

Actualités scientifiques

Importance des virus en milieu lacustre

L'écologie virale aquatique est une science relativement jeune, 15 ans, et jusqu'à très récemment, l'impact des virus n'était pas pris en compte dans la régulation des peuplements microbiens¹ pour laquelle seuls la disponibilité des ressources nutritives et les processus d'origine biotique, comme la prédation et la compétition, étaient considérés comme prépondérants.



Lac Léman.

Cette thématique de recherche est un des volets auquel s'intéresse désormais l'équipe de Microbiologie aquatique de Thonon-les-Bains. Depuis 2 ans, les communautés microbiennes (virus, bactéries auto- et hétérotrophes², protistes) à la base du réseau trophique pélagique sont étudiées dans les lacs Léman, d'Annecy et du Bourget par microscopie et cytofluorimétrie. Ces différents micro-organismes caractérisent ce que l'on appelle la boucle microbienne et ont chacun un ou plusieurs rôles-clés : les virus interviennent dans la mortalité et la diversité des bactéries, ces dernières étant les principaux acteurs dans la reminéralisation de la matière organique et source de nourriture pour les prédateurs³. Des expériences "in situ" ont d'ores et déjà permis d'estimer la mortalité des bactéries engendrée par l'action des virus (lyse virale) dans les eaux de surface du lac Léman et du Bourget et elle est loin d'être négligeable !

L'omniprésence et le rôle-clé des processus microbiens dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques font de leur étude une nécessité. L'importance qualitative, quantitative et fonctionnelle des virus bactériophages⁴ et leur impact dans le contrôle et le déclin des communautés bactériennes dans les éco-

systèmes lacustres sont encore mal connus. On sait aujourd'hui que les virus interviennent dans les processus de perte (mortalité) qui affectent les communautés microbiennes, mais aussi dans la structure en taille, la composition et la régulation de la diversité des peuplements microbiens, et enfin dans le recyclage des nutriments.

Les virus sont des agents infectieux (parasites obligatoires) dont l'organisation structurale est simple et acellulaire. Ils possèdent un seul type d'acide nucléique (ADN ou ARN), simple ou double brin et ils ne peuvent se multiplier indépendamment des cellules vivantes qu'ils infectent, appelées hôtes. Bien qu'ils constituent les plus petites entités biologiques connues à ce jour, avec une taille variant entre 20 et 200 nanomètres (majorité <60 nm) de diamètre, les virus sont les entités biologiques les plus abondantes (>10 millions par millilitre) et sûrement les plus diverses des écosystèmes aquatiques. On sait aujourd'hui que les Eubactéries et les Archaeobactéries sont les cellules les plus abondantes dans l'eau de mer, et il est admis que la majeure partie de la communauté virale est composée de bactériophages. Toutefois, le rôle fonctionnel, la dynamique et la diversité des virus dans les écosystèmes

aquatiques, en particulier dulçaquicoles⁵ français n'ont fait l'objet que d'un nombre très limité d'études.

La lyse virale dans les lacs Léman et du Bourget

Les lacs Léman et du Bourget sont les plus grands écosystèmes lacustres naturels en France et même en Europe occidentale. Ils constituent un patrimoine écologique de tout premier plan et une haute valeur ajoutée en termes de ressources touristiques et professionnelles. Le suivi de la qualité de leurs eaux passe notamment par une meilleure connaissance de l'ensemble des "compartiments biologiques" (des microbes jusqu'aux poissons) qui les caractérisent et de leurs interactions.

L'un des buts de nos travaux est d'étudier l'importance écologique des bactériophages. Une des raisons à cela est que les lacs Léman et du Bourget sont en voie de restauration ; ce qui sous-entend qu'à moyen-long terme, les communautés microbiennes deviendront de plus en plus prépondérantes⁶. Ainsi réalisons-nous le suivi de l'abondance des différents groupes biologiques que sont les virus, les bactéries, les protistes phytoplanctoniques et les protozoaires flagellés et/ou ciliés à environ 15 jours d'intervalle sur ces lacs. Parallèlement à ce suivi, des expériences ont déjà été réalisées afin de déterminer la part de mortalité bactérienne attribuable à la lyse virale comparativement à celle due à la prédation par les protozoaires flagellés et/ou ciliés, c'est-à-dire les principaux prédateurs connus des bactéries. Enfin, la diversité des bactéries et des virus a été suivie par des expériences de biologie moléculaire.

