



Le mouvement des gaz à travers un lac

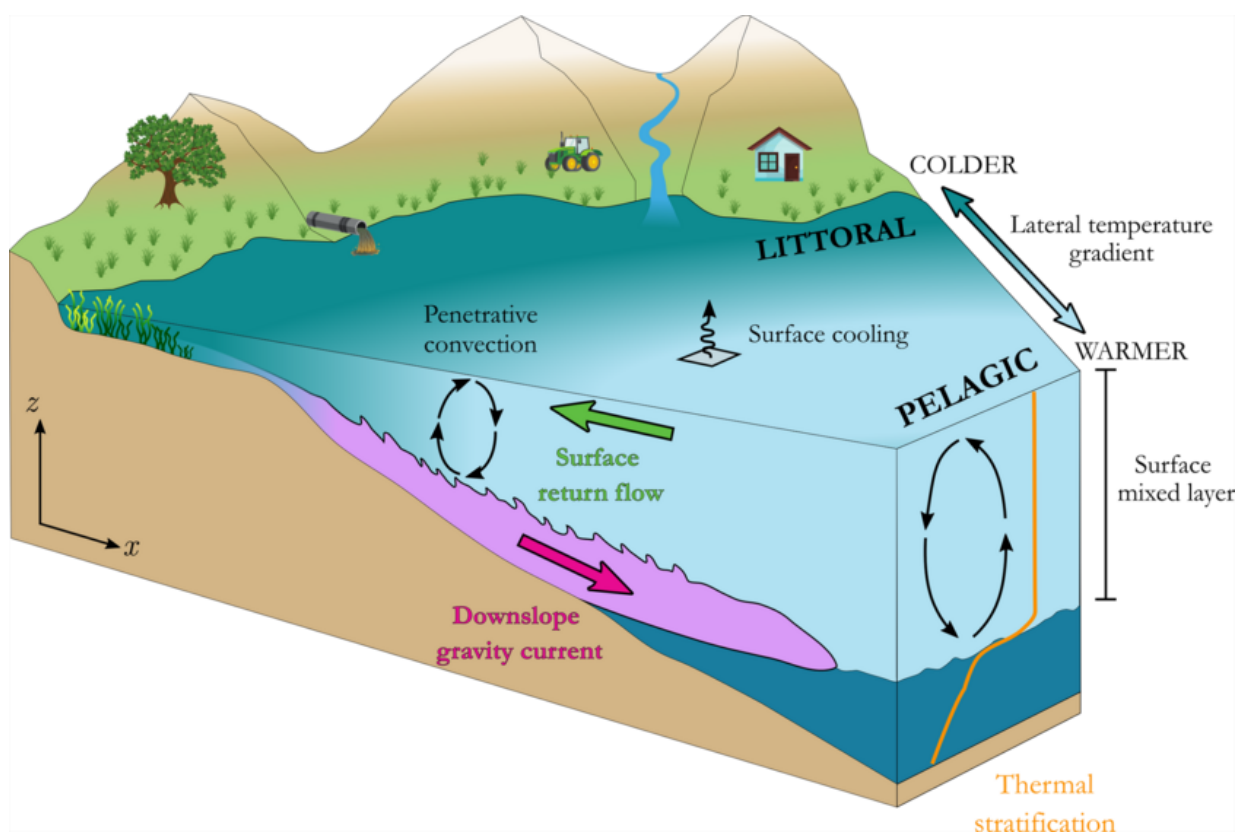
25 janvier 2024 | Barbara Vonarburg

Catégories: Écosystèmes | Changement climatique & Énergie

La nuit et pendant les froides journées d'hiver, l'eau du lac refroidit plus rapidement à proximité du rivage qu'au milieu du lac. Il en résulte un courant qui relie les berges à la partie plus profonde du plan d'eau. Une équipe internationale dirigée par des chercheuses et chercheurs de l'Eawag a pu montrer pour la première fois que cette circulation horizontale transporte des gaz comme l'oxygène et le méthane.

Les rives du lac sont directement concernées par les activités humaines: on y nage et on y pêche, l'eau des rivières s'y jette et des polluants peuvent s'échapper des eaux usées. Il était communément admis jusqu'à présent qu'un composé libéré sur le rivage se répandait lentement dans le lac et se dégradait, de sorte qu'il demeurerait seulement détectable en faible concentration dans les eaux profondes. «Nous montrons dans notre projet que cela n'est pas forcément le cas», explique Tomy Doda, scientifique dans le groupe de physique aquatique de Damien Bouffard à l'Eawag et auteur principal de l'étude. «Lorsqu'il existe un courant qui relie la zone du rivage au milieu du lac, la substance est transportée beaucoup plus vite et atteint les régions profondes avant d'être complètement diluée et décomposée.»

