

---

# RÉDUCTION DES REJETS DE CHLORURES DANS LA MEURTHE ET LA MOSELLE

Besoins d'acquisitions  
de nouvelles connaissances  
sur les échanges Nappe-Rivière

12 octobre 2022

## Réduction des rejets de chlorures dans la Meurthe et la Moselle Besoins d'acquisitions de nouvelles connaissances sur les échanges Nappe-Rivière

### Avis du Conseil scientifique Du Comité de bassin Rhin-Meuse

12/10/2022

#### MEMBRES

**Jean-Philippe ANTIGNAC**, INRAe Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**Damien BANAS**, Université de Lorraine

**Nathalie DE NOBLET**, CEA (Commissariat énergie atomique)

**Sylvie DOUSSET**, Université de Lorraine

**Ivana DURICKOVIC**, CEREMA Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

**Vincent FELTEN**, Université de Lorraine

**Sara FERNANDEZ**, INRAe Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**Meriem FOURNIER**, INRAe Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**Alain GEFFARD**, Université Reims Champagne Ardennes

**Laure GIAMBERINI**, Université de Lorraine

**Philippe HARTEMANN**, Faculté de médecine de Nancy

**Lucien HOFFMANN**, LIST Luxembourg Institut of Science and Technology

**Jean-François HUMBERT**, iEES Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris

**Benjamin LOPEZ**, BRGM Bureau de recherche géologique et minières

**Alexandre MAYOL**, Université de Lorraine

**Jean-François MUNOZ**, ANSES Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**Sylvain PAYRAUDEAU**, ENGEES École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

**Séverine PIUTTI**, Université de Lorraine

**Olivier ROHR**, Université de Strasbourg

**Pauline ROUSSEAU-GUEUTIN**, EHESP École des Hautes Études en Santé Publique

**Anne ROZAN**, ENGEES École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

**Laurent SCHMITT**, Université de Strasbourg

**Jochen SOHNLE**, Université de Lorraine

- 
- 5 — LES IONS CHLORURE DANS LA MEURTHE, LA MOSELLE ET LEURS NAPPES ALLUVIALES : ORIGINES, FLUX ET CONCENTRATIONS**
    - 6 Dans les nappes alluviales de la Meurthe et la Moselle (eaux souterraines)
  - 9 — LES PROBLÈMES QUE POSENT DES CONCENTRATIONS ÉLEVÉES D'IONS CHLORURE DANS LES COURS D'EAU OU LES NAPPES DEPUIS L'IMPLANTATION DES SOUDIÈRES**
    - 9 Vie aquatique
    - 9 Production d'eau potable
    - 10 Irrigation
  - 10 — QUELLE RÉGULATION DES CONCENTRATIONS EN IONS CHLORURE AUJOURD'HUI ?**
    - 10 La réglementation internationale, nationale et départementale des concentrations en ions chlorure
    - 12 Les SDAGE Rhin-Meuse et les ions chlorure
    - 13 Des solutions technologiques de transfert des rejets régulièrement étudiées et toujours rejetées
    - 13 Des solutions technologiques d'élimination des polluants à la source historiquement peu investies
  - 14 — AVIS SUR LES BESOINS EN CONNAISSANCE SUPPLÉMENTAIRE DU FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTÈME DE LA MOSELLE ET DE SA NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT**
    - 15 Pour répondre à des enjeux de gestion à court terme
    - 15 Pour répondre à des enjeux de gestion et de diminution de la salinité de la Meurthe, de la Moselle et de leurs nappes alluviales à moyen terme
  - 17 — BIBLIOGRAPHIE**

# RÉDUCTION DES REJETS DE CHLORURES

## **dans la Meurthe et la Moselle**

---

Lors de sa séance du 18 mars 2022, le Comité de bassin a mandaté le Conseil scientifique dans le cadre de la mise en œuvre du protocole « Chlorures » signé entre l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, le Conseil régional du Grand Est, la préfète coordonnatrice de bassin et les deux soudières lorraines (Solvay et Novacarb). Ce protocole prévoit le développement de connaissances nécessaires à une meilleure prise en charge du problème posé par les concentrations en ions chlorure dans le bassin de la Moselle. Le Comité de bassin a alors saisi le Conseil scientifique pour lui demander une synthèse de la littérature disponible et de savoirs rassemblés par ses membres dans le but d'éva-

luer le besoin d'acquisition de connaissances nouvelles. Le Conseil scientifique a estimé que, pour répondre à cette question, il était aussi nécessaire de la situer par rapport aux enjeux d'action publique relatifs à la régulation des concentrations en ions chlorure dans la Meurthe, la Moselle et leurs affluents. C'est pourquoi une partie de l'avis propose un état des lieux des normes, circuits financiers et des problèmes que posent aujourd'hui les concentrations élevées en ions chlorure dans les milieux.

## Les ions chlorure dans la Meurthe, la Moselle et leurs nappes alluviales : origines, flux et concentrations

Les origines des ions chlorure dans la Meurthe, la Moselle et leurs nappes alluviales sont à la fois naturelles (fond géochimique) et anthropiques. En effet, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle,

des sodières s'implantent dans le bassin de la Moselle alors que s'impose le procédé mis en place par Solvay, issu d'une famille industrielle belge du sel. Ce procédé produit en abondance un composé inerte salé, le chlorure de calcium, très persistant et caractérisé par sa très grande affinité avec l'eau (figure 1).



Figure 1 : Localisation des sodières, du point de suivi des concentrations en ions chlorure de la Convention de Bonn. AERM, 2023

Les analyses les plus récentes menées par le BRGM (Nguyen-Thé, 2015 ; Neverre et al., 2019) confirment que les concentrations intra-annuelles en ions chlorure de la Meurthe et de la Moselle varient en fonction des débits (hautes/basses eaux). Elles viennent conforter et préciser ce qu'avaient déjà conclu plusieurs études menées lors de l'élaboration et de la négociation de la Convention de Bonn dans les années 1970<sup>1</sup> (Rozan & al., 2016), une expertise ministérielle sur l'effectivité des arrêtés préfectoraux (Estienne & al., 1992), et une commission d'enquête publique lors de la demande d'augmentation de production (et donc des rejets) des soudières (Enquêtes publiques sur les demandes des sociétés Solvay et Novacarb, 1999) dans les années 1990. C'est, enfin, une telle représentation des relations entre la concentration en ions chlorure et l'hydraulicité des rivières qui justifie le recours aux bassins de modulation des rejets depuis les années 1970 et à l'outil MARISOLOR (Modulation automatique des rejets industriels des soudières de Lorraine) depuis 1984.

