

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 98 (1972)  
**Heft:** 21: SIA spécial, no 5, 1972

**Artikel:** Les nuisances dues à l'échauffement des cours d'eau  
**Autor:** Ambühl, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71565>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Introduction

Comme annoncé dans le numéro spécial SIA 4/1972 du 16.9.72, nous publions ci-après un nouvel article qui entre dans le cadre du thème général « Technique nucléaire et environnement ». Secrétariat général SIA

# Les nuisances dues à l'échauffement des cours d'eau<sup>1</sup>

par H. AMBÜHL, Buchs (Argovie)

Si la température d'un cours d'eau est artificiellement accrue, on peut s'attendre à ce que les organismes qui y vivent en subissent les conséquences suivantes.

Une élévation de température diminue le pouvoir que l'eau a de dissoudre les gaz. C'est pourquoi, par exemple, un échauffement, même de courte durée, d'une eau courante dont la teneur en oxygène dissous est déjà faible en raison d'une forte pollution, peut entraîner la perte d'une partie de cet oxygène et par conséquent la mort d'un grand nombre de poissons. Il est heureux que, dans notre pays, un concours de telles circonstances ne pourrait survenir que dans quelques cas assez rares, mais il s'est déjà présenté quelquefois dans d'autres pays d'Europe et aux Etats-Unis. A vrai dire, il est peu probable qu'un échauffement de l'eau de refroidissement proprement dite, qui s'élève par exemple à 10°C à la Centrale nucléaire de Beznau, ne provoque une expulsion directe des gaz dissous, car ce phénomène physique ne se produit que très lentement et n'aurait pas le temps de se faire avant que cette eau ne se mélange à nouveau au reste de la rivière.

Un échauffement accélère tous les phénomènes chimiques et biologiques. C'est ainsi que les phénomènes vitaux se déroulent à peu près dix fois plus vite lorsque la température s'élève de 0 à 10°C. Si la température passe de 10 à 30°C, le déroulement des phénomènes est encore 2,5 à 3,5 fois plus rapide. Mais dès que la température dépasse 30°C, ce facteur de multiplication tombe au-dessous de 1, ce qui signifie que l'échauffement tend à ralentir les phénomènes et a donc un effet nocif.

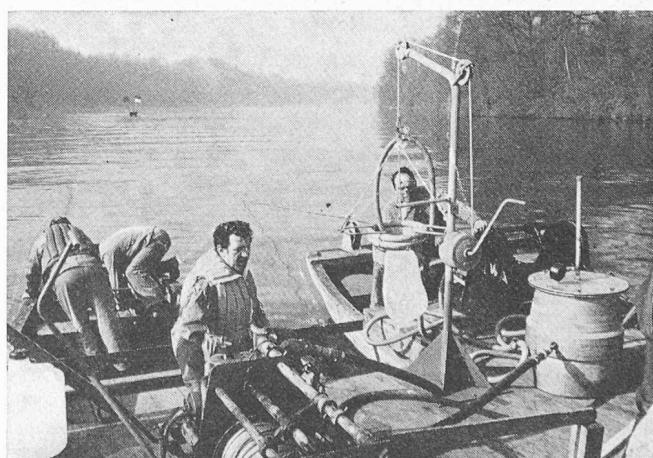
Une élévation de la température de l'eau augmente la sensibilité des organismes qu'elle contient à l'égard des poisons. Dans les cours d'eau recevant d'importantes quantités de déchets industriels toxiques, contenant par exemple des métaux lourds ou des produits de métabolisme résultant de phénomènes d'autopurification et qui, tel l'ammoniaque, peuvent être également nocifs pour les poissons, les risques d'empoisonnement des organismes s'accroissent pendant la saison chaude. Ces risques n'atteignent pas leur maximum pendant la période du plus faible débit, à la fin de l'hiver, lorsque la concentration des eaux usées dans l'eau courante est la plus forte, mais en plein été, lorsque les débits sont moyens ou faibles tandis que la température est très élevée. La teneur en oxygène de l'eau est alors la plus faible, les tendances d'empoisonnement sont latentes et c'est en effet pendant cette période que s'accumulent chaque année les empoisonnements de poissons.

