

INRAE

Métaprogramme BIOSEFAIR



Webinaire n°4 - 11 juillet 2024

MICROBIOMIQ

Projet exploratoire 2022-2024

« Approches multi-omiques pour la caractérisation du lien entre biodiversité structurale et l'activité microbienne dans l'évolution naturelle du périphyton »

Présenté par Nicolas CREUSOT (UMR EABX) et Olivier LEPAIS (UMR BIOGECO)

Projet MICROBIOMIQ



➤ APPROCHE **M**ULTI-OMIQUES POUR LA **C**ARACTÉRISATION DU LIEN ENTRE LA **B**IODIVERSITÉ STRUCTURELLE ET L'ACTIVITÉ MICROBIENNE DANS L'ÉVOLUTION NATURELLE DE LA **F**ONCTION PHOTOSYNTHÉTIQUE ET SA RÉPONSE AU STRESS CHIMIQUE AU SEIN DES COMMUNAUTÉS PÉRIPHYTIQUES

Porteurs: Nicolas Creusot & Olivier Lepais

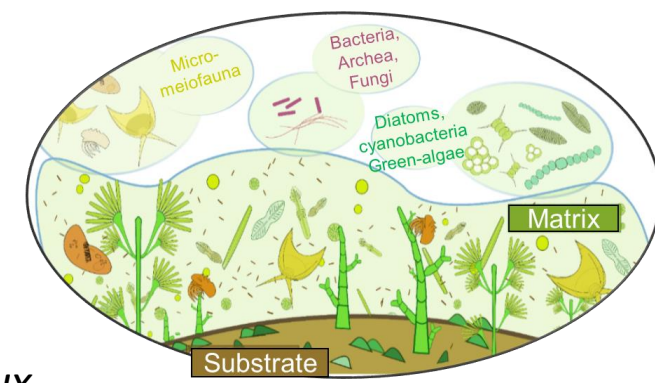
Arthur Medina, Alidou Sana, Melissa Eon, Zoé Delporte, Chloé Bonnineau, Erwan Guichoux, Carlota Valdivieso, Nicolas Mazzella, Aurélie Moreira, Debora Millan-Navarro et Soizic Morin



BORDEAUX
METABOLOME



Contexte du projet MICROBIOMIQ



C. Doose ©

➤ Communautés microbiennes périphytiques

- ✓ Assemblages complexes
- ✓ Réservoirs de **biodiversité** & de **services écosystémiques**
→ *Enjeu santé environnementale + santé humaine / changement globaux*

➤ Stress chimique → Impact sur le périphyton ?

- ✓ Des connaissances grandissantes ...
- ✓ **Mécanismes** d'acclimatation, adaptation, résilience ?
- ✓ Influence des **facteurs environnementaux** dans la réponse au stress chimique ?
→ *Lien biodiversité structurelle vs fonctionnelle dans la réponse au stress chimique?*

➤ Réponse biodiversité structurelle vs fonctionnelle / stress chimique

- ✓ **Redondance fonctionnelle** (Ghiglione et al. 2016)
- ✓ **Plasticité phénotypique** (Birrer et al. 2017)
→ *échelles de temps ? Synchronisme ?*

➤ Développement des méta-omiques



Diversité taxonomique
+ Potentiel fonctionnel

Approche combinée pour mieux
comprendre le lien entre biodiversité
structurelle et fonctionnelle

Activité microbienne +
Interaction microbienne
(phénotype moléculaire)

Objectif & Questions scientifiques

Comprendre le lien entre l'activité microbienne (i.e. métabolome), la biodiversité structurelle (diversité des espèces et des gènes) et la sensibilité au stress chimique de biofilms périphytiques en lien avec les changements « naturels » dans la composition et le fonctionnement de ces communautés dépendantes des conditions environnementales.

Q1. Quel est le lien entre les **changements temporels** de biodiversité, d'activité microbienne et de fonction photosynthétique au sein de communautés périphytiques aquatiques en condition naturelle ?

Q2. Quelle est la conséquence de ces changements naturels sur la **sensibilité de ces communautés au stress chimique** ?