Les rejets des soudières sont régulés, en particulier en période d'étiage, par des bassins de modulation. Ces bassins de modulation des rejets, construits entre 1972 et 1974 et cofinancés par l'Agence financière de bassin, ont été récemment rehaussés portant leur capacité totale à 4 millions de m<sup>3</sup>. Ils sont situés après les bassins de décantation, construits eux au début du XX<sup>e</sup> siècle, et avant le rejet dans la Meurthe.

Même en période de basses eaux, la part des apports en ions chlorure attribuée aux rejets des soudières reste largement majoritaire, comme le montrent des analyses récentes menées par l'Agence de l'eau Rhin-Meuse qui s'appuient sur des différences entre la fraction molaire de la salinité d'origine naturelle et d'origine anthropique liée à l'activité des soudières (AERM, 2022<sup>2</sup>).

Les concentrations en ions chlorure mesurées dans la Meurthe et la Moselle présentent une forte variabilité amont-aval, avec trois tronçons principaux (Nguyen-Thé, 2015) :

- ▶ la Meurthe en amont de Dombasle et Laneuveville-devant-Nancy (rejets des soudières Solvay et Novacarb), avec un bruit de fond de quelques mg/L ;
- ▶ la Meurthe en aval de Dombasle et de Laneuveville-devant-Nancy, avec des concentrations qui oscillent entre 400 et 1 600 mg/L ;
- ▶ la Moselle en aval de sa confluence avec la Meurthe, avec des concentrations en chlorure le long du linéaire comprises entre 50 et 600 mg/L.

### Dans les nappes alluviales de la Meurthe et de la Moselle (eaux souterraines)

Les relations entre les rivières et leurs nappes d'accompagnement se caractérisent par des échanges d'eau entre les deux, dans un sens ou dans l'autre, selon la hauteur d'eau de l'une ou de l'autre et les caractéristiques morphologiques et géologiques (figure 2).

<sup>1</sup> La convention-cadre signée en 1976 par l'ensemble des pays riverains du Rhin à Bonn interdit aussi toute augmentation des rejets des industries supérieures à 1 Kg/L. Pour la France, elle fixe des limites de rejets fixées à 130 kg/s pour les industries le long du Rhin, et à 38 Kg/s pour les industries le long de la Meurthe et de la Moselle (31 Kg/s pour les deux soudières situées sur la Meurthe, 5 kg/s pour la soudière de Solvay située sur la Sarre et 2 Kg/s pour la saline de la CSME à Varangéville. La contribution de l'ensemble des rejets industriels dans la Moselle à l'amont de la frontière luxembourgeoise (Hauconcourt) ne devait par ailleurs pas dépasser 400 ml/L (Rozan & al. 2016).

<sup>2</sup> La salinité d'origine naturelle est issue du lessivage des formations salifères du Keuper et elle présente une fraction molaire Na/Cl proche de 1, typique du chlorure de sodium (0,943 pour le Sânon et 0,999 pour la Seille...). Le process des soudières pour la fabrication de bicarbonate de calcium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) à partir de chlorure de sodium et de carbonate de calcium conduit à un rejet enrichi en chlorure de calcium : 2 NaCl + CaCO<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + CaCl<sub>2</sub>. La salinité induite par l'activité des soudières a une fraction molaire Na/Cl inférieure à 0,5.

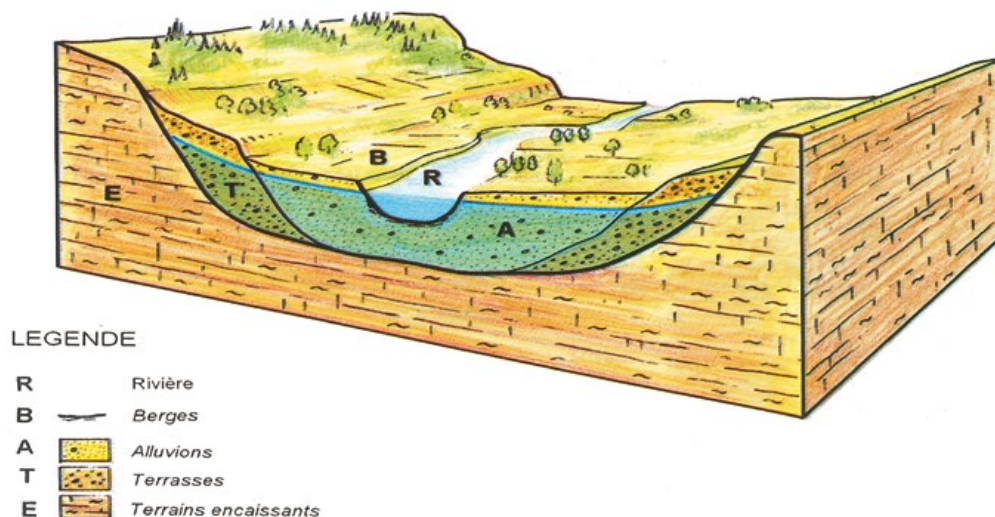


Figure 2 : Coupe d'une nappe alluviale (Vernoux & al., 2010)

Suivant le niveau de la ligne d'eau et les saisons, la nappe alimente le cours d'eau ou est alimentée par celui-ci. On peut observer une absence d'échange entre la rivière et l'aquifère lorsque les berges sont colmatées ou bien lorsque le domaine est non aquifère. Le type d'interface entre la nappe et le cours d'eau (zone hyporhéique) joue un rôle très important tant du point de vue des relations quantitatives (berges plus ou moins colmatées ou perméables, fissures ou conduits karstiques) que qualitatives.

Peu d'auteurs proposent des représentations 3D de la zone hyporhéique et des processus qui la caractérisent. Il s'agit d'une zone complexe à étudier et à caractériser avec des variabilités temporelles et spatiales. Il existe également peu de travaux qui relient l'origine géologique et minéralogique des sédiments déposés dans cette zone et les propriétés hydrauliques et biogéochimiques qui en découlent (Vernoux et al., 2010).

