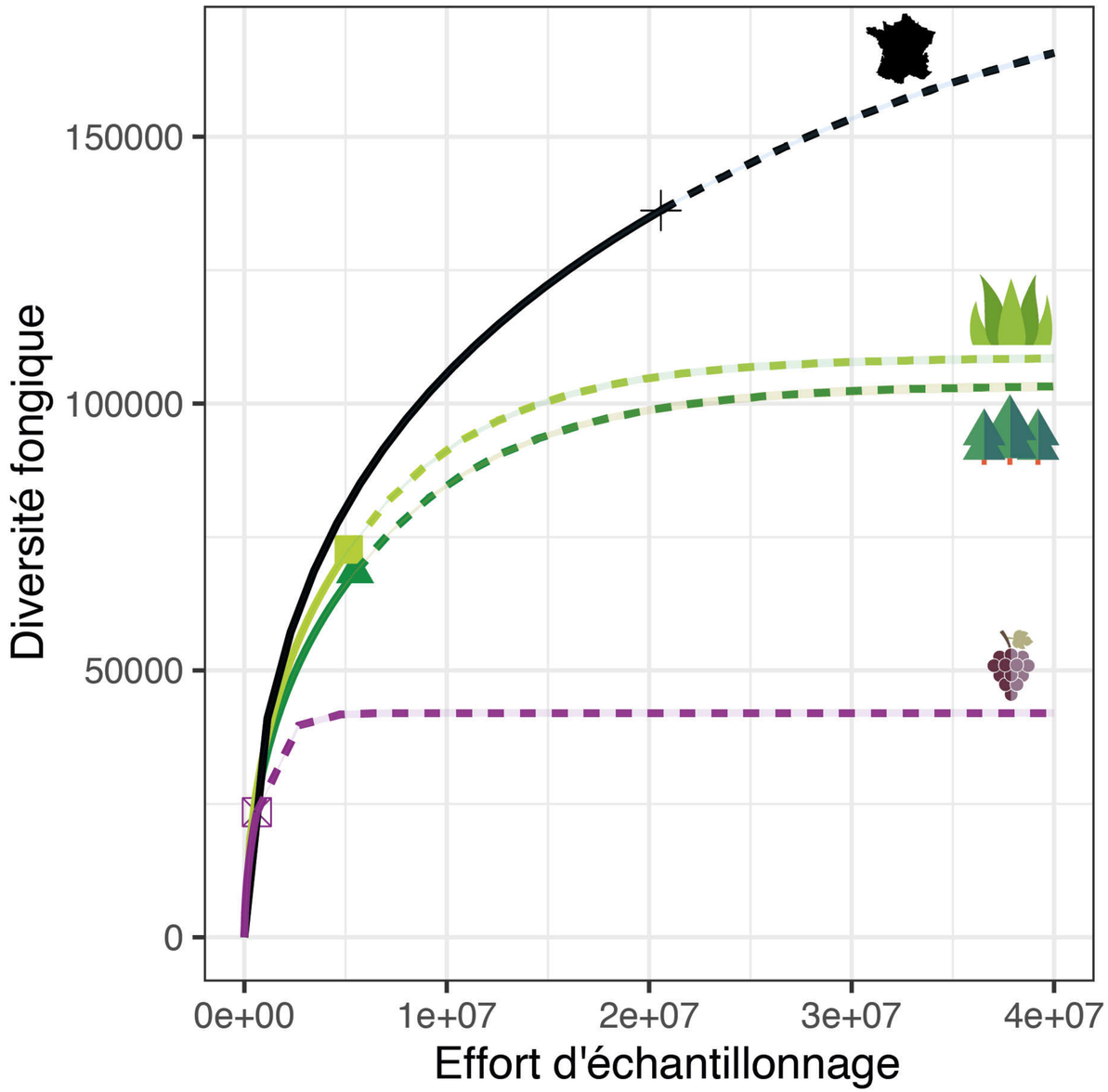
103 506 UTOs

Réalisé avec le package iNEXT

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

EXTRAPOLATION DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE



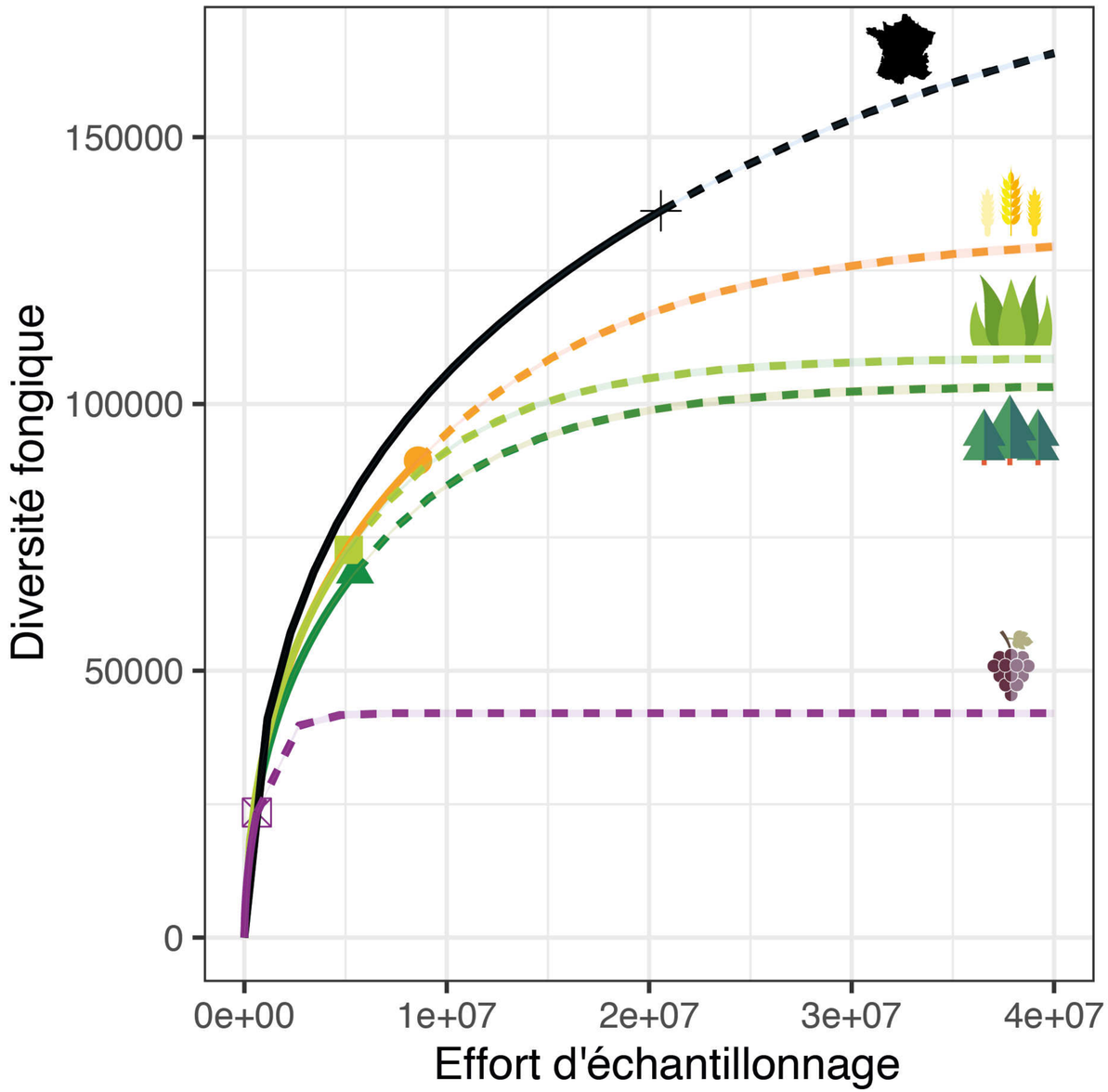
108 634 UTOs

Réalisé avec le package iNEXT

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

EXTRAPOLATION DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE



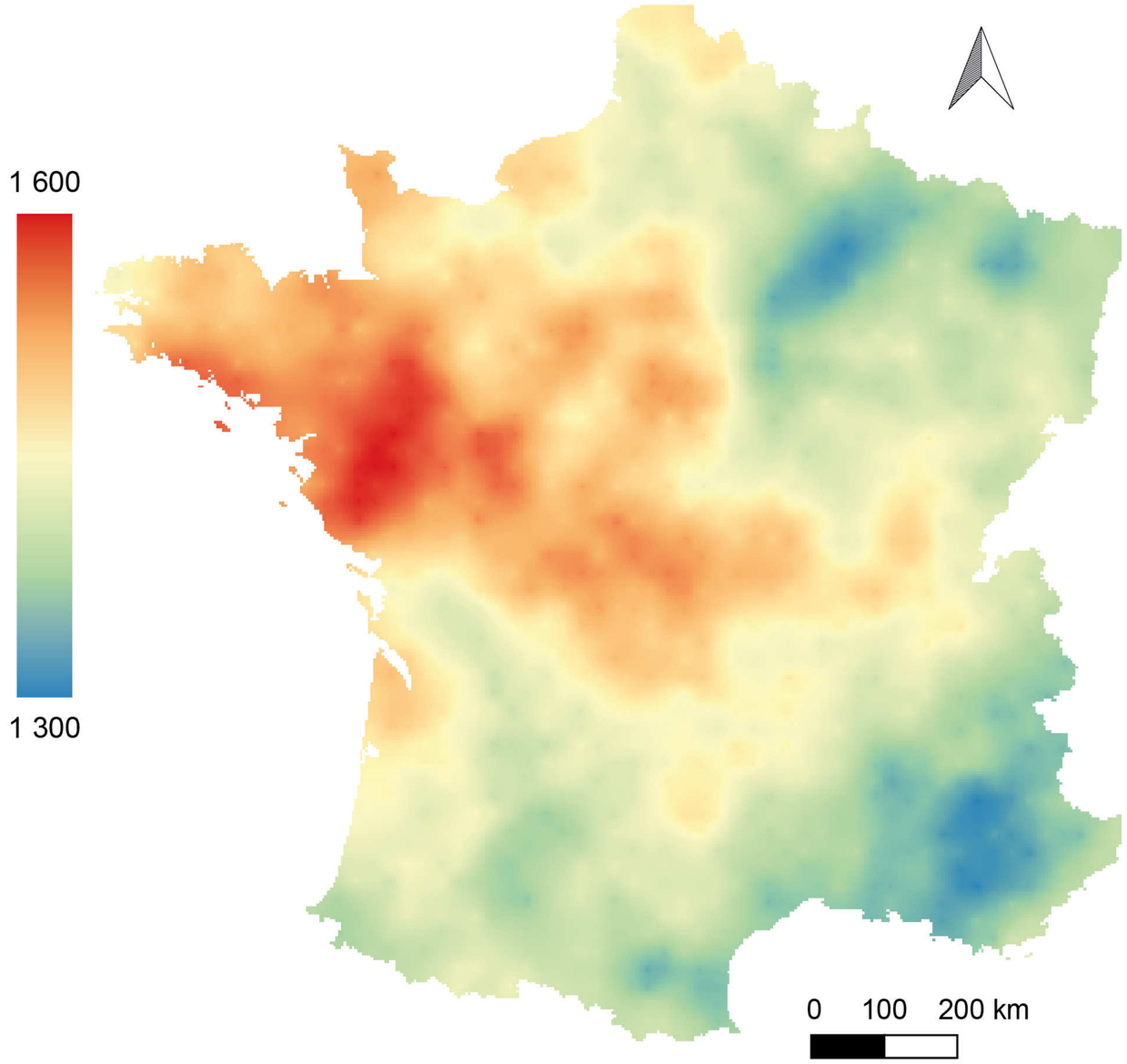
