

# DER EINFLUSS DES KLIMAWANDELS AUF DAS LEBEN IN SÜSSWASSER- UND LANDÖKOSYSTEMEN

CHRISTIAN RIXEN (Kontaktperson)  
IMRAN KHALIQ, ANITA NARWANI

**Ökologische Gemeinschaften in Flüssen und Seen reagieren ähnlich auf den Klimawandel wie Gemeinschaften an Land. Das zeigt der erste umfassende Vergleich von Süßwasser- und Landökosystemen weltweit unter der Leitung von Eawag und WSL. Steigen die Temperaturen, profitieren vor allem wärmeliebende Arten. Eine überraschende Ausnahme könnte das Plankton sein.**

Wird es wärmer, sind viele Arten gezwungen, ihre angestammten Lebensräume zu verlassen und auf der Suche nach kühleren Klimazonen nach Norden oder in höhere Lagen zu ziehen. Lokal können so an Kälte angepasste Arten verloren gehen und durch Arten, die Wärme bevorzugen, ersetzt werden. Im Laufe der Zeit setzen sich wärmeliebende Arten immer mehr durch. Die Forschenden bezeichnen diese Verschiebung der Artenzusammensetzung als Thermophilisierung. Global gesehen ist relativ gut bekannt, wie und wie schnell ökologische Gemein-

schaften an Land und im Meer auf den Klimawandel reagieren. Wie die Gemeinschaften im Süßwasser im Vergleich zu den terrestrischen auf die Erwärmung reagieren, wurde jedoch noch nicht systematisch untersucht und verglichen. Gerade die Lebensräume in Seen und Flüssen sind jedoch von grossem Interesse. Ihr Artenreichtum ist überproportional hoch verglichen mit terrestrischen und maritimen Lebensräumen, gleichzeitig ist der Artenrückgang besonders dramatisch. Süßwasserökosysteme zählen ausserdem zu den Lebensräumen, die am emp-

Blick von der Kirche Varen auf das Auengebiet Pfyrenwald mit der Rhone (Blick flussabwärts), Schotterbänken und trockenen Schotterterrassen mit Föhrenwald. (Foto: Jan Ryser/BAFU)



Vue depuis l'Église de Varone sur la zone alluviale du Bois de Finges et le Rhône (vue en aval), bancs caillouteux et terrasses fluviales sèches avec pinède (photo: Jan Ryser/OFEV).

## EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES LIMNIQUES ET TERRESTRES

CHRISTIAN RIXEN, IMRAN KHALIQ,  
ANITA NARWANI

**Les communautés écologiques des lacs et rivières réagissent aux changements climatiques à peu près comme les communautés terrestres. C'est ce que montre la première comparaison des écosystèmes limniques et terrestres, réalisée à l'échelle de la planète sous la houlette de l'Eawag et du WSL. L'augmentation des températures profite surtout aux espèces thermophiles. Le plancton pourrait être une exception surprenante.**

Lorsqu'il fait plus chaud, beaucoup d'espèces sont contraintes de quitter leurs biotopes endémiques et de partir à la recherche de régions plus tempérées, vers le Nord ou en altitude. Localement, les espèces cryophiles peuvent ainsi disparaître et être remplacées par celles privilégiant la chaleur. Au fil du temps, ces dernières s'imposent de plus en plus. Les scientifiques parlent de thermophilisation pour décrire ce phénomène de déplacement des aires de répartition des espèces.

