

BIOSPHERE

GEOSPHERE

Approches multimodales
(imagerie hyperspectrale 2D/3D
techniques de séquençage de
nouvelle génération)
à l'interface entre Science
de la Terre et Sciences du
vivant

Equipe Géomicrobiologie
IPGP



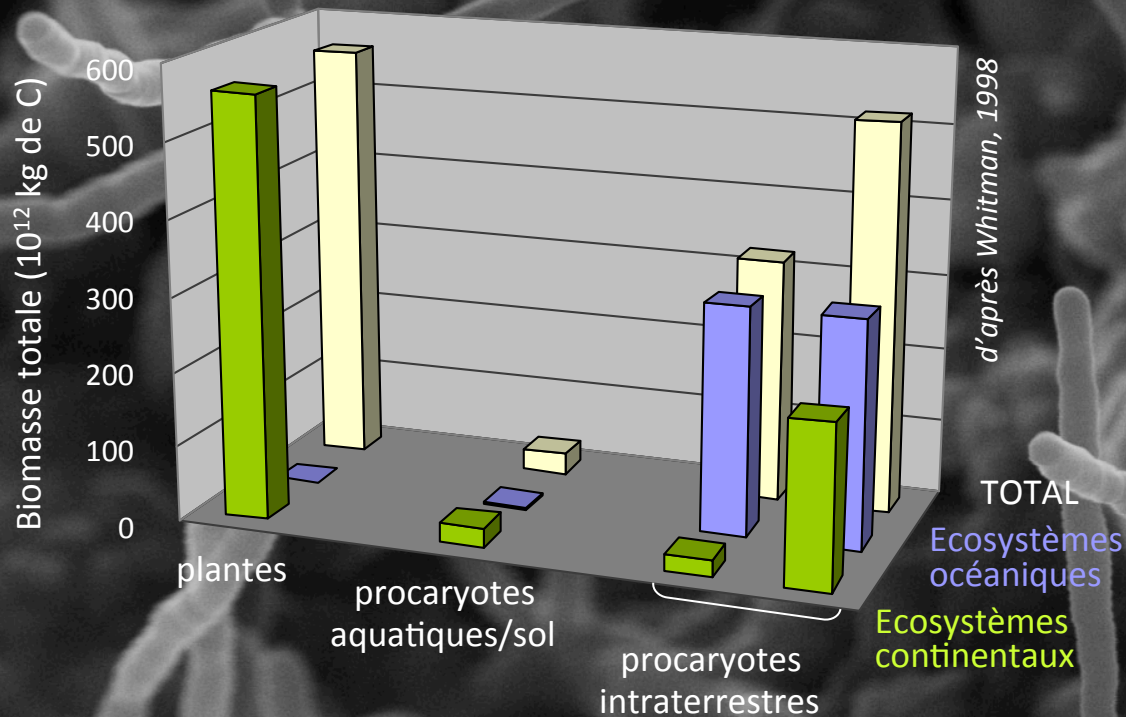
Intraterrestres

Les microorganismes colonisent toutes les roches, tant que la température, la porosité, la présence d'eau, de sources d'énergie et de carbone le permettent

- espèces inconnues aux caractéristiques biochimiques et physiologiques uniques
- jusqu'à 10 km de profondeur
- 10^3 à 10^8 individus/ml d'eau ou mg de sédiment-roche



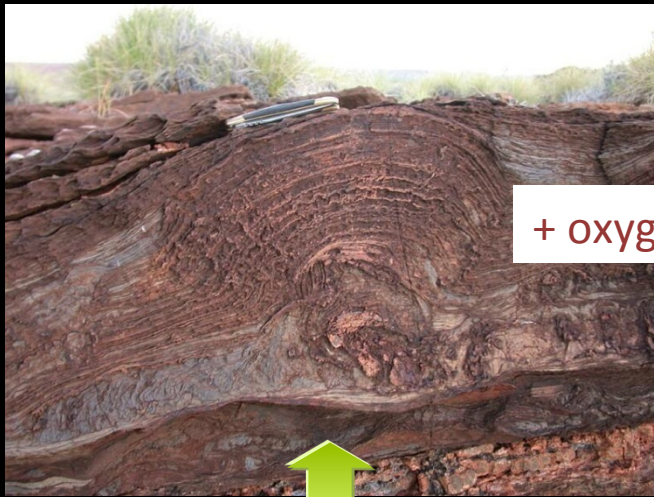
conséquent si intégré sur l'ensemble de la croûte océanique/continentale



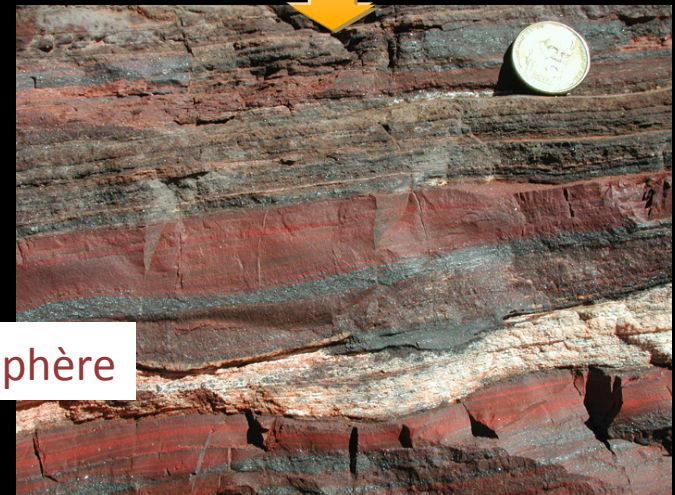
La biosphère profonde : un compartiment oublié dans les bilans globaux ?

