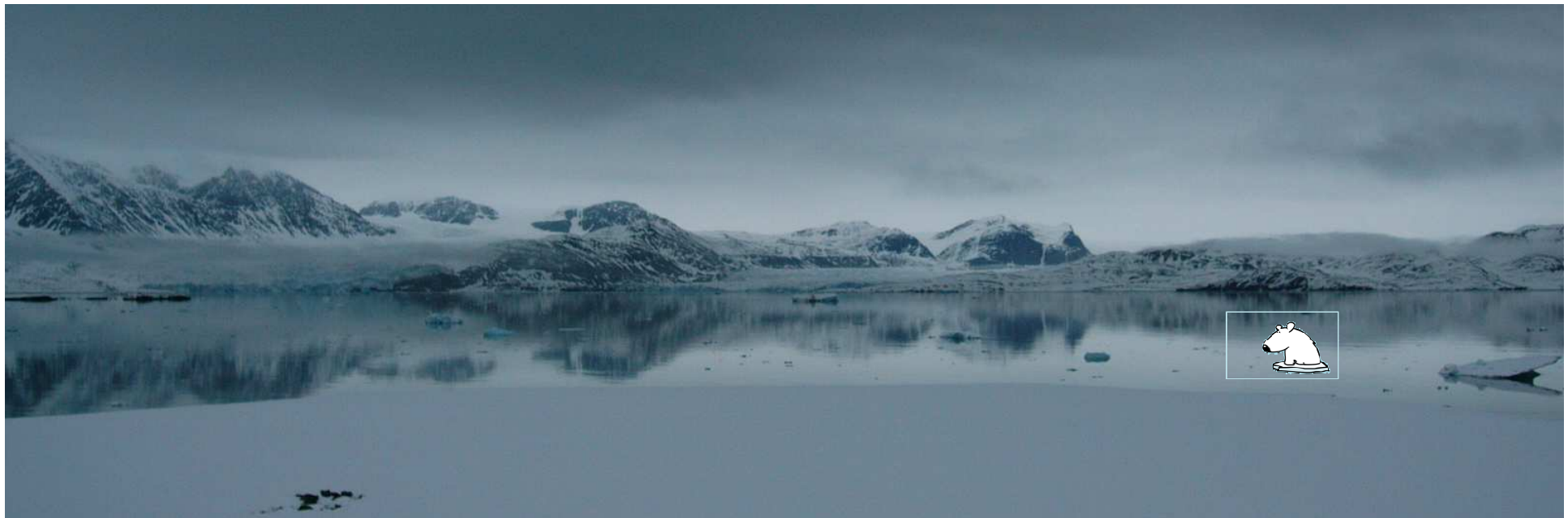




Atelier Neige OSUG – Saint-Martin d'Hères, 10 Octobre 2014

La vie (microscopique) dans la neige arctique

Métagénomique bactérienne de la neige



Catherine Larose & Aurélien Dommergue
Et les contributions de : Lorrie Maccario, Timothy M. Vogel



Ha, l'Arctique!





Que contient la neige?



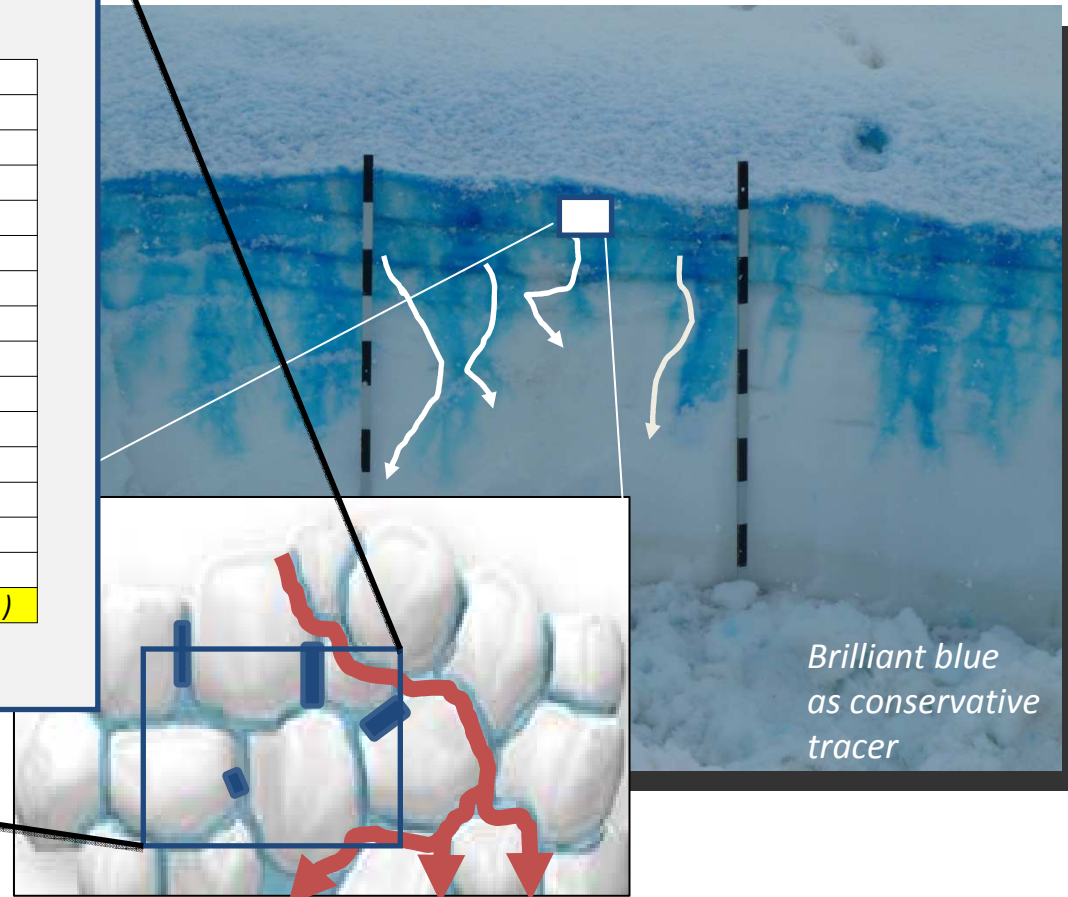


Le manteau neigeux

Pour 1 litre d'eau, on a*:

*moyenne de 2 mois de collecte de neige au Svalbard

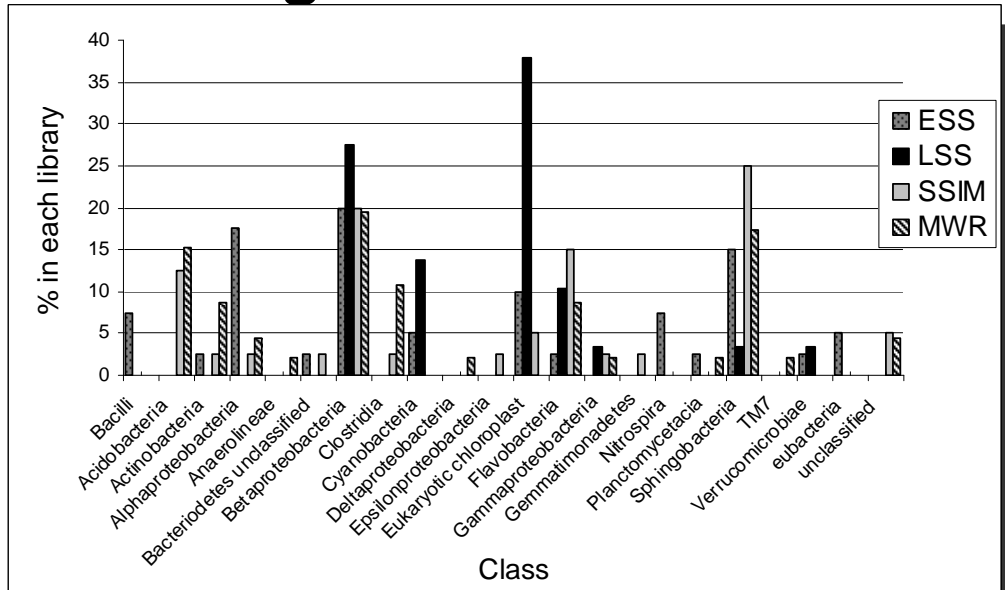
Élément	Masse en mg
du colorant bleu	
H ₂ O	~999 980
Na ⁺	2.800
Ca ²⁺	0.750
Sulfate	0.830
Nitrate	0.110
K ⁺	0.100
Br ⁻	0.013
Ammonium	0.062
MSA	0.030
F ⁻	0.0013
Li ⁺	0.000066
Mercure	0.000012
Carbone organique (DOC)	0.400
Cellules bactériennes	0.001-0.00001 (10⁶-10⁸ cell.)



From A. Lazzaro



La neige comme habitat



Une communauté microbienne variée comprenant algues, champignons et bactéries se retrouve dans la neige

Carpenter *et al.*, 2000, Skidmore *et al.*, 2007, Hoham and Duval, 2001, Larose *et al.*, 2010, Harding *et al.*, 2011, Hell *et al.*, 2013, Larose *et al.*, 2013)

Common characteristics of bacteria isolated from different cryosphere environments suggest some form of selection.

Que change la présence de micro-organismes dans notre façon d'appréhender la (physico) chimie de la neige ?