À l'échelle mondiale, on sait déjà relativement bien comment réagissent les communautés écologiques aux changements climatiques sur terre et en mer et à quelle vitesse. Mais aucune analyse ni comparaison systématiques n'avait encore été faite sur la réaction au réchauffement des communautés limniques par rapport à leurs homologues terrestres. Pourtant, les biotopes des lacs et des cours d'eau présentent un grand intérêt, car leur biodiversité est beaucoup plus riche en comparaison avec les environnements terrestres et marins; en parallèle, la raréfaction des espèces y est

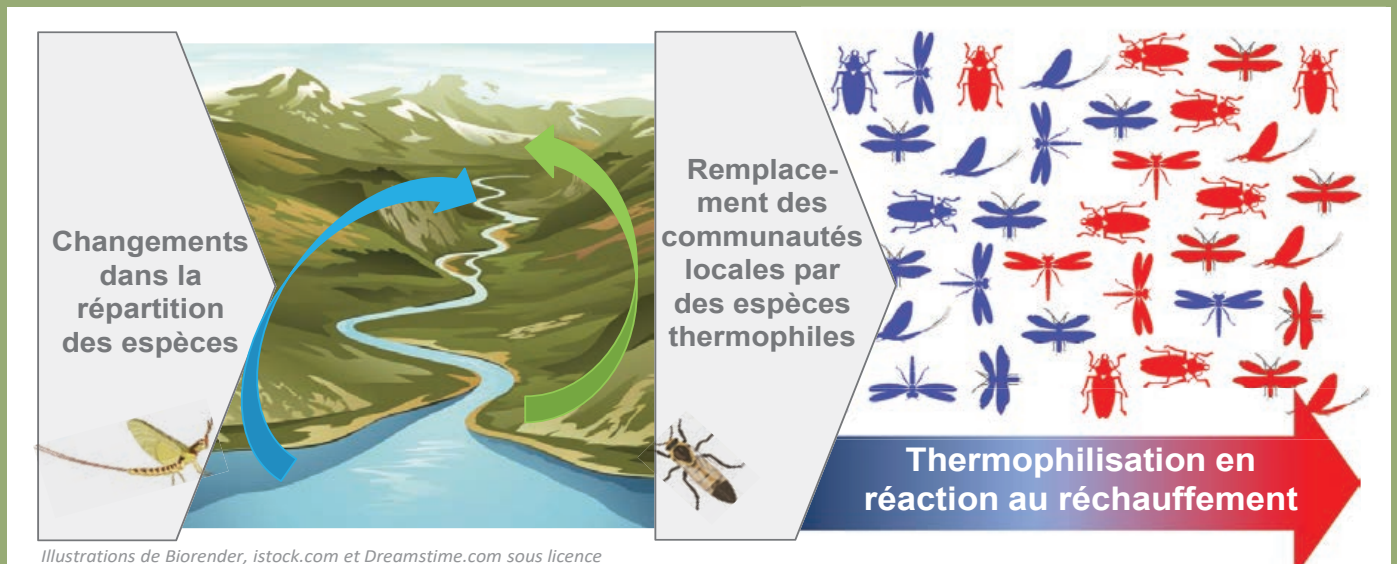
findlichsten auf menschliche Einflüsse reagieren. Das liegt möglicherweise an den ausgeprägten räumlichen Grenzen, die das Potenzial der Arten zur Ausbreitung einschränken.

### Vergleich von Süßwasser und Land

Im Rahmen der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity BGB» hat ein internationales Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern rund um Anita Narwani und Imran Khaliq, Wasser-

forschungsinstitut Eawag, und Christian Rixen, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, nun erstmals in einer systematischen, globalen Studie die Artengemeinschaften im Süßwasser und an Land

Verändert sich das Klima, verändert sich auch die Verbreitung von Arten. Lokal können so an Kälte angepasste Arten verloren gehen und durch Arten, die Wärme bevorzugen, ersetzt werden. In der Wissenschaft wird dieser Prozess als Thermophilisierung bezeichnet. (Grafik: Eawag, Illustrationen von Biorender, istock.com und dreamstime.com).



Lorsque le climat change, la répartition des espèces change aussi. Localement, les espèces cryophiles peuvent disparaître et être remplacées par celles qui privilégient la chaleur. En science, ce processus est appelé thermophilisation [graphique: Eawag, illustrations de Biorender, istock.com et dreamstime.com].

particulièrement forte. De plus, les écosystèmes limniques comptent parmi les biotopes les plus sensibles aux influences humaines. Cela est probablement dû aux limites spatiales marquées, qui restreignent le potentiel de propagation des espèces.

