



Les techniques et référentiels disponibles pour le diagnostic microbiologique des sols

Offre de service, application terrain, futurs outils

Pauline Lavoisy

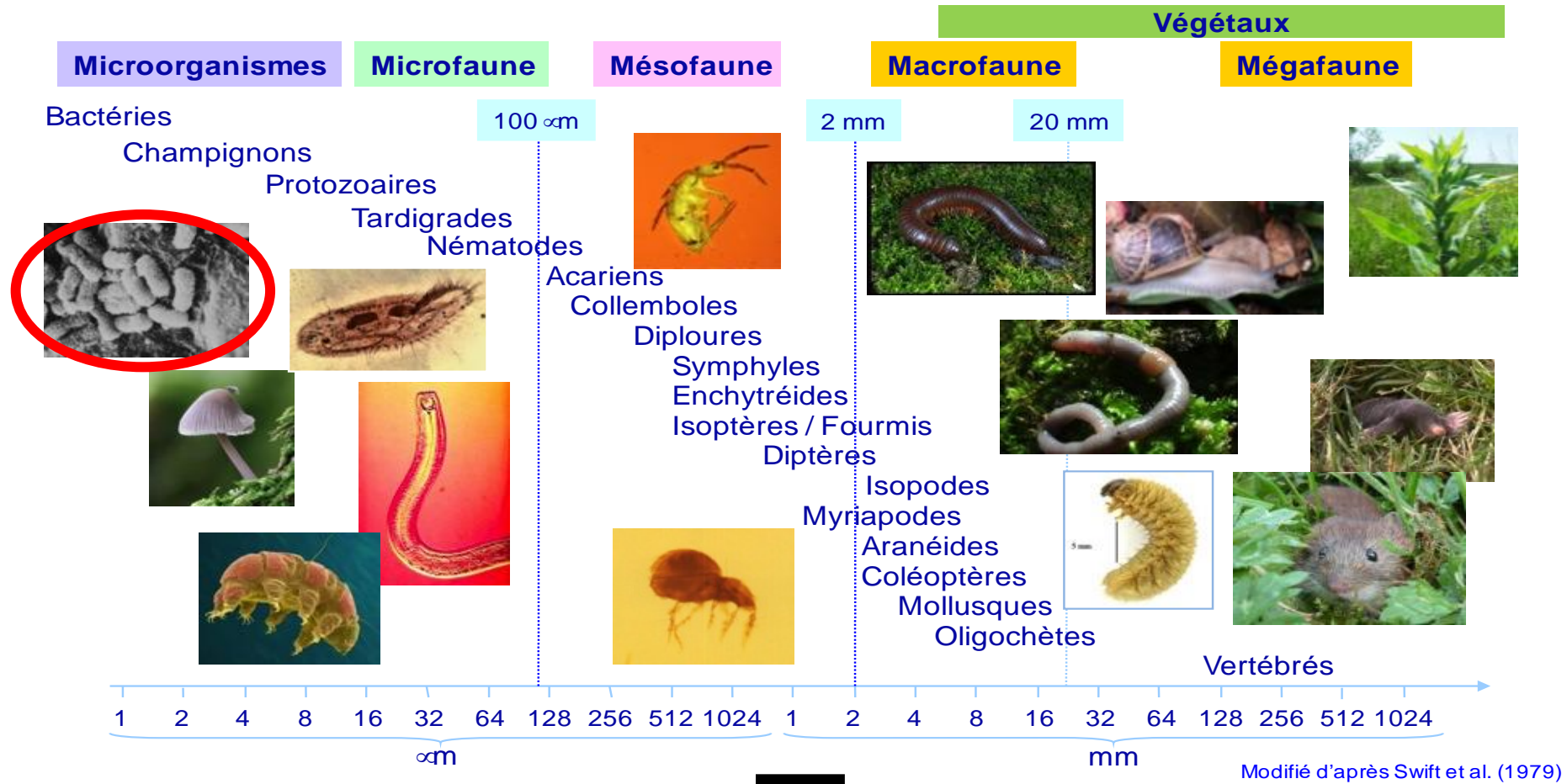


Pierre-Alain Maron





La biodiversité du sol



**30% de la biodiversité totale
10% des espèces connues !**



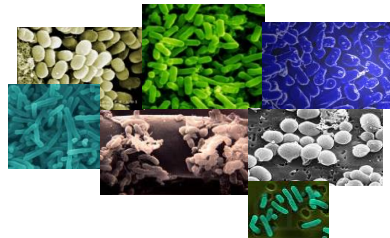
Les microorganismes, bactéries et champignons du sol



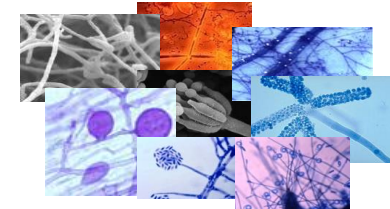
SOL

= Réservoir de diversité microbienne de notre planète

= patrimoine naturel



1 milliard de bactéries
1 million d'espèces



1 million de champignons
10 000 espèces



1.5 tonnes/ha

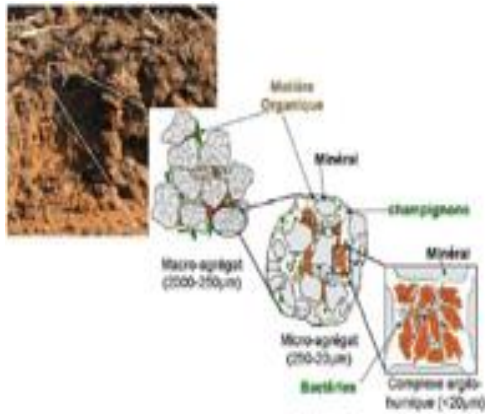
3.5 tonnes/ha

≈ 10 UGB!!