Mieux connaître le fonctionnement hydraulique entre la Moselle et sa nappe d'accompagnement revient donc à définir leurs relations le long du linéaire (évolutions spatiales) en prenant également en compte les évolutions au cours des saisons (évolutions temporelles) pour aboutir à une représentation en quatre dimensions (trois dimensions spatiales et une dimension temporelle).

Les concentrations en ions chlorure les plus importantes dans les eaux souterraines ont été mesurées dans la nappe alluviale de la Meurthe à proximité des soudières (Dombasle et Laneuveville-devant-Nancy) où elles sont supérieures à 1 000 mg/L (Nguyen-Thé, 2011 ; Nguyen-Thé et al., 2012). Cette nappe n'est pas ou plus utilisée pour la production d'eau potable.

La nappe alluviale de la Moselle en amont et à l'aval de sa confluence avec la Meurthe devient une source d'eau potable importante pour certaines communes, comme en attestent déjà plusieurs études disponibles du BRGM depuis les années 1970 (BRGM, 1973, Nguyen-Thé & al., 2012 ; Nguyen-Thé, 2015 ; Neverre & al., 2019).



Dans les secteurs, dits « vulnérables » (Nguyen-Thé & al., 2012) disposant de captages dans la nappe alluviale de la Moselle, les flux d'eau entre la nappe et la rivière sont influencés par les

pompages qui peuvent conduire à réduire le flux d'eau de la nappe vers la Moselle voire à l'inverser et c'est alors la Moselle qui alimente en partie les pompages (figure 3).

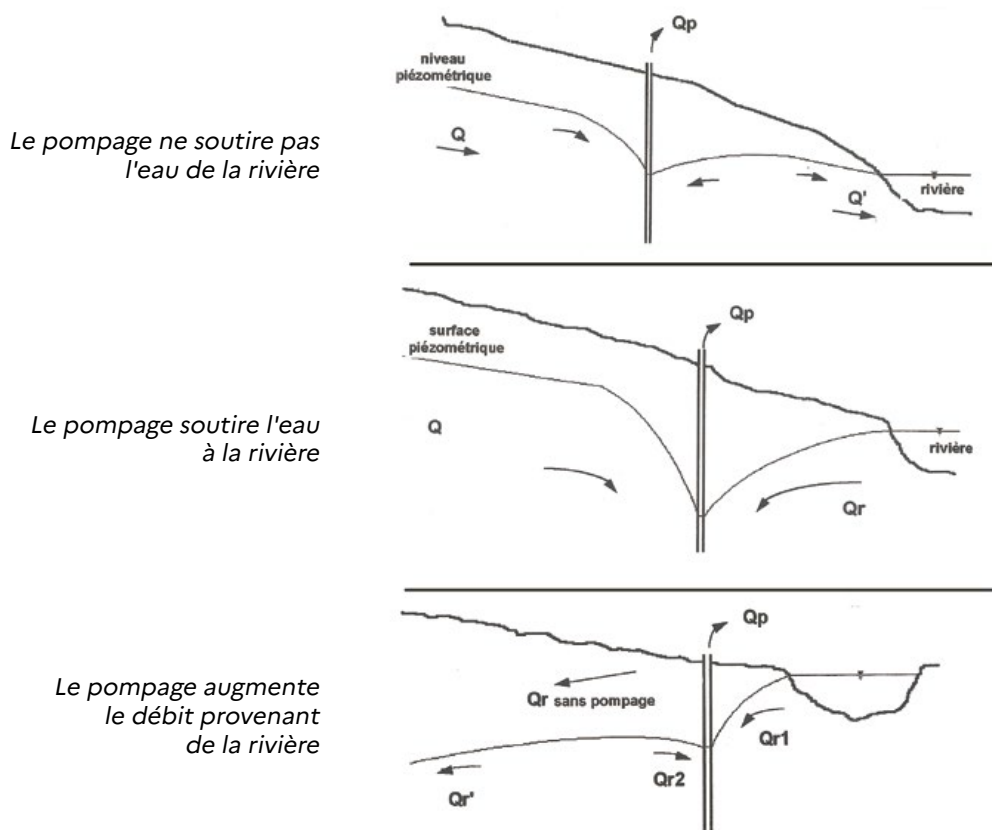


Figure 3 : Influence d'un pompage sur le flux d'eau entre la nappe et la rivière (Vernoux & al., 2010)

Ainsi, si une partie des eaux prélevées par un captage en nappe alluviale provient des infiltrations de la pluie dans la nappe, l'autre provient de transferts depuis la Moselle. La ressource en eau exploitée par les captages d'AEP des secteurs à enjeux est ainsi constituée par la nappe alluviale ainsi que par la Moselle qui peut réalimenter sa nappe. En examinant les concentrations en ions chlorure de la Moselle et dans sa nappe, les niveaux piézométriques ou les rabattements au droit des pompages (pour figurer l'intensité des prélèvements), le BRGM a montré que les relations entre ces variables sont complexes et variables dans l'espace et dans le temps (Nguyen-Thé, 2015).

Une gestion des ions chlorure en fonction de l'hydraulicité des rivières (concentrations en ions chlorure déterminées par le débit) revient à chercher à limiter les rejets pendant les périodes de basses eaux (étiages) et à les privilégier pendant les périodes de hautes eaux. Or, une telle logique entre en contradiction avec la gestion des concentrations en ions chlorure dans les nappes. Les eaux souterraines se caractérisent en effet par une plus grande inertie que les eaux de surface. Elles sont généralement alimentées par les rivières pendant les périodes de hautes eaux (alimentées en eau et donc aussi en ions chlorure). Ainsi, une modulation accrue des rejets par rapport à l'hydraulicité des



rivières, sans réduction nette sur l'année des rejets, poserait des risques accrus de pollution des eaux souterraines. Ce point d'attention est d'autant plus important dans un contexte où le changement climatique se traduit par des événements extrêmes (crues et étiages) plus fréquents et plus intenses. **Le Conseil scientifique attire l'attention sur la nécessité de prendre en compte non seulement les eaux de surface mais aussi les eaux souterraines dans la réflexion sur les règles et les techniques de modulation des rejets des soudières, et donc de continuer à raisonner non seulement en concentrations en ions chlorure (mg/L) mais aussi en flux de rejets (Kg/s).** Enfin, il rappelle que les seuils réglementaires pour les eaux de surface inscrits dans les arrêtés de la police des ICPE autorisant les rejets des soudières concernent bien ces deux indicateurs conformément aux accords internationaux sur le bassin du Rhin.