Les premiers résultats ont permis de constater que les virus pouvaient être responsables jusqu'à 50% de la mortalité bactérienne journalière en l'absence d'autres prédateurs (Lac du Bourget, mai 2003, par exemple). Généralement, il a été constaté que la part attribuable aux prédateurs "classiques" l'emportait sur la lyse virale : 10% pour les virus contre 30% pour les flagellés au mois de mai 2004 dans le lac Léman, par exemple. Que le pourcentage de mortalité bactérienne lié à la lyse virale soit élevé ou relativement faible, il est loin d'être négligeable et il est fort probable qu'il varie considérablement sur des échelles de temps relativement courtes, de l'ordre de la journée. De plus, il est important de noter que la lyse virale de certaines bactéries va provoquer la libération d'éléments nutritifs qui serviront à d'autres bactéries. On comprend dès lors mieux combien ce processus peut être important dans la structuration (modification de la diversité) des communautés bactériennes. L'étude de l'impact de ces virus sur la diversité bactérienne est justement en cours d'analyse.

Quelques conclusions et perspectives

À ce jour et compte tenu du caractère préliminaire de nos travaux, il n'est pas encore possible de tirer de

conclusions définitives sur l'importance relative des virus dans les lacs Léman et du Bourget. Néanmoins, il est possible d'affirmer l'importance quantitative des virus dans ces lacs (typiquement de l'ordre de 10^7 - 10^8 virus/ml) et leur rôle qui semble loin d'être négligeable en terme de mortalité bactérienne.

Un volet important de nos travaux devra s'intéresser à l'impact des virus sur la régulation de la diversité bactérienne et à la diversité virale elle-même. Une étude récente de notre équipe a révélé l'importante diversité de certains virus dans le lac du Bourget⁷.

Dans l'avenir, d'autres expériences seront menées sur ces lacs à différentes périodes de l'année et à différentes profondeurs de "la colonne d'eau" (correspondant à des strates physico-chimiques bien définies de la surface jusqu'au fond) afin d'accéder à la variabilité spatiale et temporelle de la lyse virale. Les lacs Léman et du Bourget étant mésotrophes⁸, il sera aussi intéressant de mener une étude de comparaison avec le lac d'Annecy, oligotrophe⁸, où il est connu que le fonctionnement de la boucle microbienne est particulièrement efficace. Ces travaux d'écologie comparée devraient aussi nous permettre de déterminer s'il existe un lien entre l'importance quantitative et fonctionnelle des virus et le statut trophique (oligotrophe ou mésotrophe) de ces écosystèmes.

Solange Duhamel (DEA),

Sébastien Personnic (thèse), Stéphane Jacquet*

Microbiologie aquatique, Thonon-les-Bains

contact : jacquet@thonon.inra.fr

collaborateurs : Isabelle Domaizon (MC, université de Savoie)

Télesphore Sime-Ngando (CR, Clermont-Ferrand)

Bernard Demas (CR, Jouy-en-Josas)

* Les virus en milieu lacustre
Un colloque européen intitulé "The 1st European Workshop on Aquatic Phage Ecology" a eu lieu à Thonon-les-Bains au début de l'année 2005 (organisation : Stéphane Jacquet).

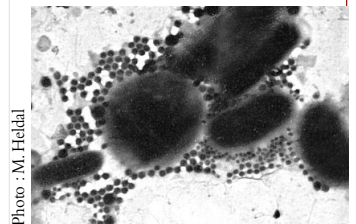


Photo : M. Heldal

Photographie en microscopie électronique à transmission montrant un cluster* de particules bactériennes et virales prélevées dans le lac du Bourget.
*Cluster : agrégat de cellules et/ou particules.

⁵ Dulçaquicoles : milieux d'eaux douces.

⁶ La restauration des grands lacs répond à des programmes de dépollution du lac et de son bassin versant visant à améliorer la qualité des eaux et à les ramener vers un état oligotrophe. Il est attendu que cette évolution soit favorable aux micro-organismes et au fonctionnement de la boucle microbienne en particulier.

⁷ Dorigo, Jacquet, Humbert. *Appl. Environ. Microbiol.* 2004, 70: 1017-1022

⁸ Mésotrophe : se dit d'un milieu moyennement riche en nutriments (typiquement le phosphore) et matière végétale phytoplanctonique comparativement au milieu oligotrophe, plus pauvre.

¹ Peuplements ou communautés microbien(ne)s : ensemble des organismes de taille inférieure à 200 nm comprenant les virus, les bactéries autotrophes (typiquement le picophytoplancton dont les picocyanobactéries) et hétérotrophes ainsi que les protistes autotrophes (micro-algues) et hétérotrophes (protozoaires flagellés et/ou ciliés).

² Qui se nourrit de substances organiques et ne peut effectuer lui-même la synthèse nécessaire contrairement aux autotrophes.

³ Protistes hétérotrophes flagellés et/ou ciliés.

⁴ Bactériophages : virus qui infectent les bactéries.