

INTRODUCTION

Dans le cadre de la formation suivie à l'ENSIL (Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges), il nous est demandé d'effectuer un stage de technicien. C'est donc à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse que j'ai effectué ce stage, au sein de la Division Milieu Naturel et Données Techniques (D.M.N.D.T.).

Cette division est chargée de la connaissance de l'état des milieux naturels, des usages de l'eau et de leurs exigences, des impératifs de santé publique, de l'impact des rejets et des aménagements sur les eaux souterraines ou de surface. Elle propose les ambitions et les objectifs pour la préservation et la reconquête du milieu. Elle conseille et évalue l'efficacité des interventions de l'Agence vis-à-vis du milieu naturel et assure la veille scientifique sur les exigences de l'environnement. Elle anime les réseaux de mesure, rassemble l'ensemble des données hydrographiques prises sur le terrain et centralise les informations disponibles sur les rejets polluants et sur les ouvrages d'épuration, en vue de l'évaluation de leurs performances pour l'attribution des aides au fonctionnement. Enfin, elle est équipée de moyens d'intervention sur le terrain pour des études du milieu, des expertises et des mesures diverses.

L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, s'inquiétant de l'existence de problèmes de distribution d'eau agressive dans l'Est de son Bassin (Vosges et Bas-Rhin essentiellement), a cherché à connaître l'origine des difficultés rencontrées par certaines stations de neutralisation. Mon rôle était donc de réaliser un bilan présentant les principales causes de dysfonctionnement des stations de neutralisation et de proposer des solutions visant à améliorer la qualité de l'eau distribuée.

Dans un premier temps, j'ai effectué une recherche bibliographique permettant de donner une définition d'une eau agressive, d'estimer les risques sanitaires découlant de la consommation d'un tel type d'eau et de définir les traitements correctifs possibles.

Ensuite, un choix des stations à étudier a été réalisé ainsi qu'une **fiche** d'étude "type" à utiliser lors des visites des stations de neutralisation.

Une exploitation des résultats m'a permis de déterminer les raisons principales du dysfonctionnement des stations de neutralisation et de proposer des solutions visant à améliorer la qualité de l'eau distribuée par ces stations.

ENSIL



Agence de l'eau
Rhin-Meuse



**BILAN DES STATIONS DE
NEUTRALISATION DU BASSIN
RHIN-MEUSE PRESENTANT UN
DYSFONCTIONNEMENT**

par
JULIEN
Ingénieur ENSIL
Environnement

Lieu de stage
Agence de l'Eau Rhin-Meuse

stage
de l'année
septembre 1999

Maître de stage
M. Pascal GROSSIER

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RESUME

ABSTRACT

PRESENTATION DE L'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE

INTRODUCTION

<u>1 L'AGRESSIVITE DE L'EAU</u>	p.1
1.1 Définition de l'agressivité d'une eau	p.1
1.2 Risques de santé publique liés à la mise en distribution d'une eau agressive	p.7
<u>2 TRAITEMENTS POSSIBLES POUR LIMITER L'AGRESSIVITE D'UNE EAU</u>	p.13
2.1 Elimination physique de l'anhydride carbonique	p.13
2.2 Neutralisation par réactif chimique	p.14
2.3 Mise en œuvre de la filtration	p.16
2.4 Intérêt de chaque technique	p.17
<u>3 PREPARATION PRATIOUE DE L'ETUDE</u>	p.18
3.1 Choix des stations à étudier	p.18
3.2 Rédaction de la fiche d'étude	p.19
3.3 Description d'une station de référence	p.20

<u>4 SYNTHESE DES VISITES</u>	p.23
4.1 Déroulement des visites	p.23
4.2 Bilan des stations étudiées	p.23
4.3 Propositions et solutions envisageables	p.29
<u>5 CRITIQUES DE LA METHODE UTILISEE</u>	p.31
5.1 Contenu de la fiche d'étude	p.31
5.2 Données manquantes	p.31
5.3 Difficultés rencontrées	p.32
5.4 Remarques	p.33
CONCLUSION	
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

RESUME

Le dysfonctionnement de certaines stations de neutralisation du Bassin Rhin-Meuse s'est révélé préoccupant pour l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. En effet, l'eau distribuée par ces installations demeure agressive malgré le traitement utilisé.