## Les problèmes que posent des concentrations élevées d'ions chlorure dans les cours d'eau ou les nappes depuis l'implantation des soudières

Des concentrations en ions chlorure dans l'eau trop élevées corrodent les réseaux d'eau potable, limitent la production agricole et sont néfastes pour la vie aquatique.

### Vie aquatique

Selon l'étude disponible pour le Grand Est sur l'impact des concentrations en ions chlorure sur la vie aquatique (Beisel et al., 2011), le seuil à partir duquel la salinité aurait un impact significatif sur le vivant est de 1 000 mg/L. Ce seuil n'a pas de valeur réglementaire. Il est régulièrement dépassé sur la Meurthe entre les points de rejet des soudières et la confluence avec la Moselle.

Selon les sources disponibles, les seules mortalités piscicoles massives recensées ont été observées pendant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle après des ruptures des bassins de décantation avant rejet, une fois en 1926 pour la soudière de Dombasle et une fois en 1956 pour la soudière de Laneuveville-devant-Nancy (Garcier, 2005).

## Production d'eau potable

La présence d'ions chlorure dans l'eau de boisson peut lui conférer un goût notable : le seuil de détection gustative, fonction du cation qui lui est associé, est de l'ordre de 200 à 300 mg/L pour les chlorures de sodium, de potassium et de calcium (OMS, 2004). Selon l'ANSES, les personnes devant respecter un régime hyposodé doivent être informées en cas de dépassement du seuil de 250 mg/L dans l'eau potable.

L'ion chlorure augmente la conductivité électrique de l'eau et par conséquent sa corrosivité. Dans les conduites métalliques, il réagit avec les ions métalliques pour former des sels solubles, ce qui augmente la concentration des métaux dans l'eau de boisson (OMS, 2000). Selon les expertises commanditées par la Commission internationale pour la protection du Rhin depuis les années 1960, seules des concentrations en ions chlorure inférieures à 80 mg/L garantissent un risque nul de corrosion des canalisations métalliques des réseaux d'eau potable. La jurisprudence montre par ailleurs que les collectivités en charge des services d'eau peuvent obtenir réparation pour les surcoûts induits par des concentrations en ions chlorure supérieures à 200 mg/L dans les cours d'eau où elles s'approvisionnent pour produire de l'eau potable (Collier, 2000).

Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, après l'implantation des soudières, les villes de Nancy et de Sarreguemines ont dû renoncer à s'approvisionner en eau à partir de la Meurthe. Nancy a mis en place une adduction d'eau à partir de la Moselle à l'amont de sa confluence avec la Meurthe. Solvay a dédommagé Sarreguemines en finançant des forages dans la nappe alluviale et un système d'approvisionnement à partir de la Blies (Garcier, 2005). Dans les années 1960 et 1970, les concentrations en ions chlorure dans la Moselle conduis aussi la ville de Metz à développer un système d'approvisionnement alternatif à partir du Rupt de Mad, adossé à la construction du lac de Madine, du barrage d'Arnaville et de la canalisation Arnaville-usine de Moulins, cofinancé par l'Agence financière de bassin. Selon les résultats de l'expertise commanditée par le tribunal administratif de Nancy à la demande

de la ville de Metz en 2001 et publiée en 2008, le coût actualisé de ces installations était estimé à 50 millions d'euros en valeur actualisée.

## Irrigation

Les analyses ont essentiellement porté sur les polders néerlandais dans le delta du Rhin, dans les années 1960 et 1970. Elles concluaient que des concentrations au-delà de 100 mg/L pouvaient pénaliser les cultures sous serre des polders néerlandais (Wolfrom, 1964<sup>3</sup>). Là encore, ce seuil n'a pas de valeur réglementaire.

## Quelle régulation des concentrations en ions chlorure aujourd'hui ?

### La réglementation internationale, nationale et départementale des concentrations en ions chlorure<sup>4</sup>

À la fin des années 1940, au sein de la Commission centrale pour la navigation du Rhin, les Pays-Bas mirent à l'agenda le problème des concentrations élevées en ions chlorure dans le fleuve. La Convention-cadre signée à Bonn par l'ensemble des pays riverains du Rhin en 1976, complétée par le protocole additionnel signé à Bruxelles en 1991 fixa des seuils sur le Rhin et la Moselle, et des limites de rejets aux différentes industries françaises et allemandes auxquelles était imputée la responsabilité des concentrations élevées en ions chlorure.

Ces textes définissent une limite de rejets fixée à 38 Kg/s pour l'ensemble des industries le long de la Meurthe et de la Moselle, dont 31 Kg/s pour les deux soudières qui rejettent dans la Meurthe.

Ils définissent aussi une concentration seuil à ne pas dépasser en moyenne à Hauconcourt sur la Moselle, à la frontière luxembourgeoise, à la fois en termes de concentration strictement due aux activités industrielles (400 mg/L en moyenne journalière) et de concentration totale (530 mg/L au moins 328 jours par an et inférieure à 600 mg/L au moins 363 jours par an)<sup>5</sup>. Ces dispositions sont prises en compte dans la définition des autorisations de rejets délivrées par la police des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et dans la modulation par les deux soudières des rejets en fonction des débits via des bassins (Rozañ & al. 2016).

En 1962, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) publia des « normes européennes applicables à l'eau de boisson ». En ce qui concerne les « substances dont la présence en quantités excessives dans l'eau de boisson peut entraîner des inconvénients », l'OMS conseilla de ne pas dépasser le seuil de 250 mg/L pour que l'eau soit jugée potable, selon des critères gustatifs et financiers (risques de corrosion accélérée des réseaux). A la même période, ce seuil était aussi admis entre autres par les administrations étasunienne et française en charge de la santé.

<sup>3</sup> Les polders sont des terres récupérées sur la mer qui doivent être à la fois irriguées et drainées afin de « rincer » les terres du sel qu'elles contiennent. C'est le lac d'Yssel qui sert de réservoir d'alimentation en eau douce du réseau de canaux des polders. Ce lac est séparé de la mer des Wadden par une digue et l'eau du lac peut se déverser en mer par des écluses à marée basse. Le lac d'Yssel est alimenté par plusieurs sources, dont le Rhin, d'où la nécessité, pour que l'irrigation des cultures sous serre soit faite dans de bonnes conditions, d'avoir une moyenne annuelle très basse de la teneur en chlorure de sodium de l'eau du Rhin. En effet, lorsque le Rhin entre aux Pays Bas, son cours change de caractère: il ne reçoit plus l'eau de nombreux affluents, mais vient plutôt alimenter des bras, dont l'Yssel fait partie.