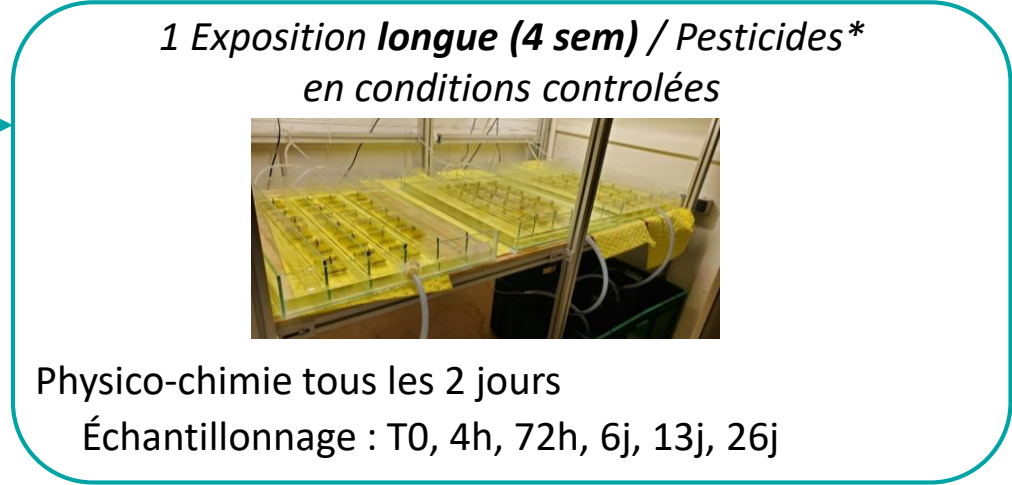
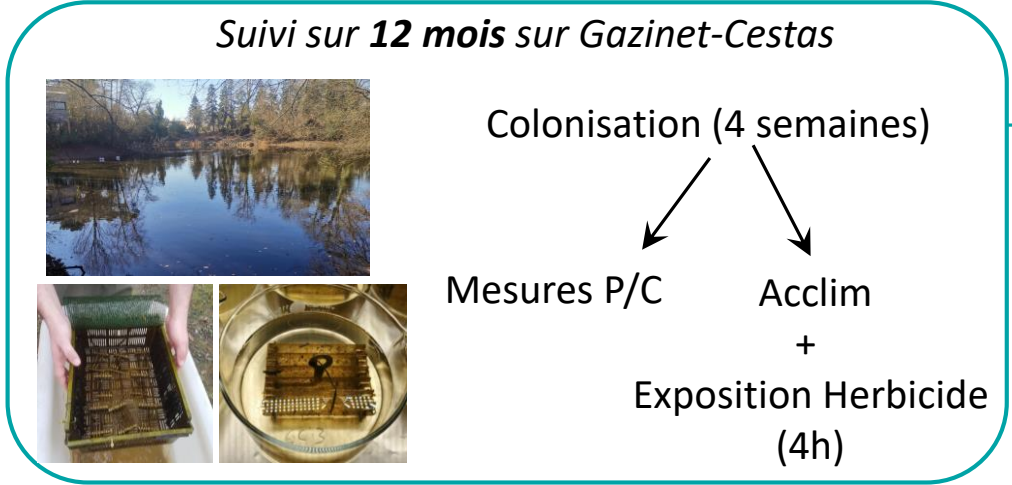
Q3. Quel est le **lien entre les changements structuraux et fonctionnels** dans la modulation de l'activité photosynthétique par la pression chimique en conditions contrôlées ?



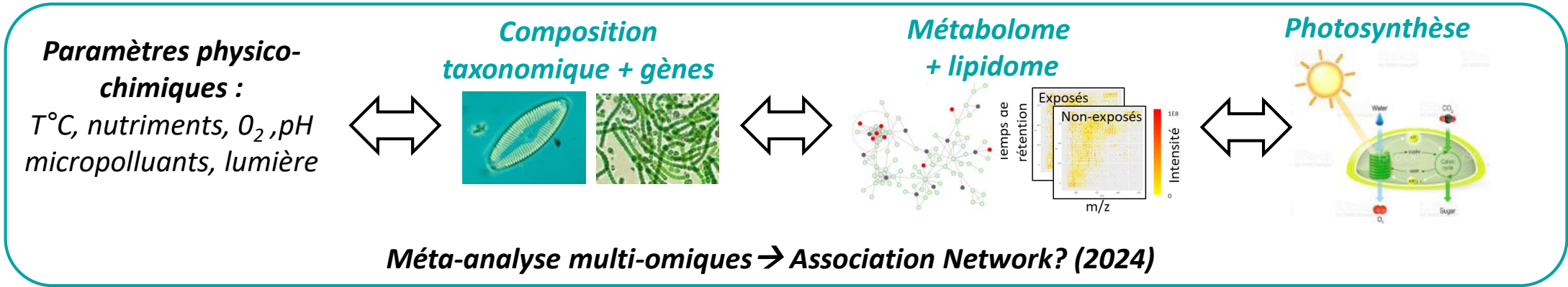
Méthodologie de MICROBIOMIQU

Tache 1. Variation « naturelle » du périphyton & de sa sensibilité au stress chimique (Q1&Q2)

Tache 2. Synchronisme structure & fonctionnement dans la réponse au stress chimique (Q3)



