

RESEARCH

Local and global drivers of aquatic microbial communities

Le cadre global de cet axe concerne l'étude du fonctionnement des écosystèmes aquatiques continentaux à travers l'analyse des diversités structurale et fonctionnelle des communautés microbiennes (procaryotes et eucaryotes) et de leurs interactions syntrophiques intra et inter-spécifiques.

Au cours des dernières décennies, de fortes perturbations d'origine anthropique liées à l'urbanisation et aux activités agricoles et industrielles ont impacté les systèmes aquatiques. Parmi ces perturbations, l'eutrophisation touche l'ensemble des écosystèmes aquatiques (lacs, retenues de barrage, cours d'eau, annexes fluviales). Une des conséquences de cette dégradation de la qualité des eaux se traduit par l'observation accrue de proliférations de cyanobactéries. En plus de perturber fortement le fonctionnement des écosystèmes, le développement excessif de ces microorganismes photosynthétiques limite les activités touristiques et représente un risque majeur pour la santé humaine en raison de leur fort potentiel toxique. Ces épisodes de proliférations sont à l'heure actuelle une préoccupation d'autant plus importante que parmi les conséquences attendues des changements globaux, l'augmentation de la température et des gaz à effet de serre ainsi que les perturbations du régime hydrique (sécheresses estivales plus marquées, crues hivernales plus intenses) pourraient augmenter leur fréquence et intensité ainsi que leur caractère toxique. Afin de mieux comprendre les liens entre diversité taxonomique, production de composés bioactifs (dont les cyanotoxines) et fonctionnement des écosystèmes, différents niveaux d'interactions (intra-inter-spécifique, micro-macro-organismes) et d'échelles seront considérés. Un des objectifs sera ainsi de déterminer le poids relatif des variables environnementales telles que le climat, les remaniements sédimentaires et hydrologiques, de celles liées aux pressions anthropiques locales sur les dynamiques à long terme des cyanobactéries à travers une approche de paléo-limnologie. Il s'agira également d'identifier les déterminismes temporel et spatial des picocyanobactéries et des cyanobactéries benthiques, très présentes dans nos écosystèmes mais peu souvent prises en compte dans la gestion des milieux jusqu'à maintenant. La caractérisation des composés bioactifs produits ainsi que leurs impacts sur différents compartiments biotiques (communautés microbiennes et invertébrés benthiques plus particulièrement) seront aussi considérés.

Plus largement, les micro-organismes (bactéries, archées, micro-champignons, micro-algues) jouent un rôle essentiel dans le recyclage de la matière organique et fournissent un apport énergétique au réseau trophique par ingestion directe ou par leur association avec les particules en suspension (cycle des agrégats). Dans le contexte des changements globaux et des pollutions multi-stress chimiques, [les micro-plastiques représentent de nouveaux polluants\(\)](#) . Ces matrices peuvent adsorber des micropolluants et/ou des micro-organismes, être ingérées et modifier le fonctionnement de l'écosystème ([Burns and Boxall,](#)

2018; Franzellitti et al., 2019; Pinto da Costa et al., 2019). Un de nos objectifs sera de préciser l'importance et les effets de ces nouveaux supports sur le fonctionnement d'écosystèmes lotiques comme ceux [du bassin versant de l'Allier\(\)](#) qui seront pris pour modèles à travers l'étude du développement des biofilms à leur surface et de leur transfert dans la chaîne trophique. Ce projet sera réalisé en collaboration avec l'équipe CMES dans le cadre d'une demande de financement AELB. Par ailleurs, parmi l'ensemble des facteurs de forçage qui régulent le fonctionnement des communautés microbiennes, la présence d'éléments radioactifs en est un important (El Albani et al., 2010 ; Dodd et al., 2017), notamment dans notre région suite à l'activité géologique de la faille de Limagne. Depuis des millénaires les communautés microbiennes qui colonisent les sources minérales radioactives ont été et sont soumises à des pressions de sélection, résultant probablement d'une adaptation à leur physico-chimie et radiologie particulière sur un laps de temps très long. [Un autre objectif, mené dans le cadre la ZATU et en collaboration avec l'équipe BioAdapt, visera ainsi à étudier, pour la première fois, l'ensemble des communautés microbiennes constituant ces biofilms soumis à des radiations ionisantes naturelles, dans le but d'acquérir des connaissances sur la composition et la structuration du réseau trophique de ces systèmes aquatiques particuliers.\(\)](#)