Après une étude bibliographique me permettant d'approfondir mes connaissances dans le domaine de l'agressivité de l'eau et de ses effets sur la santé humaine, une enquête de terrain m'a permis de déceler les causes principales du mauvais fonctionnement de ces stations de neutralisation que sont la vétusté, le sous-dimensionnement, le manque d'entretien et le manque d'information.

Mon rôle était alors de déterminer les solutions permettant à chacune des collectivités de distribuer une eau de meilleure qualité grâce à l'aide de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. Pour cela, elle pourrait procurer aux communes un soutien financier, mais également un soutien technique délivré lors de journées d'échange.

1 L'AGRESSIVITE DE L'EAU

1.1 Définition de l'agressivité d'une eau

“Les eaux agressives sont des eaux présentant une faible minéralisation (donc douces), associées à un pH acide” [1]. Cette définition provenant du “Guide des analyses d'eau potable” d'avril 1993 semble quelque peu incomplète. En effet, d'autres paramètres interviennent dans la détermination du caractère agressif ou entartrant d'une eau.

a) Le pH

Le pH est l'un des critères de base permettant de définir l'agressivité. Pour cela, on calcule le pH de saturation (**pHs**), pH théorique que devrait avoir l'eau pour se trouver en équilibre avec le carbonate de calcium.

La formule du **pHs** est la suivante :

$$\text{pHs} = \text{pK}'_2 - \text{pK}'_s - \log (\text{HCO}_3^-) - \log (\text{Ca}^{2+})$$

avec $\text{pK}'_2 = -\log$ de la constante de dissolution de l'ion HCO_3^-

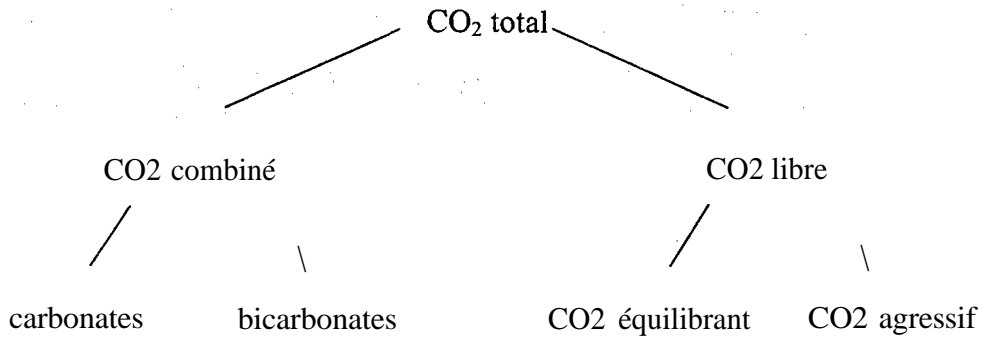
$\text{pK}'_s = -\log$ du produit de solubilité de CaCO_3

- si le pH de l'eau est inférieur au **pHs**, l'eau est aggressive
- si le pH de l'eau est supérieur au **pHs**, l'eau est entartrante
- si le pH de l'eau est égal au **pHs**, l'eau est à l'équilibre

b) La teneur en dioxyde de carbone

La teneur en dioxyde de carbone (aussi appelé anhydride carbonique) libre agressif permet également de caractériser une eau aggressive.

Il est possible de dresser un bilan du carbone minéral dans l'eau comme suit :



Dans l'eau, le gaz carbonique peut se trouver sous la forme de CO2 libre ou de CO2 combiné.

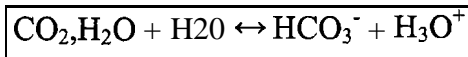
Le CO2 combiné correspond aux éléments qui se trouvent sous forme de bicarbonates et de carbonates.