S'il s'agit d'un polluant, les conséquences sur l'écosystème du lac peuvent être néfastes. En revanche, on peut imaginer qu'il y a des effets positifs si un tel courant fournit par exemple de l'oxygène aux espèces aquatiques. «Le résultat principal de notre travail indique que nous devons remettre en question l'idée courante selon laquelle le rivage et le centre du lac sont déconnectés», précise T. Doda.



Le refroidissement de l'eau à la surface du lac provoque un phénomène de mélange que l'on appelle la convection. L'eau refroidit plus vite près du rivage, devient plus dense et plonge vers le milieu du lac en suivant le fond. Un courant se crée à la surface en sens inverse, en direction des berges. (Graphique: Tomy Doda, Eawag).

Le refroidissement génère les courants

Dans la terminologie scientifique, les chercheurs désignent la zone proche des rives d'un lac par « zone littorale » et la zone éloignée des berges par « zone pélagique ». Le vent et les vagues peuvent notamment créer un courant reliant les zones littorale et pélagique. T. Doda et ses collègues analysent néanmoins dans leur étude un tout autre phénomène. Celui-ci est provoqué par le refroidissement de la surface du lac pendant la nuit ou les froides journées d'hiver lorsque l'air est plus froid que l'eau du lac. L'eau refroidie à la surface est plus dense et coule vers le fond. Ce mouvement est appelé « convection ».

«Un autre phénomène nous intéresse tout particulièrement», précise T. Doda. «Étant donné que le lac est moins profond à proximité du rivage, l'eau s'y refroidit plus vite qu'au milieu du lac.» Par conséquent, l'eau près du rivage est plus dense et s'écoule comme une cascade sous-marine jusqu'au milieu du lac en suivant le fond. Cela provoque un courant inverse à la surface qui équilibre l'écoulement vers les profondeurs du lac.

Ce processus, désigné par les termes de « circulation convective latérale » ou « siphon thermique », est certes connu depuis longtemps, mais sa capacité à transporter des substances à partir du rivage n'avait encore jamais été analysée. «C'est précisément ce que nous avons fait dans notre étude», explique T. Doda. «Nous avons étudié les gaz, mais il serait également intéressant d'analyser le devenir d'autres substances comme les

nutriments ou les polluants. Nous avons choisi les gaz, car ils ont beaucoup d'effets sur l'écosystème.» L'oxygène est en effet vital à de nombreux organismes. Sans oublier que la recherche climatique tente de quantifier les émissions de gaz à effet de serre provenant des lacs.



Le Rotsee, près de Lucerne, est un lieu d'expérimentation idéal, car très peu venteux. L'air froid de novembre refroidit l'eau à la surface du lac et crée ainsi un courant. (Photo: Tomy Doda, Eawag)

Expérimentations sur le Rotsee

Les chercheuses et chercheurs de l'Eawag ont choisi le Rotsee, près de Lucerne, pour effectuer leurs mesures, car il est particulièrement protégé du vent. Une caractéristique qu'apprécient également les rameuses et rameurs pendant les régates internationales qui y sont fréquemment disputées. L'équipe de recherche a profité du temps froid de novembre pour passer deux jours et deux nuits sur le lac. Elle a installé des capteurs de vitesse et de température de l'eau au fond du lac, puis a procédé à des mesures en continu à partir d'un bateau et d'une plateforme.

Afin de déterminer si le siphon thermique transporte effectivement du gaz, les chercheuses et chercheurs ont utilisé dans un premier temps le krypton, un gaz noble inerte, qu'ils ont injecté au niveau de la rive du lac. Grâce aux différentes mesures effectuées, l'équipe a pu démontrer que le krypton était transporté de la zone littorale à la zone pélagique par le courant. Pour mesurer la concentration de gaz, les chercheuses et chercheurs ont utilisé un spectromètre de masse portatif développé pour de telles analyses par «Gasometrix GmbH», un spin-off Eawag.



Les mesures sur le Rotsee ont été réalisées pendant 48 heures sans interruption en novembre. Les chercheuses et chercheurs ont travaillé en se relayant. (Photos: gauche: Damien Bouffard, Eawag; droite: Guillaume Cunillera, EPFL)