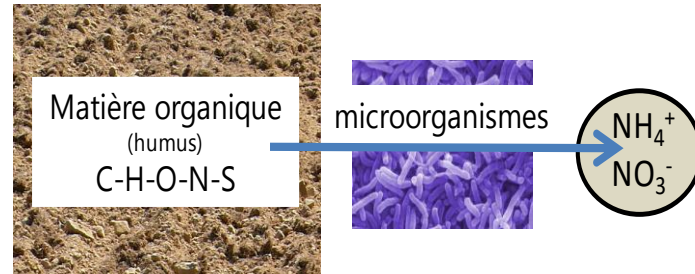


Les communautés microbiennes: Acteurs de l'environnement

⇒ *Implication dans de nombreuses fonctions d'intérêt pour les productions agricoles et le retour de la nature en ville*



Structuration du sol



Minéralisation matière organique, recyclage carbone, nutriments



Dépollution du sol



Lutte contre pathogènes



Illustrations: la diversité microbienne régule le fonctionnement du sol



Manipulation expérimentales de la diversité microbienne du sol

Diversité élevée
(100% species)



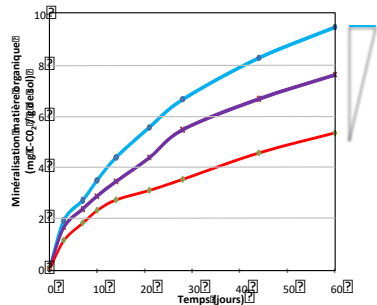
Diversité moyenne
(-30% species)



Diversité faible
(-50% species)



- 40% Minéralisation de la matière organique



Maron et al., AEM 2018

Fertilité biologique

- 30% productivité végétale



Maron, Ranjard et al.

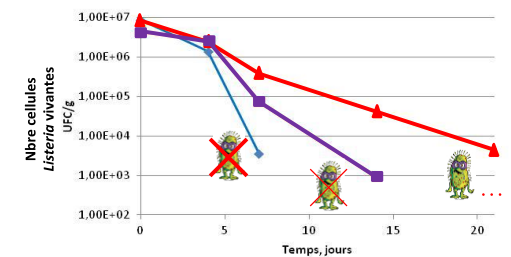
- 50% stabilité structurale



Durafour et al.

Fertilité physique

x5 temps de survie de pathogènes introduits



Vivant et al., PlosOne 2013

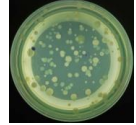
État sanitaire



Comment aborder la diversité microbienne ?