131 872 UTOs

Réalisé avec le package iNEXT

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

SCHÉMA BIOGÉOGRAPHIQUE DE LA RICHESSE FONGIQUE EN FRANCE

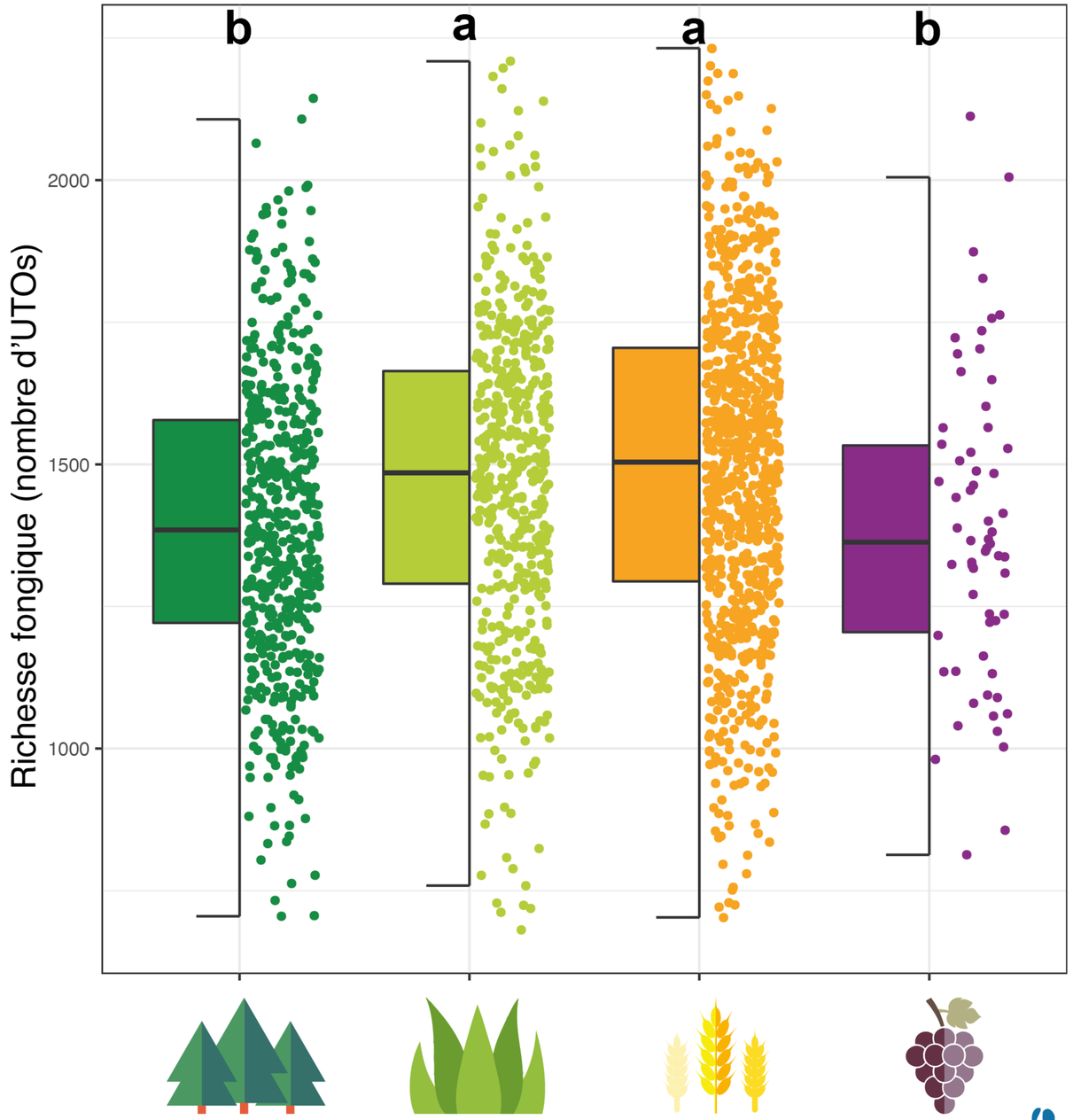


- Distribution spatiale hétérogène
- Structuration spatiale : 5,8%
- Profiles bio-géographiques larges (rayon 252km)
- Richesse fongique élevée :
  Nord-ouest et Centre de la France
- Richesse fongique faible :
  Nord-Est, Sud-Est et Sud-Ouest