Caractériser des communautés microbiennes

Différentes approches qui permettent de caractériser des populations microbiennes

LA CULTURE *IN VITRO*

➡ ÉTALEMENT D'UN ÉCHANTILLON SUR UN MILIEU DE CULTURE SOLIDIFIÉ

➔ Développement de colonies bactériennes isolées



ANALYSE DES BACTÉRIES

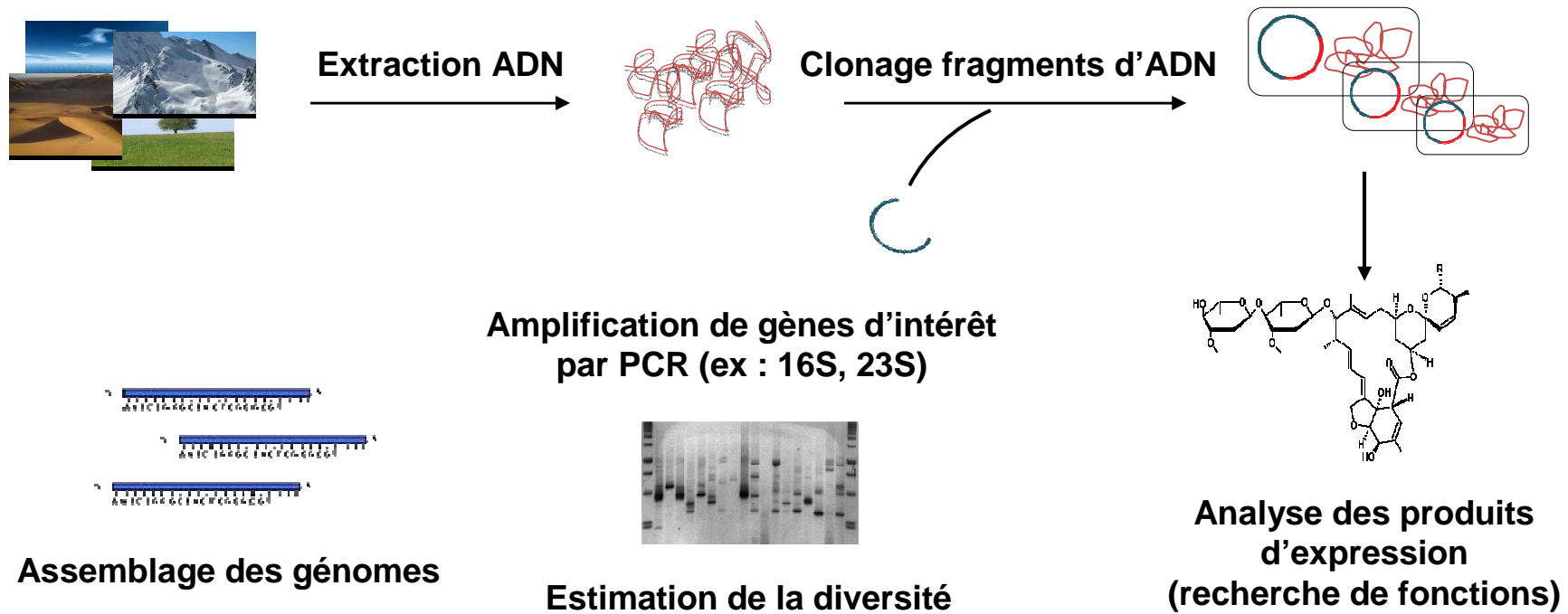
- Identification taxonomique
- Identification fonctionnelle

Sélection sur milieu
de culture



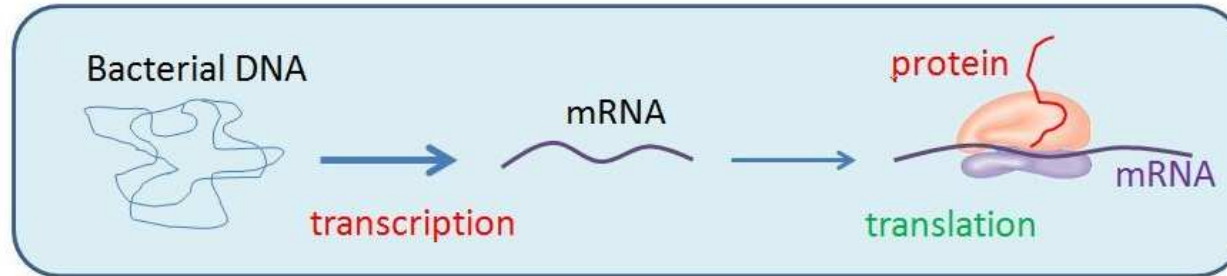
APPROCHE INDÉPENDANTE DE LA CULTURE : LA MÉTAGÉNOMIQUE

➤ ANALYSE DE L'ADN BACTÉRIEN DIRECTEMENT EXTRAIT DE L'ENVIRONNEMENT





Caractériser des communautés microbiennes

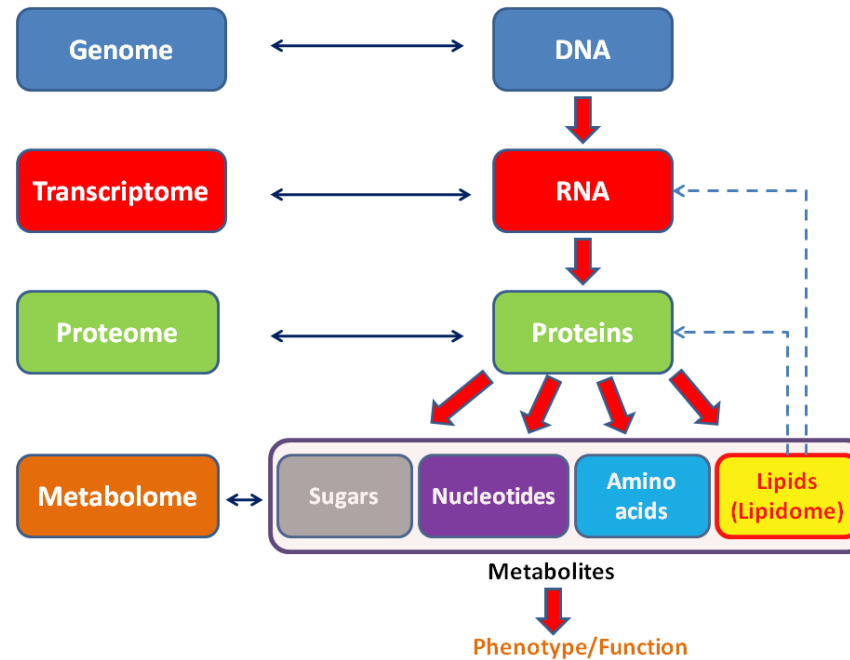


Ce qu'elles peuvent faire →

Ce qu'elles veulent faire →

Comment elles le font →

Ce qu'elles font →

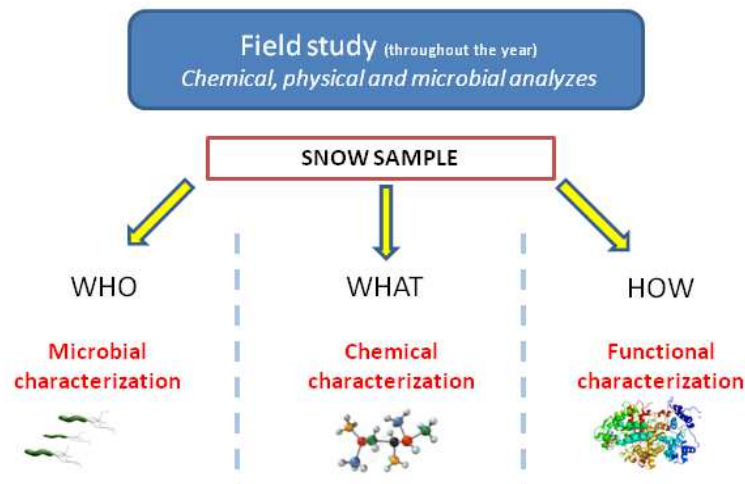




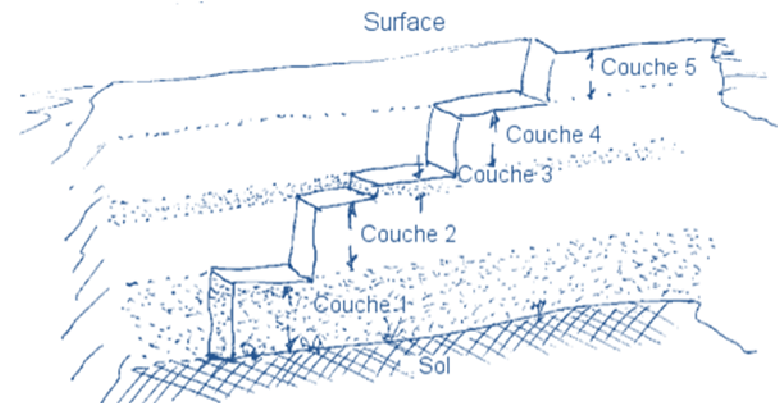
Microbiologie et chimie du manteau neigeux

Cas du manteau neigeux du Svalbard

- Five years of field data over different seasons (winter, spring, melt...)
- Taxonomic data (16S amplicons and phylochip)
- Functional data (454 pyrosequencing DNA and cDNA libraries)
- Chemical data (cations, anions, organic acids, mercury chemical species)



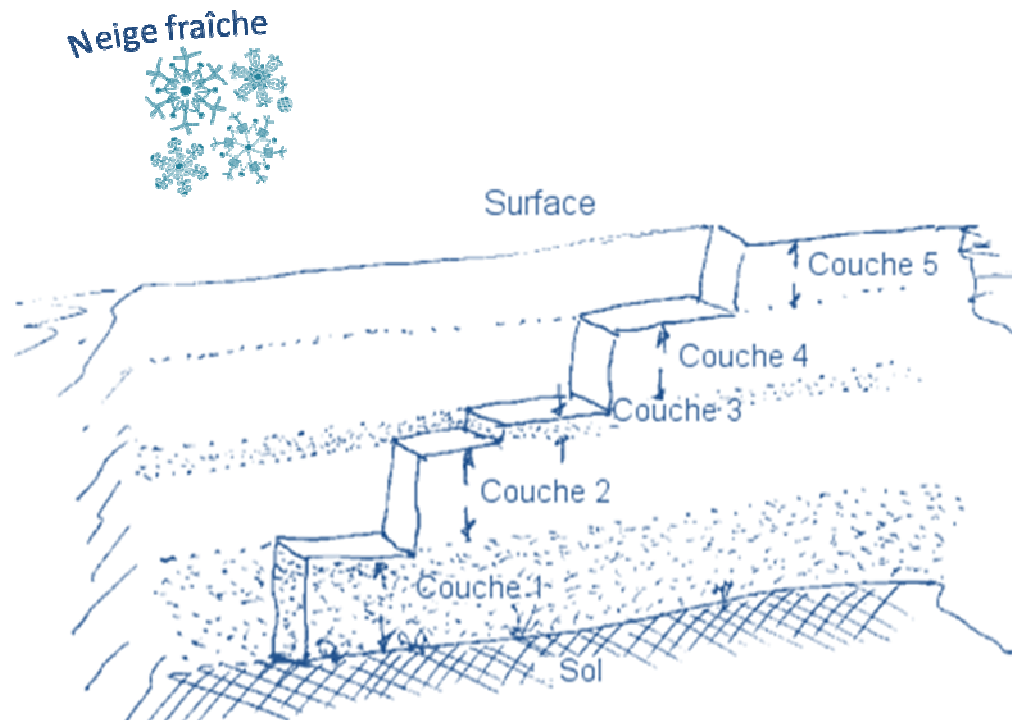
Surface snow: Daily sampling
 Snow pit, different layers: 2-3 times a week