Niveau d'organisation

Développement de milieux de culture



Développement de la biochimie et biologie moléculaire

2-D gel electrophoresis

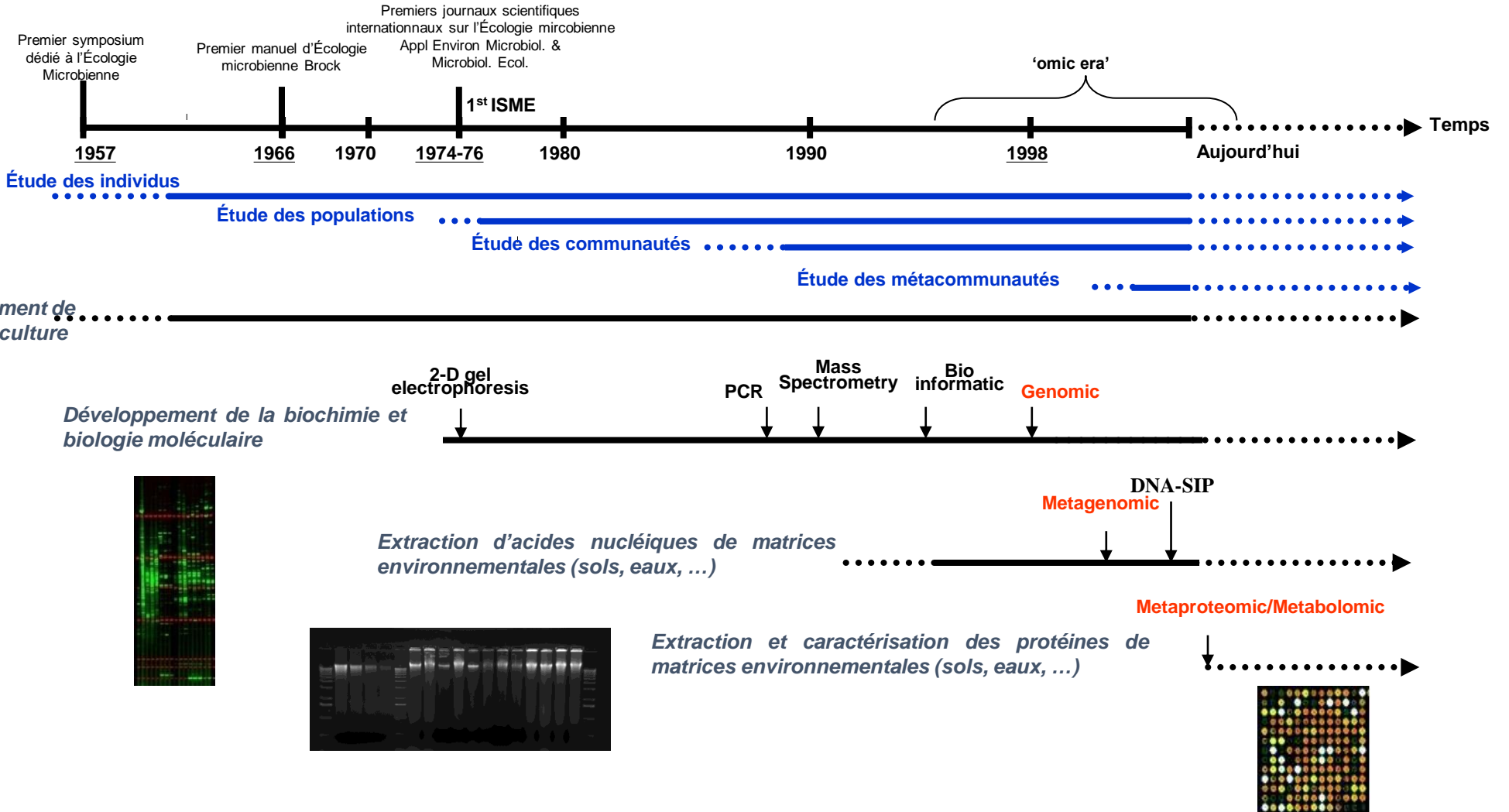
PCR
Mass Spectrometry
Bio informatic
Genomic

Extraction d'acides nucléiques de matrices environnementales (sols, eaux, ...)

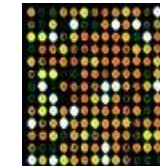
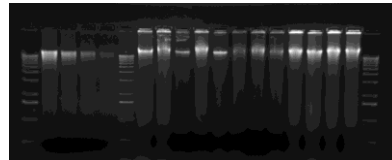
Metagenomic
DNA-SIP

Extraction et caractérisation des protéines de matrices environnementales (sols, eaux, ...)