Hamersley Basin, Australie : **dépôts de fer rubané (BIF)** - 2,5 Ga
= *essentiel des réserves en fer sur la planète Terre*

= activité de microorganismes
(photosynthèse, méthanotrophie,
réduction des sulfates)



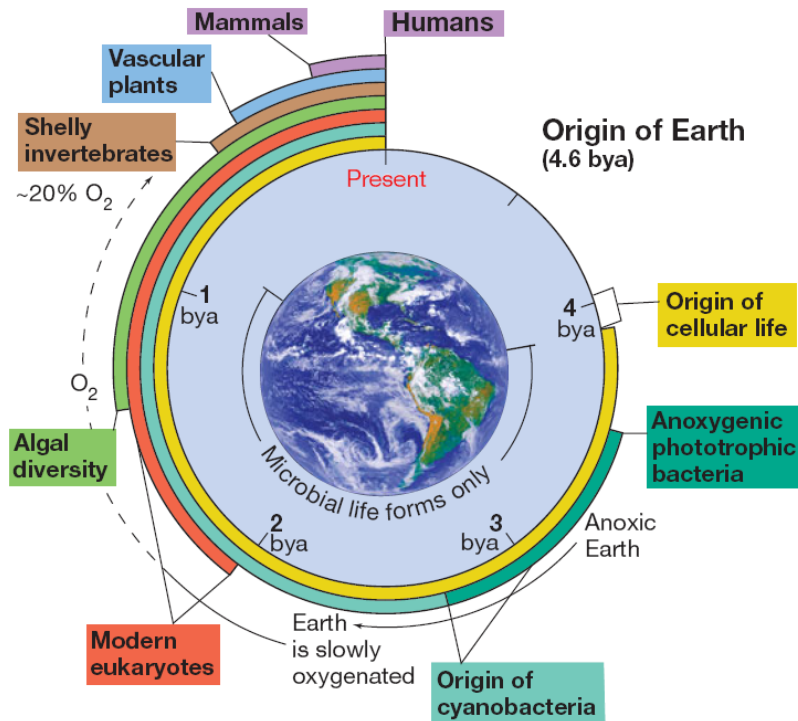
+ oxygénation de l'atmosphère



= activité microbienne photosynthétique
anoxygénique ou oxygénique

Fortescue Excursion, Australie : **première grande plateforme carbonatée** - ~2,7 Ga





80% de l'histoire de la vie sur Terre est exclusivement microbienne

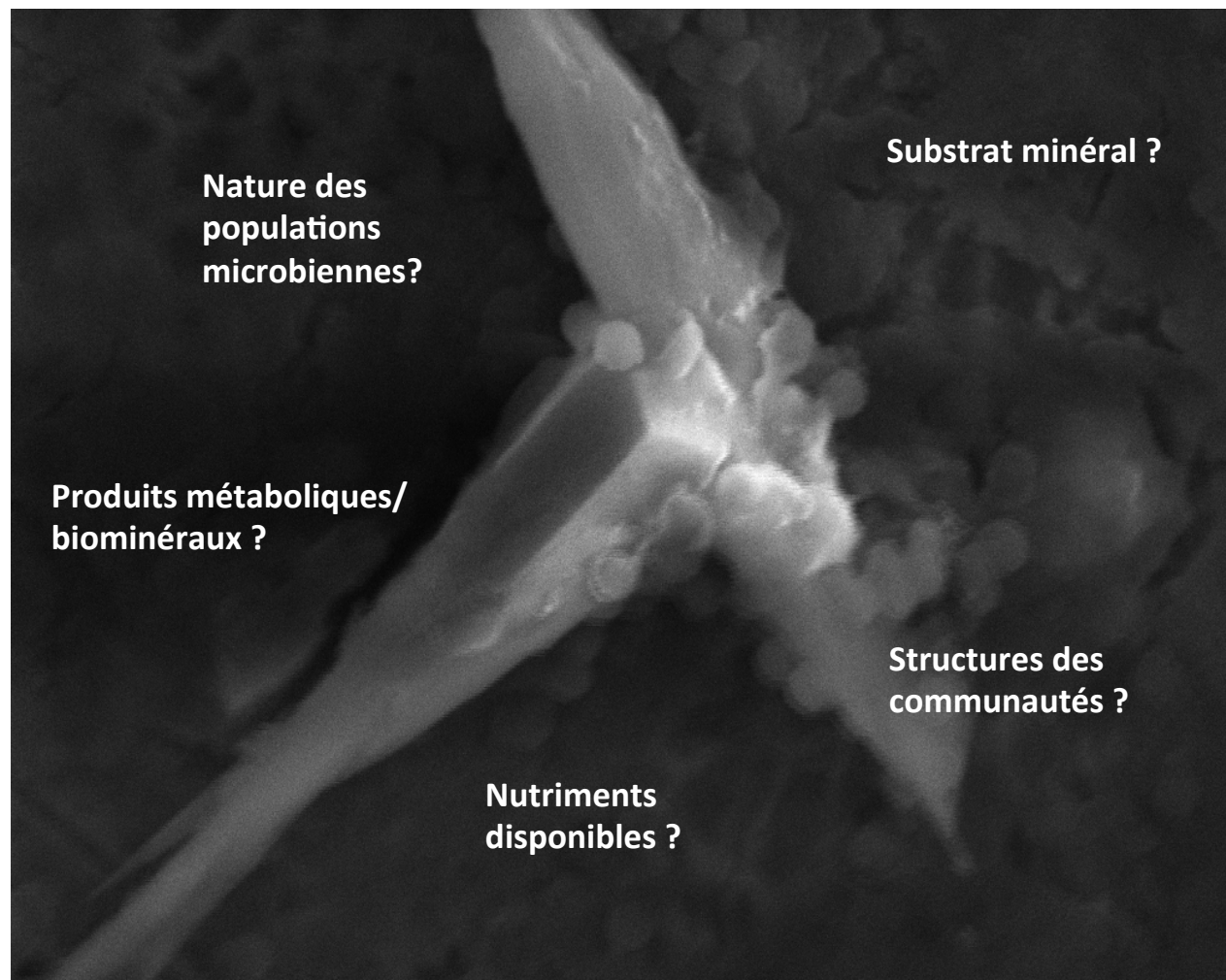
Fortes interactions des microorganismes avec la lithosphère tout au long de l'histoire de la Terre