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

VARIABILITÉ DE LA RICHESSE FONGIQUE PAR MODE D'USAGE (1)

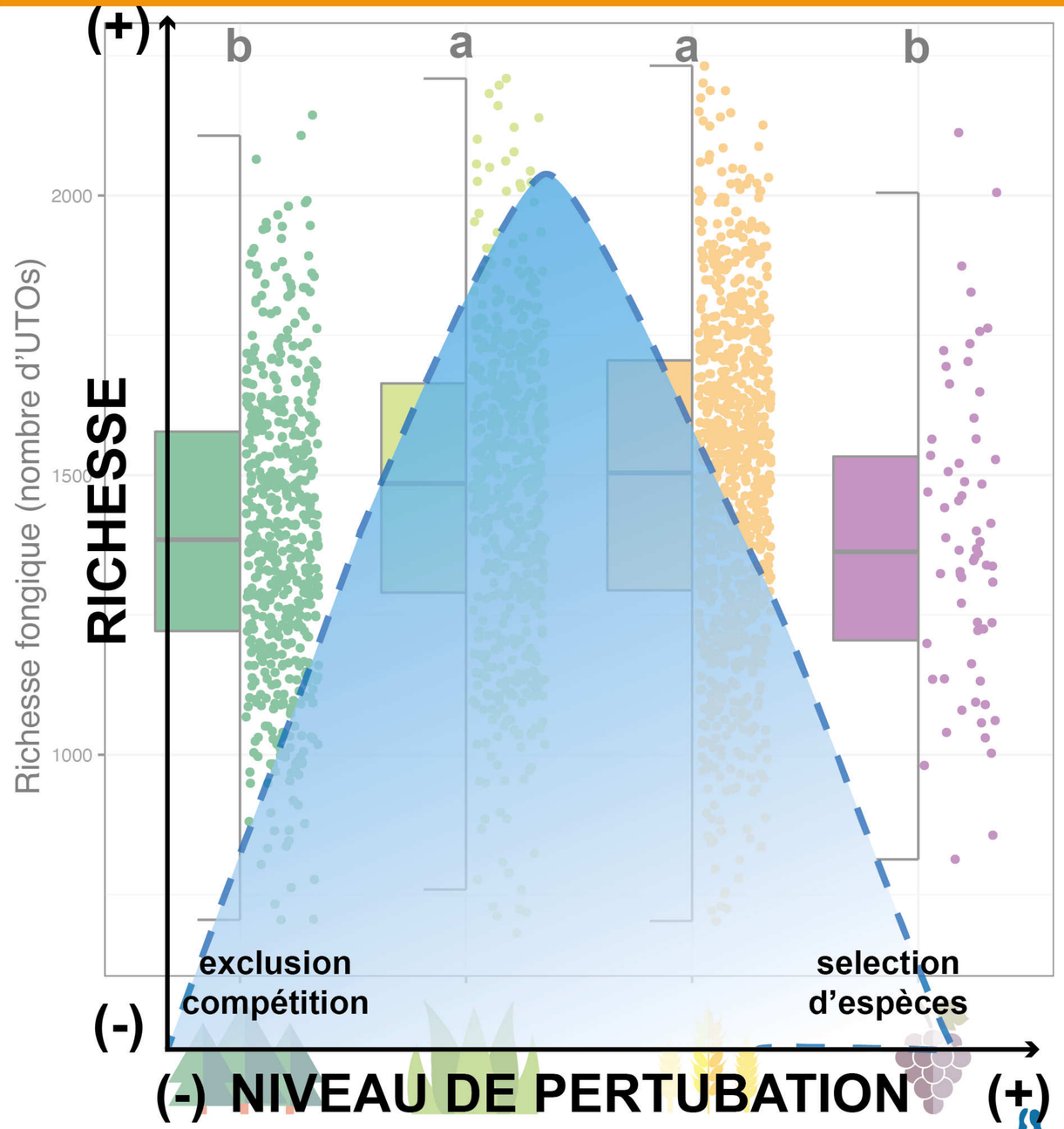


- 136 219 UTOs dans les sols français
- 1 457 UTOs en moyenne et entre 681 et 2 232 UTOs.
- Vignes & Vergers (x = 1 384) ≤ Forêts (x = 1 393) < Prairies (x = 1 472) ≤ Grandes cultures (x = 1 494)

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

VARIABILITÉ DE LA RICHESSE FONGIQUE PAR MODE D'USAGE (1)