Microbiologie et chimie du manteau neigeux

Une communauté microbienne variée comprenant champignons et bactéries se retrouve dans la neige (outils métagénomiques)



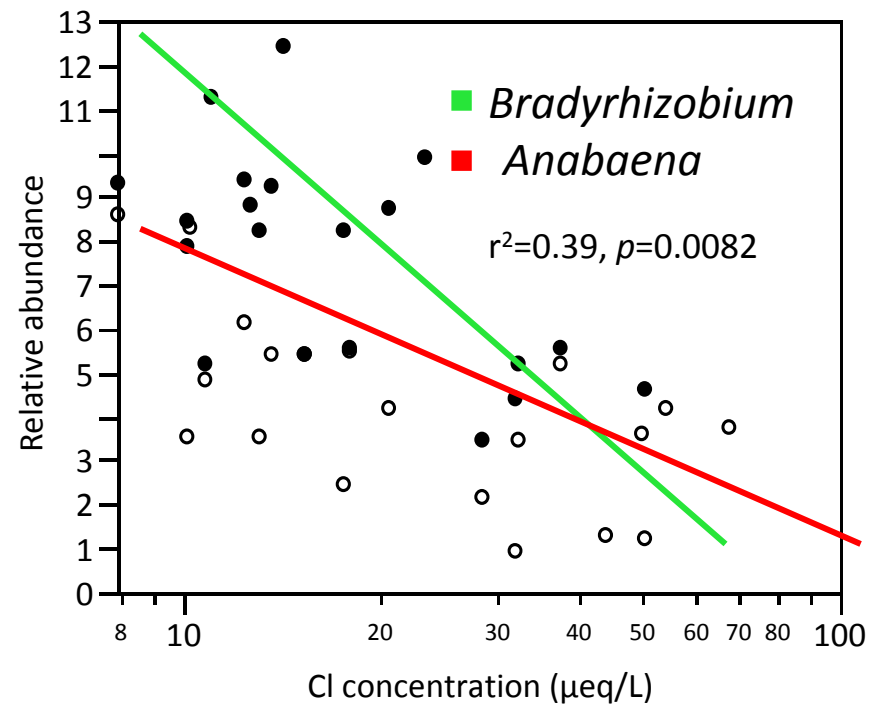
STRATIFICATION DES COMMUNAUTES BACTERIENNES, Chaque couche possède une signature microbiologique et chimique propre



Microbiologie et chimie du manteau neigeux

Structure des communautés microbiennes est dynamique et semble liée à la composition chimique de la neige

Exemple :

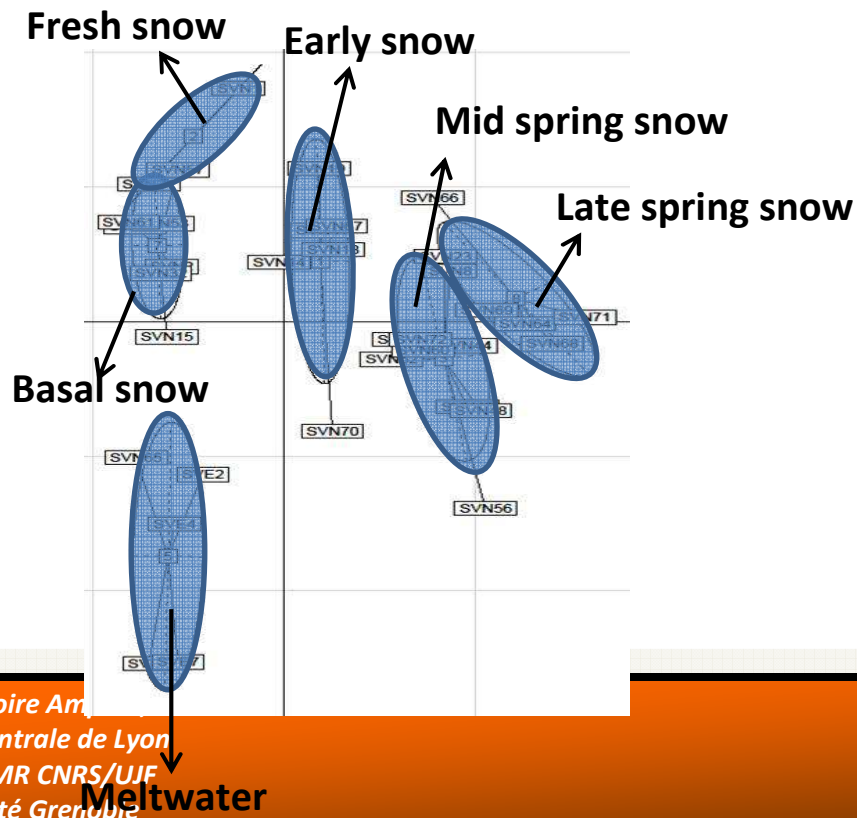




Microbiologie et chimie du manteau neigeux

Structure des communautés microbiennes est dynamique (analyses multivariées) et corrélée à la chimie du manteau neigeux

Co-inertia analysis demonstrated that snow chemistry and microbiology are linked (Larose et al. 2013)
($p=0.006$, 10 000 permutations)

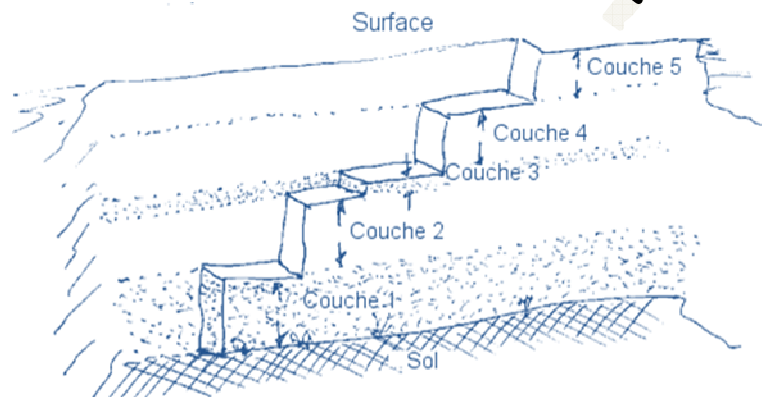
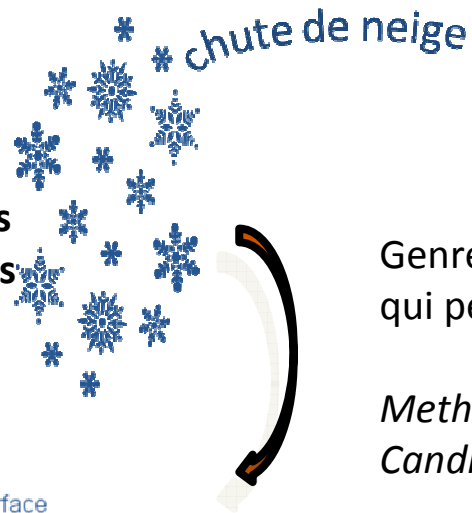


- ✓ Lien statistique significatif entre les mondes biotiques et abiotiques
- ✓ Chaque groupe d'échantillons a une signature chimique et microbiologique propre
- ✓ Certains composés (azote, soufre, mercure) jouent un rôle important dans la dynamique des communautés



Origine des micro-organismes

Plus grande diversité, détection de tous les genres bactériens retrouvés dans les autres types de neige



Genres dominants sont des pathogènes de plantes qui peuvent avoir une activité de nucléation de glace

