

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	65 (1974)
<b>Heft:</b>	17
<b>Artikel:</b>	Conséquences pour l'environnement de l'utilisation des réfrigérants atmosphériques humides : problèmes relatifs aux effluents liquides
<b>Autor:</b>	Bruyne, P. de / Balthazar, J.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-915449">https://doi.org/10.5169/seals-915449</a>

### 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:** 26.01.2026

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

### 3. Bruit

La seule source de bruit dans les réfrigérants à tirage naturel est le jaillissement de l'eau qui traverse l'échangeur de chaleur et tombe dans le bassin. Dans les réfrigérants à tirage forcé il s'ajoute à ce bruit celui du ventilateur et du moteur.

Les mesures faites au voisinage des tours à tirage naturel révèlent que les hautes fréquences sont nombreuses dans le spectre sonore et ont de bonnes caractéristiques d'atténuation en fonction de la distance. On s'efforce de choisir l'emplacement des réfrigérants de façon à éviter que ce bruit ne gêne les activités et loisirs des riverains.

### 4. Effets visuels

On admet généralement que la silhouette des réfrigérants hyperboliques possède une certaine valeur esthétique ce qui leur vaut un avantage sur nombre d'autres installations industrielles. En Pologne, on reconnaît qu'il est important que l'architecte établisse avec soin les plans de masse de la centrale en veillant à ce que celle-ci ne jure pas avec le paysage.

Quand de nouveaux modèles de tours se trouvent au stade de la conception et/ou de l'étude, il convient de procéder de la même manière sans avoir nécessairement en vue un projet particulier de centrale, pour savoir si l'installation donnera satisfaction sur le plan esthétique. Il y a quelques années, on envisageait de renoncer à l'emploi de réfrigérants hyperboliques en raison des avantages aérodynamiques que présenterait une construction en forme d'ellipsoïde, mais des études de modèles équipés de réfrigérants secs de dimensions appro-

priées ont montré que ces installations seraient trop grandes pour être acceptables.

### 5. Conclusions

Il ressort des considérations précédentes que les influences climatiques et les retombées de ces installations sont sans importance et que les réfrigérants à tirage naturel, à condition de ne pas être groupés trop près de la centrale et d'être bien conçus, ne devraient causer aucune gêne aux riverains, que ce soit sous forme de précipitations ou de bruit.

Reste le problème le plus difficile à résoudre, celui, d'ordre esthétique, que pose la présence de ces constructions lourdes parfois surmontées d'un panache persistant. En examinant soigneusement le projet de centrale au stade de l'étude et, éventuellement, en adoptant la solution des réfrigérants à tirage assisté, on peut améliorer l'esthétique de ce genre d'installation et la rendre plus acceptable.

Les réfrigérants humides à tirage forcé, bien que plus bas, émettent encore par temps humide un panache épais, souvent au ras du sol, ce qui constitue un grave inconvénient.

Les centrales équipées de réfrigérants étant de plus en plus puissantes, le seul moyen de résoudre ces deux problèmes, celui de l'encombrement et celui du panache, pourrait consister à utiliser des réfrigérants secs à tirage assisté par ventilateurs et à silhouette basse.

#### Adresse de l'auteur:

D. B. Leason, chef de la Section des études sur l'environnement et des études générales du Central Electricity Generating Board, Sudbury House, 15, Newgate Street, London, E. C. 14 (U. K.).

## Conséquences pour l'environnement de l'utilisation des réfrigérants atmosphériques humides: problèmes relatifs aux effluents liquides

Extrait du rapport préparé par P. De Bruyne et J. Balthazar

*Ein Wasserlauf, ein See oder ein unterirdisches Gewässer bilden komplizierte Ökosysteme, welche von gegenseitig abhängigen physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren geprägt werden. Im Kreislauf der Nass-Kühlsysteme ändern sich die Eigenschaften der Oberflächengewässer. Die Behandlung des Kühlwassers beeinflusst den natürlichen Wasserhaushalt in Abhängigkeit vom Umfang der erfolgten Änderung und von der abgegebenen Wassermenge. Rückwirkungen können sich ergeben in bezug auf das Tier- und Pflanzenleben im Wasser sowie auf die Verwendbarkeit des Wassers für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke.*

### 1. Modification physique des eaux dans les systèmes de refroidissement atmosphérique humide

#### 1.1 Ecarts de température

La température de l'eau recirculée dépasse généralement celle de l'eau brute de 10 à 25 °C à l'entrée des réfrigérants, et de 6 à 12 °C à leur sortie.