Impact sur les grands cycles géochimiques globaux



Nécessité d'explorer ces systèmes pour comprendre les processus et quantifier les flux



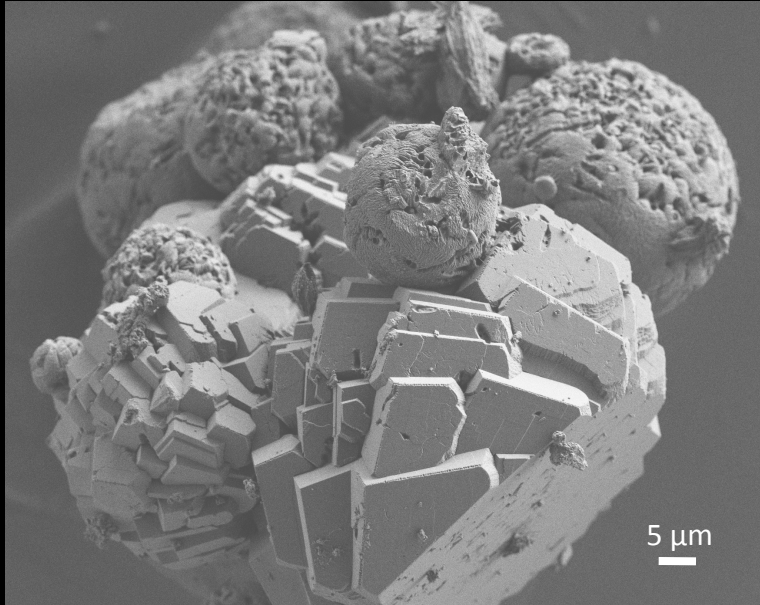
Peu de méthodes sont appropriées pour sonder les écosystèmes en milieu minéralisé ou les traces organiques très anciennes



exploration limitée de la diversité métabolique, des sources d'énergie et des transformations biogéochimiques