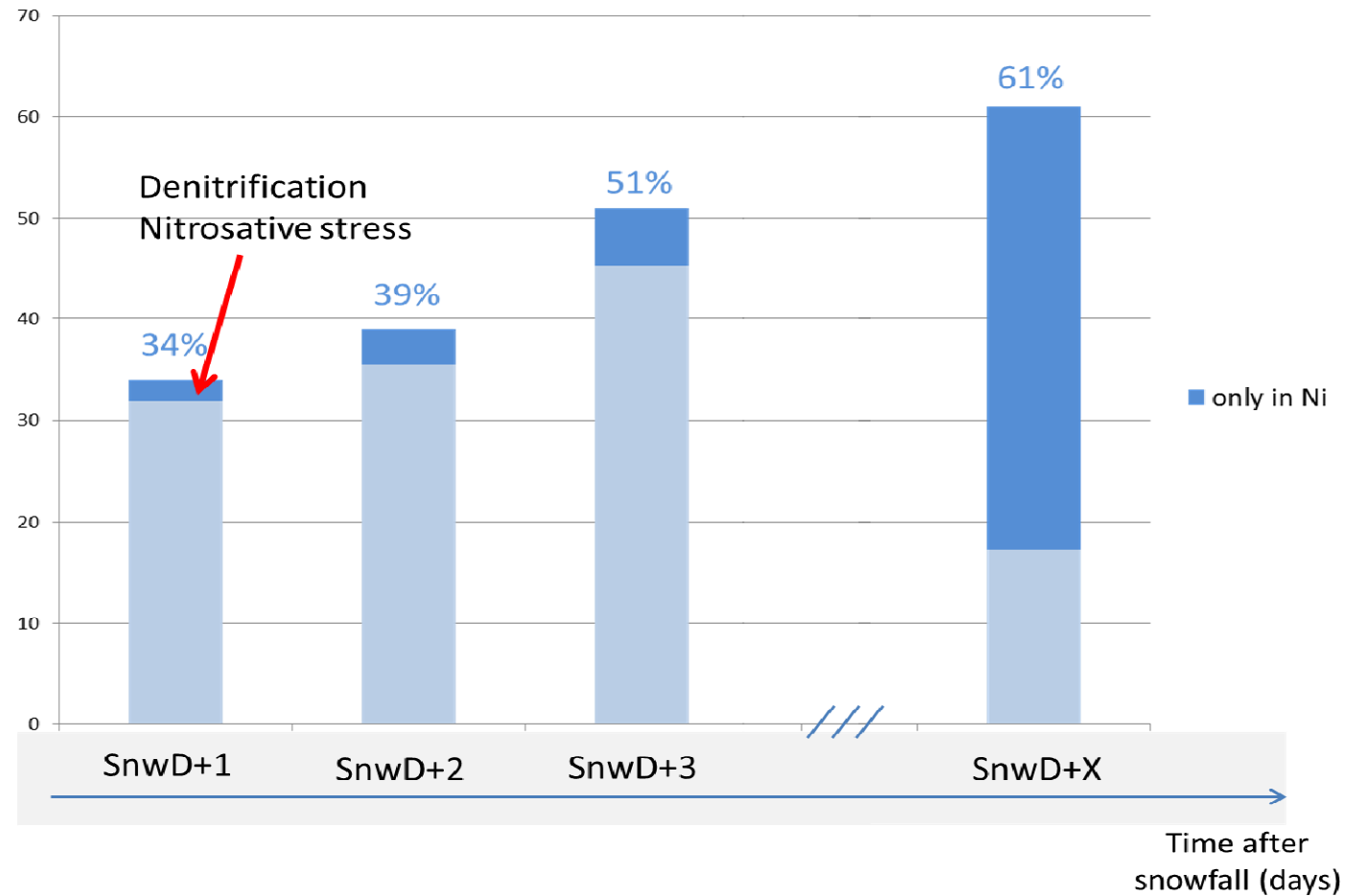
Methylobacterium, Bradyrhizobium, Agrobacterium, Candidatus Liberibacter

Mais, la structure des communautés va revenir à l'état précédent la chute de neige : sélection post-dépôt



Origine des micro-organismes

% of functional subsystems not detected in the atmosphere



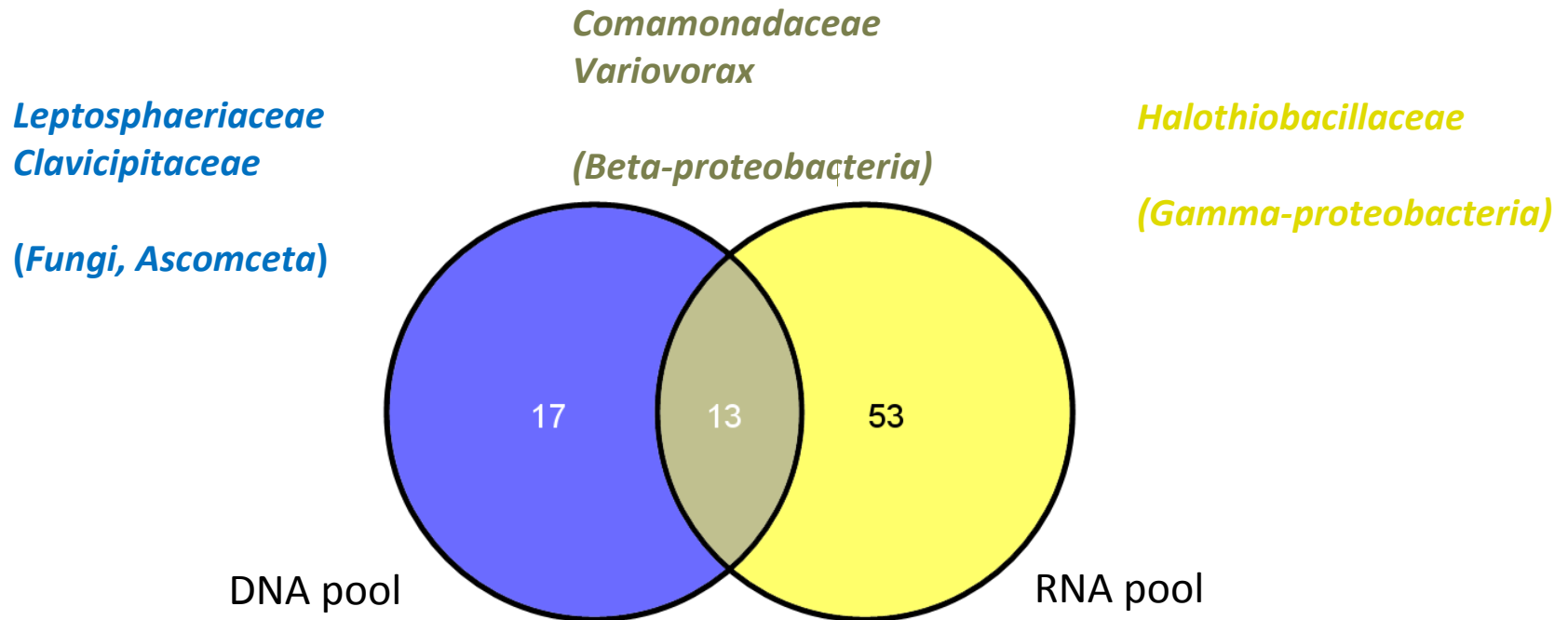


Que change la présence de micro-organismes dans notre façon d'appréhender la (physico) chimie de la neige ?

- Selon les analyses ADN-chimie, il semblerait que la structure des communautés microbiennes varie en fonction de la chimie de la neige
- Les bactéries sont-elles « passives » ou contribuent-elles aux cycles biogéochimiques dans la neige ?

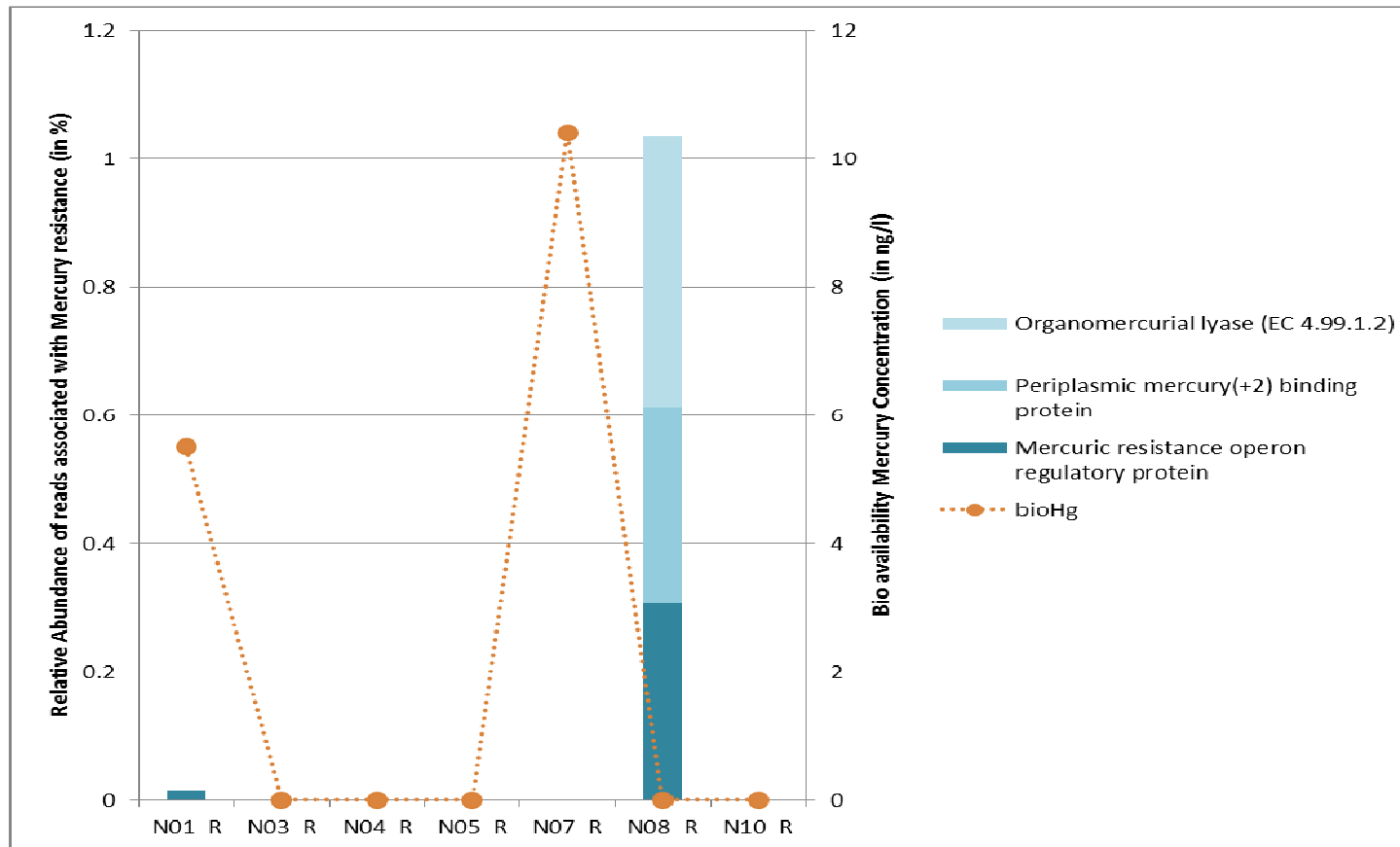


Les micro-organismes ne sont pas dans un état végétatif !