Descripteurs structuraux & fonctionnels



*, expo terbutylazine (TBA) et Cuivre

Thèse
Arthur
Medina

Stage
Carlota
Valdivieso

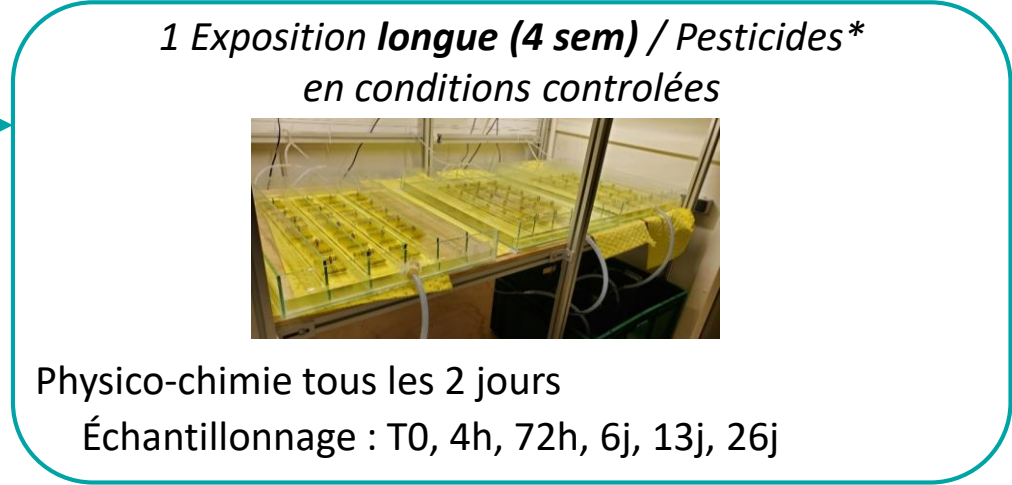
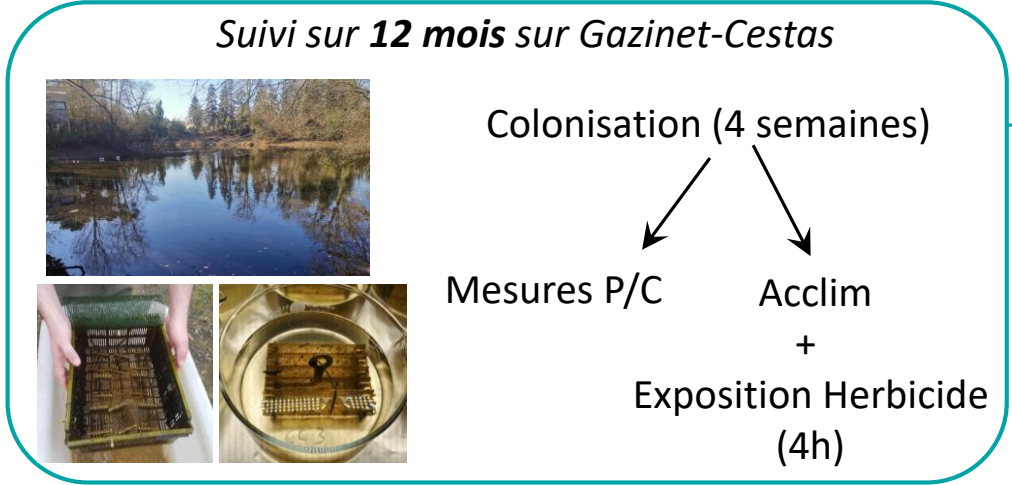
Stage
Alidou
Sana

Méthodologie de MICROBIOMIQU

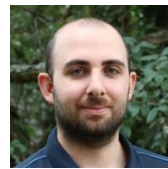
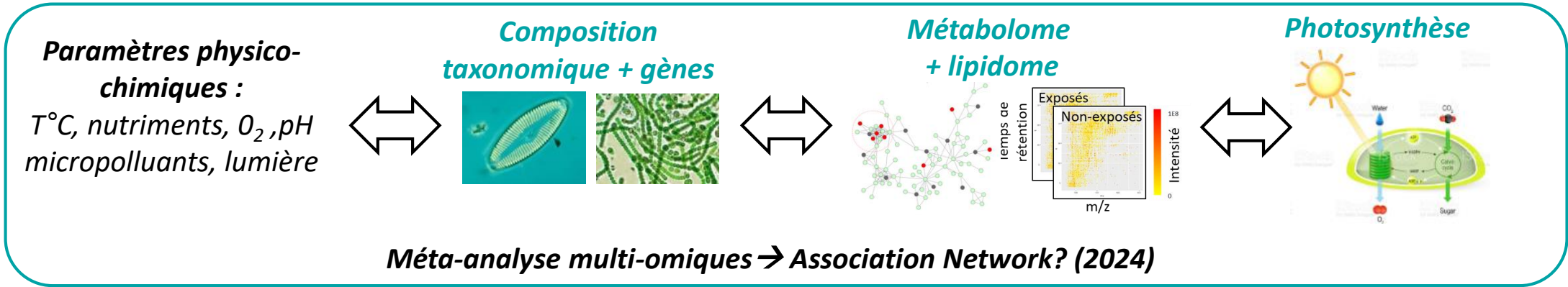
Analyses des données encours

Tache 1. Variation « naturelle » du périphyton & de sa sensibilité au stress chimique (Q1&Q2)

Tache 2. Synchronisme structure & fonctionnement dans la réponse au stress chimique (Q3)



Descripteurs structuraux & fonctionnels



Thèse
Arthur
Medina



Stage
Carlota
Valdivieso



Stage
Alidou
Sana

*, expo terbutylazine (TBA) et Cuivre

Résultats marquants :

Variation « naturelle » du périphyton (Q1)

