

Stoichiometric traits in ecological analyses: A tool to understand community responses to global changes

Abstract

Worldwide, changing nutrient concentrations pose main stressors in many ecosystems, which is likely to continue in the future. Consumer communities are often not directly affected but changes in resource quantity and quality have led to shifts in taxonomic as well as functional composition. For example, under phosphorous-rich conditions, some studies showed that small and fast-growing taxa were favoured and also some shifts towards P-rich taxa were reported.

Ecological stoichiometry theory (=EST) offers a framework to investigate the equilibrium and fluxes of elements (i.e. nutrients) between organisms one another and the environment. Stoichiometric traits, that is the elemental composition of an organism's body tissue, has been successfully linked to resource quality or functional traits, especially growth rate and feeding groups. However, so far, most studies did not go beyond taxon or population level and explicit links towards nutrient availabilities are rare.

It was thus the aim of my PhD to investigate whether – and to what extent – the integration of stoichiometric traits into community analyses can improve our understanding of a community response towards global stressors, i.e. changes in nutrient concentration and their stoichiometry. Using stream macroinvertebrates as model organisms, I tested assumptions from EST on community level relying to three databases comprising (i) stoichiometric traits (which I constructed based on field samplings campaigns and a literature research), (ii) functional traits and (iii) community datasets (abundances & environmental parameters).

I found significant links between stoichiometric traits and (other) functional traits, as well as between water nutrient concentration and community stoichiometry. These results could complementarily be explained by EST and phylogeny. Phylogeny was found to largely control a taxon's body stoichiometry leading to partly distinct responses among major taxonomic groups. Also confounding factors affecting community stoichiometry via shifts among those groups seemed to have weakened the global trends over a spatial nutrient gradient. On a temporal scale however the community stoichiometry and functional response followed our expectations based on EST: Under decreasing phosphorous concentrations, the community shifted towards P-poor taxa which decreased community %P. Further, high phosphorous conditions favoured traits related to fast development (e.g. small body sizes, short life duration) and detritus feeding; whereas low phosphorus conditions favoured slow-developing and predatory taxa. Stoichiometric traits were largely involved in this link, underlining their potential to explain ecological responses towards nutrient changes.

It remains to be investigated how such a changed consumer nutrient pool affect nutrient cycling towards higher/lower trophic levels or adjacent terrestrial ecosystems. It might also be worth to study its application towards – and interaction with – other global stressors, notably global warming, which

already was shown to affect stoichiometry and/or traits related to body stoichiometry (i.e. growth, development). The extension of the stoichiometric trait database could further help broadening the application of this approach and testing our findings also for other systems/regions.

Résumé

Dans de nombreux écosystèmes à travers le monde, les changements de concentrations et d'abondance relative des nutriments constituent un facteur de stress majeur. Les communautés de consommateurs ne sont souvent pas directement affectées par ces changements, mais plutôt indirectement par les modifications induites dans la quantité et la qualité des ressources de base. Par exemple, dans des conditions de forte disponibilité en phosphore, les taxons de petite taille et à croissance rapide sont favorisés tous comme ceux étant naturellement riches en phosphore.

La théorie de la Stœchiométrie Ecologique (EST, Ecological Stoichiometry Theory) offre un cadre conceptuel pour étudier l'équilibre et les flux d'éléments (c.a.d. de nutriments) entre les organismes et l'environnement. Les traits stœchiométriques, ici considérés sous l'angle de la composition élémentaire des tissus corporels d'un organisme, ont pu être liés avec succès à la qualité des ressources ou à des traits fonctionnels des taxons, notamment le taux de croissance et le groupe trophique des organismes. Néanmoins, jusqu'à présent, la plupart des études n'ont pas dépassé le niveau du taxon ou de la population et les liens explicites entre la structure des communautés de consommateurs et la disponibilité en nutriments restent rares.

L'objectif de mon doctorat était d'étudier si - et dans quelle mesure - l'intégration de traits stœchiométriques dans les analyses de communautés pouvait améliorer notre compréhension de leur réponse aux changements de concentrations en nutriments. En prenant pour communautés modèles les macroinvertébrés des cours d'eau, j'ai testé les hypothèses de l'EST en m'appuyant sur trois bases de données comprenant (i) des traits stœchiométriques (base de données construite dans le cadre de cette thèse), (ii) des traits fonctionnels et (iii) la structure des communautés de macroinvertébrés en France (abondances et paramètres environnementaux).

J'ai ainsi pu mettre en évidence des liens entre les traits stœchiométriques et les autres traits fonctionnels des taxons, ainsi qu'entre la concentration des nutriments de l'eau et la stœchiométrie des communautés. Ces résultats pourraient être expliqués de manière complémentaire par l'EST et la phylogénie. La phylogénie contrôle largement la stœchiométrie des taxons, entraînant des réponses distinctes parmi les principaux groupes taxonomiques. De même, les variations d'abondance relative des différents taxons selon la disponibilité des nutriments tendent à réduire l'importance des traits stœchiométriques comme facteur explicatif. Cependant, en considérant un seul cours d'eau subissant une réduction progressive des concentrations en phosphore, la stœchiométrie de la communauté et sa réponse fonctionnelle ont suivi nos attentes basées sur l'EST: Une réduction du phosphore sélectionne des taxons pauvres en P et réduit le %P de la communauté. En outre, des conditions de phosphore élevées ont favorisé les traits liés au développement rapide (par ex. petites tailles de corps, courte durée de vie) et à la détritivorie, tandis

que des conditions de phosphore faibles ont favorisé les taxons à développement lent et à dominance prédateurs. Les traits stœchiométriques étaient largement impliqués dans ce lien, soulignant leur potentiel pour expliquer les réponses écologiques aux changements de concentrations en nutriments.

Il reste maintenant à étudier comment les changements de stocks de nutriments constitués par les consommateurs affecte *in fine* le cycle des nutriments, et le transfert de ces nutriments vers les niveaux trophiques supérieurs et les écosystèmes adjacents. Il pourrait également être intéressant d'étudier l'applicabilité de ces approches à d'autres facteurs de stress globaux, notamment le réchauffement climatique. L'extension de la base de données de traits stœchiométriques pourrait ainsi contribuer à élargir l'application de cette approche et à tester nos résultats sur d'autres types d'écosystèmes.