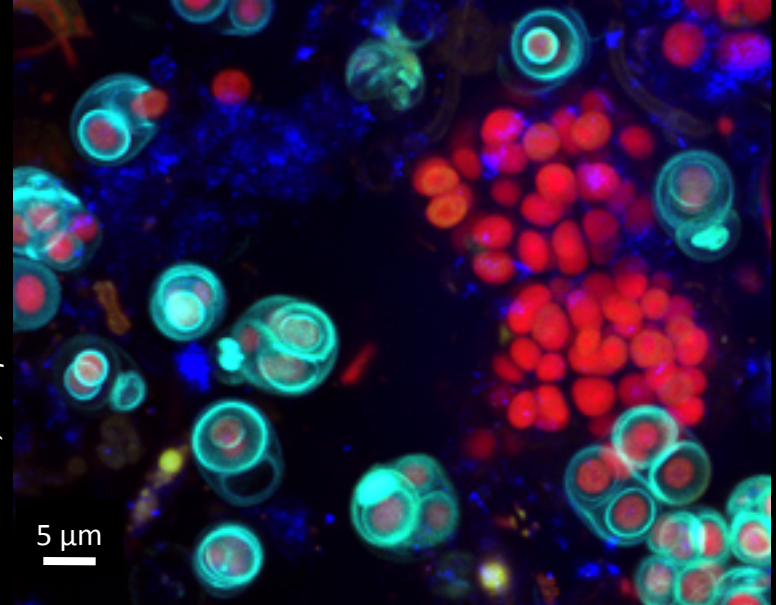
Assemblages minéraux/microorganismes

vus au microscope électronique à balayage



Ménezz et al., non publié

vus au microscope confocal à balayage laser

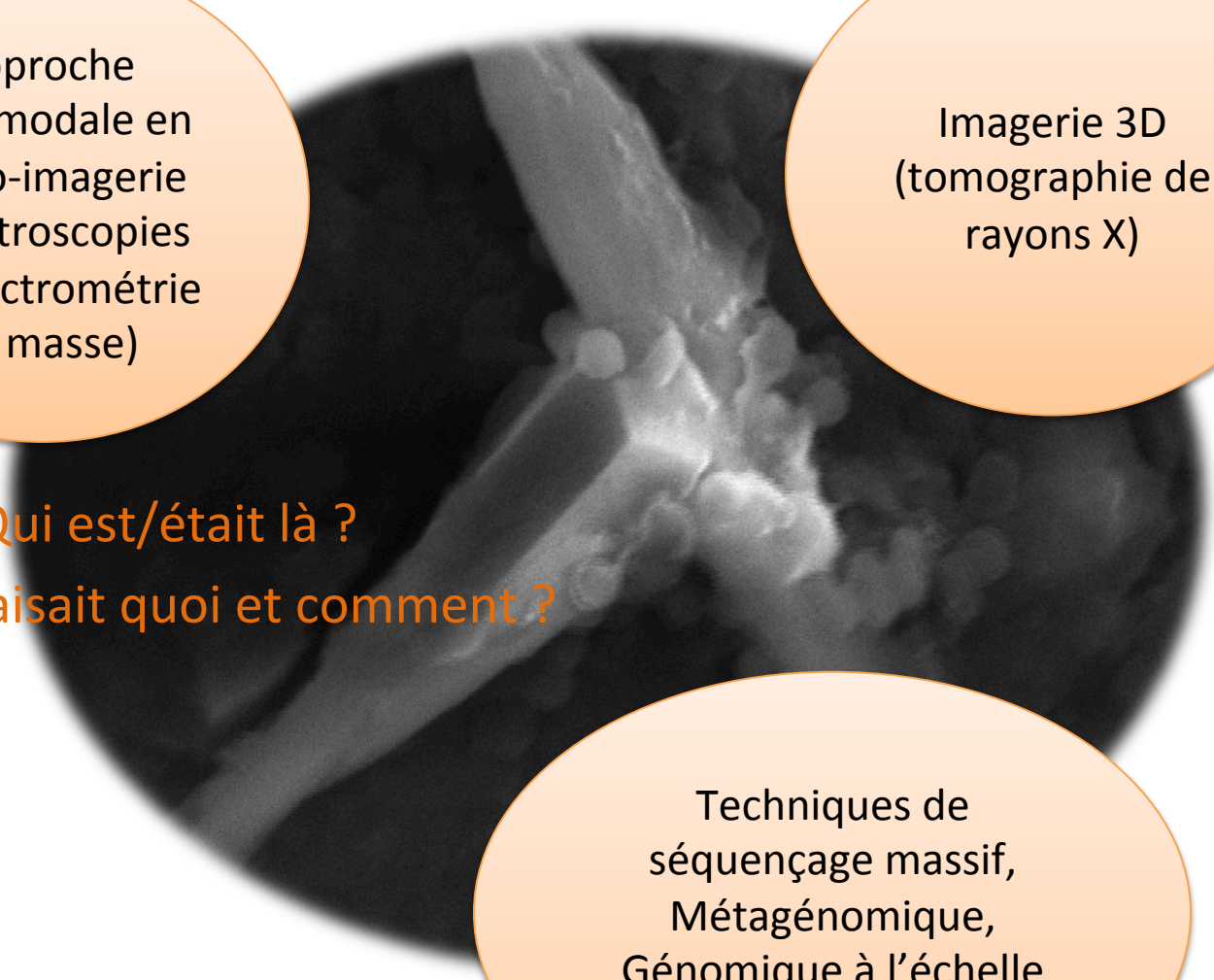


Gérard et al., non publié



Diversité minéralogique, génétique et métabolique
à l'échelle micrométrique

Approches développées générant des flux et quantités de données importants



Approche multimodale en micro-imagerie (spectroscopies et spectrométrie de masse)

Imagerie 3D (tomographie de rayons X)

Qui est/était là ?

Qui fait/faisait quoi et comment ?

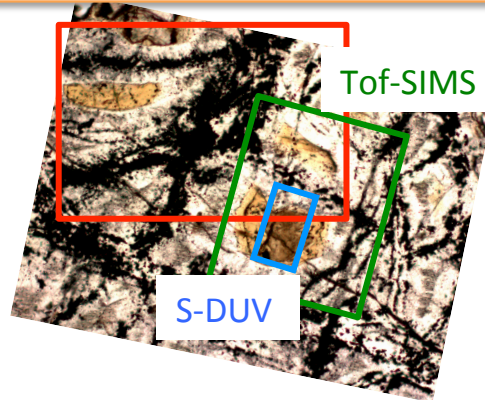
Techniques de séquençage massif, Métagénomique, Génomique à l'échelle de la cellule unique

Approche multimodale en micro-imagerie (spectroscopies et spectrométrie de masse)

S-FTIR

Tof-SIMS

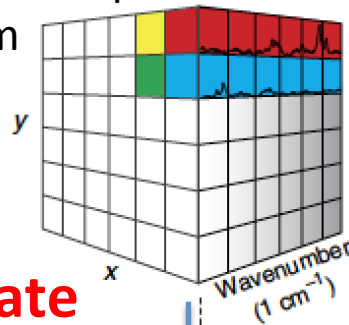
S-DUV



2D/3D Hyperspectral Maps

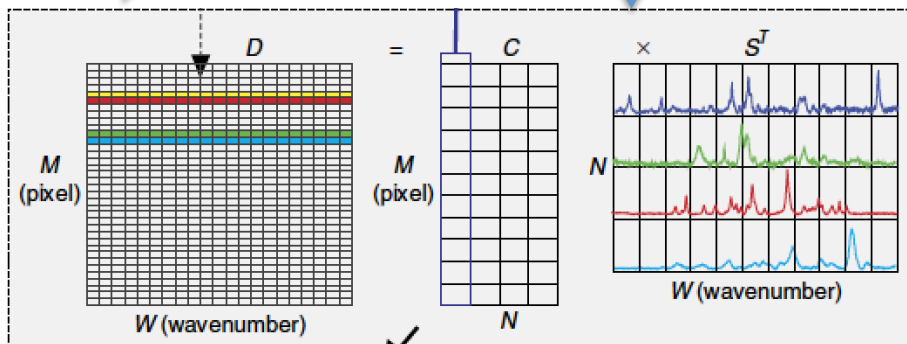
1 pixel = 1 spectrum

1 map = XX spectra



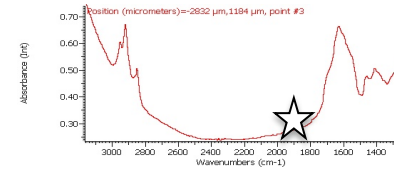
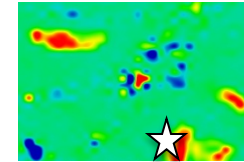
Multivariate analyses