### Comparaison entre eau douce et terre

Dans le cadre de l'initiative de recherche «Blue-Green Biodiversity BGB», une équipe internationale de scientifiques, dirigée par Anita Narwani et Imran Khaliq de l'Institut fédéral des sciences et technologies de l'eau (Eawag) ainsi que

Christian Rixen de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), a mené pour la première fois une étude systématique et mondiale sur les communautés d'espèces limniques et terrestres. L'équipe a utilisé toutes les données disponibles dans le monde, soit

analysiert. Sie nutzten alle weltweit verfügbaren Daten, insgesamt 13'324 Datensätze, darunter 6'201 terrestrische Gemeinschaften mit Pflanzen, Vögeln, Insekten und Säugetieren und 7'123 aquatische Gemeinschaften mit Fischen, Insekten sowie Phyto- und Zooplankton. Die Daten umfassen insgesamt 17'431 Arten und Zeiträume von 5 bis 38 Jahren zwischen 1980 und 2019. Nur wenige Daten waren aus den tropischen und polaren Regionen verfügbar, weshalb sich die wichtigsten Schlussfolgerungen auf die gemässigten Breiten beschränken.

Die Studie zeigte, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen Süßwasser- und Landökosystemen in der Thermophilisierung gibt. Im Süßwasser gab

es also das gleiche Muster wie an Land: die Verschiebung hin zu wärmeliebenden Arten, während an die Kälte angepasste Arten seltener werden. Die Geschwindigkeit der Thermophilisierung als Reaktion auf die Temperaturveränderung unterscheidet sich jedoch: An Land hat sich die Artenzusammensetzung schneller verändert. Dieser Unterschied könnte auf die langsamere Erwärmung im Süßwasserbereich zurückzuführen sein. Das setzt die aquatischen Gemeinschaften weniger unter Druck zu reagieren.

### Die Überraschung: kälteliebende Planktonarten geht es gut

Eine Ausnahme sind Planktongemeinschaften; sie reagieren anders als erwar-

tet. Hier deuten die Analysen darauf hin, dass kälteliebende Arten vom Klimawandel profitieren könnten. Dies war überraschend, und die Gründe dafür sind derzeit noch nicht wirklich geklärt. Eine einfache Erklärung wäre, dass kälteliebende Arten früher in Regionen lebten, in denen die Temperaturen unter ihrer optimalen oder bevorzugten Temperatur lagen. Dieses Phänomen wurde bereits für marine Systeme dokumentiert. Eine Erwärmung wäre also zunächst gut für sie, bevor der Temperaturanstieg so stark wird, dass die kälteliebenden Arten unter Druck geraten und schliesslich auswandern oder aussterben. Dafür spricht auch die Tatsache, dass sich Seen und Flüsse weniger schnell erwärmen als Lebensräume

Abb. 3: Bis auf das Zooplankton zeigen alle Gruppen von Organismen Thermophilisierung, allerdings unterschiedlich stark ausgeprägt. Alle Gruppen sind signifikant von Null unterschiedlich. Die Zahl in Klammern zeigt die Anzahl der Studien.