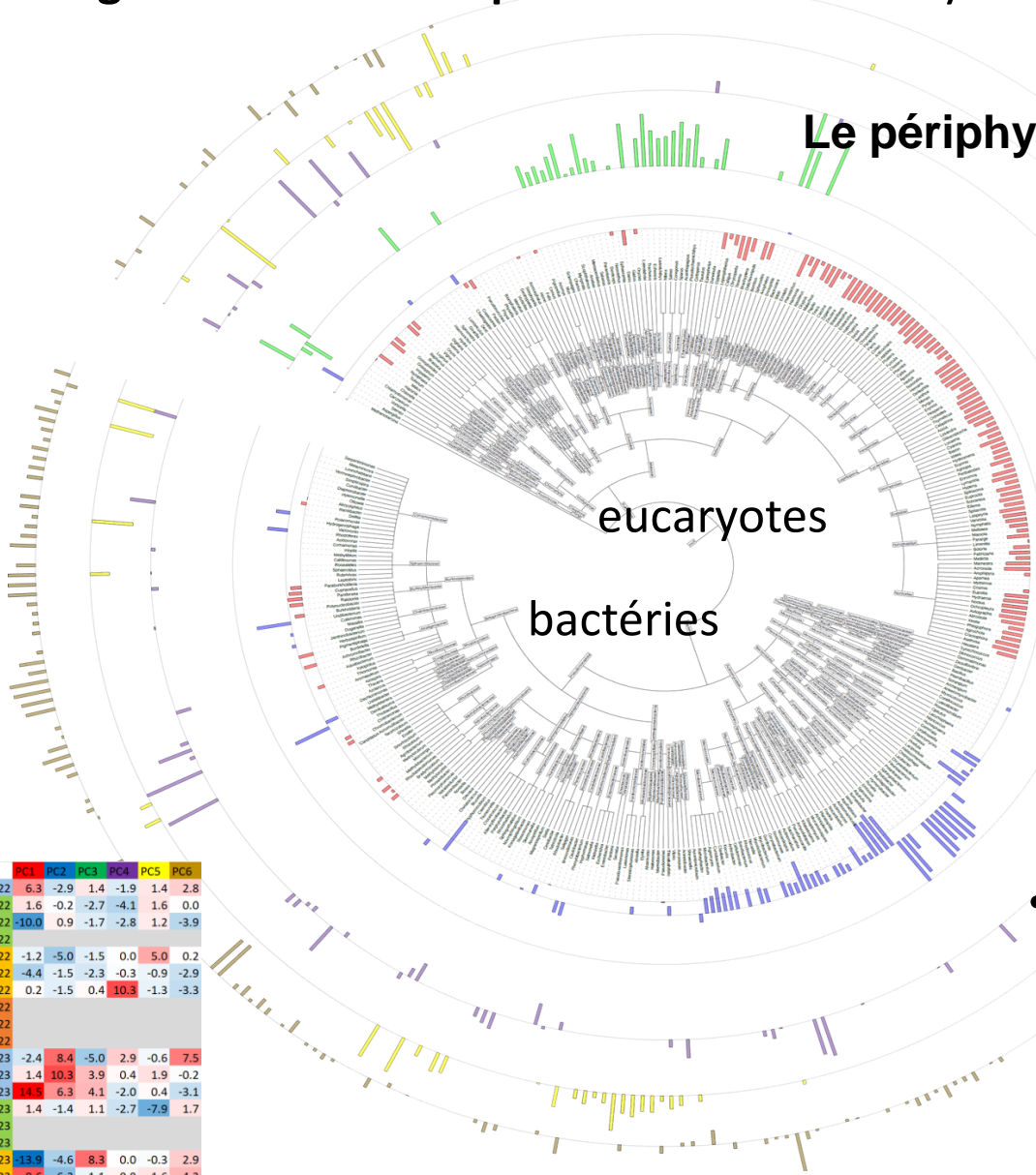
Assignation taxonomique - nombreux eucaryotes « inattendus » : erreurs d'affectation ou réalité?

Le périphyton , une “éponge” à ADN environnemental

- ADN matière organique exogène : humain, coton, plantes cultivées, plantes et animaux consommés par l'humain...
- Organismes vivants autour de l'étang : papillons (de nuit), insectes, poissons, mollusques...

Rivera et al. (2022). Fish eDNA metabarcoding from aquatic biofilm samples: Methodological aspects. Mol. Ecol. Res.

- Organismes du périphyton :
 - Exclusion des taxa les moins abondants
 - Taxa rencontrés dans précédentes études de périphytons