Felten et al. 2015

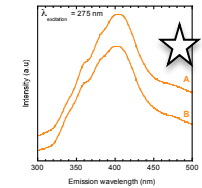
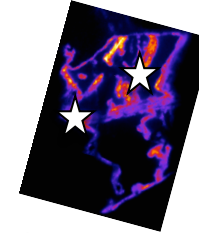


1 map = 50 Mo à 3 Go

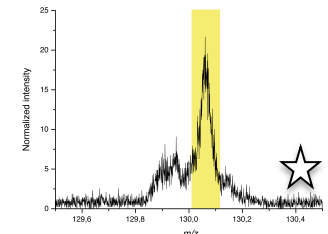
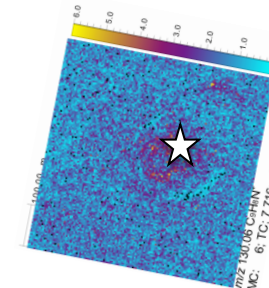
S-FTIR



S-DUV

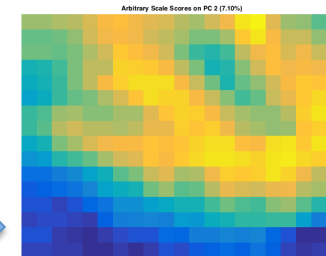


Tof-SIMS

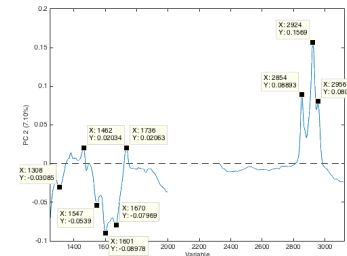


Ménez et al., Pisapia et al. *in prep*

PCA



MCR?

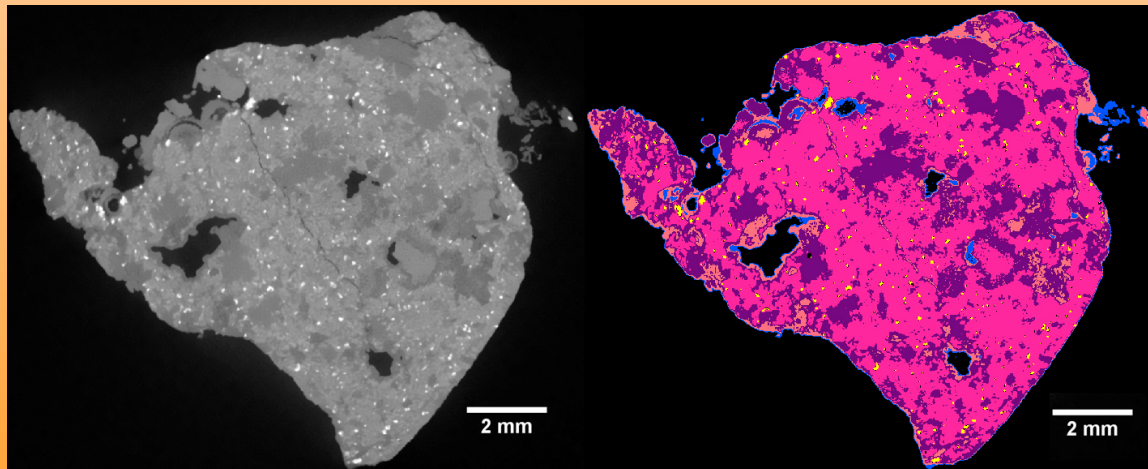


μtomography and synchrotron radiation x-ray tomographic microscopy (SRXTM)

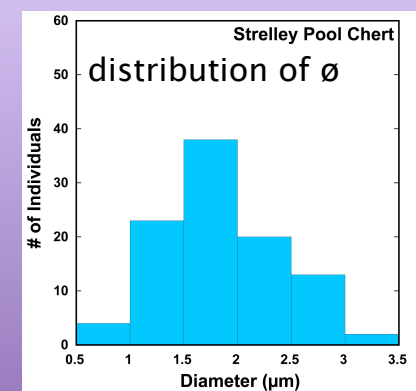
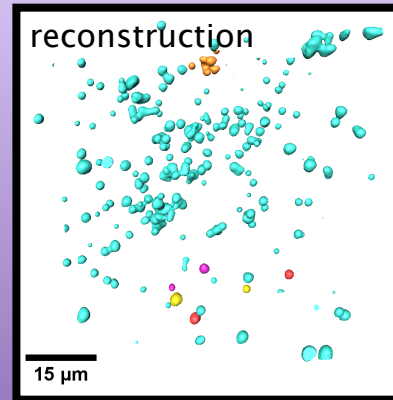
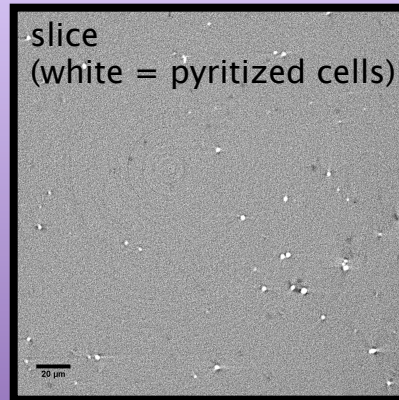
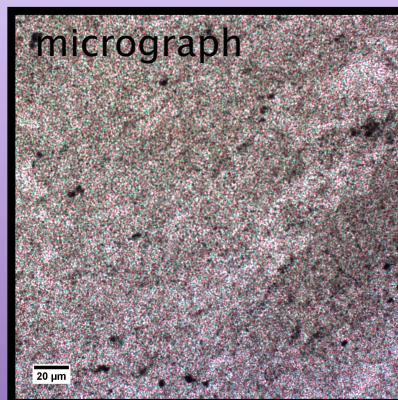
- Non-destructive 3D imaging and reconstruction based on density variations within a sample
- Can be used to digitally reconstruct grain distribution, porosity, etc in 3D
- Can be used to image fossilized material within rock, including cells