<sup>4</sup> L'histoire de la réglementation pour réguler les problèmes des concentrations en ions chlorure dans les milieux aquatiques, aux échelles trans-frontalière, nationale et infra-nationale se caractérise par de nombreux contentieux. Ces contentieux ont accompagné l'adoption et la mise en œuvre de la Convention de Bonn. L'issue des contentieux portés par l'Association vosgienne de sauvegarde des vallées et de prévention des pollutions (ASVPP) dans les années 1980 conduisit l'administration au début des années 1990 à renforcer le contrôle et à contraindre de manière plus effective les projets d'augmentation de la production et des rejets des soudières. Le contentieux des années 2000, porté par la ville de Metz pour demander réparation aux deux soudières pour les surcoûts induits par leur activité, estimé à plus de 50 millions d'euros en valeur actualisée 2008, s'est soldé par une reconnaissance du bien-fondé de sa requête mais de son rejet pour forclusion. La "forclusion" est la sanction civile qui, en raison de l'échéance du délai qui lui était légalement imparti pour faire valoir ses droits en justice, éteint l'action dont disposait une personne pour le faire reconnaître. Aujourd'hui, des projets d'augmentation ou de déplacement des rejets des soudières par rapport aux arrêtés de 1995, peuvent être considérés comme étant exclus (Fernandez & Rozañ, 2020).

<sup>5</sup> Le plus souvent, la concentration mesurée à Hauconcourt dépasse 400 mg/L du fait de la salinité naturelle, et certainement aussi de marges d'erreur dans le suivi des rejets industriels.

C'est également ce seuil que les Pays-Bas demandèrent de ne pas dépasser sur le Rhin à la frontière germano-néerlandaise dès les années 1960 pour limiter les contraintes posées à la gestion des services d'eau potable et à l'agriculture des polders. Il correspond à la norme aujourd'hui en vigueur pour définir la qualité d'une eau potable<sup>6</sup>, inscrite dans les directives européennes successives concernées (Directives n° 2020/2184, n° 98/83/CE, n° 80-778).

Au niveau européen, la directive relative aux eaux brutes destinées à la production d'eau potable adoptée en 1975 (n° 75/440/CEE) définit quant à elle un seuil de 200 mg/L. Ce seuil concerne spécifiquement les eaux de surface. Cette norme est plus contraignante que celle qui concerne l'eau potable (250 mg/L)<sup>7</sup>.

Avec l'adoption de la Directive cadre de l'eau (DCE) en 2000, les ions chlorure constituent un des critères physico-chimiques possibles de la qualité écologique des masses d'eau superficielles. En France, l'État a transféré la fixation du seuil pour le bon état écologique des masses d'eau superficielles à un échelon plus subsidiaire, celui des grands districts hydrographiques. À ce jour, il n'existe pas en Rhin-Meuse, ni dans d'autres bassins métropolitains, de seuil pour définir l'état écologique des cours d'eau en fonction de la concentration en ions chlorure.

Pour les masses d'eau souterraines, dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, le Ministère de l'environnement a fixé une concentration seuil d'ions chlorure de 250 mg/L pour le bon état chimique, seuil que le Comité de bassin Rhin-Meuse a localement confirmé.

Selon ces normes conseillées, les eaux de la Meurthe à l'aval de Dombasle et de sa nappe alluviale, ainsi que les eaux de la Moselle ne peuvent pas être destinées à la production d'eau potable, leurs concentrations en ions chlorure dépassant le plus souvent le seuil de 250 mg/L. Les eaux de la nappe alluviale de la Moselle sont quant à elle utilisées pour la production d'eau potable, mais avec, en certains points, des dépassements plus ou moins réguliers de ce seuil.

En 2010, la DREAL de la Lorraine estimait en effet qu'un tiers des captages de la nappe alluviale de la Moselle était sujet à des dépassements de la limite de 250 mg/L (Kloppmann & al., 2010).

## Les SDAGE Rhin-Meuse et les ions chlorure

Les précédents SDAGE (2009-2015 ; 2016-2022) ont cherché à réduire la salinité des masses d'eau superficielles et souterraines liées à la Moselle. Le SDAGE 2009-2015 s'était fixé l'objectif d'estimer la faisabilité à la fois technique et économique (analyse coûts-bénéfice, telle que préconisée par la Directive cadre sur l'eau) d'une solution de type « calcoduc » pour transporter les rejets des soudières vers le Rhin, suite à la fermeture des Mines de potasse d'Alsace. Cette solution a été écartée à la lumière des résultats de plusieurs études techniques et économiques et de l'opposition qu'elle a suscitée de la part des collectivités qui auraient été traversées par la canalisation (Fernandez & Rozan, 2020). Ces études ont aussi contribué à mettre à l'agenda les enjeux de sécurisation de l'approvisionnement en eau brute de la ville de Metz et des communes interconnectées, ainsi que la vulnérabilité de la nappe alluviale de la Moselle dans laquelle s'approvisionnent plusieurs communes.

L'élimination de la solution privilégiée s'est traduite dans le SDAGE suivant (2016-2022) par un objectif de réduction de la salinité de la Moselle plus lâche, sans toutefois l'abandonner complètement (celle de la Meurthe n'ayant jamais été envisagée), en privilégiant l'exploration de solutions de traitement à la source. Le SDAGE 2016-2022 s'est aussi fixé l'objectif d'établir un schéma global d'alimentation en eau potable de la vallée de la Moselle, à l'aval de sa confluence avec la Meurthe. Ce schéma a fait l'objet d'une étude prospective associant l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et le BRGM à l'horizon 2050 en vue d'identifier les vulnérabilités de l'alimentation en eau potable des vallées de la Moselle et de la Meurthe dans un contexte de changement climatique (Neverre et al., 2019).

<sup>6</sup> Les trois-quarts de l'approvisionnement en eau brute des Pays Bas viennent du Rhin.