Metaproteomic/Metabolomic

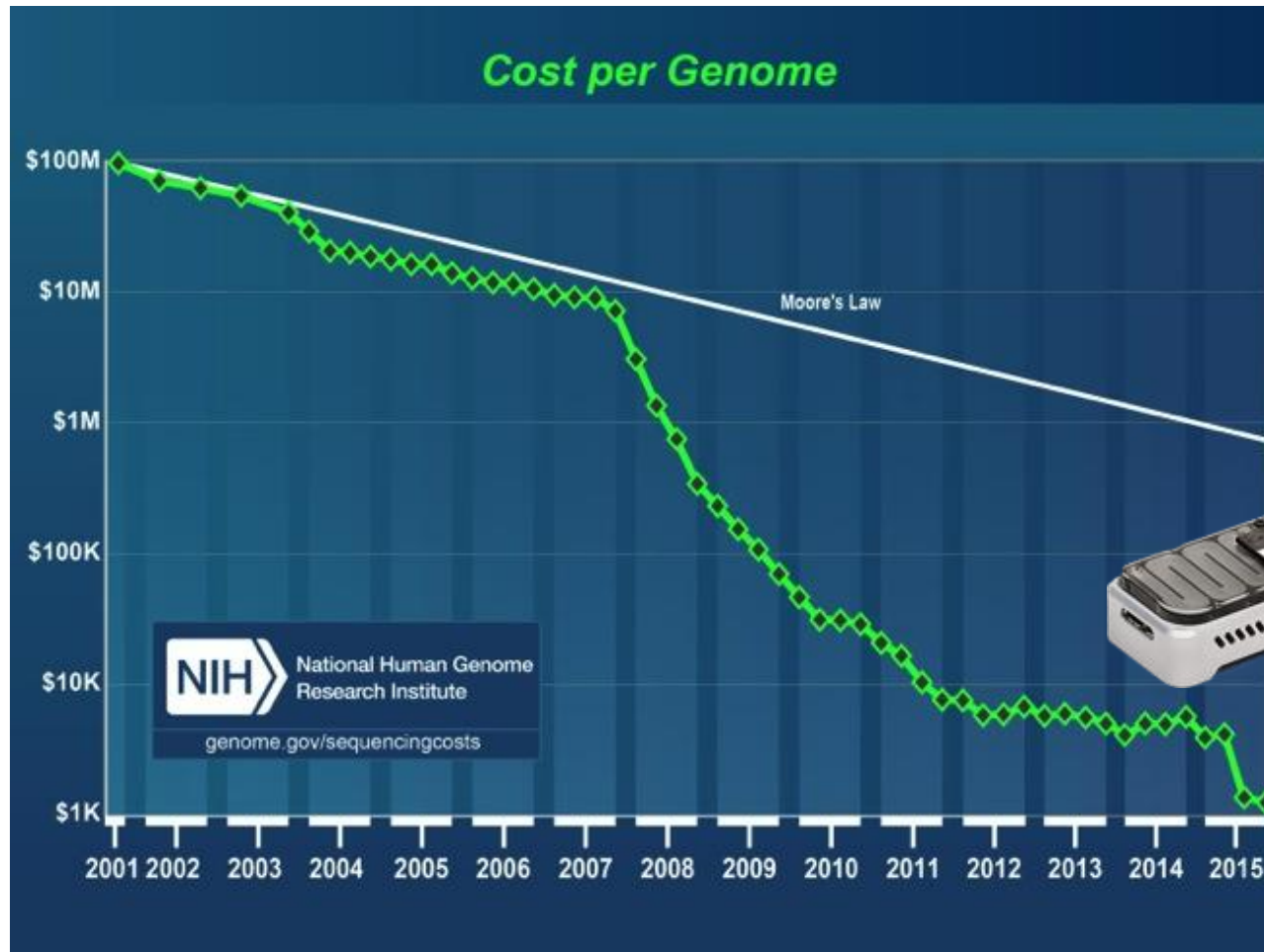


Développements méthodologiques



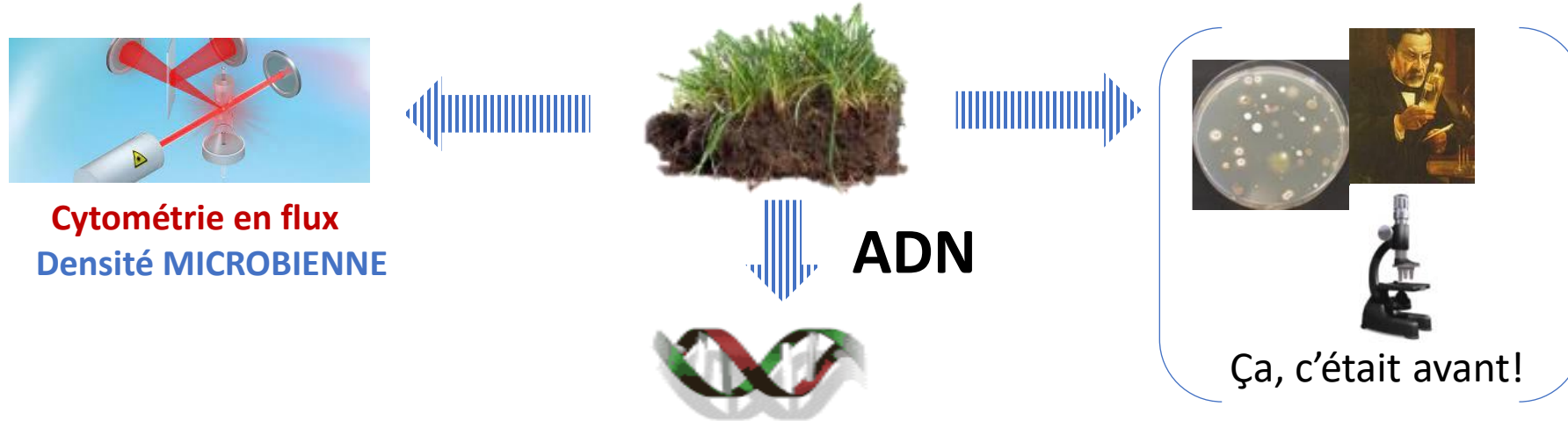


Des outils de plus en plus performants, de moins en moins chers et de plus en plus miniaturisés !



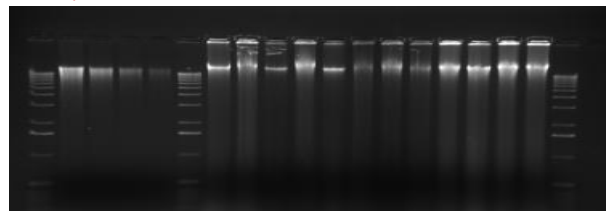


Comment mesure-t-on l'abondance et la diversité microbienne des sols?