Ce n'est pas un hasard si l'on trouve des poissons, des roseaux et des plantes sous-marines dans les eaux courantes. Celles-ci constituent le milieu naturel d'une riche faune et flore composées d'espèces très spécialisées (en particulier des larves d'insectes) complètement et souvent étonnamment adaptées aux conditions particulières de ce genre de milieu. Certaines de ces espèces ne peuvent même vivre que dans l'eau courante.

<sup>1</sup> D'après un exposé présenté à l'assemblée de discussions de la section zuricoise de la SIA, le 9 février 1972. Traduction du texte original allemand.

Des études effectuées aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne, en Allemagne fédérale, en Pologne et ailleurs encore, ont montré que le nombre des organismes vivant dans une rivière change avec l'augmentation de la température. Tous ces animaux et plantes peuvent en principe se propager autant qu'il leur est techniquement possible. La nature limite la propagation de chacune de ces espèces par son comportement particulier à l'égard des facteurs écologiques. Parmi les facteurs en jeu, la température, ses valeurs extrêmes et ses variations journalières et saisonnières jouent un rôle capital. C'est ainsi que les individus d'une certaine espèce d'insecte dont les larves vivent dans l'eau peut parfaitement remonter un cours d'eau et gagner de nouvelles régions. Le moment de leur transformation en insectes ailés est déterminé par la température de l'eau. Mais celle-ci n'est pas toujours associée étroitement à la température de l'atmosphère ambiante. Si la température extérieure est très basse, la génération d'insectes fraîchement éclos mourra de froid. Si ce phénomène se répète, la propagation de l'espèce en question se heurtera alors à des limites naturelles. Si cependant l'eau d'une rivière est chauffée artificiellement, la métamorphose des mêmes insectes se produira alors plus tôt et leurs chances de survie diminueront même là où, autrefois, l'espèce pouvait vivre. Leur espèce disparaîtra donc peu à peu, mais sa place, sa « niche écologique » ne restera néanmoins pas vide et sera prise par d'autres espèces mieux adaptées.

Le fait que de telles modifications peuvent se produire dans la mosaïque des espèces vivantes, lorsque les conditions écologiques changent, est connu depuis longtemps. Par exemple, chaque obstacle opposé à l'écoulement naturel des eaux d'une rivière a pour effet l'élévation du niveau de l'eau, ce qui influence la biocénose et se manifeste le plus visiblement par la composition de la population des poissons. Dans toute la littérature spécialisée sur l'influence



Des examens biologiques exigent la mise en œuvre d'équipes et d'un matériel important et coûteux : plate-forme flottante (la photo ci-dessus a été prise sur le Rhin, en amont de Kaiseraugst, le 16 mars 1972), plongeurs avec aides, bateliers, pompes et réservoirs, etc.

directe que peut avoir une élévation de température, peu de renseignements sont applicables à nos conditions particulières. On sait pourtant que les animaux vivant dans l'eau propre, notamment les invertébrés macroscopiques (avant tout les insectes) sont relativement peu sensibles aux faibles élévations de température tandis que les micro-organismes, qui apparaissent surtout lorsque la teneur en eaux usées est grande, sont beaucoup plus sensibles. Les organismes présents sur le fond des rivières réagissent d'autant plus intensément à l'échauffement de l'eau que la teneur en eaux usées est forte. Pour les poissons, c'est exactement le contraire : les salmonidés sont plus sensibles aux variations de température que les poissons blancs. Vu que la pollution augmente la densité des organismes vivant dans un cours d'eau et que, de toute façon, un échauffement provoque une accélération et un accroissement des transformations chimiques et biologiques qui s'y produisent, il en résulte finalement une augmentation de la teneur en produits de ces transformations (par exemple l'ammoniaque) et une plus forte absorption d'oxygène due à la plus grande respiration de ces organismes.