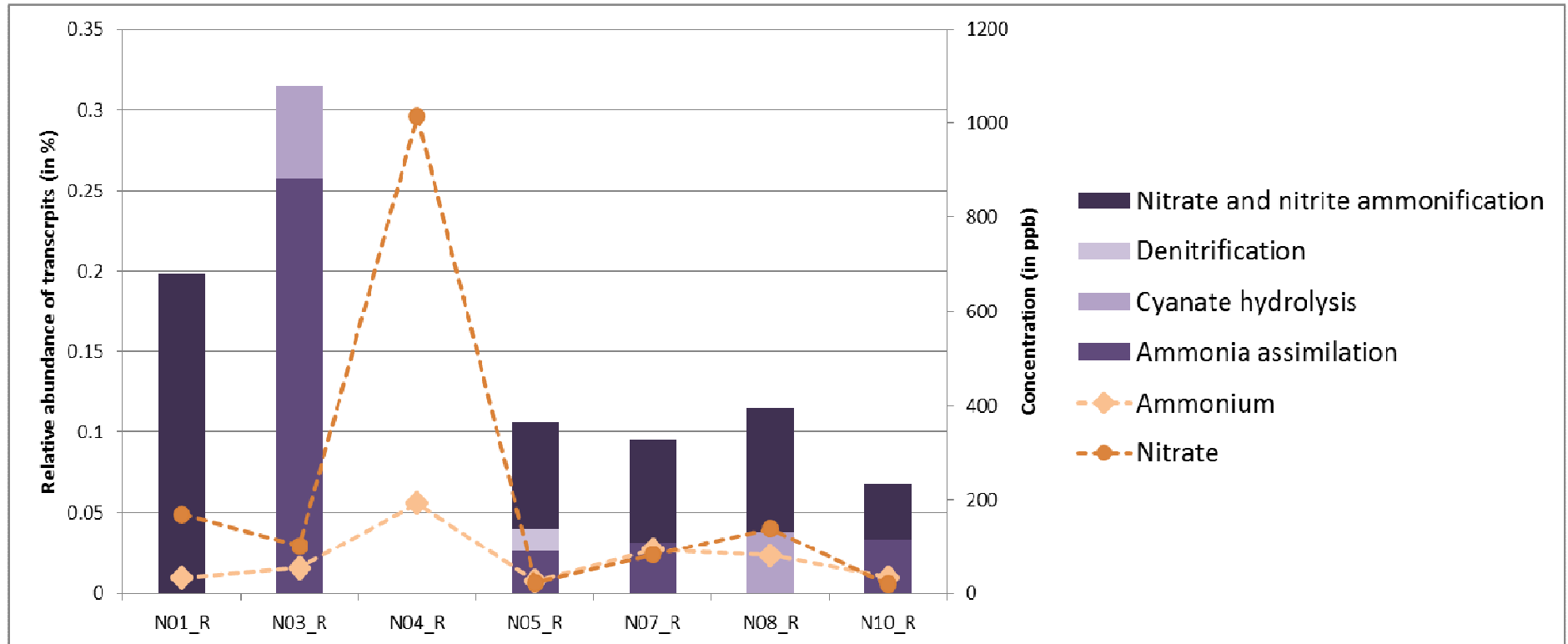


Evolution de l'ARN des communautés microbiennes en réponse au changements environnementaux (chimiques)



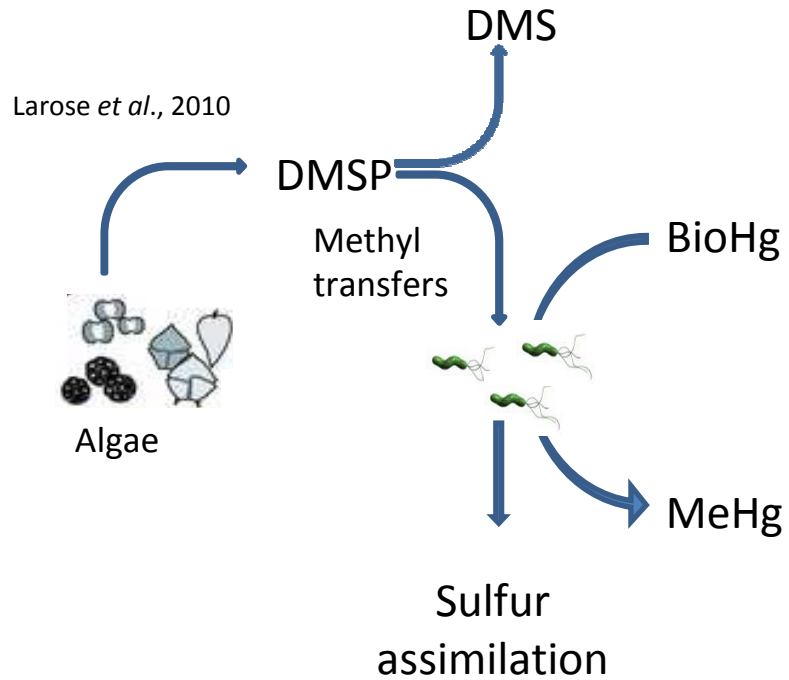


Evolution de l'ARN des communautés microbiennes en réponse au changements environnementaux (chimiques)

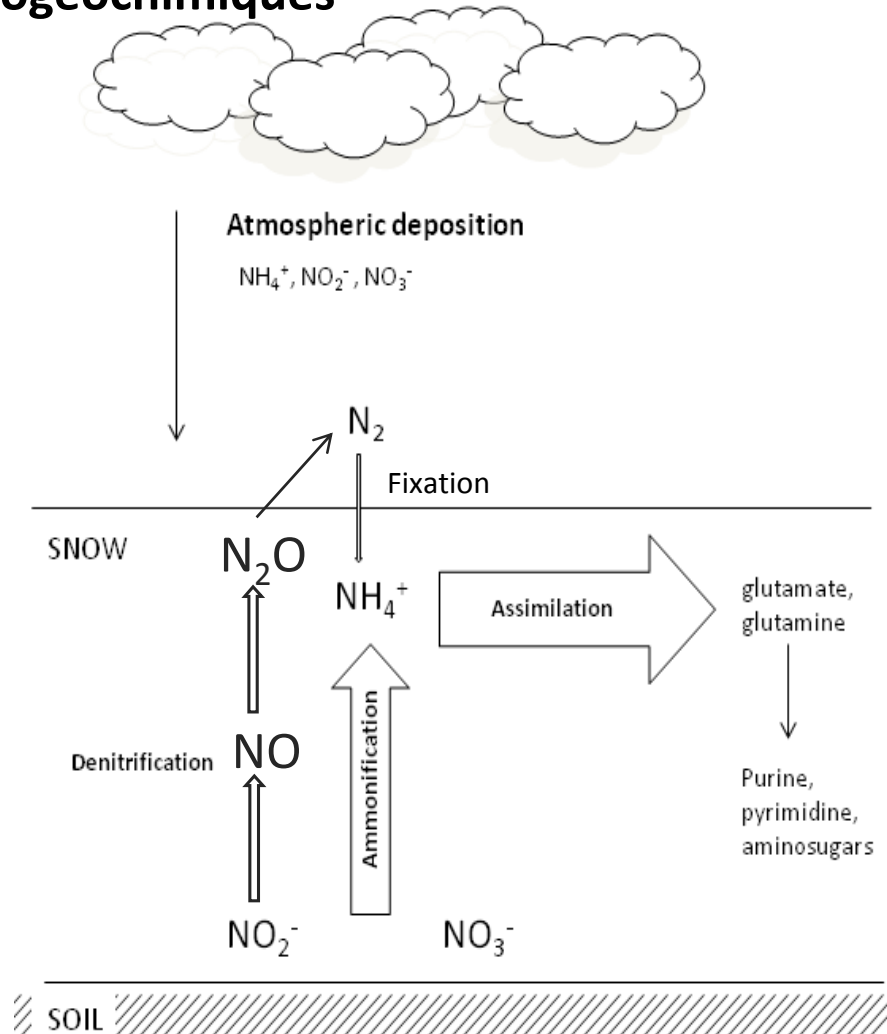




Contributions possibles aux cycles biogéochimiques



**Aerobic mercury methylation :
Link between sulfur and mercury cycling
and microorganisms**



Larose *et al.*, 2013



Conclusions et perspectives

- La neige **est** un écosystème
- Une forme de sélection façonne les communautés microbiennes et leurs fonctions en Arctique:
 - À grande échelle: i.e. facteurs géographiques
 - A petite échelle (niche): le micro-environnement sélectionne
- Les microorganismes semblent réagir à des changements chimiques de leur environnement, peuvent-ils modifier de façon significative les cycles biogéochimiques?
- D'où viennent ces microorganismes (sols, dépôts secs, précip, transport moyen/longue distance) et comment évoluent-ils dans l'écosystème de la neige ?