#### 1.2 Viscosité et poids spécifique de l'eau

Le réchauffement de l'eau en réduit la viscosité. Le poids spécifique croît de 0 à 4 °C, où il est maximum, et décroît pour des températures plus élevées.

*Un cours d'eau, un lac ou une nappe d'eau souterraine constituent un écosystème complexe, formé de composants physiques, chimiques et biologiques interdépendants. Toute modification de l'un d'entre eux déplace l'équilibre existant et risque d'entraîner des perturbations en chaîne. Dans les circuits de refroidissement atmosphérique humide, les caractéristiques des eaux de surface évoluent. Les purges influencent le milieu naturel récepteur dans une mesure qui est fonction de l'altération et du débit de l'eau restituée. Des répercussions peuvent en résulter sur la vie aquatique et sur les possibilités d'utilisation urbaine ou industrielle des eaux.*

#### 1.3 Evaporation

Un réfrigérant atmosphérique peut être intercalé dans un circuit à passage simple (fig. 1) ou faire partie d'un circuit à recirculation (fig. 2). Dans le premier cas, l'effluent du réfrigérant retourne intégralement à la rivière sans que l'eau ait subi de modification chimique sensible de composition. Lorsqu'il y a recirculation, l'évaporation provoque une concentration des sels.

L'entraînement vésiculaire constitue une purge de déconcentration des sels mais peut être négligé dans le calcul des circuits modernes. Il est en effet inférieur à 0,02 % et 0,05 %

des débits d'eau passant respectivement dans les réfrigérants à tirage naturel et forcé, et peut être réduit de dix fois par le placement d'éliminateurs de buées.

Les chiffres ci-dessous permettent d'évaluer approximativement la quantité d'eau évaporée par kilowatt-heure produit:

Tableau I

Evaporation	Quantité d'eau évaporée (kg/kWh produit)	
	unités conventionnelles	unités nucléaires
Moyenne	1,25	1,79
Maximum	1,83	2,60

## 2. Influence des effluents liquides des réfrigérants atmosphériques humides sur l'environnement

Des purges de réfrigérants atmosphériques, déversées en abondance dans un cours d'eau ou dans un lac, peuvent en modifier diverses caractéristiques physiques et chimiques qui sont, pour la plupart, interdépendantes dans leurs valeurs et dans leur action sur l'environnement. Un changement sensible, même saisonnier, du milieu naturel peut entraîner un glissement d'équilibre des populations aquatiques et éventuellement provoquer la disparition ou l'apparition de certaines espèces.

L'altération des eaux de surface peut aussi modifier leur aptitude potentielle à la potabilité ou à leur utilisation industrielle.

Les réfrigérants atmosphériques humides dissipent dans l'atmosphère 50 à 100 % des calories rejetées par les centrales thermiques, mais l'excédent est encore déversé dans les eaux superficielles à une température d'autant plus élevée que le débit de purge est plus faible.

Par suite de la diminution de son poids spécifique, l'eau restituée a tendance à se superposer à la masse d'eau réceptrice. Les stratifications thermiques persistantes accélèrent le refroidissement par l'air, et permettent au poisson d'esquiver plus facilement des températures locales de déversement qui pourraient être létales à plus ou moins longue échéance.

La viscosité réduite de l'eau réchauffée favorise par contre sa tendance à se disperser pour former une seule couche. La température obtenue après mélange conditionne l'équilibre écologique à long terme et le peuplement de la rivière en aval de la zone limitée de stratification.

Enfin les variations de charge ou les arrêts d'usines thermiques importantes peuvent provoquer des perturbations de milieu plus sensibles que celles résultant d'un réchauffement régulier.

Du point de vue de ses répercussions biologiques directes, un déversement thermique en rivière est donc caractérisé essentiellement par trois valeurs:

- la température de l'eau déversée,
- la température de l'eau après mélange,
- le réchauffement global de la rivière.

Des limites raisonnables seraient à déterminer, dans chaque cas particulier, par des études approfondies sur site, portant sur les interdépendances entre les diverses espèces animales et végétales peuplant un milieu aquatique et leur environnement abiotique. Cependant, par souci de simplification, les pouvoirs publics concernés sont généralement amenés à

imposer le respect de valeurs moyennes, dont une définition raisonnable s'avère difficile à établir.

Dans divers pays, des études écologiques approfondies ont permis d'avancer certaines conclusions.

En Suisse, le Département fédéral de l'intérieur recommande le respect des normes suivantes, pour des cours d'eau propres, à caractère salmonicole:

- température de l'eau déversée:
  - maximum: 30 °C
  - exceptionnellement: 35 °C, pour conditions locales favorables
- échauffement provoqué par diverses usines thermiques déversant dans un même système fluvial, après mélange complet:
  - maximum: 3 °C
  - occasionnellement: 5 °C, à certaines saisons, pour des conditions locales favorables
  - température de l'eau après mélange: 25 °C au maximum.