Le CO2 libre correspond à la fraction d'anhydride carbonique qui se lie à l'eau (H₂CO₃ ou H₂O,CO₂) ou qui reste sous la forme de CO2 gazeux. Ce CO2 libre se décompose en deux parties dans le cas d'une eau agressive :

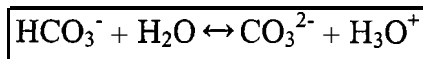
- le CO2 équilibrant qui est la concentration en CO2 libre nécessaire pour atteindre l'état d'équilibre calco-carbonique.
- le CO2 agressif qui représente l'excès de CO2 libre par rapport au CO2 équilibrant.

Dans le cas d'une eau entartrante, la concentration en CO2 libre est inférieure à la concentration en CO2 équilibrant, il n'y a donc pas de CO2 agressif.

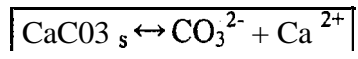
En dehors de l'équilibre de dissolution du gaz carbonique dans l'eau, l'équilibre calco-carbonique d'une eau est régi par les réactions chimiques suivantes :



$$K'_1 = [\text{HCO}_3^-] * [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] \quad \text{pK}'_1 = 6,433 \text{ à } 15^\circ\text{C}$$



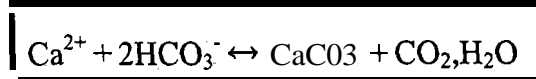
$$K'_2 = [\text{CO}_3^{2-}] * [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{HCO}_3^-] \quad \text{pK}'_2 = 10,431 \text{ à } 15^\circ\text{C}$$



$$K'_s = [\text{CO}_3^{2-}] * [\text{Ca}^{2+}]$$

$$pK'_s = 8,220 \text{ à } 15^\circ\text{C}$$

Ainsi, il peut s'établir au sein de toute eau naturelle un équilibre chimique : l'équilibre de saturation de l'eau.



$$K'' = [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] / ([\text{Ca}^{2+}] * [\text{HCO}_3^-]^2)$$

$$\text{soit } K'' = K'_2 / (K'_1 * K'_s)$$

$$\text{d'où } pK'' = 16672 \text{ à } 15^\circ\text{C}$$

A partir de cet équilibre, il est possible d'établir que :

- si $[\text{CO}_2 \text{ libre}] > [\text{CO}_2 \text{ équilibrant}]$, le sens "droite-gauche" est favorisé et l'eau est alors agressive vis-à-vis du calcaire ($\text{pH} < \text{pHs}$). Cela signifie que l'eau a tendance à dissoudre le calcaire, empêchant ainsi la formation d'une couche carbonatée protectrice sur les canalisations métalliques du fait de la redissolution du CaCO_3 au fur et à mesure de sa précipitation [10].

- si $[\text{CO}_2 \text{ libre}] < [\text{CO}_2 \text{ équilibrant}]$, le sens "gauche-droite" est favorisé et l'eau est alors considérée comme entartrante ($\text{pH} > \text{pHs}$). Les termes de déposante ou incrustante sont également utilisés pour définir une eau ayant tendance à précipiter du calcaire au contact de germes de CaCO_3 .

- si $[\text{CO}_2 \text{ libre}] = [\text{CO}_2 \text{ équilibrant}]$, l'eau est à l'équilibre calco-carbonique ($\text{pH} = \text{pHs}$).

La détermination quantitative de l'agressivité (quantité de CO_2 agressif contenue dans l'eau) peut s'effectuer par un titrage chimique, par plusieurs méthodes graphiques dont celles de "Hallepeau-Dubin" et "Legrand et Poirier", ou à l'aide de logiciels spécifiques.

c) L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions hydroxyles (OH^-), de bicarbonates (HCO_3^-) et de carbonates (CO_3^{2-}), et dans une moindre mesure aux ions phosphates, silicates, ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles.