5-10 Gb per data set
2-20 μm per voxel resolution

26-58 Gb per data set
165-665 nm per voxel resolution

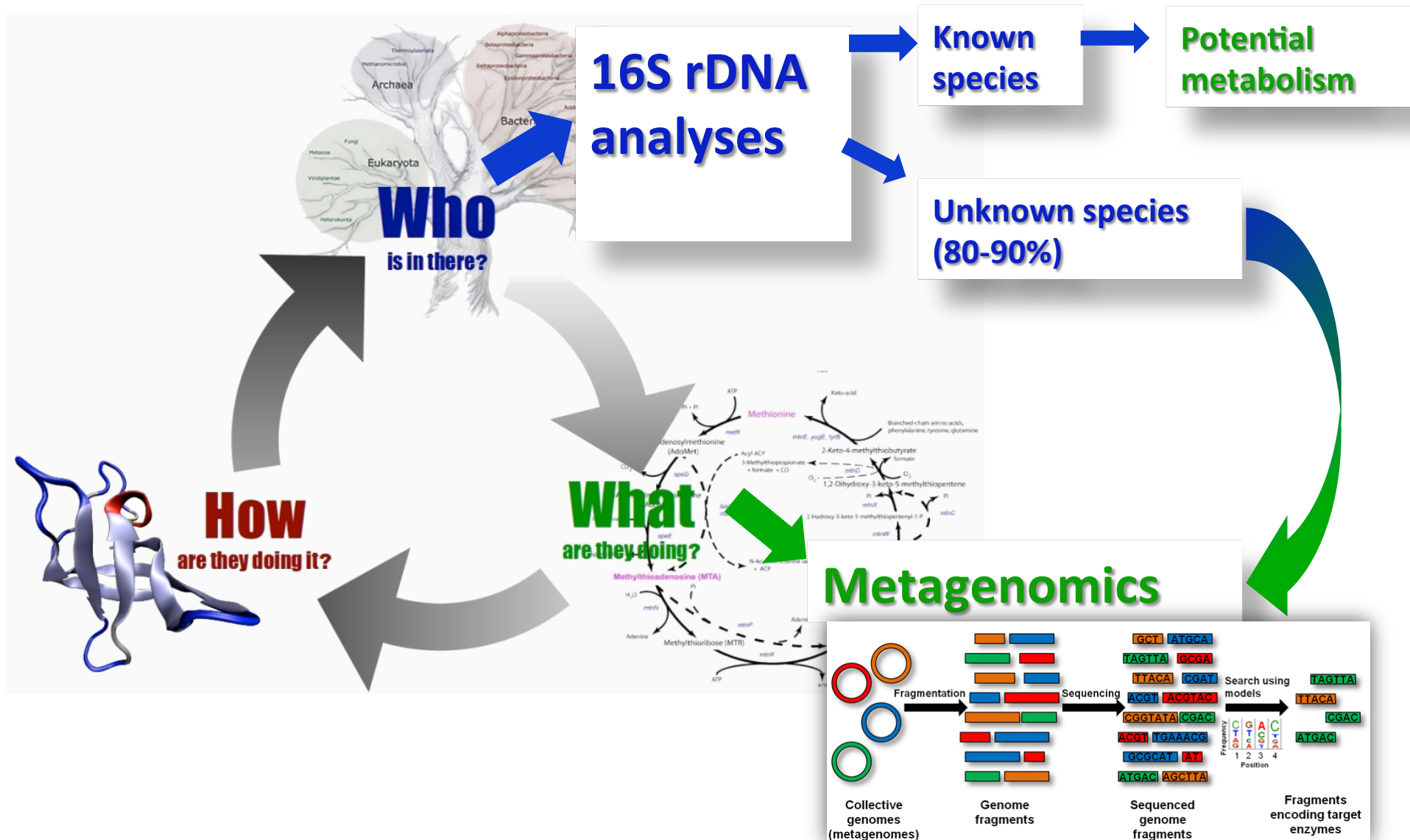


- 3D reconstructions created via thresholding based on greyscale.
- The process can triple the size of the data set.
- Both open and closed source software applications can be used

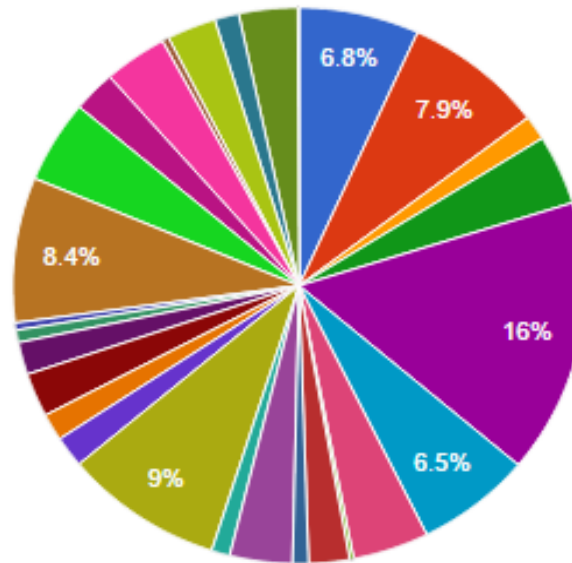


Microbial function: Metagenomics analyses

Can access the entire coding potential within an environmental sample , allowing to **link functional activity with phylogeny**.