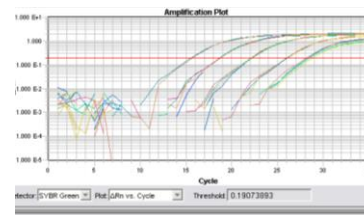
De nouveaux outils: l'écologie moléculaire
Métagénome du sol = Ensemble des génomes de tous les micro-organismes

Quantité d'ADN dans le sol



Biomasse moléculaire microbienne
BIOMASSE MICROBIENNE

PCR quantitative



Densité microbienne
Ratio champignons/bactéries

Séquençage



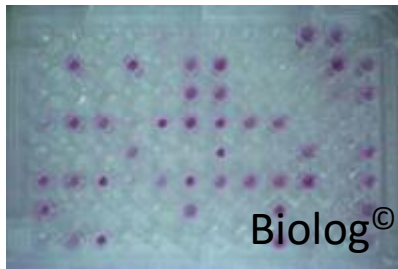
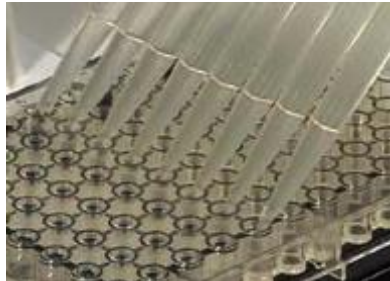
Indices de diversité et inventaire des espèces
DIVERSITÉ MICROBIENNE
IDENTIFICATION DES ESPÈCES



Comment mesurer les activités microbiennes dans le sol ?



Catabolisme

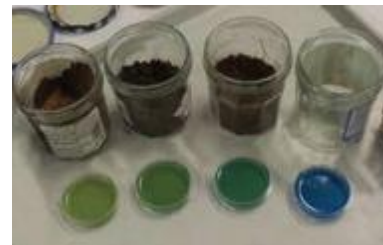


Biolog[©]

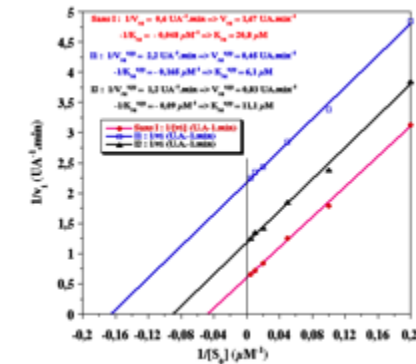
Mesure de produits finis ou intermédiaires

CO₂
NH₄⁺
N₂O

...



Mesures enzymatiques





Les bases du diagnostic

I. Détection

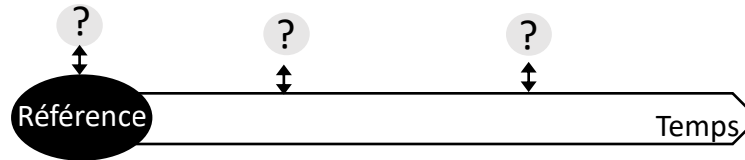
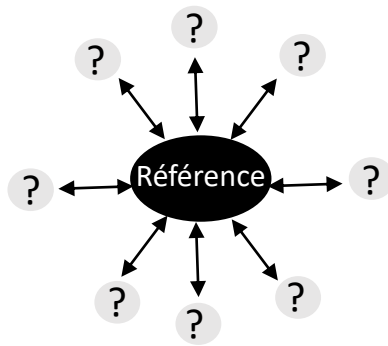
- ✓ Permet un diagnostic
- ✗ Se limite à une sortie binaire de type "présence/absence"

II. Dire d'expert



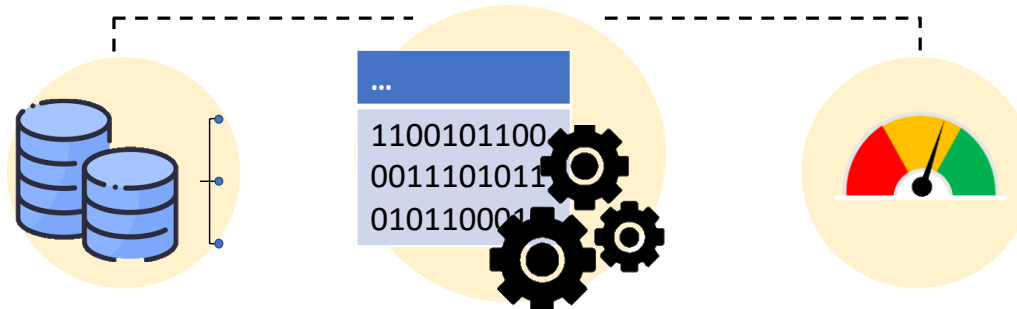
- ✓ Permet un diagnostic
- ✗ Repose sur l'expérience
- ✗ Peut changer en fonction des experts !

III. Comparatif

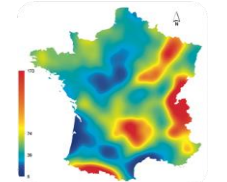


- ✓ Permet un diagnostic
- ✗ Quid de l'état de la référence ??

IV. Référentiel



- ✓ Diagnostic objectif et générique
- ✗ Dépend de la qualité du référentiel





Outils futurs, quelques pistes

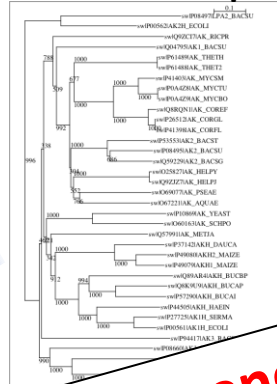
Vers plus de "fonctionnel" ...