Le Titre Alcalimétrique (TA) ou le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduisent l'alcalinité et mesurent le pouvoir tampon d'une eau [2]. Leur connaissance est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisque ces deux valeurs dépendent de l'équilibre calco-carbonique. Le TA et le TAC mesurent respectivement les concentrations en OH⁻ et CO₃²⁻, et l'ensemble des anions HCO₃⁻, CO₃²⁻, OH⁻, HSiO₃⁻,...

$$\begin{aligned} \text{TA} &= (\text{OH}^-) + \frac{1}{2}(\text{CO}_3^{2-}) \\ \text{TAC} &= (\text{OH}^-) + (\text{CO}_3^{2-}) + (\text{HCO}_3^-) \end{aligned}$$

si les concentrations sont exprimées en meq/L

Remarque : dans les eaux destinées à la consommation humaine, la concentration en OH⁻ est souvent négligeable devant celle de HCO₃⁻ et de CO₃²⁻.

d) La dureté

La dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) de l'eau correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Cependant, certains métaux tels que le fer, le strontium et le manganèse ont une influence sur la dureté lorsqu'ils sont présents à des concentrations significatives.

La dureté est en quelque sorte une représentation de l'état de minéralisation de l'eau et apparaît donc comme fondamentale dans la définition de l'agressivité. En effet, une eau douce ne permet pas l'instauration de la couche carbonatée assurant une protection des canalisations contre les risques de corrosion. A l'inverse, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations. Au-delà de 20°F, l'eau peut devenir entartrante, et en dessous de 10°F, elle risque de devenir agressive et susceptible de détériorer les canalisations. Ces phénomènes de corrosion entraînent la dissolution des métaux présents dans les canalisations (cuivre, fer, nickel, zinc) et plus particulièrement le plomb [1][2].

La dureté totale est la somme de deux duretés :

- la dureté calcique ou temporaire
- la dureté magnésienne ou permanente

Il est donc possible d'écrire :

$$\begin{aligned} \text{TH}_{\text{total}} &= \text{TH}_{\text{calcique}} + \text{TH}_{\text{magnésien}} \\ &= [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] \end{aligned}$$

La dureté, tout comme l'alcalinité, s'expriment généralement en degrés français (°F). Les relations liant les différentes unités utilisées sont les suivantes [1]:

$$1 \text{ } ^\circ\text{F} = 4 \text{ mg/L de Ca}$$

$$1 \text{ } ^\circ\text{F} = 2,43 \text{ mg/L de Mg}$$

$$1 \text{ } ^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/L de CaCO}_3$$

$$1 \text{ } ^\circ\text{F} = 0,2 \text{ meq/L}$$

Les eaux peuvent être classées de la façon suivante :

degrés français (°F)	dureté de l'eau
0 à 6	très douce
6 à 15	douce
15 à 30	moyennement dure
30 et +	dure

Pour tenir compte à la fois de l'intérêt de la consommation d'une eau dure pour la santé et des inconvénients liés à l'entartrage, il est admis qu'une dureté comprise entre 15°F et 20°F est idéale [1].

e) La conductivité électrique

La conductivité électrique, même si elle n'est pas essentielle pour caractériser l'agressivité d'une eau, peut jouer un rôle d'indicateur. En effet, il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et la conductivité électrique de celle-ci : la conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation.

Le lessivage des sols entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels tels que les carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium,... Plus ces sels sont présents en grande quantité dans l'eau, plus la conductivité est grande. Or certains de ces sels jouent un rôle primordial dans l'équilibre calco-carbonique permettant de définir le caractère agressif d'une eau.

Remarque : la conductivité est parfois remplacée par la résistivité. La relation liant ces deux paramètres est la suivante :

$$C (\mu\text{S/cm}) = 1000 \text{ 000} / R (\text{ohm.cm})$$

On peut classer les eaux de boisson en fonction de leur conductivité [1] :

conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	minéralisation	qualité de l'eau
$C < 100$	très faible	excellente
$100 < C < 200$	faible	excellente
$200 < C < 400$	peu accentuée	excellente
$400 < C < 600$	moyenne	bonne
$600 < C < 1000$	importante	utilisable
$c > 1000$	excessive	utilisable

f) Conclusion

Finalement, l'agressivité d'une eau est caractérisée par :

- une concentration en CO_2 libre agressif supérieure à la valeur correspondant à l'équilibre calco-carbonique
- un pH inférieur au pH de saturation

D'autres paramètres permettent de caractériser les eaux douces faiblement minéralisées qui représentent, dans la plupart des cas, des eaux agressives :

- une dureté comprise entre 0°F et 10°F
- une alcalinité inférieure à 5°F
- une conductivité inférieure à $150 \mu\text{S}/\text{cm}$

En pratique, la détermination qualitative de l'agressivité s'effectue par le test au marbre. Le contact **eau/marbre** est réalisé à l'abri de l'air durant 24 heures. La comparaison des valeurs de pH et de TAC avant et après l'essai permet de déterminer le caractère agressif ou entartrant de l'eau. Si au cours de la mesure, le pH et le TAC augmentent, l'eau est agressive. Inversement, s'ils diminuent, l'eau est entartrante.