Microbial function: Metagenomics analyses



- Amino Acids and Derivatives
- Carbohydrates
- Cell Division and Cell Wall
- Cell Wall and Capsule
- Clustering-based subfunctions
- Cofactors, Vitamins, Prosthetic Groups
- DNA Metabolism
- Dormancy and Sporulation
- Fatty Acids, Lipids, and Membranes
- Iron acquisition and metabolism
- Membrane Transport
- Metabolism of Aromatic Compounds
- Miscellaneous
- Motility and Chemotaxis
- Nitrogen Metabolism
- Nucleosides and Nucleic Acids
- Phages, Prophages, Transposons
- Phosphorus Metabolism
- Potassium metabolism
- Protein Metabolism
- RNA Metabolism
- Regulation and Cell Signaling
- Respiration
- Secondary Metabolism
- Stress Response
- Sulfur Metabolism
- Virulence, Disease and Host Interactions

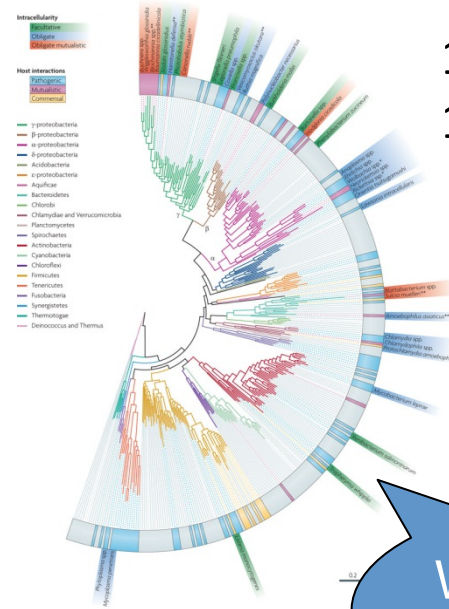
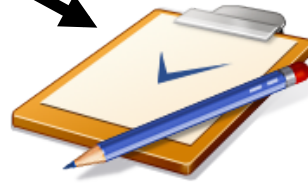
The metagenomics analyses allows us to detect the major metabolisms in the genomes of the microbial communities.



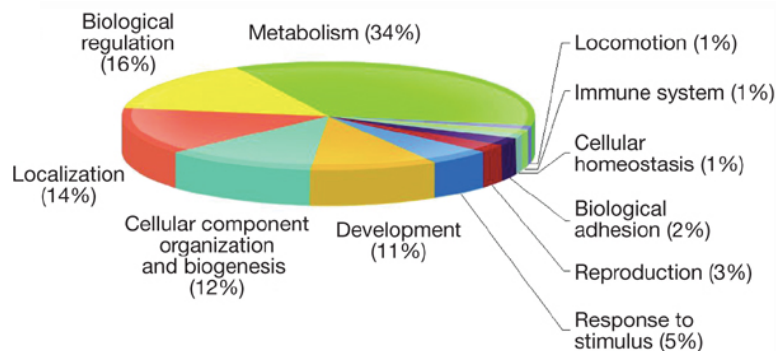
16S rRNA
18S rRNA
ITS
etc

What does it mean?