ADN



Liste et nombre d'espèces



Inférence fonctionnelle

Liste et nombre de fonctions

- Fonction 1
- Fonction 2
- Fonction 3
- ... Fonction "n"

Caractéristiques écologiques

- Saprophytes
- Symbiotiques
- Pathogènes

Liens avec les cycles carbone, azote... et la fertilité des sols

Vers une prise en compte de la complexité des interactions au sein des communautés microbiennes

Outils prometteurs mais encore en phase de développement et validation par la recherche

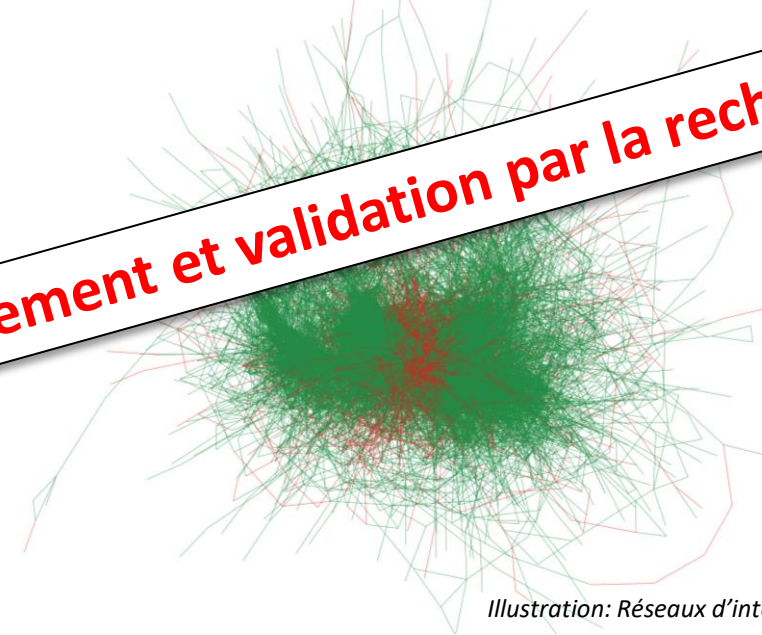


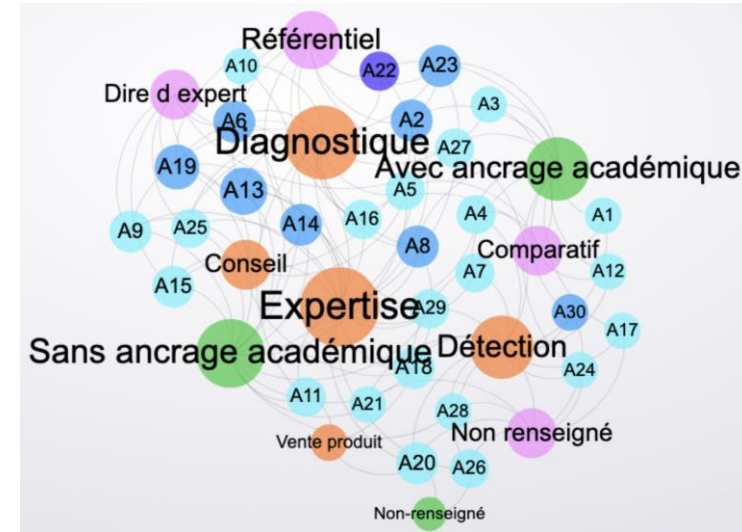
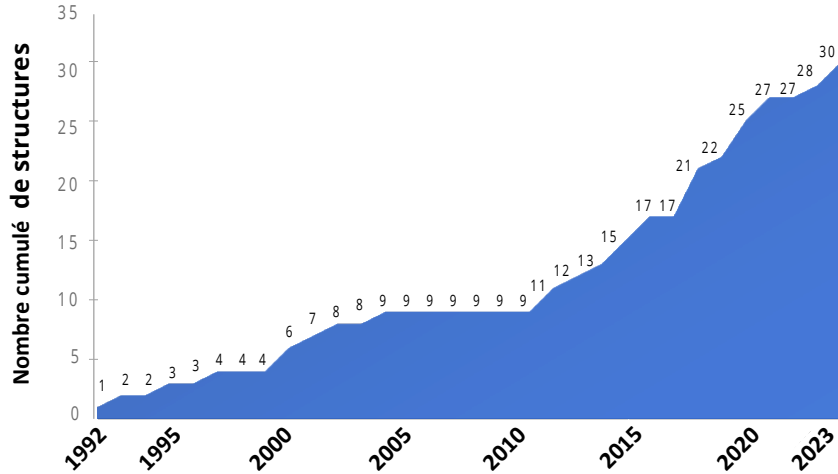
Illustration: Réseaux d'interaction