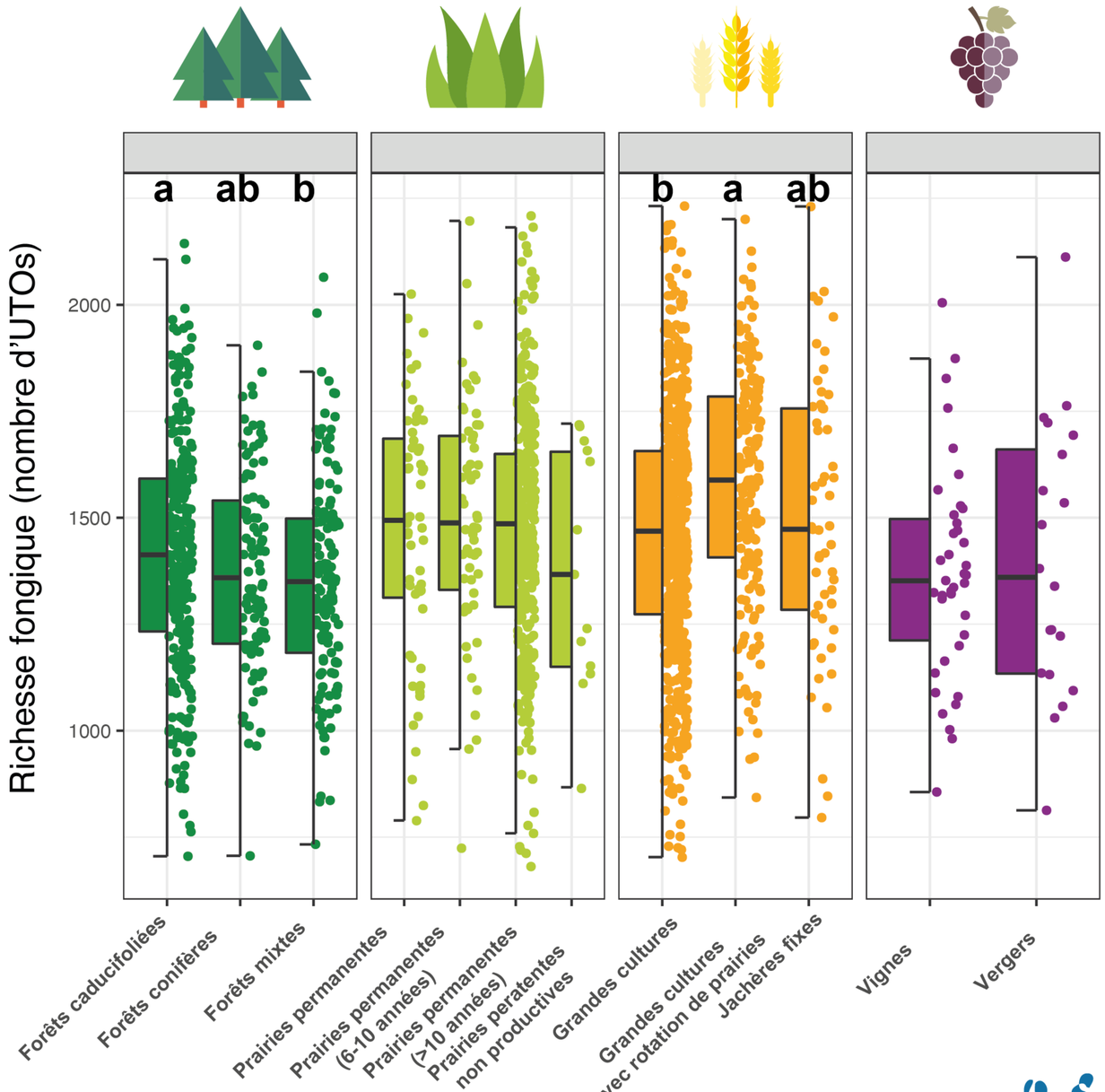


Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

- Hypothèse de la pertubation intermédiaire (Giller *et al.*, 1998)
- Pertubation dans les sols de grandes cultures => labour et autres pratiques agricoles
- Augmentation de la disponibilité des nutriments grâce à apports d'engrais (Szoboszlay *et al.*, 2017)

CC BY

VARIABILITÉ DE LA RICHESSE FONGIQUE PAR MODE D'USAGE (2)