<sup>7</sup> Dans le processus de potabilisation de l'eau, les étapes de clarification et de floculation reviennent à injecter dans l'eau des sels type chlorure ferrique ou chlorure d'aluminium.

Ce travail s'est appuyé sur les résultats des nombreuses études disponibles, en particulier celle du BRGM sur les relations nappe-rivière (Nguyen-Thé, 2015) et celle qui avait déjà permis d'identifier et de cartographier les secteurs dits « vulnérables » (Nguyen-Thé & al., 2012). Ces secteurs disposent de captages pour l'alimentation en eau potable dans la nappe alluviale de la Moselle, ils ont connu des épisodes où les concentrations en chlorure ont dépassé le seuil de 250 mg/L ou sont susceptibles de le dépasser. Il s'agit des secteurs de : Atton, Loisy, Arry-La-Lobe, Moulins-Lès-Metz et Metz-Nord. La conclusion de l'étude de 2019 plaide en faveur de l'interconnexion des réseaux, de la diversification des sources d'approvisionnement, et d'une préservation des ressources qui ne sont pas chlorurées, telle la nappe ennoyée du bassin ferrifère, seule ressource en eau souterraine du secteur potentiellement mobilisable pour la production d'eau potable (sous réserve que les concentrations des autres paramètres chimiques : sulfates, nitrates et pesticides satisfassent les seuils de potabilisation). L'étude n'a en revanche pas pu aboutir à la définition d'un schéma d'approvisionnement en eau potable précis pour les communes concernées. L'étude a impliqué une collecte et mise en forme de nombreuses données pour la modélisation de l'approvisionnement en eau potable qui n'étaient pas bancarisées. Le point le plus limitant pour la portée de l'étude a été l'absence de données de prélèvements à un pas de temps journalier et de suivi haute fréquence des concentrations, empêchant l'évaluation de l'impact des pompes sur les concentrations en ions chlorure.

Le SDAGE "Rhin" et "Meuse" 2022-2027, enfin, projette quant à lui (i) la poursuite de la recherche de solutions de réduction à la source des rejets d'ions chlorure dans la Meurthe, à tester dès 2023 pour leur mise en œuvre avant 2027 (ii) et de mieux connaître le fonctionnement de l'hydrosystème de la Moselle et de sa nappe d'accompagnement (Comité de bassin Rhin-Meuse, 2020).

## Des solutions technologiques de transfert des rejets régulièrement étudiées et toujours rejetées

Depuis les années 1960, des solutions de transfert des rejets (par injection dans le sous-sol, par transfert via un caloduc vers la mer ou le Rhin, etc.) sont régulièrement évaluées techniquement et financièrement pour, in fine, toujours être jugées trop coûteuses ou avec des limites techniques considérées comme insurmontables, en particulier du fait du caractère très corrosif de l'eau transportée (Roazan & al., 2016 ; Fernandez & Roazan, 2020).

Les solutions mises en œuvre depuis de nombreuses décennies ont globalement consisté à sécuriser l'approvisionnement en eau potable grâce à des interconnexions de réseau et à chercher des ressources alternatives pour la production d'eau potable, dans une logique d'accommodation vis-à-vis des flux d'ions chlorure tels qu'ils sont autorisés par les arrêtés administratifs.

On peut à ce titre noter le cas particulier de la ville de Metz. L'expertise commanditée par le tribunal administratif de Nancy à la demande de la ville de Metz en 2001 et publiée en 2008 a conclu que les seules nouvelles installations nécessaires pour répondre aux besoins de la ville de Metz, dont le système d'approvisionnement en eau potable est aujourd'hui surdimensionné, consistent en une usine d'osmose inverse pour répondre à un enjeu de sécurisation du réseau lié à un risque conjoncturel de rupture de l'approvisionnement à partir du Rupt-de-Mad. À partir des années 2010 et alors que le projet de caloduc est fragilisé, la ville de Metz teste, avec son délégataire, des procédés de traitement avec de nouvelles techniques membranaires (nanofiltration ou osmose inverse à basse pression), pour sécuriser son système.

## Des solutions technologiques d'élimination des polluants à la source historiquement peu investies

Depuis les années 1960, l'histoire de la prise en charge du problème posé par les rejets industriels<sup>8</sup> d'ions chlorure (MDPA, soudières, salines, etc.) montre que l'action publique et les industriels ont régulièrement délaissé les solutions qui valoriseraient le sel. Au début des années 2000, au sein du Comité de bassin, l'association de sauvegarde des vallées et de prévention des pollutions (ASVPP) demande qu'on étudie davantage les systèmes de traitement des rejets à la source alors que le projet de caloduc est remis à l'agenda politique (Fernandez & Rozan, 2020). Le Conseil scientifique auprès du Comité de bassin estime aussi, en 2015, que « les études de Recherche & Développement pour rendre possible un traitement à la source sont indispensables et doivent se développer jusqu'à l'obtention d'un recyclage de ces matières : passer d'un déchet éliminé dans l'hydrosystème Moselle à une ressource pour une autre industrie. Des recherches systématiques de réutilisation à la source des produits émis en grande quantité, comme ressource à d'autres usages, sont à mettre en œuvre ». En 2014, une étude financée par les soudières dans le cadre du groupe « Chlorures » du Comité de bassin conclut par ailleurs que les technologies d'osmose inverse alors disponibles ne permettraient pas de traiter les rejets industriels avant d'être déversés dans la Meurthe (Bertin, 2014).

## Avis sur les besoins en connaissance supplémentaire du fonctionnement de l'hydrosystème de la Moselle et de sa nappe d'accompagnement

Le fonctionnement de la Moselle et de sa nappe d'accompagnement ont déjà fait l'objet d'un très grand nombre d'études, et ce depuis de nombreuses décennies, qui se sont appuyées sur la collecte et la mise en forme des données disponibles et sur des modélisations pour représenter et expliquer les concentrations et les flux d'ions chlorure.

Dans la période récente, c'est en particulier dans le cadre des travaux pilotés par le groupe de travail « Chlorures » et son sous-groupe A sur la « Connaissance de la nappe et cartographie de la minéralisation » du Comité de bassin, que le BRGM a mené des études qui ont permis de mettre en forme, de cartographier et d'analyser les données et les informations disponibles sur l'hydrosystème formé par la Moselle et sa nappe (Nguyen-Thé & al. 2012 ; Nguyen-Thé, 2015). À l'issue de ce travail, le BRGM a évalué l'intérêt de mettre en place un observatoire des chlorures (Nguyen-Thé, 2015).