Lors d'une deuxième étape, l'équipe de T. Doda a suivi l'oxygène naturellement présent dans le lac. Au moment des mesures, ce gaz était présent en concentration plus élevée dans la zone littorale qu'au milieu du lac. «Il devrait donc se comporter de manière similaire au krypton que nous avons introduit», explique le scientifique. «Nous avons effectué les mêmes mesures et avons ainsi pu démontrer que le courant transporte aussi l'oxygène vers la zone pélagique.» Enfin, l'équipe a étudié le méthane. Sa concentration était plus élevée au milieu


```

15px}.extbase-debugger-center{padding:0 15px;margin:15px 0;background-image:repeating-
linear-gradient(to bottom,transparent 0,transparent 20px,#252525 20px,#252525
40px)}.extbase-debugger-center,.extbase-debugger-center .extbase-debug-string,.extbase-
debugger-center a,.extbase-debugger-center p,.extbase-debugger-center pre,.extbase-
debugger-center strong{font-size:12px;font-weight:400;font-family:monospace;line-
height:20px;color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center pre{background-color:transparent;margin:
0;padding:0;border:0;word-wrap:break-word;color:#999}.extbase-debugger-center .extbase-
debug-string{color:#ce9178;white-space:normal}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
type{color:#569CD6;padding-right:4px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
unregistered{background-color:#dce1e8}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered,.extbase-debugger-center .extbase-debug-proxy,.extbase-debugger-center .extbase-
debug-ptype,.extbase-debugger-center .extbase-debug-visibility,.extbase-debugger-center
.extbase-debug-scope{color:#fff;font-size:10px;line-height:12px;padding:2px 4px;margin-
right:2px;position:relative;top:-1px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
scope{background-color:#497AA2}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
ptype{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
visibility{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
dirty{background-color:#FFFFB6}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered{background-color:#4F4F4F}.extbase-debugger-center .extbase-debug-seeabove{text-
decoration:none;font-style:italic}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
property{color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
closure{color:#9BA223;}Extbase Variable Dumparray(2 items) publications => '32445' (5
chars) libraryUrl => " (0 chars) Extbase Variable Dumparray(1 item) 0 =>
Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=32445,
pid=124) originalId => protected32445 (integer) authors => protected'Doda,&nbsp;T.;
Ramón,&nbsp;C.&nbsp;L.; Ulloa,&nbsp;H.&nbsp;N.; Brennwald,&n
bsp;M.&nbsp;S.; Kipfer,&nbsp;R.; Perga,&nbsp;M.-E.; Wüest,&nbsp;A.; Schuber
t,&nbsp;C.&nbsp;J.; Bouffard,&nbsp;D.' (189 chars) title => protected'Lake surface
cooling drives littoral-pelagic exchange of dissolved gases' (72 chars) journal =>
protected'Science Advances' (16 chars) year => protected2024 (integer) volume =>
protected10 (integer) issue => protected'4' (1 chars) startpage => protected'eadi0617 (9 pp.)'
(16 chars) otherpage => protected" (0 chars) categories => protected" (0 chars) description =>
protected'The extent of littoral influence on lake gas dynamics remains debated in the
aquatic science community due to the lack of direct quantification of later
al gas transport. The prevalent assumption of diffusive horizontal transport
in gas budgets fails to explain anomalies observed in pelagic gas concentra
tions. Here, we demonstrate through high-frequency measurements in a eutroph
ic lake that daily convective horizontal circulation generates littoral-pela
gic advective gas fluxes one order of magnitude larger than typical horizont
al fluxes used in gas budgets. These lateral fluxes are sufficient to redist
ribute gases at the basin-scale and generate concentration anomalies reporte
d in other lakes. Our observations also contrast the hypothesis of pure, noc
turnal littoral-to-pelagic exchange by showing that convective circulation t
ransports gases such as oxygen and methane toward both the pelagic and litto
ral zones during the daytime. This study challenges the traditional pelagic-
centered models of aquatic systems by showing that convective circulation re
presents a fundamental lateral transport mechanism to be integrated into gas
budgets.' (1149 chars) serialnumber => protected" (0 chars) doi =>

```

protected'10.1126/sciadv.adi0617' (22 chars) uid => protected32445 (integer) _localizedUid => protected32445 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected32445 (integer)modified pid => protected124 (integer) Doda, T.; Ramón, C. L.; Ulloa, H. N.; Brennwald, M. S.; Kipfer, R.; Perga, M.-E.; Wüest, A.; Schubert, C. J.; Bouffard, D. (2024) Lake surface cooling drives littoral-pelagic exchange of dissolved gases, *Science Advances*, 10(4), eadi0617 (9 pp.), doi:10.1126/sciadv.adi0617, [Institutional Repository](#)

Partenaires

Université de Lausanne Universidad de Granada, Spanien University of Pennsylvania, USA

Links

Forschungsprojekt HYPOLimnetic THERmal SYphonS (HYPOTHESSYS)

Video "MiniRuedi: the portable mass spectrometer"

Contact



Tomy Doda

Tel.

tomy.doda@eawag.ch



Damien Bouffard

Chef adjoint de département

Tel. +41 58 765 2273

damien.bouffard@eawag.ch



Bärbel Zierl

Rédactrice Scientifique

Tel. +41 58 765 6840

baerbel.zierl@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/fr/portail/dinfo/actualites/news-archives/detail-de-larchive/le-mouvement-des-gaz-a-travers-un-lac>