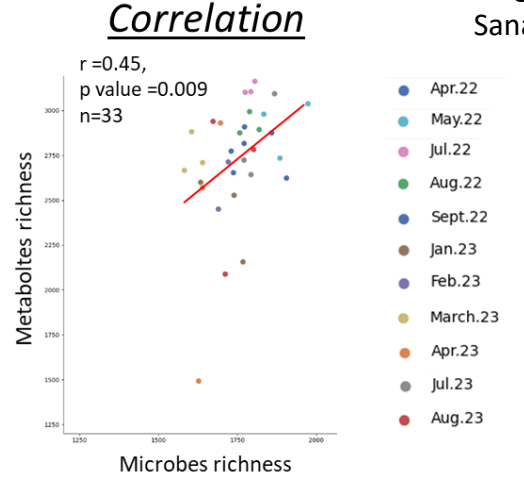
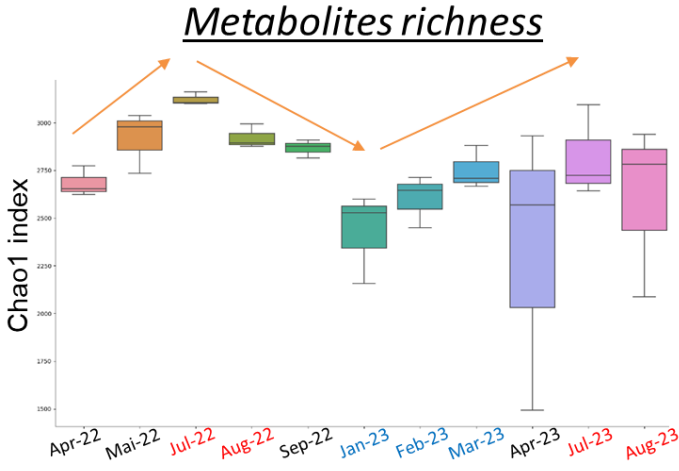
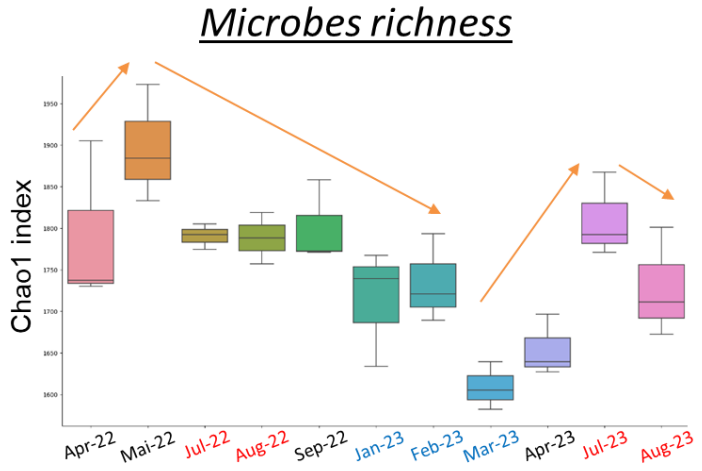
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
mars-22	6.3	-2.9	1.4	-1.9	1.4	2.8
avr-22	1.6	-0.2	-2.7	-4.1	1.6	0.0
mai-22	-10.0	0.9	-1.7	-2.8	1.2	-3.9
juin-22						
juil-22	-1.2	-5.0	-1.5	0.0	5.0	0.2
août-22	-4.4	-1.5	-2.3	-0.3	-0.9	-2.9
sept-22	0.2	-1.5	0.4	10.3	-1.3	-3.3
oct-22						
nov-22						
déc-22						
janv-23	-2.4	8.4	-5.0	2.9	-0.6	7.5
févr-23	1.4	10.3	3.9	0.4	1.9	-0.2
mars-23	14.8	6.3	4.1	-2.0	0.4	-3.1
avr-23	1.4	-1.4	1.1	-2.7	-7.9	1.7
mai-23						
juin-23						
juil-23	-13.9	-4.6	8.3	0.0	-0.3	2.9
août-23	9.6	-6.3	-1.1	0.8	1.6	4.3



Stage Alidou Sana (M1)

Résultats marquants : Variation « naturelle » du périphyton (Q1)

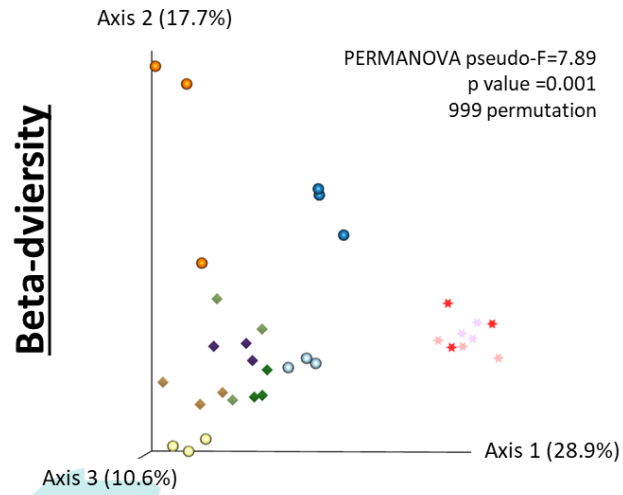
Alpha-diversity



✓ *Asynchronisme entre variation annuelle de la richesse taxonomique vs méta-métabolome*

✓ *Corrélation significative (synchronisme?)*

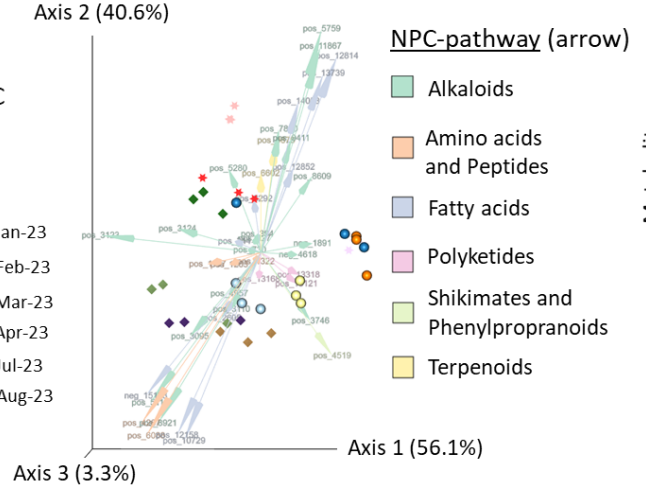
Microbes weighted Unifrac PCoA



- Water T°C**
- * <10°C
 - 10-20°C
 - ◆ >20°C
- Date**
- Apr-22
 - Mai-22
 - Jul-22
 - Aug-22
 - Sep-22
 - Jan-23
 - Feb-23
 - Mar-23
 - Apr-23
 - Jul-23
 - Aug-23