Liens avec la stabilité et le fonctionnement des communautés

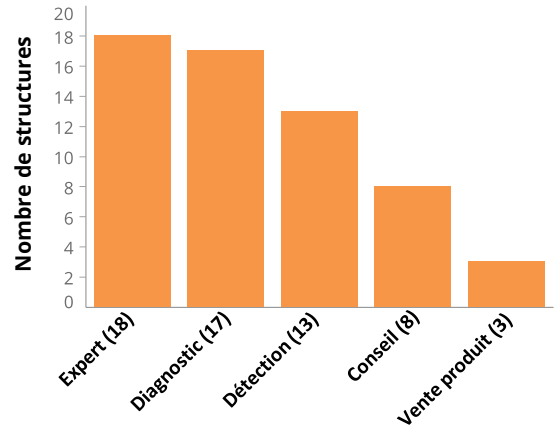


Bechmark de l'offre de service pour l'analyse de la qualité microbiologique des sols

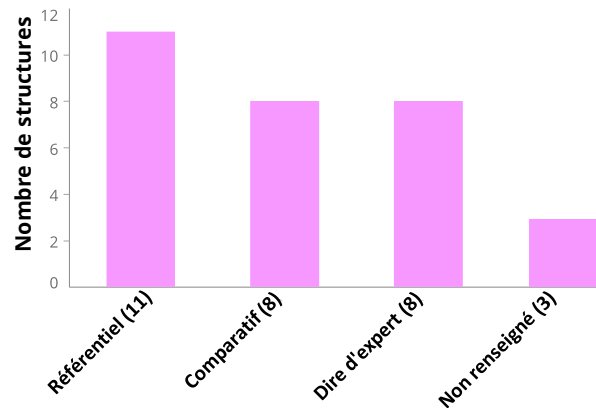
Dynamique de création de nouvelles structures



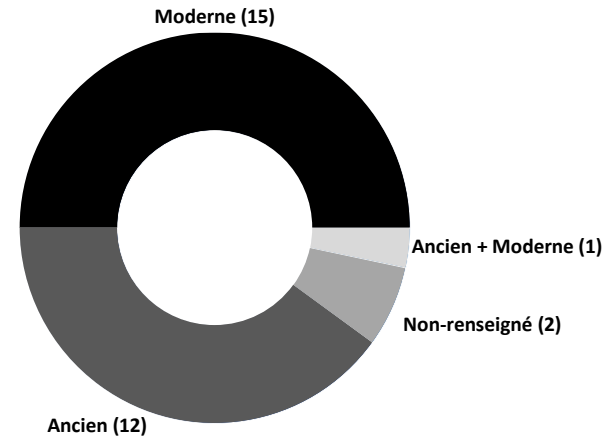
Type d'activité



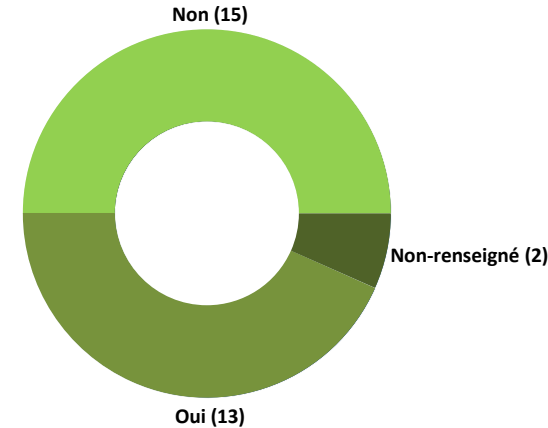
Bases du diagnostic



Type d'outil



Ancrage scientifique





ACTIVITÉS EN FRANCE
4 GRANDES MISSIONS DE
RESTAURATION
DE LA BIODIVERSITÉ ORDINAIRE



ACTIVITÉS INTERNATIONALES
4 GRANDES MISSIONS DE
CONSERVATION DES AIRES
PROTÉGÉES ET AUTOUR



**MISSION
BIODIVERSITE
AGRICOLE**



ACCOMPAGNER ET OUTILLER LES ACTEURS

MOBILISER LES ACTEURS A GRANDE ECHELLE

SENSIBILISER ET GUIDER LES CONSOMMATEURS

**Accélérer la
transition agroécologique des
acteurs des filières agricoles et des
territoires, en redonnant sa place à
la biodiversité et en valorisant les
services écosystémiques
qu'elle fournit**



14 indicateurs de biodiversité pour les filières agroalimentaires

POURQUOI ?

- S'approprier l'enjeu biodiversité
- Faire un diagnostic

- Piloter et suivre l'efficacité d'un plan d'action
- Consolider des données homogènes
- Valoriser les démarches favorables à la biodiversité

 FICHE 1 : Les infrastructures agroécologiques	 FICHE 2 : La couverture des sols	 FICHE 3 : Le travail du sol	 FICHE 4 : L'utilisation des produits phytosanitaires	 FICHE 5 : La diversité cultivée	 FICHE 6 : La fertilisation azotée	 FICHE 7 : La matière organique du sol
FICHE 8 : La qualité microbiologique des sols	FICHE 9 : L'activité biologique du sol	FICHE 10 : Les vers de terre	FICHE 11 : Les pollinisateurs sauvages	FICHE 12 : Les ravageurs et auxiliaires des cultures (invertébrés)	FICHE 13 : Les oiseaux	FICHE 14 : La flore des bordures de parcelle

Indicateur de pression
 Indicateur d'état

Co-construits avec le CLUB AGATA (2019-2021) :

- Nos adhérents



- Les organisations de producteurs partenaires (coopératives, négoce, etc.)