Au regard de la directive européenne du 3 novembre 1998 "relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine", une eau est conforme aux exigences de qualité pour la problématique agressivité lorsque son pH est compris entre 6,5 et 9,5. La concentration en CO_2 agressif, l'alcalinité et la dureté ne sont pas prises en compte pour estimer la qualité de l'eau.

1.2 Risques de santé publique liés à la mise en distribution d'une eau agressive

L'absence de ces paramètres dans la norme peut paraître étonnante, car des études ont avancé qu'il existerait une corrélation entre la consommation d'eau agressive et la fréquence des maladies cardio-vasculaires, vraisemblablement due à l'absence d'oligo-éléments dans l'eau [4].

Outre les effets mentionnés précédemment, le risque sanitaire le plus important associé à la mise en distribution d'une eau agressive est la dissolution des métaux présents dans les canalisations (cuivre, fer, nickel, zinc) et plus particulièrement le plomb [4]. Dans cette partie, nous présenterons succinctement les facteurs liés à la dissolution du plomb, puis nous ferons un état des lieux des risques liés à l'ingestion de plomb et de leur gestion (aspect réglementaire).

a) Les facteurs liés à la dissolution du plomb

Le plomb en solution provient de la dissolution des sels de plomb qui se forment à la surface des canalisations et qui sont essentiellement le carbonate de plomb (PbCO_3) et l'hydroxycarbonate de plomb ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) [5]. Les caractéristiques de l'eau ont une influence importante sur la concentration en plomb au robinet, les concentrations les plus importantes étant obtenues avec des eaux douces agressives (eaux peu minéralisées et présentant un pH faible inférieur à 6,5) [3].

Ainsi, le pH joue un rôle essentiel dans la dissolution du plomb. Le modèle LEADSOL de SCHOCK montre que quelle que soit la minéralisation de l'eau, la solubilité augmente lorsque le pH diminue. Selon ce même modèle, pour un pH inférieur à 7,5 unités, la solubilité du plomb augmente lorsque le TAC diminue [12].

Comme pour la plupart des sels, la solubilité dans l'eau des carbonates de plomb croît à mesure que la température de l'eau s'élève. Aussi, la mise en place de chauffage central dans les immeubles anciens munis de réseaux en plomb peut conduire à une augmentation de la teneur en plomb de l'eau distribuée dans la mesure où l'installation est mal isolée ou si les conduites de chauffage passent à proximité des conduites de distribution d'eau [9].

La teneur en plomb contenue dans l'eau distribuée varie également avec le temps de contact entre l'eau et la canalisation : plus le "temps de stagnation" de l'eau sera important, plus sa teneur en plomb sera grande.

Le type d'eau et le temps de stagnation sont donc des facteurs qui favorisent la présence de plomb dans l'eau. Le plomb particulaire provient quant à lui des coups de bélier qui entraînent des particules du dépôt par action mécanique. La présence de singularités dans le réseau telles que des vannes, des raccords, des éléments assemblés par soudage, tend à augmenter la teneur en plomb particulaire de l'eau. En effet, la pile créée entre la canalisation et cet élément provoque une émission importante d'ions Pb^{2+} et détruit la couche de produit de corrosion. Les composés carbonatés précipitent alors au sein même de l'eau et forment des particules.

Cependant, on ne retrouve pratiquement pas de plomb particulaire dans les prélèvements au robinet effectués au deuxième jet [12].