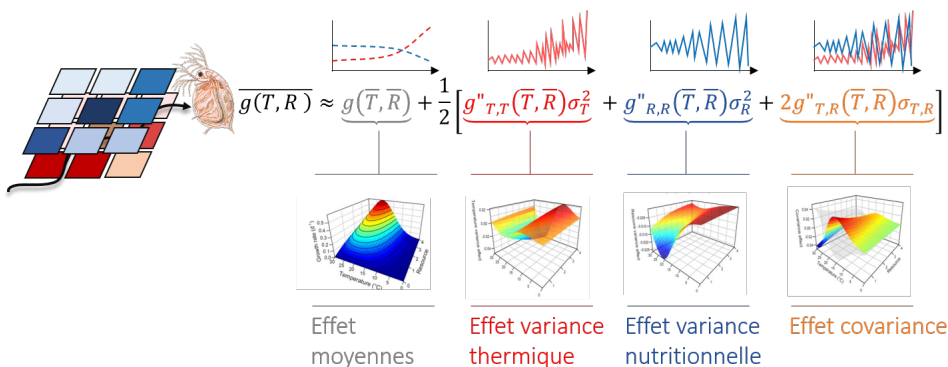
Functional importance of detrital food webs

La majeure partie des écosystèmes aquatiques continentaux reçoit des apports élevés de matières organiques détritiques d'origine allochtone. Pour certains de ces milieux (ruisseaux de tête de bassin-versant, lacs humiques, annexes fluviales), le flux de carbone issu de la matière allochtone peut égaler ou excéder celui provenant de la production primaire autochtone (phytoplancton de la colonne d'eau, biofilms épilithiques et périphytiques, macrophytes et bryophytes) (Berggren et al. 2015). Si en milieu lacustre, la majorité du matériel allochtone arrive sous forme de carbone organique dissous, dans les annexes fluviales et les petits cours d'eau, il s'agit principalement de carbone particulaire terrestre reçu sous forme de litières et fragments végétaux plus ou moins dégradés. Les recherches entreprises dans ces milieux soulignent le paradoxe que constitue la faible qualité nutritionnelle de cet apport terrestre *versus* son abondance et sa capacité à soutenir une partie (annexes fluviales) ou l'essentiel de la production secondaire (ruisseaux de tête de bassin-versant) (Tank et al. 2010). L'assimilation de ce carbone allochtone par le zooplancton benthico-littoral ou les macroinvertébrés ne semble possible que lorsque des stratégies nutritionnelles compensatoires sont mises en place afin d'obtenir des nutriments particuliers issus de sources secondaires d'alimentation (Taipale et al., 2014). L'identification de ces sources secondaires et leur apport en nutriments essentiels constituent un des enjeux majeurs de la compréhension des transferts de matières et d'énergie et de la stabilité des réseaux trophiques. Ainsi dans la continuité des recherches effectuées dans notre équipe (EC2CO IFODPSYLO en cours), nous nous proposons de mieux mettre en évidence, l'importance des microorganismes phototrophes (Biofilms..etc.) vis-à-vis de l'état nutritionnel et des traits d'

histoire de vie de micrométazoaires et macroinvertébrés appartenant à des guildes trophiques différentes. L'accent sera mis sur les ruisseaux de tête de bassin (ordre 1 à 3) et certains écotones (bras-morts de la rivière Allier).

Aquatic consumers in fluctuating environments

En agissant de manière interactive sur les traits d'histoire de vie des micro-métazoaires, la température et la composition biochimique des microorganismes sont déterminantes de l'efficacité du transfert à l'interface microorganismes-métazoaire () et de la stabilité et de la persistance des réseaux trophiques planctoniques (Masclaux *et al.* 2009;). Longtemps focalisée sur l'augmentation moyenne de la température, l'étude des effets du changement climatique sur les populations d'ectothermes se tourne depuis peu sur l'augmentation de la variabilité thermique et de la fréquence des températures extrêmes. En effet, il s'avère que cette altération des moments statistiques d'ordre supérieur (*e.g.* variance, coefficient d'asymétrie) de la température a des effets au moins aussi importants que les changements de la moyenne (Fey & Vasseur 2016)(). En revanche, les effets de la covariance de la température et de la qualité nutritionnelle des apports alimentaires sur les populations de consommateurs ectothermes, pourtant inhérentes au milieu naturel (Simpson & Raubenheimer 2012; Hunter 2016), est quasiment inexplorée (Koussoroplis & Wacker 2016)(). Dans cet axe, nous explorerons les effets des fluctuations thermiques et nutritionnelles susceptibles d'être expérimentées à l'échelle individuelle et populationnelle sur les traits d'histoire de vie des micro-crustacés planctoniques. En combinant des approches de modélisation telles que la mécanique statistique (Koussoroplis *et al.* 2017)() ou les Budgets Energétiques Dynamiques (DEB) (Koussoroplis & Wacker 2016;)() à l'expérimentation en microcosme, nous quantifierons l'interaction moyenne-variance-covariance, les effets de l'(a)synchronie entre les fluctuations thermiques et nutritionnelles ainsi que leur autocorrélation temporelle