- Des experts



4 indicateurs pour la biodiversité des sols

7

La matière organique du sol

- a. Taux de MO
- b. Bilan humique

8

La qualité microbiologique des sols

Biomasse et diversité microbienne

9

L'activité biologique du sol

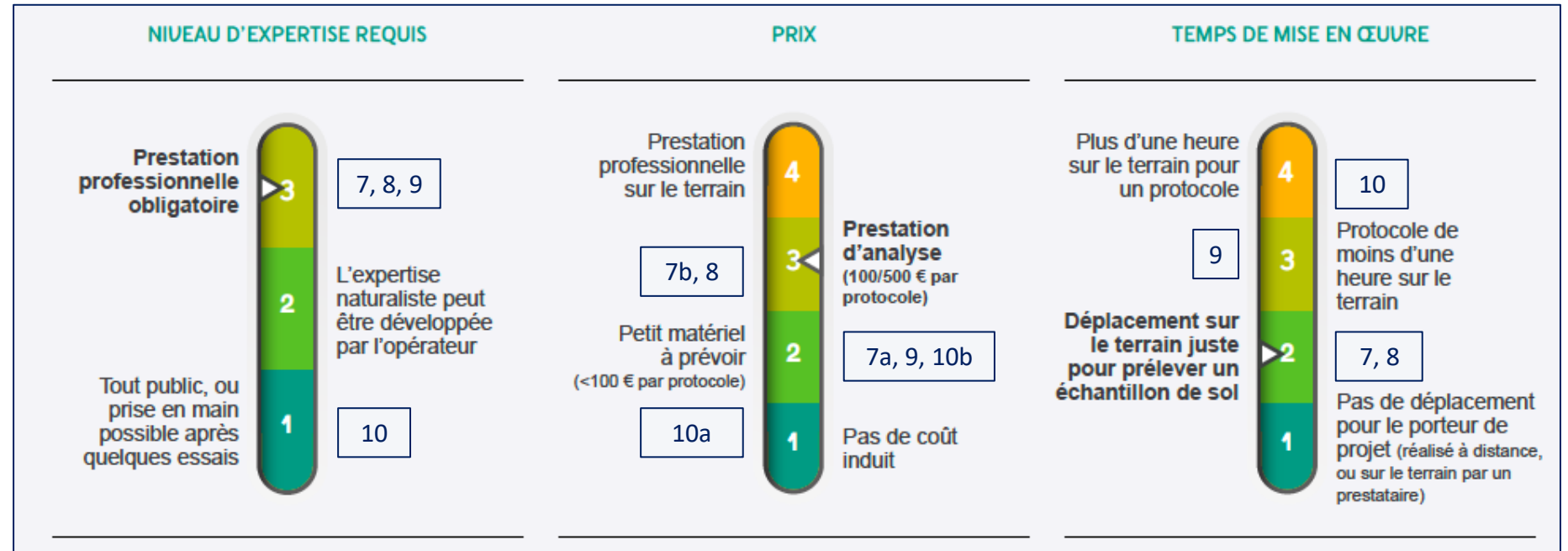
Leva-bag



10

Les vers de terre

- a. Test bêche
- b. Placettes (moutarde)





4 projets pilotes



> 128 Parcelles

Un salariable de coopérative :

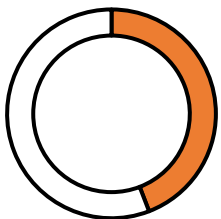
« Ce type de projet est un bon *outil d'animation* pour mobiliser les agriculteurs autour de thématiques émergentes comme la Biodiversité et permet d'*aller plus loin* que les démarches de certification classiques. »

MO	Activité	Microbio	Vers de terre
1 projet	4 projets	1 projet	2 projets

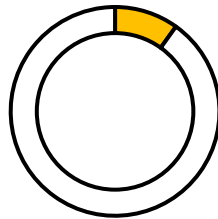
Un annuaire d'écologues et naturalistes

Sur 111 inscrits :

Vers de terre



Sols autres



Nos partenaires relais





Conclusion

- **Des outils opérationnels validés par la recherche existent** pour le diagnostic de la qualité microbiologique des sols

Comment favoriser la diffusion de ces méthodes ?

- **Un enjeu de sensibilisation** sur les rôles de la microbiologie des sols dans la production agricoles et les services écosystémiques
- **Un enjeu de coûts** : réduction du coût des analyses ? Ou objectivation ?
- **Un enjeu d'interprétation des résultats** :
 - Développement des **référentiels** (par culture, types de sols, zones géographiques ...)
 - Relier au **potentiel du sol** et aux **pratiques agricoles** : vers des outils d'aides à la décision ?
 - Formation des acteurs du **conseil agricole** (chambres, coopératives) ?



Merci pour votre attention!