Dans l'ensemble, les connaissances écologiques que l'on a au sujet de l'effet d'élévations de température de plus de 5 °C sont abondantes et bien déterminées. En revanche, pour de faibles échauffements, de moins de 5 °C, elles sont plutôt maigres. Aussi les directions des centrales de Mühlberg et de Beznau sont-elles obligées d'effectuer des examens nombreux et approfondis dans les tronçons de l'Aar qui les touchent. Lors de brusques augmentations de température, c'est-à-dire lorsque le temps d'adaptation est insuffisant, une température de l'eau de 25 °C peut être dangereuse pour les salmonidés. Mais comme une centrale du genre de celles qui existent aujourd'hui ne produit qu'un échauffement de l'eau atteignant au plus 1 °C et comme on peut admettre que jamais toutes les centrales utilisant l'eau d'une rivière pour le refroidissement de leurs installations ne prendront leur service en même temps, et qu'il est par conséquent tout à fait improbable que la différence de température due à un échauffement brusque ait des conséquences physiologiques, on peut tolérer une température de l'eau de 25 °C. On sait, en revanche, que si cette température atteint ou dépasse 27 °C, cela peut être dangereux pour la teneur en organismes du cours d'eau.

Les considérations précédentes, associées aux résultats d'observations météorologiques et d'études géologiques relatives aux nappes souterraines ont constitué la base des limites d'utilisation des cours d'eau fixées par le Département fédéral de l'intérieur (1968) :

- La température de l'eau de refroidissement ne doit pas être supérieure à 30 °C ou, dans certains cas particuliers, à 35 °C.
- Après mélange complet de l'eau de refroidissement, l'échauffement de l'eau de la rivière ne doit pas dépasser 3 °C.
- Dans ces mêmes conditions, la température de l'eau de la rivière ne doit dépasser en aucun point la limite de 25 °C (le refroidissement à l'intérieur de nos frontières est impossible).
- Les intérêts de l'aménagement des eaux de surface et souterraines en eau potable doivent avoir la prédominance.
- Les valeurs limites citées se rapportent à des cours d'eau propres ou relativement peu pollués (correspondant au degré Oligosaprobe et au degré  $\beta$ -mesosaprobe). Si la pollution est assez forte, les exigences doivent être rendues plus sévères.

Ce sont là des restrictions extraordinairement strictes. On peut se demander, en bonne conscience, s'il faut vraiment attacher une importance si grande au fait que quelques espèces d'organismes peuvent disparaître, que d'autres se propagent et que la gent poissonnière subisse quelques modifications (en mal, il est vrai). Il s'agit en effet de conséquences insignifiantes et qui ne présentent un intérêt que pour un nombre relativement faible de personnes concernées.

Il faut avouer que cette argumentation qui cherche la petite bête peut se justifier (au moins à l'intérieur des limites d'utilisation fixées) : en effet, ce ne sera qu'après avoir recueilli de nombreux résultats d'observations sur une période suffisamment longue que l'on pourra dire ce qui se passe en réalité. Nos connaissances actuelles comportent encore bien des lacunes. A la commission fédérale mandatée par le Conseil fédéral pour élaborer les prescriptions rapportées plus haut, on s'est fixé comme ligne de conduite de ne rien admettre dont les effets ne soient connus. Jugeant qu'il faudra bien encore plusieurs années pour éclaircir uniquement, mais complètement, la question de l'échauffement maximal de 3 °C, on voulait rester sur un terrain sûr et attendre d'avoir acquis une expérience suffisante. On a bien des raisons de penser que, malgré les déclarations optimistes des organes s'occupant de la protection des eaux, nos principaux cours d'eau et notamment la Limmat, la Reuss, l'Aar, le Rhin, le Rhône sont encore des *cloacae maxima Helveticae*. La canalisation de ces cours d'eau pour les besoins de la production d'énergie électrique qui s'est faite en particulier entre et après les deux guerres mondiales sans que l'on se préoccupe beaucoup de la qualité déjà douteuse de l'eau à cette époque, a eu pour conséquence de détériorer d'importantes nappes souterraines qui constituent un bien précieux et qui n'ont pas encore pu être assainies jusqu'ici (Baden, Full, Schinznach, etc.). Les organismes jouent le rôle important d'indicateurs pouvant déceler de tels changements et dégradations de l'état biologique des cours d'eau.