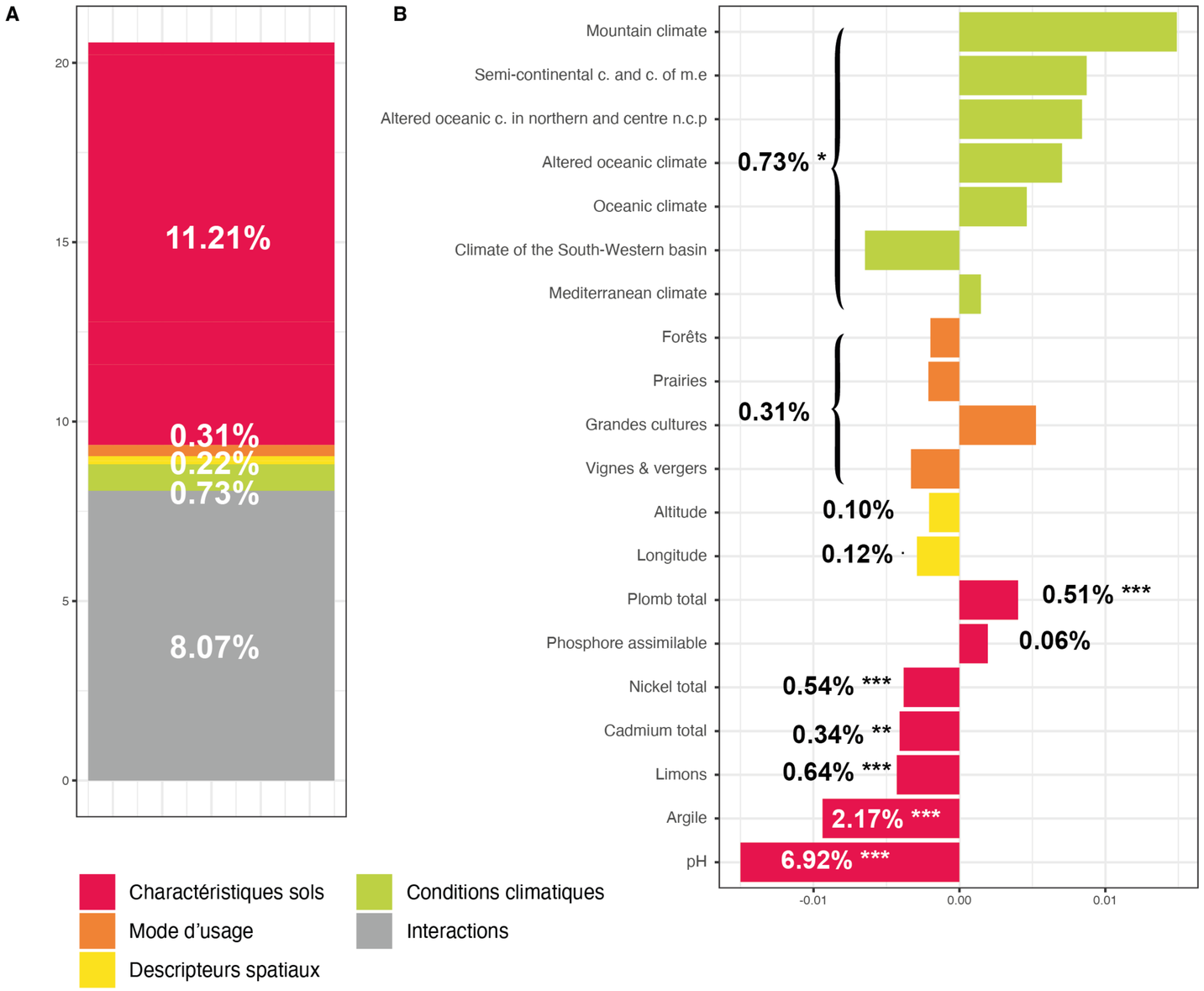


Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

- Différence entre les forêts caducifoliées et mixtes
- Richesse fongique plus importante dans les sols de grandes cultures avec rotation
- La rotation des sols de grandes cultures avec des prairies avait été observé à l'échelle d'un paysage (Le Guillou *et al.*, 2019)

CC BY

IDENTIFICATION ET HIÉRARCHIE DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

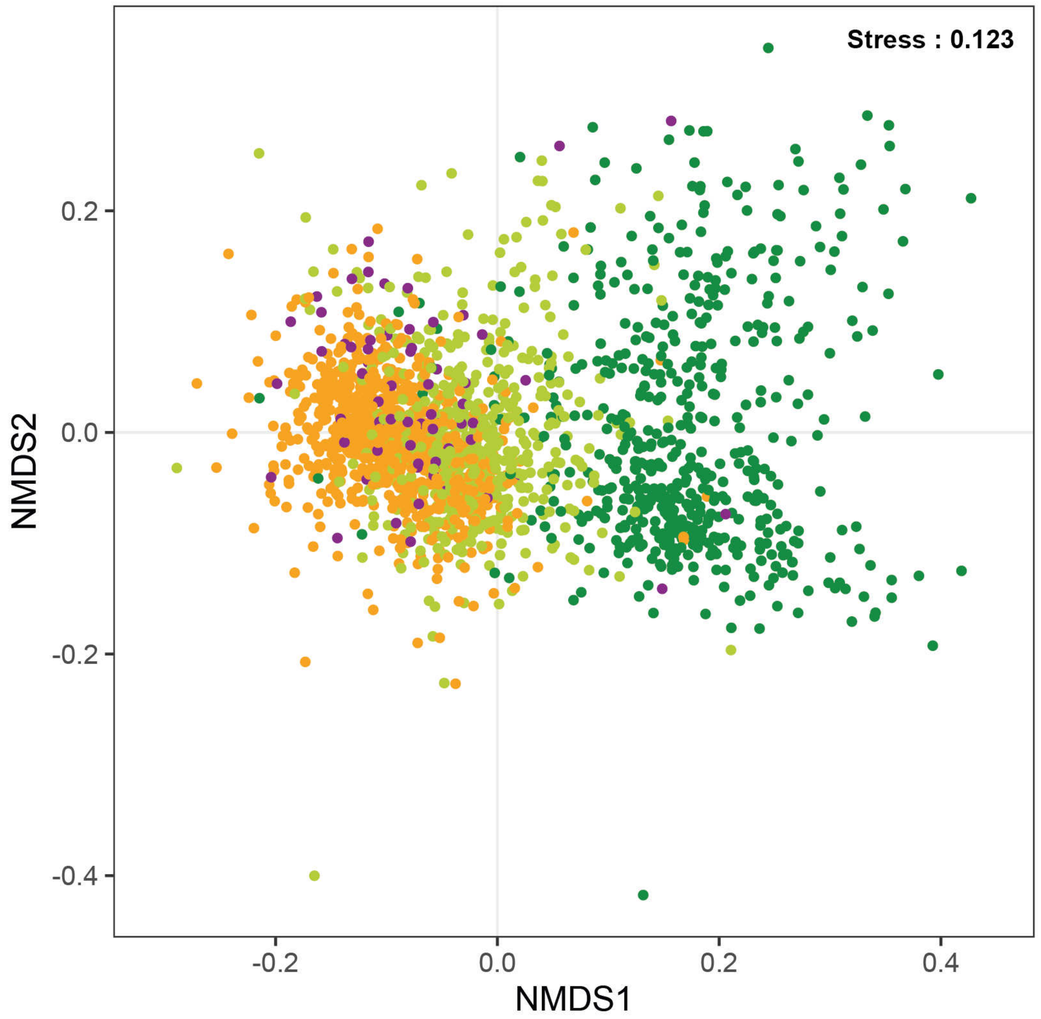


- **charactéristiques sols > conditions climatiques > mode d'usage > descripteurs spatiaux**
- **pH est le driver principal (unimodal)**
- **Influence positive des textures grossièrres**

Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY

DISTRIBUTION SPATIALE DES STRUCTURES FONGIQUES

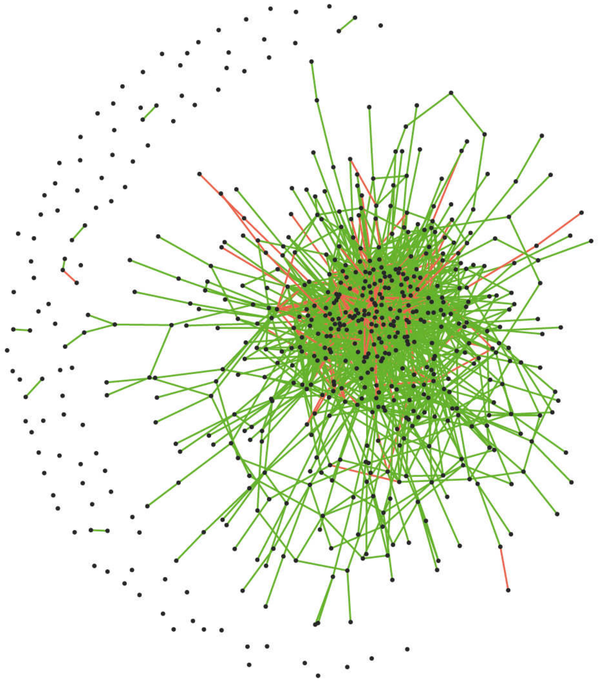


Djemiel & Ranjard 2020, ADEME

CC BY

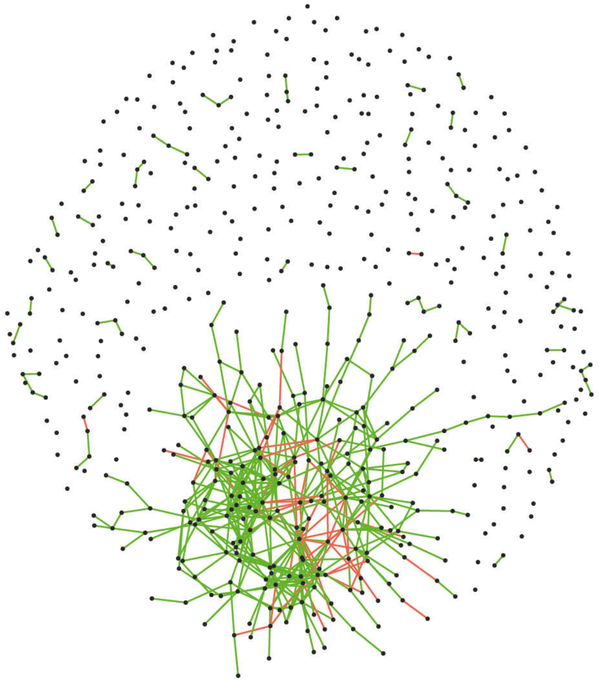
LES RÉSEAUX D'INTERACTIONS FONGIQUES

Forêts



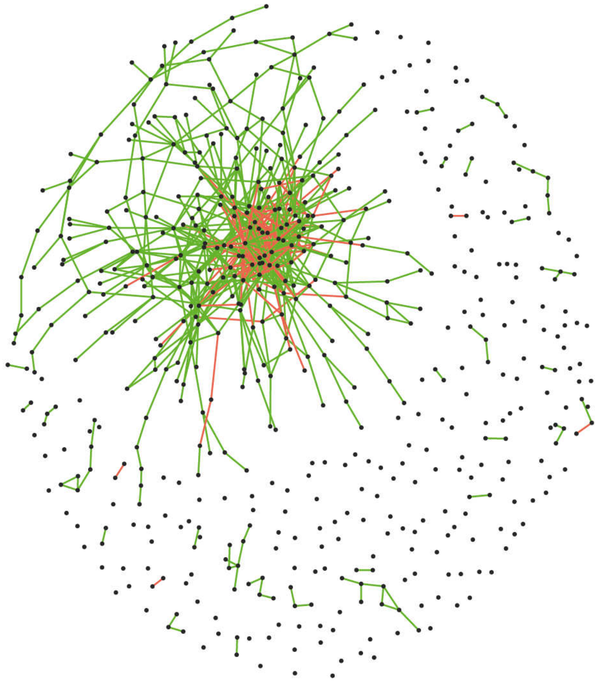
Nb noeuds = 605
Nb liens = 2521

Prairies



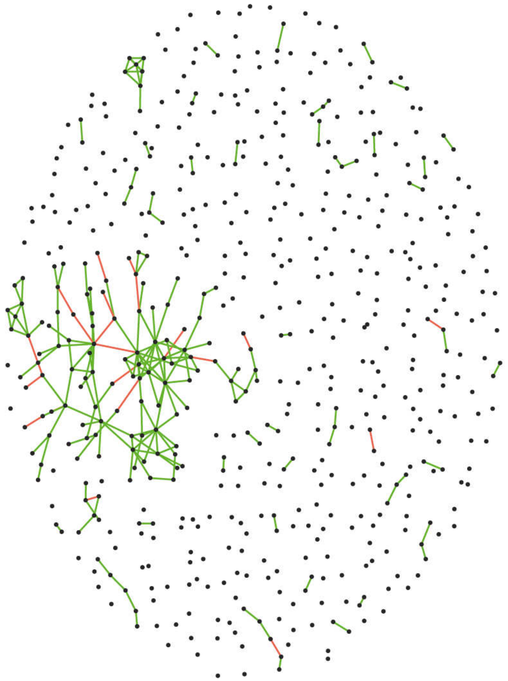
Nb noeuds = 574
Nb liens = 508