✓ *Structuration taxonomique selon la T°C (chaud vs froid)*

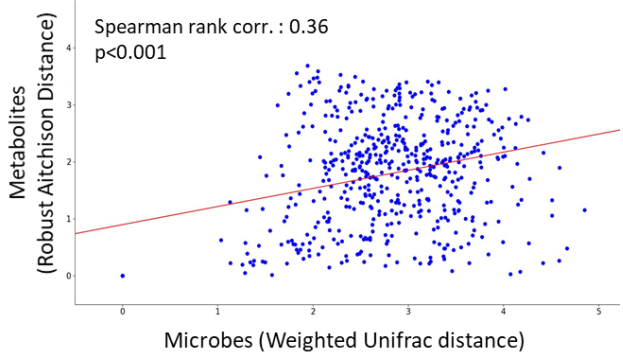
Metabolites Robust Aitchison PCA



- NPC-pathway (arrow)**
- Alkaloids
 - Amino acids and Peptides
 - Fatty acids
 - Polyketides
 - Shikimates and Phenylpropanoids
 - Terpenoids

✓ *Structuration du méta-métabolome dépendante des mois (facteurs?)*

Correlation



✓ *Corrélation significative (synchronisme?)*

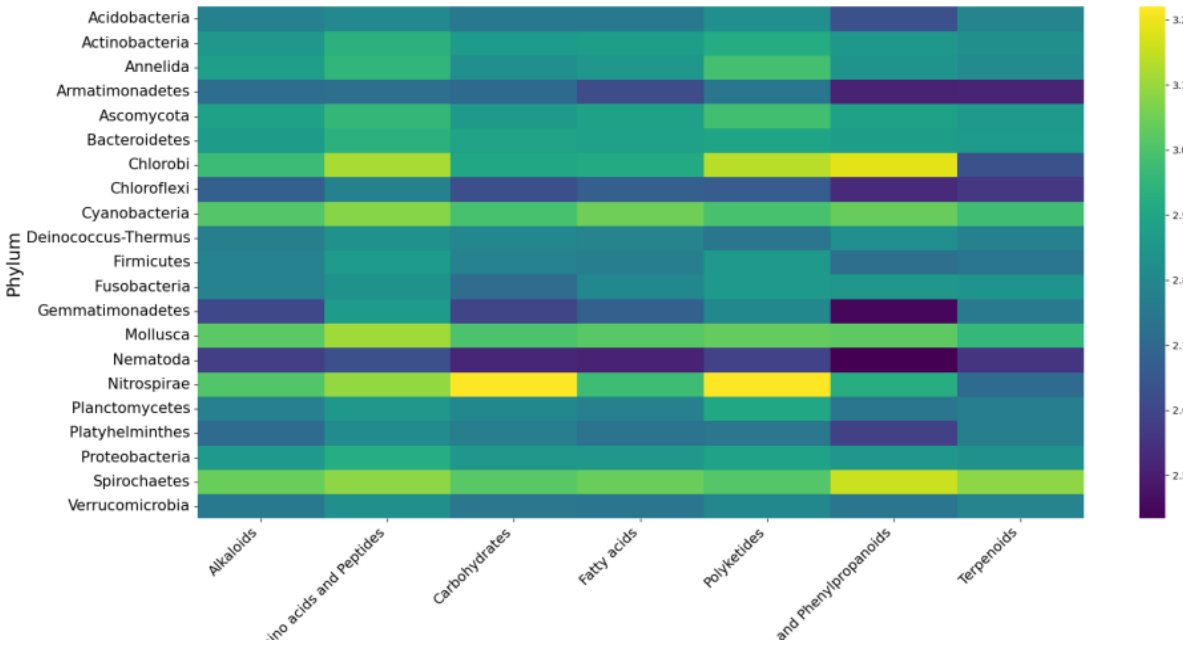
Résultats marquants :

Variation « naturelle » du périphyton (Q1)

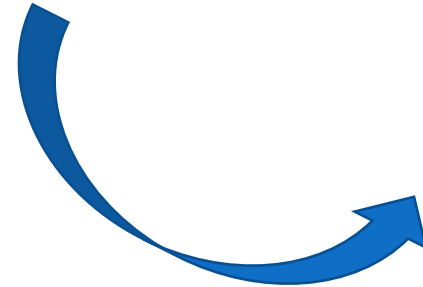


Stage Alidou Sana (M1)

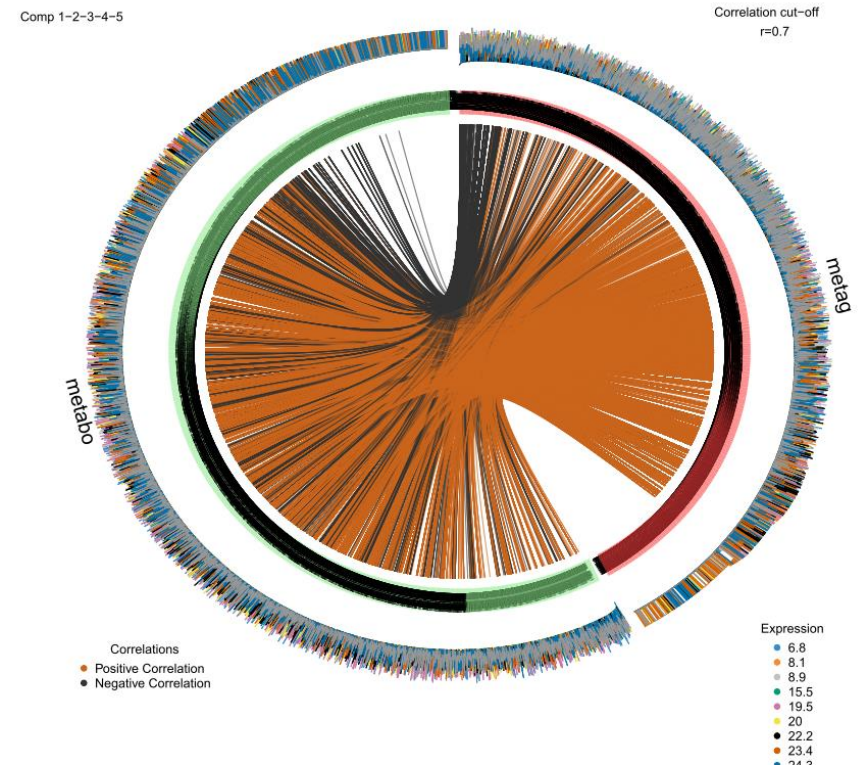
Analyse de co-occurrence entre phylum et classe de métabolites (mmvec)