Les limites rigoureuses d'utilisation, auxquelles s'est rallié l'Etat de Bade-Wurtemberg pour la région longeant le Rhin, peuvent être considérées comme l'une des factures à payer pour l'insouciance avec laquelle on a agi précédemment. On est devenu plus prudent et l'on ne veut plus être responsable de nouveaux dégâts. Une seconde facture aux suites encore notamment plus lourdes consiste dans l'interdiction provisoire d'effectuer des prélèvements d'eau pour assurer le refroidissement de nouvelles centrales et par conséquent dans l'obligation de modifier des projets déjà établis pour les adapter à l'emploi de tours de refroidissement. Cette interdiction découle de la dernière des conditions énoncées ci-dessus. Cette mesure est d'ailleurs parfaitement justifiée pour l'Aar. Malgré toutes les importantes installations d'épuration des eaux qui ont été construites dans son bassin versant, l'état des eaux de cette rivière est encore alarmant aujourd'hui et seules de nouvelles sérieuses mesures de protection réussiront à l'améliorer. Cette remarque ne doit d'ailleurs pas être considérée comme une critique à l'égard des installations d'épuration : à quoi l'Aar ressemblerait-il aujourd'hui si ces installations n'existaient pas ?

La partie du Rhin située en aval de l'embouchure de l'Aar est évidemment polluée par les apports de l'Aar, mais après mélange avec l'eau relativement propre venant du lac de Constance, l'eau du Rhin dans son ensemble est, dans cette région, notamment plus propre que l'eau de l'Aar lui-même. Quant à la question de savoir si les autorités ne sont pas allées trop loin avec l'interdiction de

l'utilisation de cette eau pour le refroidissement d'une centrale nucléaire projetée en un point où l'eau du Rhin est moins polluée que celle de l'Aar et satisfait, quant à la qualité, aux exigences correspondant aux limites fixées et si les tours de refroidissement devant évacuer plus de 900 millions de calories influencent moins le jeu des échanges naturels d'énergie que l'échauffement du cours

d'eau (abstraction faite de considérations relatives au paysage), elle reste encore ouverte.

Adresse de l'auteur :

H. Ambühl, Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux  
Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

## L'entreprise industrielle — une projection dans l'avenir

### Les implications pour le jeune ingénieur<sup>1</sup>

par PETER PERUTZ

#### Introduction

Dans une première partie, quelques éléments clés sont dégagés afin de mieux définir d'une part le cadre dans lequel se trouvera le jeune ingénieur et, d'autre part, les exigences que lui imposeront l'entreprise et la société s'il veut prétendre à des postes de travail intéressants au cours de sa carrière. Dans une deuxième partie, certaines caractéristiques de l'évolution des entreprises sont examinées et cela permet, dans la troisième partie, de voir comment le jeune ingénieur peut, par une attitude active, élaborer sa propre image de l'avenir, identifier les domaines d'activités auxquels il peut apporter avec enthousiasme sa contribution professionnelle et sociale, et surmonter certains obstacles, essuyer les refus et tirer avantage des erreurs commises. En un mot comment un jeune ingénieur, au début de son activité professionnelle, peut essayer de prévoir et de préparer son avenir et sa contribution à la société, plutôt que de subir un développement professionnel dicté par le hasard, les actions et la politique des autres.