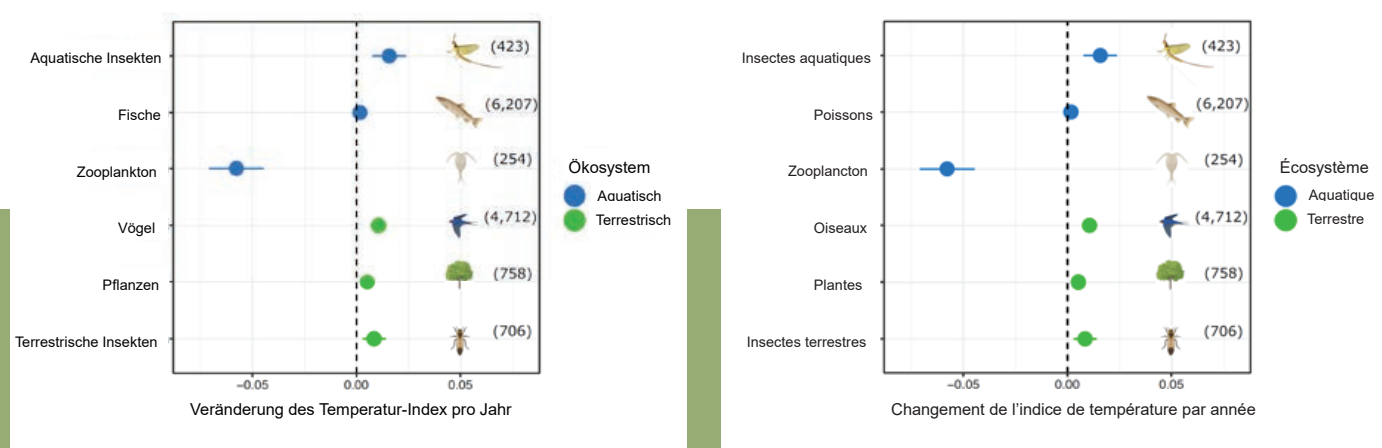


Fig. 3: À l'exception du zooplancton, la thermophilisation concerne tous les groupes d'organismes, avec une intensité plus ou moins marquée. Tous les groupes sont significativement différents de zéro. Le chiffre entre parenthèses renseigne sur le nombre d'études.

au total 13 324 jeux de données, dont 6201 concernant des communautés terrestres incluant plantes, oiseaux, insectes et mammifères et 7123 des communautés aquatiques incluant poissons, insectes, phytoplancton et zooplancton. Les données englobent 17 431 espèces en tout sur des durées allant de 5 à 38 ans entre 1980 et 2019. En raison du peu de données provenant des régions tropicales et polaires, les conclusions les plus importantes se limitent à la zone tempérée.

L'étude a montré qu'en matière de thermophilisation, il n'y avait pas de différences significatives entre les écosystèmes limniques et terrestres. Le même schéma a été observé en eau douce et sur

terre, à savoir une présence de plus en plus marquée des espèces aimant la chaleur, tandis que celles adaptées au froid se font plus rares. Toutefois, la vitesse de la thermophilisation en réaction au changement de température n'est pas la même: sur terre, la composition des espèces s'est modifiée plus vite. Cette différence pourrait être due au réchauffement plus lent de l'eau douce. Les communautés aquatiques sont moins forcées à réagir.

### Surprise: les espèces de plancton cryophiles vont bien

Les communautés de plancton font exception; elles réagissent autrement qu'attendu. Les analyses indiquent que

les changements climatiques pourraient profiter aux espèces cryophiles. Ce résultat est surprenant et les raisons ne sont pas encore vraiment élucidées. Une explication simple serait que ces espèces vivaient autrefois dans des régions où les températures se situaient en dessous de leur température idéale ou privilégiée. Ce phénomène a déjà été observé pour des systèmes marins. Un réchauffement leur serait alors bénéfique dans un premier temps, avant que les températures augmentent au point de mettre ces espèces sous pression, provoquant leur migration ou leur extinction. Le fait que les lacs et les rivières se soient réchauffés moins vite que les biotopes terrestres semble confirmer cette hypothèse. Une autre

an Land. Eine andere Erklärung könnte sein, dass kälteliebende Arten gut an andere Umweltveränderungen wie die Verfügbarkeit von Nährstoffen angepasst sind. Die beobachtete Zunahme der kälteliebenden Planktonarten könnte also auch einen anderen Grund als die globale Erwärmung haben.