Au Royaume-Uni, l'équipe des biologistes du CERL tire les conclusions suivantes de ses études sur rivières moyennement propres, à population piscicole mixte et faune diversifiée:

- la température sur toute la largeur de la rivière ne devra dépasser 30 °C que pendant de très courtes périodes, et jamais 32 °C;
- des restitutions correspondant à la totalité ou à la plus grande partie du débit de la rivière ne doivent pas dépasser de plus de 10 °C la température naturelle des eaux.

En France, des observations faites dans le canal de sortie des centrales de Montereau et de Loire-sur-Rhône, où l'élévation moyenne de la température en cours d'année est d'en-

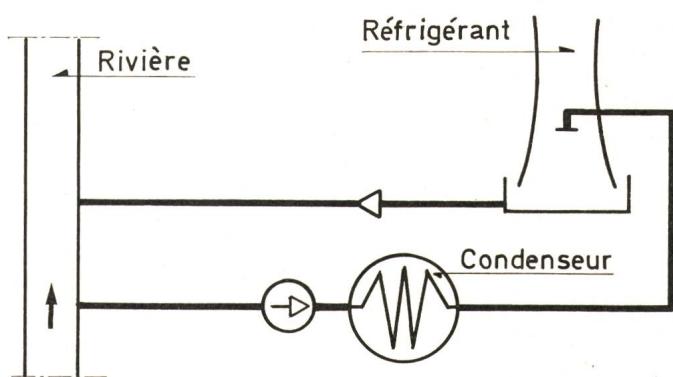


Fig. 1 Circuit à passage simple

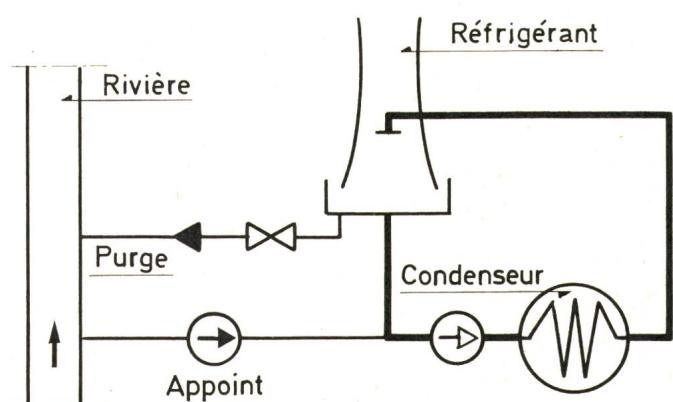


Fig. 2 Circuit à recirculation

viron 6 à 7 °C et où l'on note des pointes de températures de 30 à 31 °C, n'ont montré aucun effet nuisible sur les poissons.

Le Département fédéral suisse de l'intérieur constate que la température conditionne tous les phénomènes physiques (stratification, brassage) de la masse d'eau des lacs et, par conséquent, qu'elle influe dans une large mesure sur tous les processus chimiques et biologiques tels que: l'enrichissement de la couche superficielle en matières fertilisantes (phosphates, nitrates), l'accroissement de la production de plancton et, partant, de la charge en matières putrescibles imposée au lac, la dégradation de la vie piscicole, etc. Le Département fédéral conclut qu'on ne peut envisager d'utiliser l'eau de lacs relativement petits pour le refroidissement d'une centrale thermique et que, dans le cas de lacs plus grands, l'eau restituée ne doit pas présenter un réchauffement supérieur à 3 °C. De plus, le profil de température du lac doit être modifié le moins possible, ce qui s'obtient en prélevant l'eau dans l'hypolimnion (zone profonde) et en la restituant dans la couche située directement au-dessus.

Le Département fédéral suisse de l'intérieur estime d'autre part que les eaux souterraines exploitées ou exploitables pour l'approvisionnement en eau, ne doivent pas dépasser une température de 15 °C, lorsqu'elles subissent l'influence directe ou indirecte par infiltration d'eaux échauffées artificiellement.

L'élévation de température de l'eau, d'une part réduit la solubilité de l'oxygène à l'équilibre et, d'autre part accélère (jusqu'à 36 °C) la consommation d'oxygène par les processus biochimiques d'autoépuration des eaux polluées. Des teneurs résiduelles en oxygène trop basses peuvent entraîner des accidents écologiques.