Précipitations

Dépôts secs



Sols

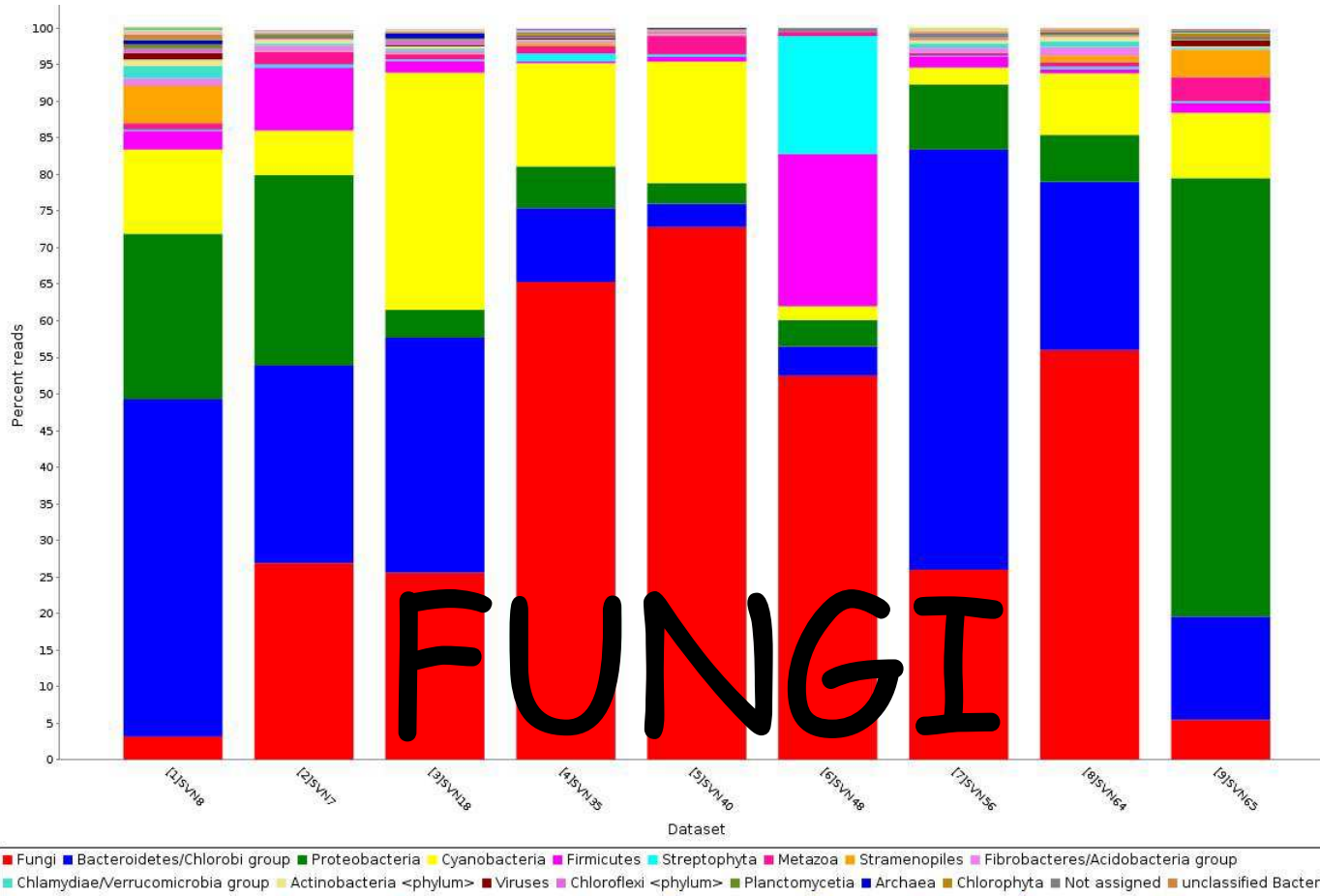
Merci !



www.GenomEnviron.org

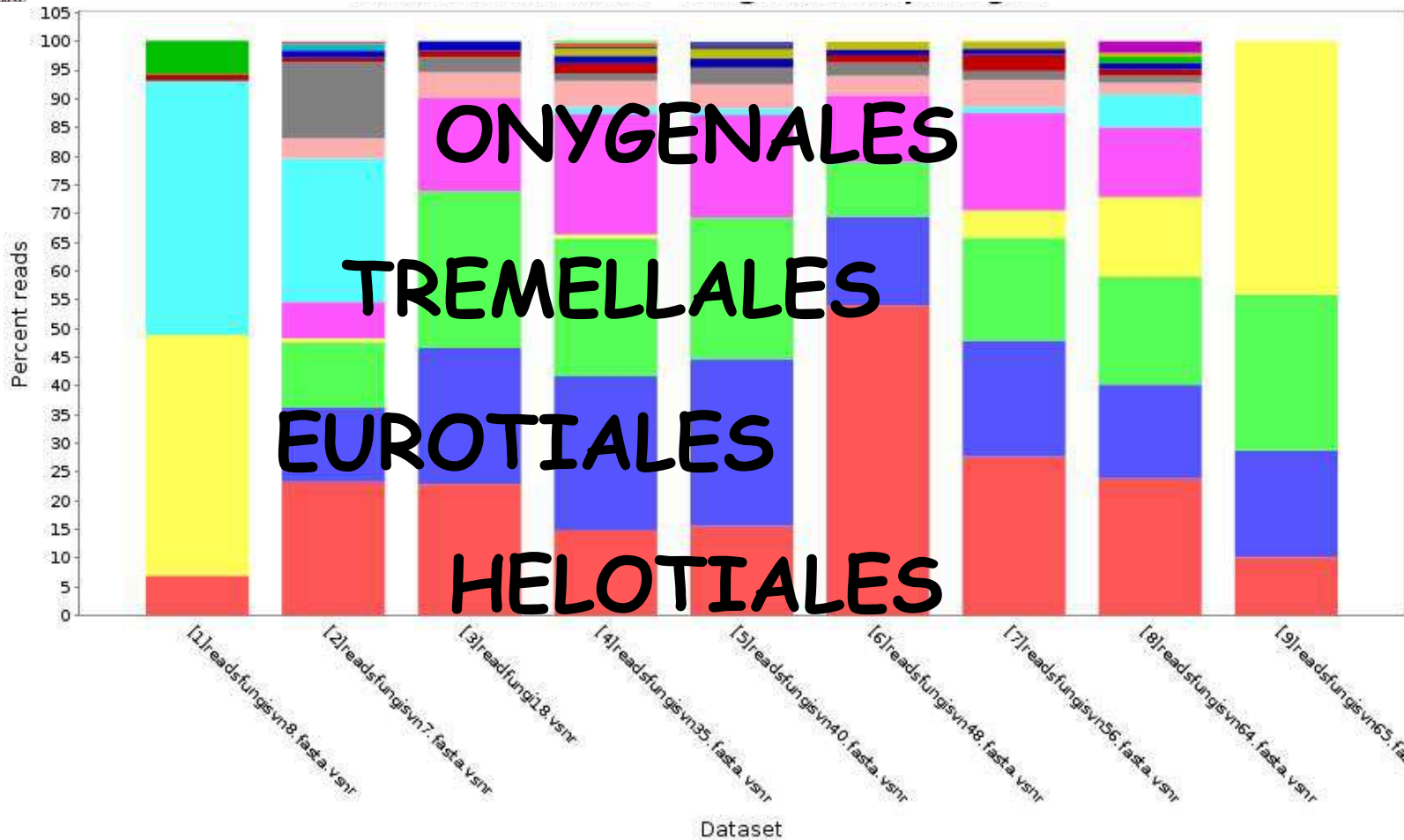


Snowpack microbial community is an ecosystem





Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement

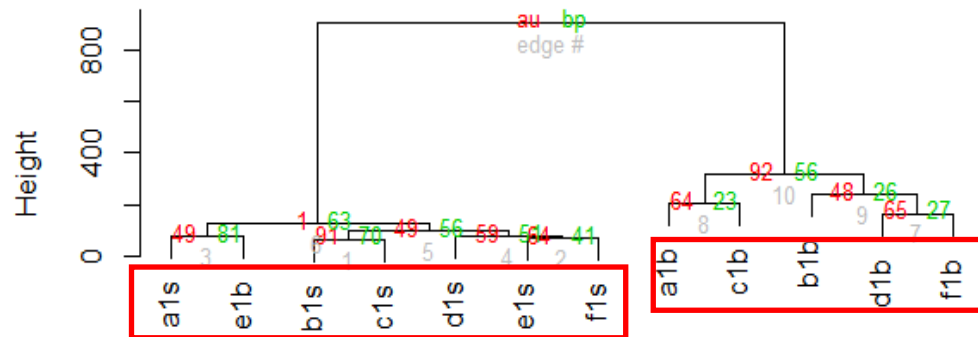


- Helotiales ■ Eurotiales ■ Pleosporales ■ Tremellales ■ Onygenales ■ Agaricales ■ Hypocreales ■ Sordariales ■ Not assigned
- Glomerellales ■ Ustilaginales ■ Pezizales ■ Pucciniales ■ Polyporales ■ Capnodiales ■ Ophiostomatales ■ Lecanorales
- Verrucariales ■ No hits ■ Low complexity



Les interactions microbiologie/chimie

Cluster dendrogram with AU/BP values (%)



Distance: euclidean
Cluster method: ward

- Samples collected the same day from different snow layers cluster together based on 16S microarray data
- Also apparent with chemical data