L'étude du BRGM publiée en 2015 (Nguyen-Thé 2015) a déployé une approche par modélisation de type « boîte noire à fonction de transfert », fondée sur les séries chronologiques de concentrations en ions chlorure dans la Moselle et dans les captages disponibles. Cette approche n'a pas permis de simuler les relations entre la concentration en ions chlorure dans la nappe et les rejets des soudières. Il s'est en effet avéré impossible de définir, à partir de relations simples ou d'une approche globale entrée/sortie, les concentrations maximales rejetées dans la Moselle par les soudières qui seraient compatibles avec une production d'eau potable à partir de sa nappe alluviale dans les quatre secteurs vulnérables, ou avec un objectif donné de réduction des concentrations du chlorure dans la Moselle.

<sup>8</sup> Qu'il s'agisse des Mines de potasse d'Alsace ou des soudières.



Selon cette étude, seule une modélisation spatialisée (hydrodynamique couplée au transfert de masse) prenant en compte la totalité de l'hydrosystème concerné serait à même de déterminer ces relations, à condition de disposer de suffisamment de données sur les niveaux de la nappe et les débits de la Moselle pour le calage du modèle (Nguyen-Thé, 2015). Selon cette étude, en première estimation, les données nécessaires à la mise en place d'un tel modèle correspondent :

- ▶ aux caractéristiques géologiques et hydrogéologiques des différentes strates (porosité, perméabilité, épaisseurs) de la nappe alluviale et de la zone hyporhéique tout le long du linéaire ;
- ▶ aux chroniques :
  - piézométriques (nombreux piézomètres aujourd'hui inexistantes) ;
  - de concentrations en chlorure dans les différents puits ;
  - de débits et hauteurs d'eau équivalentes de la Moselle (nombreux points de jaugeage aujourd'hui inexistantes) ;
  - de concentration en chlorure de la Moselle et de la Meurthe (points de mesure aujourd'hui inexistantes) ;
  - de rejets en chlorure des soudières sur plusieurs années (données produites par les soudières et la police des ICPE) ;
  - des prélèvements dans les différents captages ou champs captants de la nappe (données produites par les gestionnaires des services d'eau correspondant) ;
  - des précipitations sur la zone étudiée sur plusieurs années (données MétéoFrance).

Pour disposer des données nécessaires, des efforts très significatifs, sur plusieurs années, de coordination, de production et de transmission de données devraient être déployés entre les acteurs concernés<sup>9</sup>. Le BRGM a alors analysé le coût d'un tel observatoire des ions chlorure dans la Moselle et sa nappe alluviale au niveau des quatre secteurs à enjeux. Il l'a évalué entre 92 et 178 k€/an en € 2012, soit entre 100 et 194 k€ en 2021, selon les options retenues de suivi mensuel ou pseudo-continu (Nguyen-Thé, 2015). Un suivi d'au moins 8 à 10 ans étant nécessaire, il faudrait alors prévoir un coût minimum compris entre 1 et 2 millions d'€ 2021, avant d'obtenir des chroniques significatives, à même d'être intégrées dans des modèles spatialisés hydrodynamiques, dont le coût de calibrage, de validation et de fonctionnement n'ont pas été pris en compte.

Le projet d'observatoire et de modélisation spatialisée étudiés par le BRGM en 2015 visait à mieux saisir la complexité des processus en jeu et les dynamiques des concentrations en ions chlorure dans la Moselle et sa nappe alluviale à un horizon de l'ordre de la quinzaine d'années. Une telle promesse technoscientifique construit alors un horizon d'attente (Joly, 2015) qui paraît incompatible avec la temporalité des engagements pris par les soudières et l'action publique, dans un contexte où le changement climatique modifie sensiblement les régimes hydrologiques et hydrogéologiques de la Meurthe et de la Moselle. Le protocole d'accord passé entre les soudières, la Région et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse prévoit en effet d'évaluer et de mettre en œuvre des solutions à même de réduire significativement les rejets chlorurés des soudières et/ou de soutenir les schémas alternatifs d'approvisionnement en eau potable des collectivités d'ici fin 2023.

A la lumière de cet état des lieux, le Conseil scientifique estime que le besoin d'une nouvelle étude globale, à long terme et exhaustive des relations nappe-rivière, n'est pas démontré.

<sup>9</sup> Pour l'étude publiée en 2019, le BRGM n'a pas réussi à obtenir les données de prélèvements sur la période récente auprès des collectivités concernées. Ces données sont nécessaires pour appréhender les transferts latéraux entre la nappe et la rivière (Neverre et al., 2019). L'étude de 2019 s'est donc appuyée sur les données que le BRGM avait déjà collectées en 2012 (Nguyen & al., 2012).

Le Conseil scientifique estime aussi que :

### Pour répondre à des enjeux de gestion à court terme :

Il est nécessaire **d'avoir une compréhension plus fine des contraintes gestionnaires que les ions chlorure posent aux collectivités concernées** pour leur approvisionnement en eau potable dans la Moselle et sa nappe alluviale. Des études localisées/ciblées pourront alors utilement accompagner les stratégies de production d'eau potable des collectivités concernées.

### Pour répondre à des enjeux de gestion et de diminution de la salinité de la Meurthe, de la Moselle et de leurs nappes alluviales à moyen terme :

Les efforts devraient se centrer sur :

- ▶ **Les conditions d'une bancarisation et d'un partage plus étendu des nombreuses données existantes et disponibles auprès de différents acteurs sur les concentrations en ions chlorure dans les eaux superficielles et souterraines.**
- ▶ **le test et l'évaluation des innovations récentes pour réduire significativement à la source les rejets chlorurés des soudières et, aussi, valoriser le chlorure de sodium et le chlorure de calcium au sein des process industriels ou pour d'autres usages, comme le prévoit le protocole d'accord.**

De telles analyses devront tenir compte des résultats de l'étude déjà menée sur l'osmose inverse par les soudières <sup>(Bertin, 2014)</sup> sous l'égide du groupe « Chlorures » du Comité de bassin. Il s'agira de saisir où se situe l'innovation (coût, nouvelle technologie de traitement, etc.) depuis 2014, pour évaluer en quoi les technologies (osmose inverse, électrodialyse ou autres) et leurs coûts permettent aujourd'hui de poser un diagnostic différent de celui qui avait été posé il y a 8 ans. Enfin, il s'agira de clarifier les logiques de valorisation des rejets, en lien avec les stratégies industrielles de production de soude, qui sont elles-mêmes liées à des stratégies industrielles relatives à d'autres produits (chlore, sel...).