### **Hohe Biodiversität – hohe Widerstandskraft**

Ein weiteres interessantes Ergebnis der Studie war, dass in terrestrischen Ökosystemen ein hoher Artenreichtum die Gemeinschaften weniger empfindlich gegenüber dem Klimawandel macht. Artenreiche Gemeinschaften an Land reagieren also langsamer auf steigende Temperaturen als artenarme Gemeinschaften. Das heisst aber nicht, dass diese Gemeinschaften nicht irgendwann unter Druck geraten werden. Es könnte nur länger dauern. Es kann auch ein zeitverzögertes Aussterben geben, wenn es eine Verzögerung zwischen der Ursache, in diesem Fall dem Klimawandel, und dem endgültigen Verschwinden einer Art gibt. Und

dieses endgültige Verschwinden kann dann sehr schnell erfolgen. Zwar haben die Forschenden einen ähnlichen Trend im Süsswasser beobachtet, also eine höhere Widerstandsfähigkeit bei artenreicheren Gemeinschaften, doch ist der Trend viel weniger ausgeprägt und nicht signifikant.

Die Ergebnisse der Studie und der Vergleich von aquatischen und terrestrischen Ökosystemen helfen zu verstehen, wie ökologische Gemeinschaften auf den Klimawandel reagieren und woher die Unterschiede in ihren Reaktionen kommen. Die Gründe zu kennen, ist der Schlüssel zur Entwicklung besserer Strategien für den Schutz und die Bewirtschaftung von Ökosystemen und zur Identifizierung der Arten, die besonders anfällig für das lokale Aussterben sind.

### **Originalpublikation**

<https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:32599>

### **Links / Dokumente / optionale Elemente**

Forschungsprojekt von Eawag und WSL: Der Einfluss des Klimawandels auf das Leben in Süsswasser- und Landökosystemen

<https://www.eawag.ch/de/abteilung/eco/projekte/warming-related-community-turnover-in-terrestrial-and-freshwater-ecosystems/>

### **Kontakt**

Eawag  
Anita Narwani  
E-mail: [anita.narwani@eawag.ch](mailto:anita.narwani@eawag.ch)

WSL  
Christian Rixen  
E-mail: [rixen@slf.ch](mailto:rixen@slf.ch)

explication pourrait être que les espèces cryophiles sont bien adaptées à d'autres changements environnementaux tels que la disponibilité en nutriments. La multiplication observée des espèces de plancton cryophiles pourrait donc aussi avoir une autre explication que le réchauffement planétaire.

### **Biodiversité élevée, résistance élevée**

Autre résultat intéressant: dans les écosystèmes terrestres, une grande biodiversité rend les communautés moins sensibles aux changements climatiques. Sur terre, les communautés riches en espèces réagissent donc plus lentement à la hausse des températures que les communautés plus pauvres. Mais cela ne veut pas dire qu'elles ne seront pas sous pression à un moment ou un autre. Cela pourrait simplement prendre plus de temps. L'extinction peut être retardée lorsqu'il y a un décalage entre la cause, en l'occurrence le changement climatique, et la disparition définitive d'une espèce, qui peut alors survenir très rapi-

dement. Les scientifiques ont certes observé une tendance similaire en eau douce, soit une résistance supérieure des communautés riches en espèces, mais elle est beaucoup moins prononcée et non significative.

Les résultats de l'étude et la comparaison des écosystèmes aquatiques et terrestres aident à comprendre comment réagissent les communautés écologiques aux changements climatiques et d'où proviennent les différences dans leur manière de réagir. Il est crucial d'en connaître les raisons pour développer de meilleures stratégies de protection et de gestion des écosystèmes et pour identifier des espèces particulièrement vulnérables à l'extinction locale.

### **Première publication**

<https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:32599>

### **Liens / Documents / Éléments optionnels**

Projet de recherche de l'Eawag et du WSL: Effets des changements climatiques sur les écosystèmes terrestres et limniques

<https://www.eawag.ch/de/abteilung/eco/projekte/warming-related-community-turnover-in-terrestrial-and-freshwater-ecosystems/>

### **Renseignements**

Eawag  
Anita Narwani  
Courriel: [anita.narwani@eawag.ch](mailto:anita.narwani@eawag.ch)

WSL  
Christian Rixen  
Courriel: [rixen@slf.ch](mailto:rixen@slf.ch)