Grandes cultures



Nb noeuds = 575
Nb liens = 775

Vignes & vergers

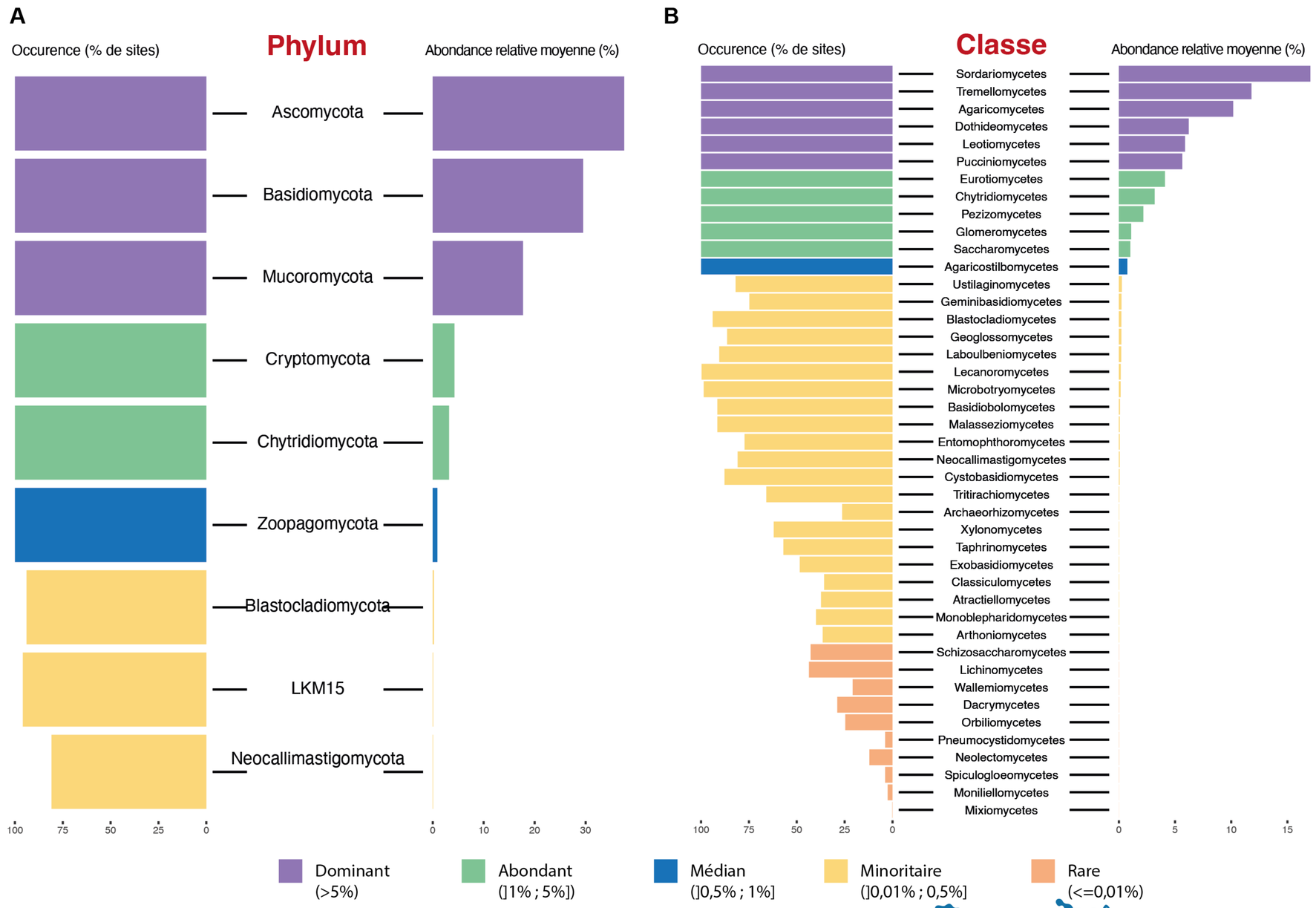


Nb noeuds = 570
Nb liens = 227

Djemiel & Ranjard 2020, ADEME

CC BY

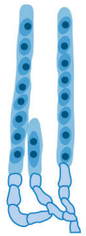
OCCURENCE ET ABONDANCE DES PHYLA ET CLASSES FONGIQUES



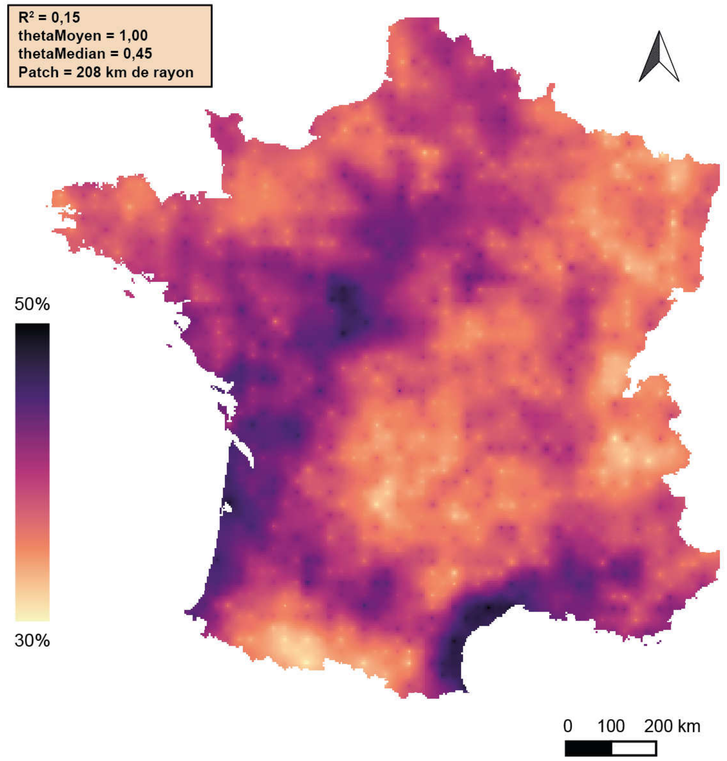
Djemiel & Ranjard 2020, ADEME

CC BY

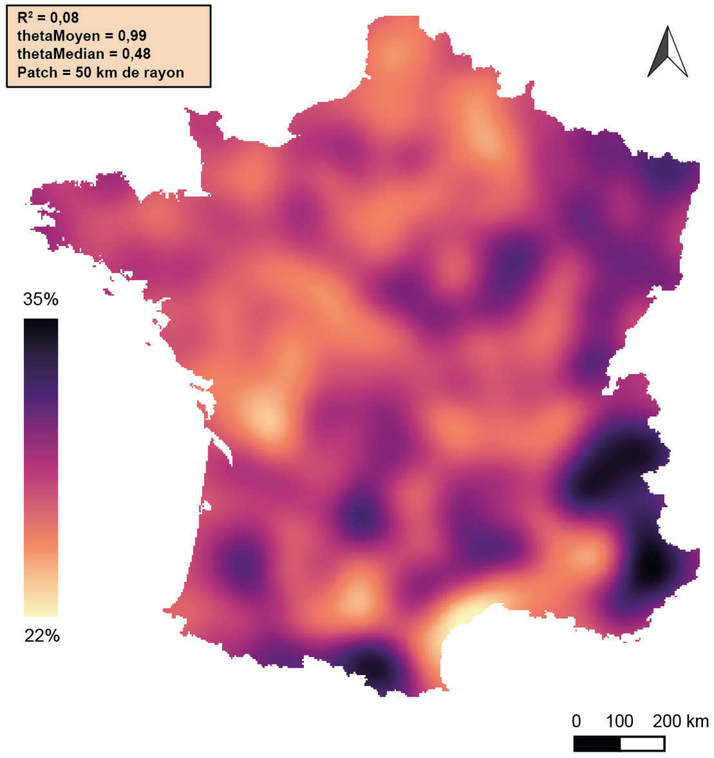
DISTRIBUTION SPATIALE DES PHYLA FONGIQUES