Dans un réfrigérant atmosphérique, l'eau recirculée tend à se saturer en oxygène, mais à une température supérieure à celle du récepteur naturel. Si celui-ci est lui-même saturé, l'opération globale – en théorie – peut être biologiquement déficiente.

En pratique, cependant, les cours d'eau utilisés pour la réfrigération sont sous-saturés en oxygène, en raison de la pollution organique. Leurs eaux, mises en équilibre avec l'air dans des réfrigérants, atteignent alors des teneurs en oxygène largement supérieures à celles des milieux récepteurs. Si la teneur en oxygène dissous, en aval du rejet d'eau, ne tombe pas au-dessous d'un seuil critique, l'aération et l'accélération des processus biologiques sont écologiquement très bénéfiques. Pour faire participer au maximum les réfrigérants atmosphériques à l'épuration d'un cours d'eau pollué, un important débit de purges peut se révéler souhaitable, bien qu'il corresponde à un déversement plus important de calories.

L'accélération des processus biochimiques de minéralisation des matières organiques et de nitrification de l'ammoniac à l'intérieur des circuits de refroidissement eux-mêmes fait participer les réfrigérants atmosphériques d'une autre façon à l'épuration des cours d'eau récepteurs pollués. Les réductions de teneurs en matières organiques d'une rivière polluée augmentent par ailleurs son aptitude à fournir, après traitement, des eaux industrielles de qualité.

Les purges de tout système de refroidissement atmosphérique humide diffèrent du milieu récepteur par la concentration, et parfois le rapport de présence, des ions minéraux naturels. Des modifications raisonnables de salinité ne sont

toutefois pas signalées comme ayant des répercussions écologiques sensibles.

La concentration des argiles naturelles, la captation des poussières atmosphériques et la formation de boues biologiques dans les circuits recirculés peuvent rendre les déversements de purges inacceptables, parce que leur teneur globale en matières solides dépasse celle admise par les normes légales. A ce sujet, la Hongrie signale notamment le difficile problème de l'élimination des argiles décantant dans les bassins des réfrigérants atmosphériques.

Des produits chimiques étrangers sont ajoutés intentionnellement pour protéger certains circuits de l'entartrement ou de la corrosion. Malgré les faibles doses mises en œuvre, les puissances énormes des centrales modernes entraînent des rejets importants. Les tartrifuges et dispersants de boues sont presque tous réputés biodégradables et non toxiques, mais beaucoup d'entre eux sont directement ou potentiellement eutrophisants, parce que leur molécule contient de l'azote ou du phosphore. Par ailleurs, leur déversement doit finalement rendre l'eau de la rivière non traiteable à l'aval d'un nombre suffisant d'utilisateurs.

Beaucoup d'inhibiteurs de corrosion contiennent des composés toxiques (chromates, sels de zinc, etc.) ou des substances fertilisantes (phosphates). L'utilisation de produits dangereux exige soit un contrôle soigneux du respect de teneurs limites, soit un traitement des purges avant déversement. Il est toutefois préférable, dans la mesure du possible, d'utiliser des techniques de traitement non polluants ou de choisir plus judicieusement les matériaux et revêtements.

Les effets toxiques du chlore et de ses dérivés actifs sur les organismes aquatiques rendent souhaitables une diminution et un contrôle serré des teneurs résiduelles dans les effluents déversés.

Les recommandations de Brungs définissent les valeurs à respecter dans des eaux peu salines, en fonction du facteur temps et des types d'organismes présents.

### 3. Conclusions

La vulnérabilité au réchauffement des milieux aquatiques est un problème très complexe qui nécessite des études approfondies sur site. Chaque lac, chaque rivière ou même portion de rivière constitue un écosystème particulier.

Tout déversement d'eau chaude va dans le sens d'une modification d'un milieu naturel propre et saturé en oxygène. Par contre, les purges de réfrigérants peuvent participer activement à la réoxygénération et à l'épuration biochimique d'eaux superficielles polluées et sous-saturées en oxygène. Le milieu naturel doit être protégé des déversements inconsidérés par des restrictions raisonnables et écologiquement justifiées.

Au lieu d'opposer les nécessités de la politique énergétique à celles de l'économie des eaux, il conviendrait de les accorder dans le cadre de programmes visant à la fois une gestion rationnelle du potentiel de refroidissement des eaux de surface et une participation optimale des réfrigérants atmosphériques à l'épuration des nombreux cours d'eau pollués.

#### Adresses des auteurs:

P. de Bruyne, chef de service Traction et Electricité, 104, rue d'Arlon, B-1040 Bruxelles.

J. Balthazar, chef de service Laborelec, B-1640 Rhode-St-Genèse (Belgique).