Quality control



**High
computing
power
required!**

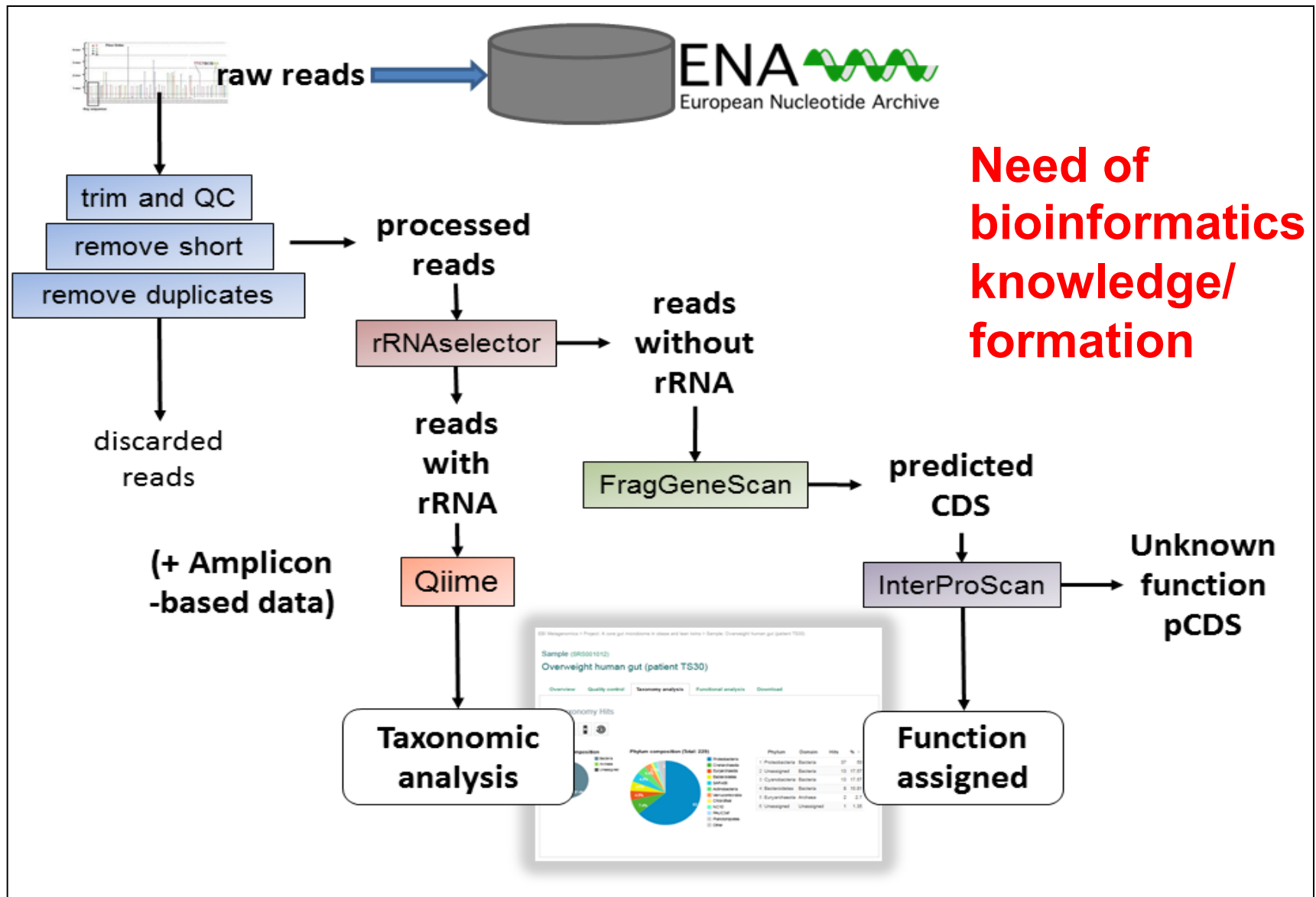


Functional analysis

Identification and characterisation of protein coding sequences

5 Gb par échantillons - x4-5 après analyse

Microbial function: Metagenomics analyses



Formation on Bioinformatics: The European Molecular Biology Laboratory

Heidelberg



Hamburg



Hinxton, Cambridge



Grenoble



Monterotondo, Rome

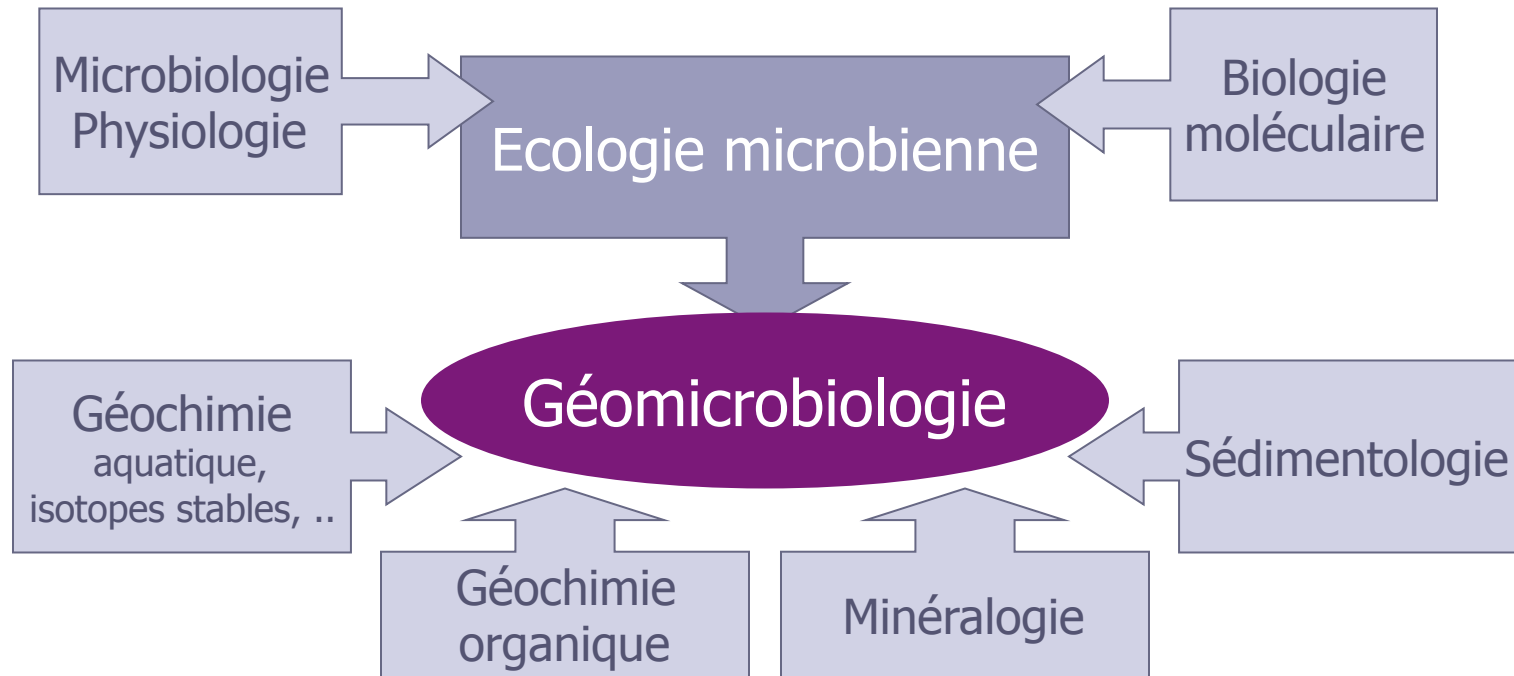


EMBL staff:

1500 people

- le contenu doit être du type : le sujet sur lequel vous bossez, les outils que vous utilisez pour générer, stocker, traiter, etc vos données, les besoins/intérêts par rapport à des actions communes, les formations en lien avec votre activité, les liens et/ou place par rapport à l'international.

Une science interdisciplinaire avec entre autres ...



But commun :

Qui est là ?
Qui fait quoi et comment ?