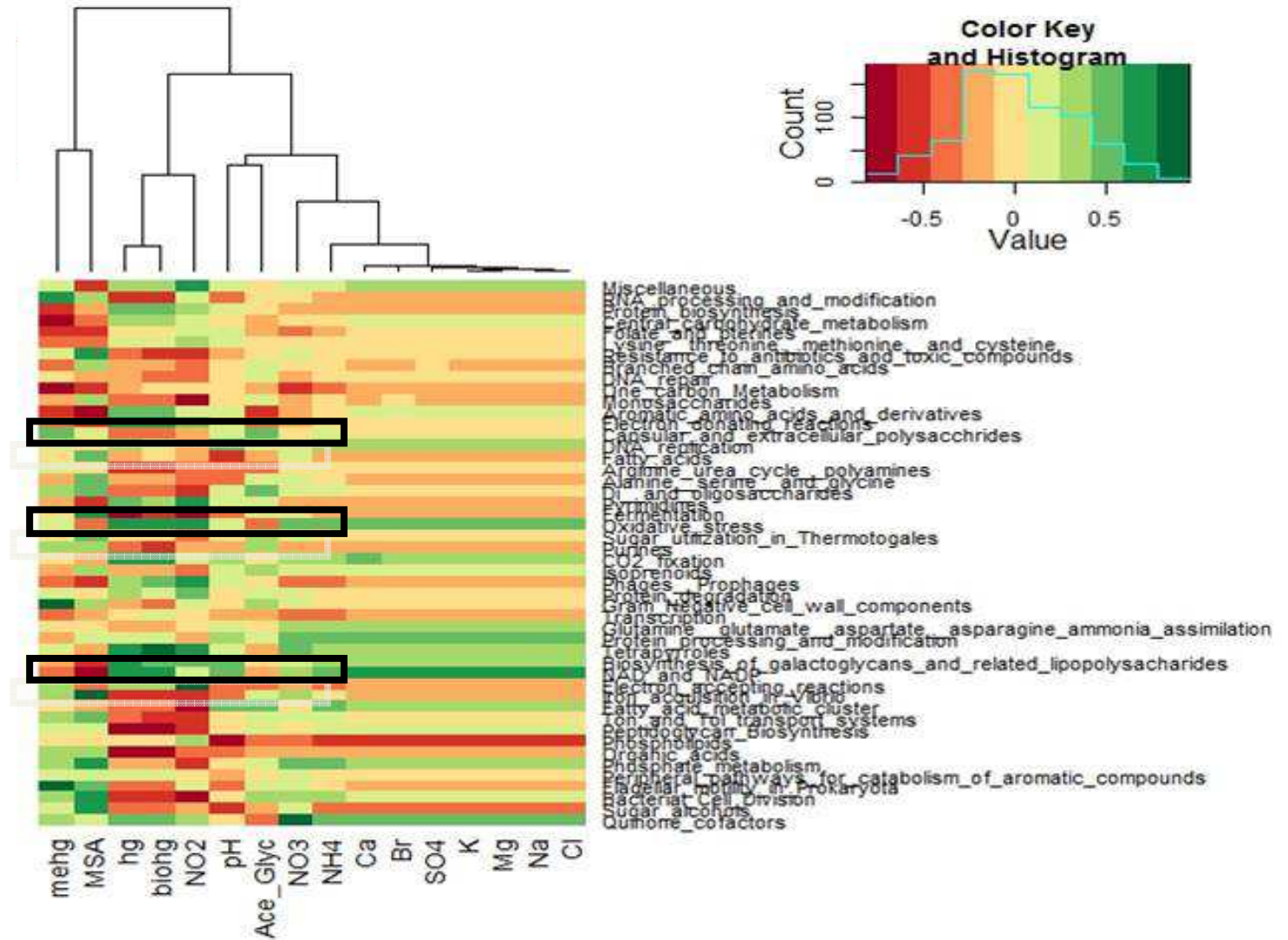
SAME DAY SAMPLING: horizontal homogeneity, but vertically stratified



EPS formation

Oxidative stress

Oxidative stress



D'où proviennent ces micro-organismes ?

Précipitations

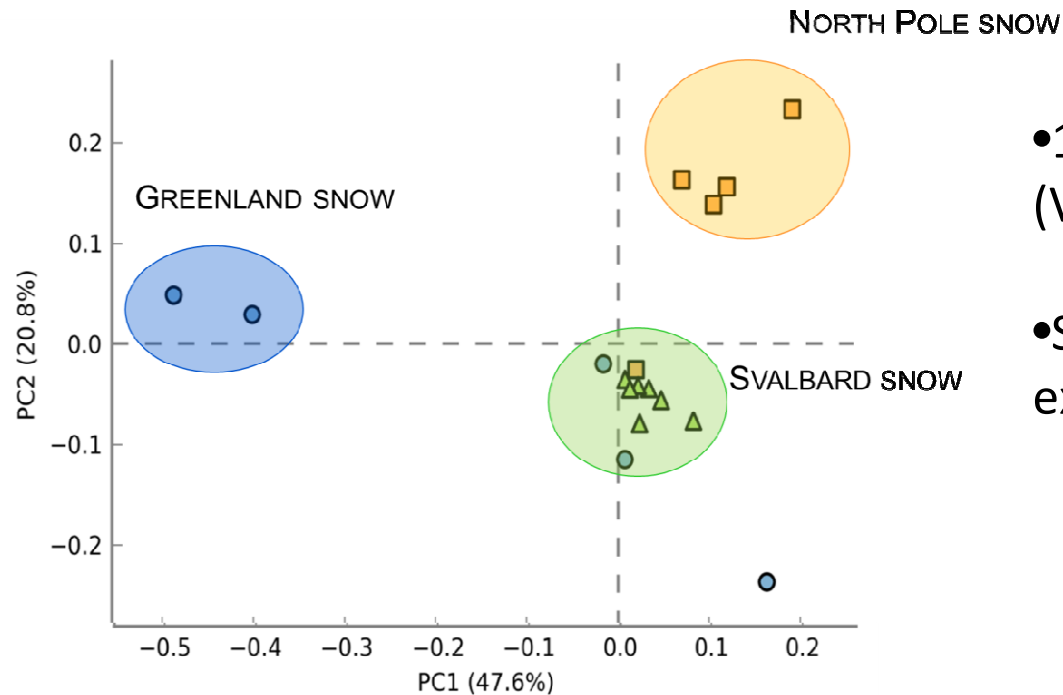
Dépôts secs



Sols



Origine des micro-organismes : approche spatiale



- 16S rRNA gene amplicon (V4-V6) comparison

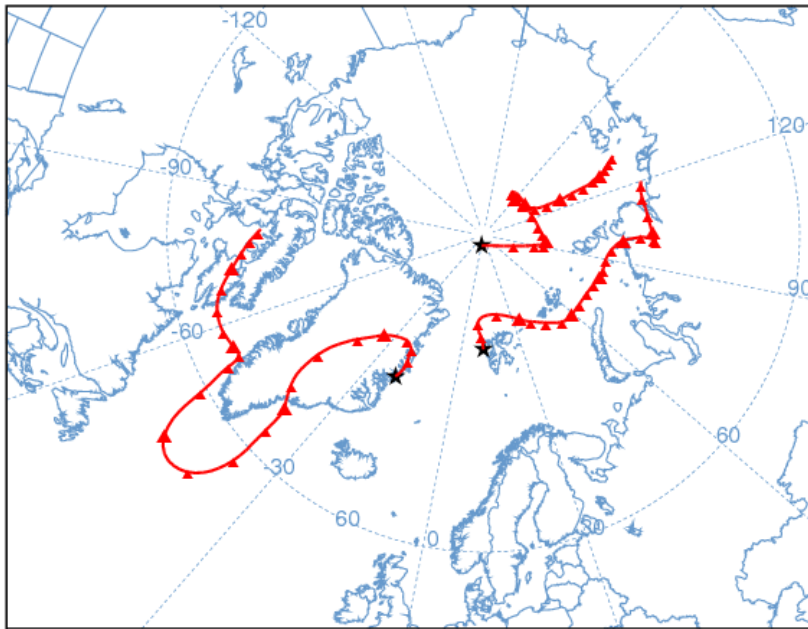
- Same sequencing project, extraction protocol, etc.

Regional taxonomic signatures among different snowpacks



Origine des micro-organismes : approche spatiale

DIFFERENT AIR MASS SOURCES?

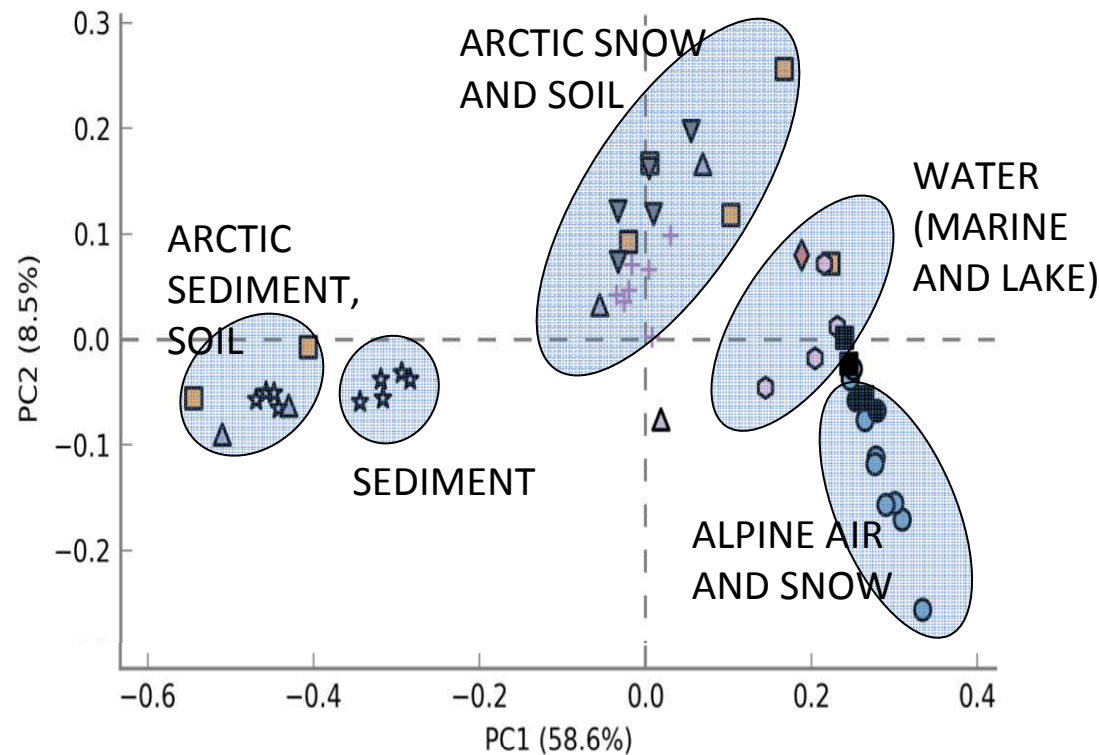


Link between atmosphere and snow: both chemistry, community structure



La neige a-t-elle une signature microbienne unique?