✓ *Co-occurrence très forte entre certains taxons et certaines classes de métabolites*



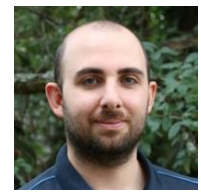
Corrélation Taxon vs Métabolites / T°C (DIABLO, *en cours*)



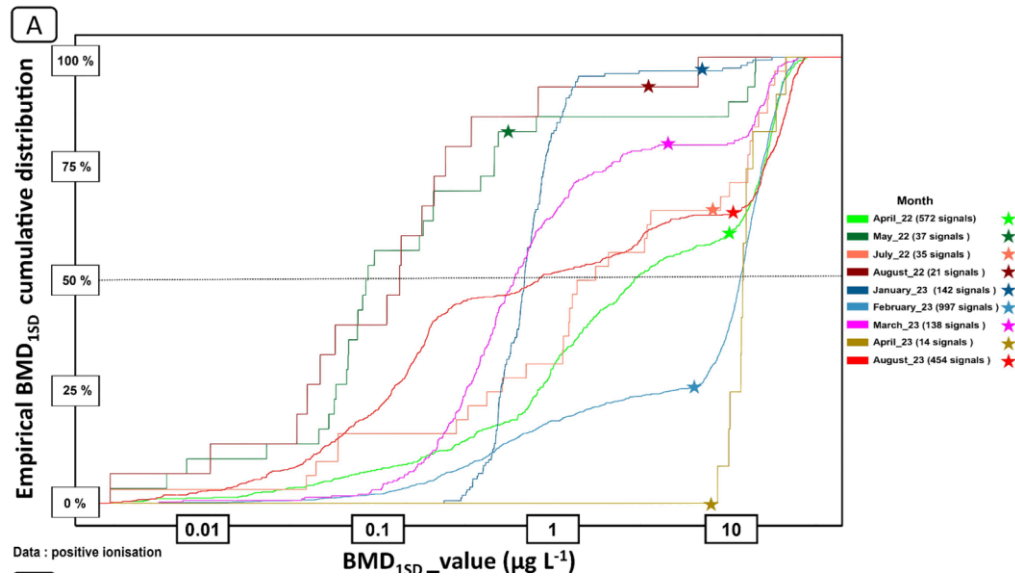
Facteurs environnementaux ?

Résultats marquants :

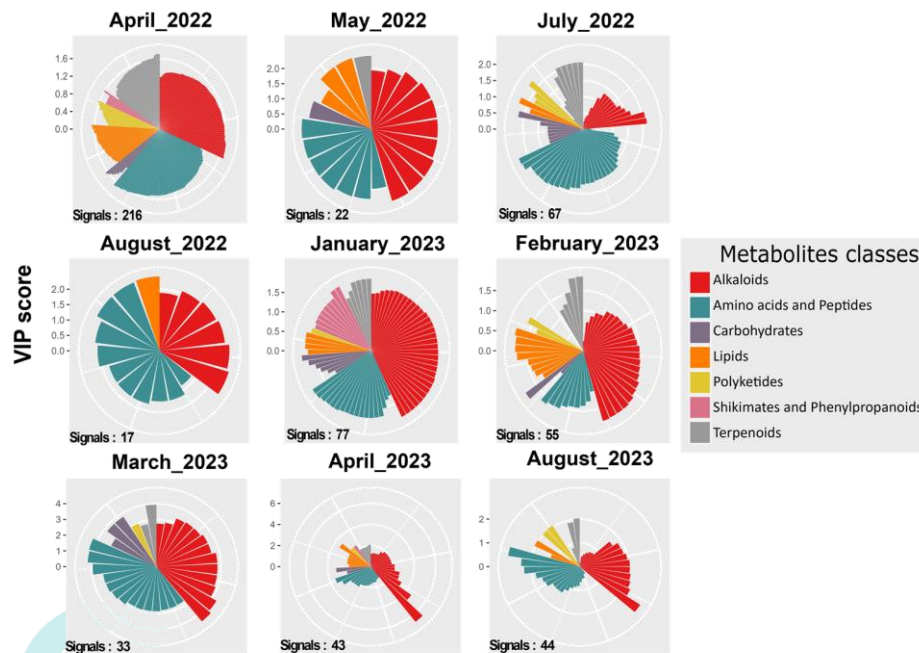
Variation « naturelle » de la sensibilité au stress chimique (Q2)



Thèse Arthur Medina



- ✓ Changement de sensibilité du métabolome +++ vs faible changement de sensibilité de la photosynthèse
- ✓ Méta-métabolome + sensible que la photosynthèse



- ✓ La contribution des classes dans la réponse au stress chimique change dans les temps
- ✓ Alkaloids and acides-aminés > 30%
- ✓ Evolution de la sensibilité au sein des classes

Perspectives scientifiques

➤ Finalisation de la tache 1 (fin 2024)

- ✓ Creuser davantage la co-occurrence en lien avec les conditions env.