#### 1. La signification de l'avenir

##### *L'horizon-temps, son choix approprié*

Lorsqu'on examine l'avenir, il faut préciser la période choisie, soit l'horizon-temps. Celui-ci est différent et spécifique pour chaque entreprise, pour chaque individu.

Par exemple, une boulangerie-pâtisserie située aux alentours de l'Ecole polytechnique fédérale n'a pas besoin de plan jusqu'en 1980. Un plan, c'est-à-dire un horizon-temps, couvrant deux années suffira parfaitement. L'inertie de cet établissement est suffisamment réduite pour pouvoir s'adapter rapidement à tout changement éventuel. En effet, un changement du goût de la clientèle peut engendrer par exemple un changement du décor du magasin, qui s'effectue en une année environ.

En revanche, une entreprise minière devrait disposer de plans couvrant vingt ans ou plus. Ouvrir ou fermer une mine est déjà en soi une affaire de plusieurs années, et

l'horizon-temps à viser est bien plus grand ici que dans le cas précédent.

De même, les entreprises horlogères qui participent aujourd'hui à la lutte pour le marché de la montre à quartz ont dû décider d'entreprendre des recherches dans ce domaine il y a déjà dix ou quinze ans. On sait en effet que seuls les travaux de développement d'une telle montre, qui font suite à une période des recherches fondamentales et appliquées, requièrent déjà une dizaine d'années.

Comme le font les entreprises, qui s'orientent vers une activité industrielle, l'étudiant s'oriente vers les études à l'Ecole polytechnique fédérale en faisant lui aussi un plan à long terme d'environ dix ans.

Même si, dans la plupart des cas, ce plan s'élabore de manière incomplète, sinon inconsciente, l'étudiant sait qu'il s'engage pour plus de quatre ans d'études qui seront suivies de quelques années « d'apprentissage » professionnel destinées à appliquer et à parfaire ses connaissances théoriques.

##### *La prévision, base de la planification*

Les plans d'avenir viables sont fondés sur des prévisions qui se veulent réalistes. Le futur ingénieur peut donc, avant de s'engager dans ses études, établir plusieurs prévisions.

- La première est d'ordre *politique*. L'étudiant prévoit une stabilité politique afin de poursuivre ses études de façon ordonnée. C'est parfois cette raison qui fait choisir la Suisse aux étrangers.
- La deuxième est d'ordre *social*. On constate que le rôle de l'ingénieur dans l'industrie en particulier et dans la société en général, restera, dans les dix prochaines années, au moins aussi attrayant qu'au moment où l'étudiant porte son choix sur un domaine déterminé.
- La troisième est d'ordre *technique et scientifique*. L'étudiant présume que les connaissances technologiques et techniques qu'il a acquises répondront de façon utile aux exigences en matière de savoir-faire (know-how) relatif à l'horizon qu'il vise.
- La quatrième est d'ordre *économique*. L'étudiant a fait des prévisions sur la croissance de l'industrie qui l'intéresse plus particulièrement et estime qu'elle va pouvoir lui offrir des postes à sa sortie de l'EPFL.

Ainsi donc, avant d'entreprendre ses études, l'étudiant s'est fait consciemment ou inconsciemment un scénario multidisciplinaire de son avenir. L'entreprise doit faire de même, et si possible de façon plus élaborée et plus explicite encore.

<sup>1</sup> Cet article présente le texte remanié de la conférence donnée par M. Peter Perutz, ing. dipl. EPFZ, chef de l'Unité de recherche « Etudes de politique et de stratégie d'entreprise » à Battelle, Centre de recherche de Genève, dans le cadre du séminaire de métallurgie, organisée par l'Institut des métaux et des machines de l'EPFL, Lausanne, le 20 juin 1972. L'auteur remercie Mme Jacqueline Juillard, ingénieur diplômé EPFL, chef du Service de l'information et des relations publiques au Centre de recherche de Battelle, Genève, de sa collaboration à la rédaction du présent texte.