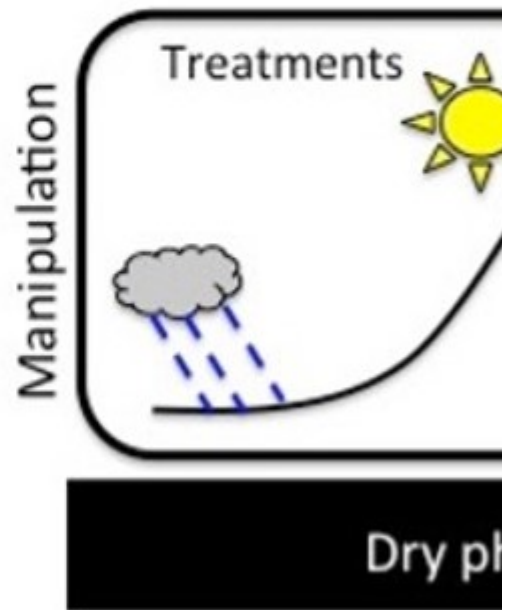
Integration of nutritional and metabolic ecology

Alors que la biologie cellulaire reconnaît depuis longtemps que les flux d'énergie et de matière sont inextricablement liés au travers des réactions biochimiques du métabolisme, la quantification des relations réciproques entre énergie et matière apparaît beaucoup plus complexe lorsqu'il s'agit de processus

écologiques. Si la conceptualisation du fonctionnement des écosystèmes (Lindeman 1942) a permis la mise en place d'approches quantitatives basées sur les flux d'énergie, la forte variabilité des efficacités trophiques à l'interface microbes-métazoaires a nécessité le développement d'approches qualitatives se focalisant sur le transfert d'éléments et/ou de composés biochimiques essentiels (acides gras polyinsaturés, stérols, etc). C'est la raison pour laquelle la volonté actuelle d'unifier 2 pans théoriques de l'Ecologie jusqu'alors séparés : la Théorie Métabolique de l'Ecologie (Brown et al 2004) proposant une approche quantitative et la Stœchiométrie écologique prenant en compte la qualité nutritionnelle d'un point de vue de la composition élémentaire devient de plus en plus persistante (Allen et Gillooly 2009 ; Hillebrand et al 2009 ; Ott et al 2014, Barnes et al 2018). Nos travaux s'inscriront dans cette perspective et auront pour objectif d'intégrer non seulement les contraintes alimentaires stœchiométriques mais également biochimiques au sein de la Théorie Métabolique de l'Ecologie. Nous nous appuyerons sur une nouvelle méthode récemment développée au laboratoire, basée sur des techniques de microcalorimétrie (Ruiz et al 2018). Cette dernière, présentant une très haute précision, permet d'évaluer individuellement le métabolisme chez des invertébrés de petite taille tel *Daphnia* (dont la reproduction parthénogénétique permet de s'affranchir des variations intraspécifiques du métabolisme) et semble prometteuse pour établir le lien entre : contraintes alimentaires, métabolisme et croissance.

Resilience of aquatic ecosystems

This research area uses tank bromeliads as an ecosystem model to test different hypotheses regarding food webs, their functions, their disturbances, and their abilities to recover (resilience). Bromeliads are flowering plants represented by some 3140 species throughout the Neotropics. The rosettes of most bromeliads form wells that collect rainwater and leaf litter, providing a habitat for aquatic organisms. The microbial-faunal food web is especially amenable to studies of aquatic-terrestrial interactions, food web structure, and ecosystem function, because it is small in size, can be exhaustively sampled, and because it is naturally replicated in neotropical forests. The current project [RESILIENCE](https://resilience.cnrs.fr) (<https://resilience.cnrs.fr>) aims to understand how different scales of biological organisation, organisms, functional community structure, metacommunity, and their interactions, drive community re-assembly and multifunctional resilience in neotropical ecosystems, following drought events that range from the current norm to extreme events and predictions of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). This research is intended to improve our ability to predict the impact of future climate change and is a part of the activities of the [Bromeliad Working Group](https://www.zoology.ubc.ca/~srivast/bwg/) (<https://www.zoology.ubc.ca/~srivast/bwg/>). The experiments take place in French Guiana near the Petit Saut Dam. We have established a 25ha forest plot, where we control the distribution of the tank-bromeliad *Lutheria (Vriesea) splendens*. These settings offer unique opportunities to manipulate natural ecosystems in a primary forest understory.



[https://lmge.uca.fr/version-francaise/equipes/interactions-dans-les-reseaux-trophiques-aquatiques-rt/recherches\(https://lmge.uca.fr/version-francaise/equipes/interactions-dans-les-reseaux-trophiques-aquatiques-rt/recherches\)](https://lmge.uca.fr/version-francaise/equipes/interactions-dans-les-reseaux-trophiques-aquatiques-rt/recherches(https://lmge.uca.fr/version-francaise/equipes/interactions-dans-les-reseaux-trophiques-aquatiques-rt/recherches))