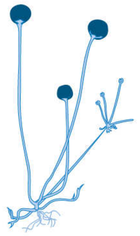


ASCOMYCOTA

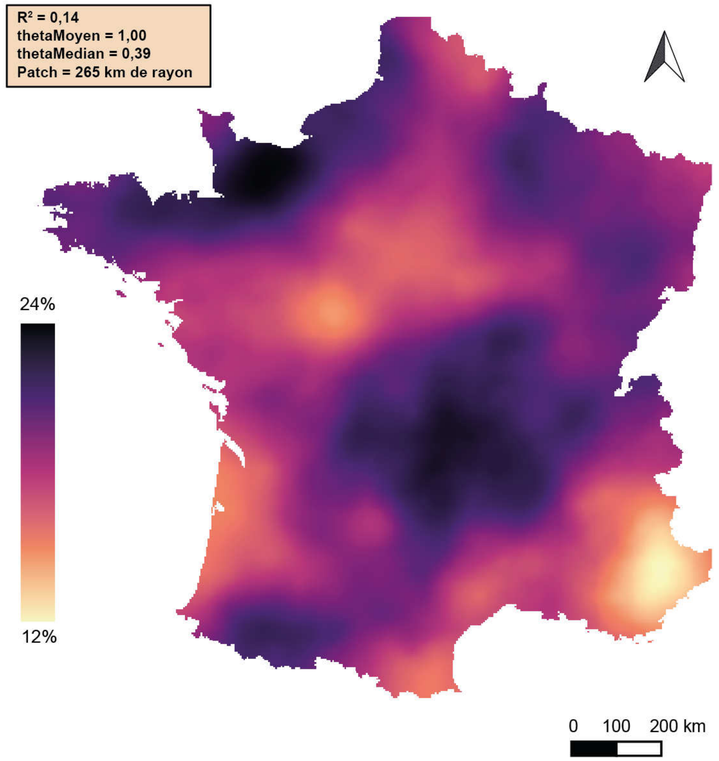


BASIDIOMYCOTA





MUCOROMYCOTA



Djemiel & Ranjard 2020, ADEME

CC BY

CONCLUSION

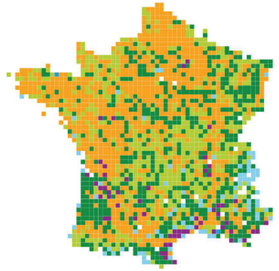
1. Richesse fongique plus élevée dans les sols de grandes cultures par rapport à des sosl naturels ou semi-naturels expliquée par l'hypothèse de perturbation intermédiaire. Cependant à mettre en parallèle, la complexité des réseaux est beaucoup plus faible en grandes cultures qu'en forêts (proxy de la fonctionnalité).
2. Distribution spatiale hétérogène pour la richesse et la densité fongique.
3. Les paramètres environementaux expliquent 20 % de la richesse fongique et 35 % de la densité fongique.
4. La richesse fongique la plus élevée se trouve dans les sols sableux, avec un pH neutre et riche en éléments minéraux.
5. Les principaux phyla fongiques ont des distributions spatiales différentes.

Photo
© Claudy JOLIVET

PERSPECTIVES

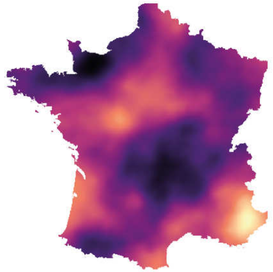
Chapitre 1
Généralités

Chapitre 2
Méthodologie



Chapitre 3
Portfolio

Chapitre 4
Fiches communautés

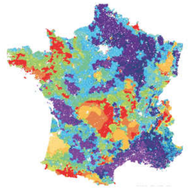


Chapitre 5 & 6
Fiches phyla & classes

Boletus
Cèpes

Tuber
Truffes

Chapitre 7
Champignons d'intérêts



Chapitre 8
Fiches habitats

Chapitre 9
Fiches projets opérationnelles

CC BY

REMERCIEMENTS

Équipe BIOCOM

Sébastien Terrat
Samuel Dequiedt
Julie Tripied
Arthur Bailly
Walid Horrigue
Aurélien Cottin
Pierre-Alain Maron
Lionel Ranjard

Charles Guilland
Solène Perrin
Gwendoline Comment
Mélanie Lelièvre
Samuel Mondy

Nicolas Saby
Line Boulonne
Antonio Bispo
Claudy Jolivet

Patrick Wincker
Corinne Cruaud

CC BY

REMERCIEMENTS

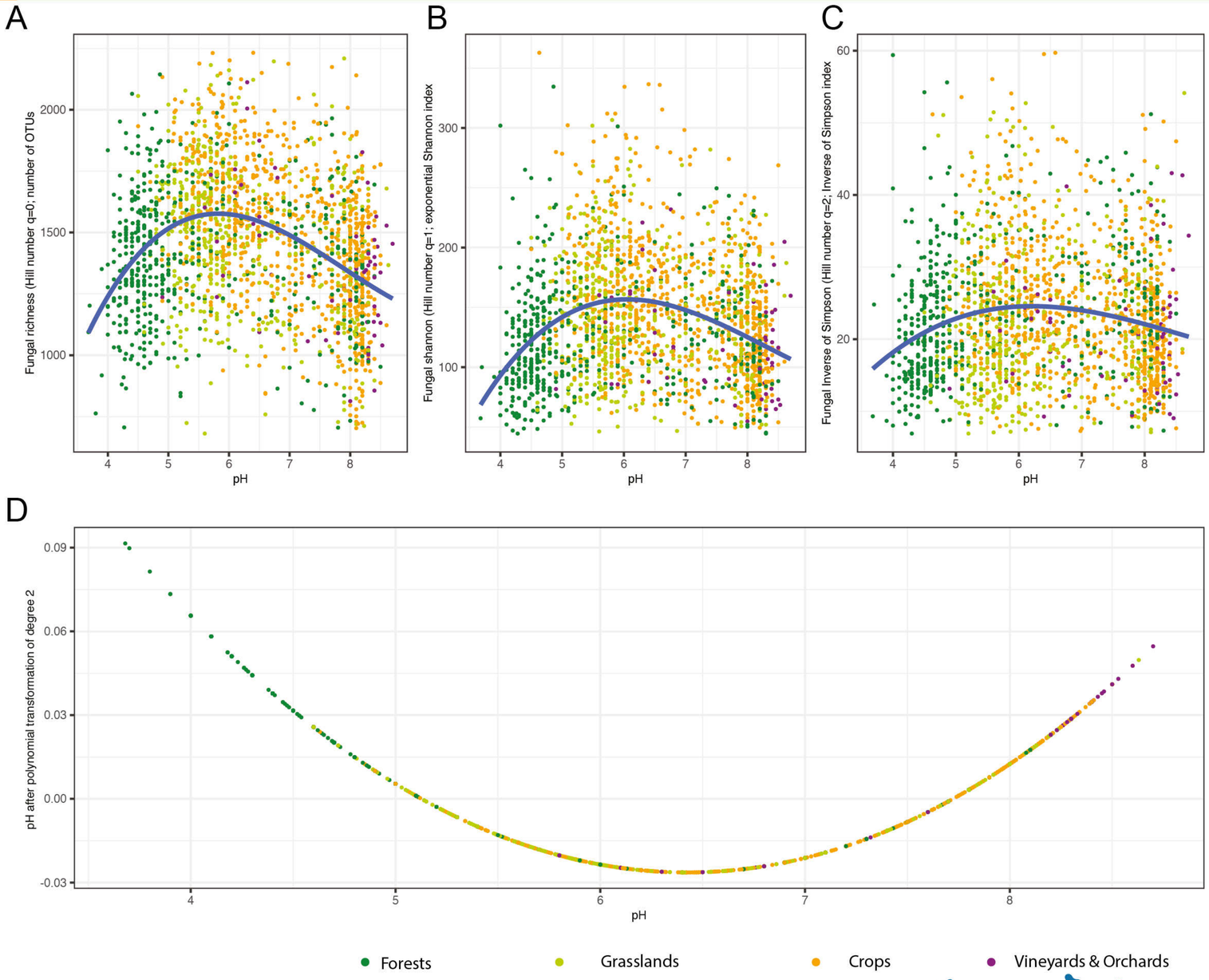
et un GRAND merci à vous tous …

CC BY

QUESTIONS?

Photo
© Claudy JOLIVET

pH



Djemiel *et al.*, 2022, in prep. Fungal Diversity

CC BY