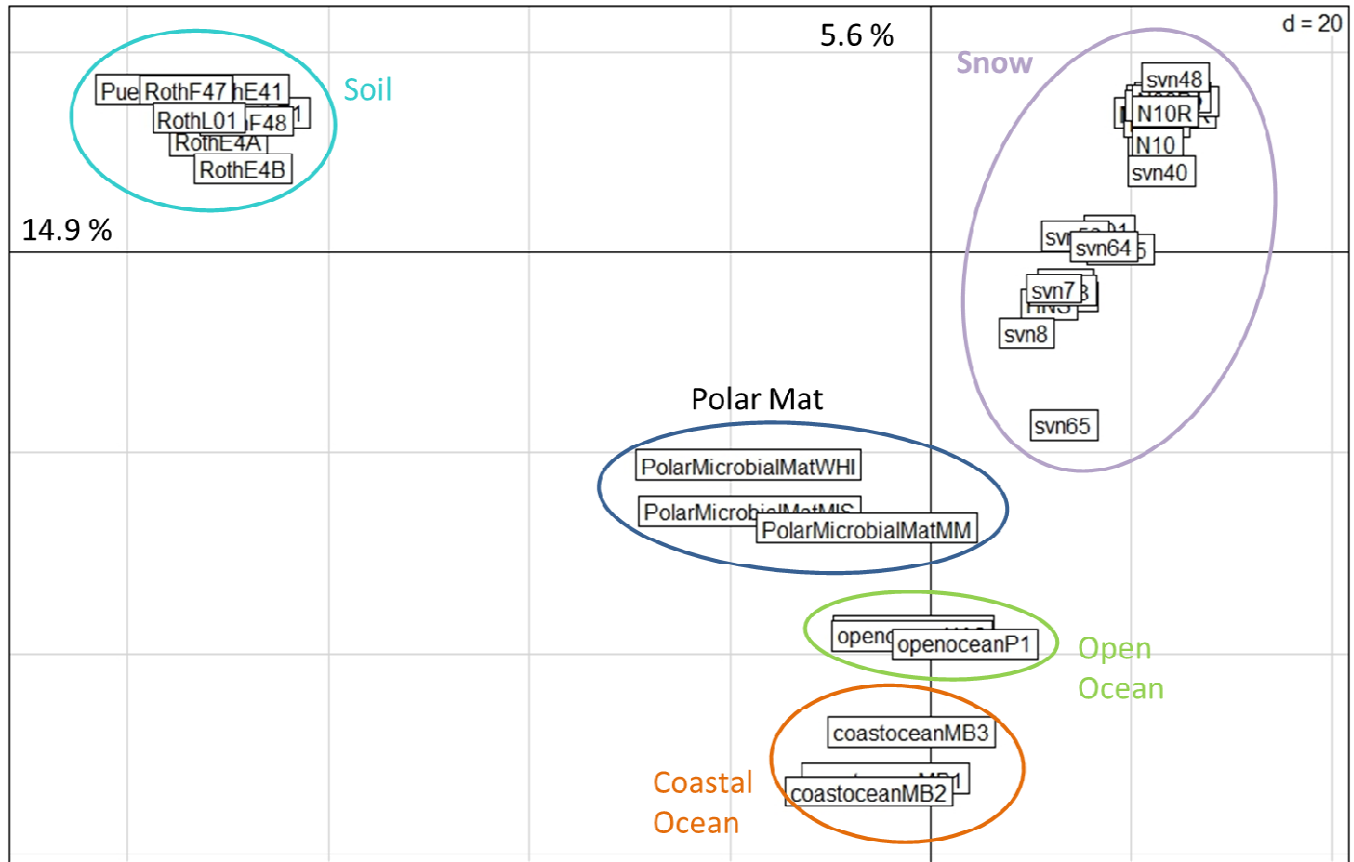
16S rRNA gene amplicon comparison among different ecosystems
(Genus level)



Arctic environment signature
Snow signature
Not completely random



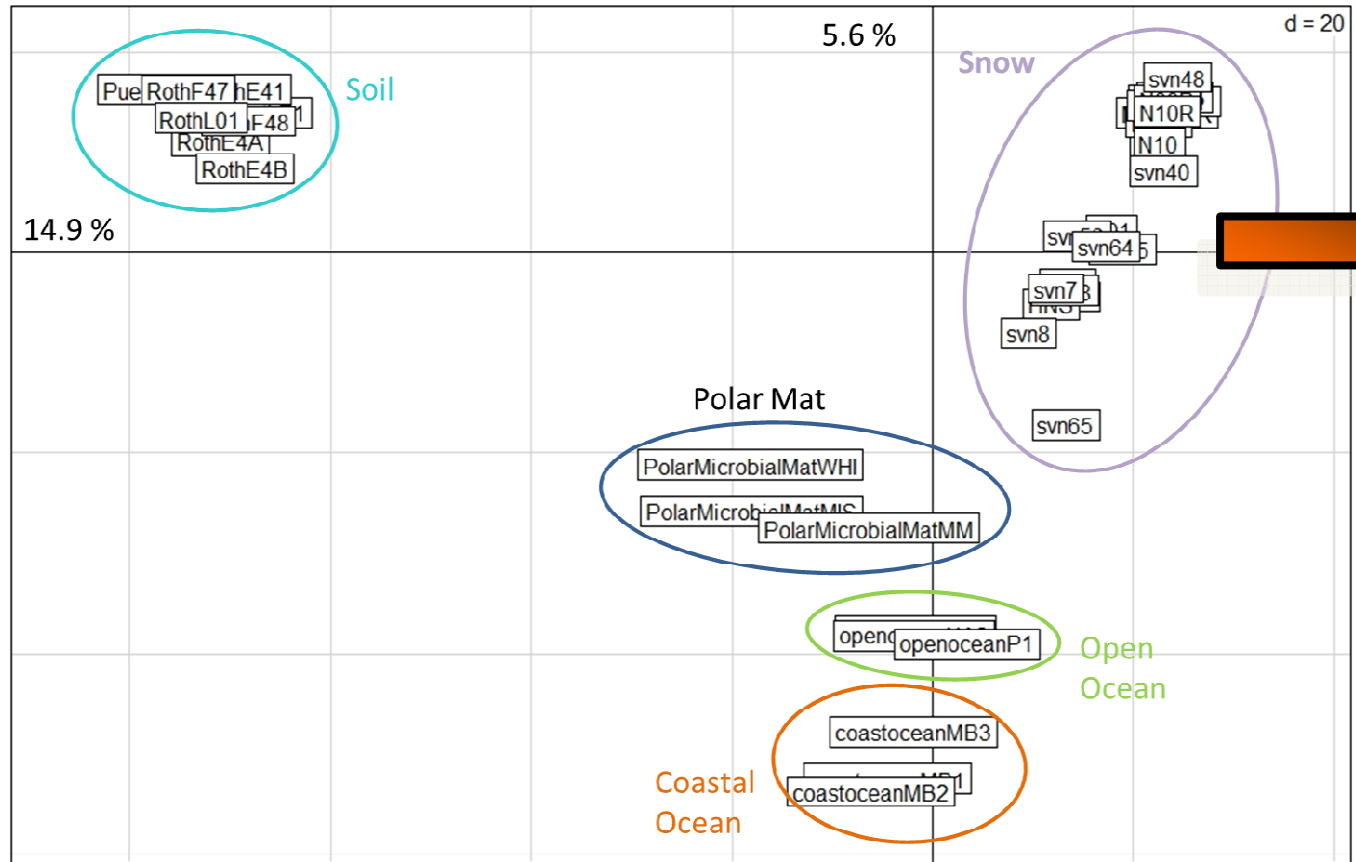
La neige a-t-elle une signature microbienne unique?



Functional differences in the snow



La neige a-t-elle une signature microbienne unique?



Pluri-annual, multiple season data from Svalbard

Variability within snow doesn't reach to other ecosystems

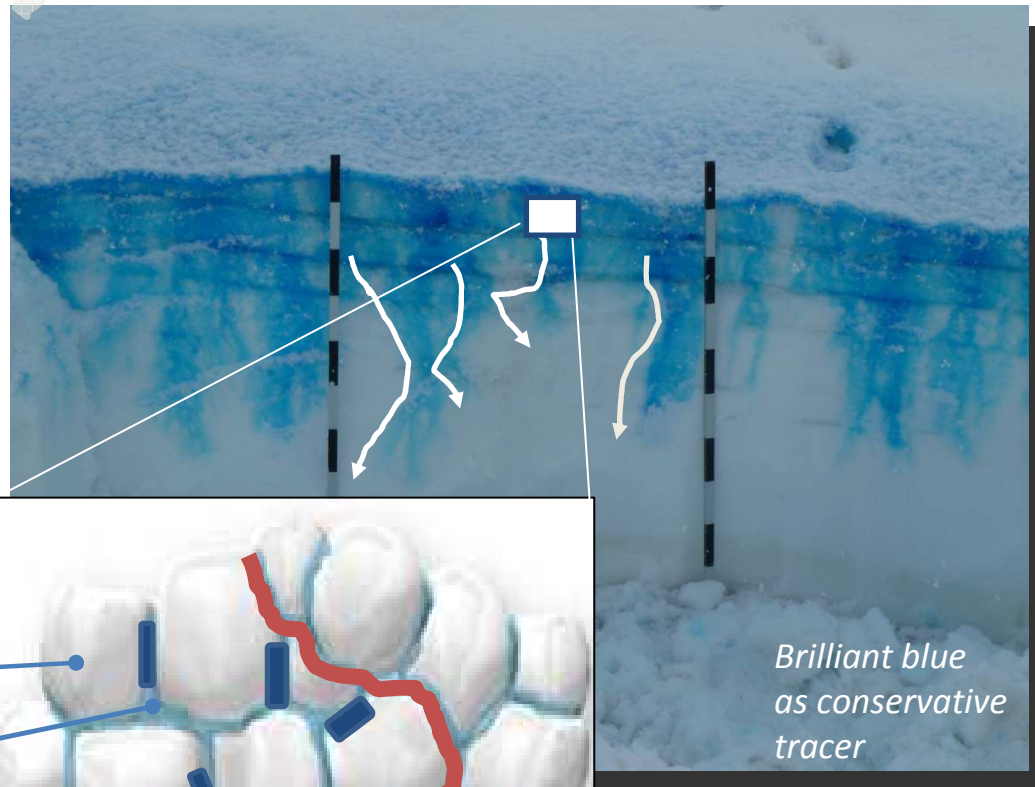
Snow metagenomic signature

What is regulating the diversity and distribution of micro-organisms?



Le manteau neigeux

- **Snowpack** is the result of snow precipitation events
- A snowpack is **porous**
- A snowpack is **dynamic** (on a daily and seasonal basis): snow metamorphism



Ice crystals: 45%

Air-filled pore space: 45%

Water-filled pore space (capillary): 10%

From A. Lazzaro