➤ Finalisation de la tache 2 (fin 2024)

- ✓ Taxonomie = OK
- ✓ Lipides ciblées = OK, métabolomique non ciblée en cours d'analyse

➤ Exploitation des données de métagénomique

- ✓ Annotation des méta-génomomes -> Potentiel fonctionnel
- ✓ Reconstruction des méta-réseaux (*Genome-scale metabolic models*)
- ✓ Prédiction des interactions microbiennes

Collab : MTH

➤ Futurs projets ou en cours

- ✓ ANSES-COMBO – Periphyton –
Hétérogénéité spatiale des méta-métabolome / facteurs environnementaux
Collab BFP
- ✓ INRAE-COMIC (Coord: Binta D) – Cyanophère
Rôle des interactions métaboliques dans la survenue des blooms de cyano.
Collab ALIMH, BIOGECO,
- ✓ PSGAR MAIE (Coord. Adrien R.) –

Agro-écologie – Multifonctionnalité des agro-écosystèmes – Méta-métabolome prédictif des SE

Collab. SAVE

Retour d'expérience sur l'interdisciplinarité

- **Comment avez-vous fait pour mener cette interdisciplinarité ?**
 - ✓ Organisation de réunions régulières (petit comité ou entre équipes) pour « confronter » nos approches
 - ✓ Co-encadrement d'un stagiaire
- **Qu'est-ce que l'interdisciplinarité a apporté au projet, ce qui n'aurait pas été fait ou pas fait de la même manière avec un projet juxtaposant juste des disciplines ?**
 - ✓ Le cœur du sujet reposait sur cette inter-disciplinarité « méthodologique »
 - ✓ Réflexion et partage sur la façon de considérer et d'analyser la variabilité.
- **Qu'est-ce qui n'a pas fonctionné et pourquoi ?**
 - ✓ Tout a bien fonctionné sur le plan de l'interdisciplinarité
 - ✓ Le projet a du faire face à des contraintes « expérimentales » qui ont parfois retardé la mise en œuvre des analyses
- **Comment auriez-vous pu faire mieux, qu'est-ce qui vous a manqué ?**
 - ✓ Développer davantage les aspects fonctionnels, notamment pour la métagénomique → besoin de compétence en bioinformatique plus poussée et de temps.



Contribution aux thématiques et réflexions du métaprogramme Biosefair

➤ 3 axes méthodologiques pour produire de la connaissance

- ✓ **Axe 1. relations entre la biodiversité et les services écosystémiques**
- ✓ Axe 2. quantifier et les cartographier ces relations ?
- ✓ Axe 3. produire des outils et démarches de pilotage et planification

➤ 3 Questions pour structurer la recherche

- ✓ Q1. Comment les interfaces entre milieux et les interactions entre activités influent sur la biodiversité et les services écosystémiques ?
- ✓ **Q2. Quelle est la dynamique des réseaux de services écosystémiques, dans un contexte de changements globaux et en réponse aux actions de pilotage engagées pour les transitions ?**
- ✓ Q3. Quels sont les liens entre la biodiversité et les santés humaine, animale, végétale et environnementale ?

➔ *Meilleure compréhension du lien entre les changements naturels de la biodiversité microbienne et le fonctionnement des communautés aquatiques périphytiques ainsi que leur sensibilité à la pression chimique*

- ✓ *Dynamique environnementale*
- ✓ *Lien biodiversité / Fonctionnement (proxi SE)*
- ✓ *Influence des changements globaux (stress chimique)*

➔ *Génération de données ré-utilisable dans des méta-analyse (FAIR) pour*

- ✓ *Appréhender les variations spatiales (lien avec ANSES-COMBO et PSGAR MAIA)*
- ✓ *Accroître notre connaissance du lien entre taxons, métabolites et fonctions*

Valorisation

- ✓ Medina et al. *SETAC 2023* (Comm. Orale)



- ✓ Medina et al. *Réseaux Ecotox INRAE 2023* (Comm. orale)



- ✓ Medina et al. *RFMF 2024* (Flash Presentation)



- ✓ Creusot et al. *Metabolomics Society 2024* (Poster)



- ✓ Creusot et al. *Ecotoxicomics 2024* (Poster)



- ✓ Medina et al. *En révision* (Article)



Remerciements



Nicolas Creusot



Olivier Lepais



Mélissa Eon



Arthur Médina

Mise en œuvre in situ et au laboratoire + Analyse Méta-métabolomique



Erwan Guichoux

Supervision de la mise en œuvre de la métagénomique



Nicolas Mazzella



Aurélie Moreira

Analyse de lipides



Zoé Delporte

Réalisation des expériences au laboratoire pour la métagénomique



Debora Millan-Navaro

Mesures physico-chimiques



Soizic Morin



Chloé Bonnineau

Photosynthèse Taxonomie et composition algale



Emilie Chancerel

Mise en œuvre Métagénomique + bioinformatique



Carlota Valdivieso (M3-M8)

Chimiométrie



Alidou Sana (M19-M24)

Méta-Analyse Multi-omiques

MERCI AU METAPROGRAMME BIOSEFAIR !