- ▶ **la définition d'un protocole de test et d'évaluation des solutions envisagées : critères/indicateurs, disponibilité/accessibilité des données....**

L'évaluation de ces solutions peut par ailleurs être mise en perspective avec des instruments financiers ou contractuels pour repenser la question du partage du fardeau environnemental lié à des concentrations élevées en ions chlorure dans les cours d'eau et les nappes.



## BIBLIOGRAPHIE

**BRGM, 1994.** Salinité naturelle de la Meurthe entre Damelevières et Saint-Nicolas.

**BRGM, 1973.** Production du carbonate de sodium en Lorraine. Impact des rejets salins sur la Meurthe et la Moselle, la nappe alluviale de la Meurthe et de la Moselle. Recensement et qualité des captages d'eau potable et à usages industriels et divers, ressources de substitution.

**BRGM, 1974.** Étude de la salure de la nappe alluviale de la Moselle entre Frouard (Meurthe-et-Moselle) et Apach (Moselle).

**BRGM, 1992.** Présence de chlorures dans les eaux des puits de captage d'eau potable de Pagny-sur-Moselle.

**BRGM, 2003.** Etude de l'aléa lié à la dissolution du sel dans le bassin de Dieuze-Château-Salins, et incidences sur les aquifères et sur les mouvements de la surface du sol.

**BRGM, 2009.** Inventaire partiel des problèmes de qualité de la Moselle aval et de sa nappe d'accompagnement : Comparaison des données mises à disposition aux valeurs seuil et aux limites de qualité pour l'AEP.

**Collier, R. 2000.** Rejets d'effluents salins dans le Rhin par les Mines domaniales de potasse d'Alsace de 1976 à 1987. Demande de réparation à l'État français du préjudice subi par la ville d'Amsterdam, la province de la Hollande septentrionale et de la SA NV PWN du fait de ces déversements. Rejets ayant concouru à la dégradation du fleuve. Rejets de nature à induire une augmentation des coûts d'entretien et d'exploitation des services de transports et de distribution d'eau. Retard de la France à introduire en droit ... *Revue juridique de l'Environnement*, vol. 25, no 3, p. 459-469.

**Enquêtes publiques sur les demandes des sociétés Solvay et Novacarb. 1999.** Rapport d'enquête.

**Estienne, J., G. Leynaud & J. C. Suzanne. 1992.** La pollution saline de la Moselle par les rejets de sel des soudières de Meurthe-et-Moselle. ed. R. a. M. d. l'environnement. Paris: Conseil général des ponts et chaussées.

**Fernandez S., Rozan A. 2020.** Chapitre 1. Des chlorures dans la Meurthe et la Moselle : un pacte de sel ? Explorer l'ajournement dans les situations de gestion environnementale. In : Barbier R. & al. (Dir), *L'Environnement en mal de gestion. Les apports d'une perspective situationnelle*. Éditions des Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, pp. 29-48.

**Garcier, R. 2005.** La pollution industrielle de la Moselle française. Naissance, développement et gestion d'un problème environnemental, 1850-2000. In UFR de Géographie, Histoire, Histoire de l'Art et Tourisme, 487. Lyon: Université Lumière-Lyon 2.

**Joly, P.B. 2015.** Le régime des promesses technologiques. In Audétat, M. « Pourquoi tant de promesses », Paris : Hermann, pp.31-48.

**Kloppmann, W.; Bourhane A. ; Schomburgk S. 2010.** Salinisation des masses d'eaux en France métropolitaine et dans l'Outre-mer. Rapport final OFB & BRGM. Décembre.

**Neverre N., Charlier J-B., Moiroux F., Grémont M. (2019)** Schéma exploratoire pour l'alimentation en eau potable des vallées de la Moselle et de la Meurthe face à la problématique chlorures à horizon 2050. Rapport final. BRGM/RP-69310-FR, 214 p, 96 fig., 19 tabl., 13 ann., 1 CD.

**Nguyen-Thé D. (2011)** Le chlorure dans la Moselle et dans sa nappe d'accompagnement, Bilan des informations inventoriées. Rapport BRGM/RP-59867-FR, 15 p., 2 annexes.

**Nguyen-Thé D. (2015)** Le chlorure dans la Moselle et sa nappe, Étude des données et opportunité de la construction d'un observatoire. Rapport BRGM/RP-64675-FR, 33 p., 25 ill.

**Nguyen-Thé, D. ; Fourniguet G. ; Pétrignet M.** 2012. Le chlorure dans la Moselle et sa nappe. Exploitation cartographique et synthétique des données. Accompagnement du groupe de travail « Chlorures ». Rapport du BRGM pour l'AERM. Octobre.

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60287-FR.pdf>

**OMS, 2000.** Programme international sur la sécurité chimique. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition. Volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42250/9242544809-part1-fre.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**OMS, 2004.** Chloride in Drinking-water. WHO/SDE/WSH/03.04/03.

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/chloride.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/chloride.pdf)

**Rozan A., Fernandez S., Brun J.** 2016. Analyse historique et économique de la gestion des concentrations en chlorures dans la Meurthe et la Moselle, Rapport, Agence de l'eau Rhin-Meuse, Janvier, 47 pages.

**Vernoux JF, Lions J, Petelet-Giraud E., Seguin JJ, Stollsteiner P, Lalot E.** 2010. Contribution à la caractérisation des relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes terrestres associés en lien avec la DCE, rapport BRGM/RP-57044-FR, 207 pages, 91 illustrations, 1 annexe.





---

Agence de l'eau Rhin-Meuse  
Rozérieulles - BP 30019  
57161 Moulins-lès-Metz cedex

Tél. 03 87 34 47 00  
agence@eau-rhin-meuse.fr

Suivez l'actualité  
de l'agence de l'eau Rhin-Meuse :  
[www.eau-rhin-meuse.fr](http://www.eau-rhin-meuse.fr)