L'eau incrustante, telle qu'elle est définie par l'équilibre calco-carbonique, dépose sur les parois des canalisations une couche protectrice de carbonate de calcium, appelée "couche de Tillmans", mais cela n'est pas toujours suffisant pour endiguer le phénomène de dissolution du plomb, surtout lorsque le temps de stagnation dans les canalisations est important.

b) Risques sanitaires associés à la consommation d'une eau chargée en plomb [6]

Dans le langage commun, le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. La plombémie mesure la concentration en plomb contenue par litre de sang et peut être significative d'une intoxication par le plomb. La plombémie moyenne de la population générale est inférieure à 100 $\mu g/L$. Les coliques de plomb sont les effets toxiques les plus connus du métal, mais il en existe d'autres :

a) effets sur le système nerveux

Le plomb est responsable d'atteintes neurologiques centrales et périphériques. En cas d'intoxications massives, l'effet neurotoxique du plomb sur le système nerveux central peut se traduire par une encéphalopathie convulsivante. Cette encéphalopathie apparaît pour des plombémies de l'ordre de 1000 $\mu g/L$ et peut entraîner des séquelles invalidantes, voire le décès de la personne intoxiquée en quelques heures si elle n'est pas traitée assez rapidement.

En cas d'intoxication moins sévère, il peut apparaître des troubles neuro-comportementaux et une détérioration intellectuelle. Un ralentissement des vitesses de conduction nerveuse périphérique est décelable lorsque la plombémie est supérieure à 200 $\mu g/L$. A partir de cette même concentration, des troubles neurologiques multiples peuvent apparaître tels que les troubles du sommeil, l'anxiété, l'irritabilité, les pertes de mémoire, la fatigue, ... Toutefois, des paralysies saturnines ne sont observées qu'en cas d'intoxications beaucoup plus sévères. Elles sont très rares chez l'enfant même en cas de contamination massive.

β) effets sur les reins

Les contaminations massives par le plomb peuvent provoquer une atteinte rénale, cette atteinte étant presque toujours associée à une plombémie supérieure ou égale à 1500 µg/L. Dans tous les cas, l'arrêt de l'exposition et un traitement bien conduit permettent la guérison sans séquelle.

En revanche, si l'intoxication est poursuivie, les lésions évoluent jusqu'à provoquer une insuffisance rénale chronique définitive. De telles insuffisances rénales ne s'observent que pour des expositions prolongées correspondant à des plombémies supérieures ou égales à 600 µg/L.

γ) effets sur la moelle osseuse et le sang

Le plomb bloque plusieurs enzymes nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine, ce qui a pour conséquence une augmentation de la concentration en acide delta-aminovénulinique dans l'urine et de protoporphyrines-zinc dans le sang. L'appréciation de la concentration en ces deux substances sert à évaluer l'ampleur de l'intoxication au plomb.

Le plomb affecte aussi les mécanismes de synthèse et de destruction des globules rouges, entraînant ainsi une diminution de leur nombre dans le sang.

δ) effets sur le système cardio-vasculaire

Autrefois, l'hypertension artérielle était une complication classique de l'intoxication saturnine chronique des travailleurs exposés pendant de nombreuses années à de fortes concentrations du métal. Par ailleurs, plusieurs études épidémiologiques récentes ont montré une corrélation entre la pression artérielle et la plombémie.

ε) effets sur la reproduction masculine

Une diminution du nombre de spermatozoïdes et une altération de leur qualité ont été observées pour des plombémies supérieures à 400 µg/L. Un retentissement de ces effets sur la fertilité de l'homme n'était pas encore démontré en 1995.

φ) cancer

L'administration de fortes doses de plomb a induit des cancers du rein chez de petits rongeurs. En revanche, il n'a pas été mis en évidence de surmortalité par cancer parmi les populations exposées au plomb.

Toutefois, il est à noter que des plombémies entraînant les effets mentionnés auparavant sont très rarement atteintes suite à la seule consommation d'eau. En revanche, il est possible d'atteindre ces teneurs par respiration, ingestion de poussières toxiques ou d'**écailles** de peintures anciennes. Le plomb, tétraéthyle contenu dans les carburants automobiles contribue largement à la contamination de l'air et de l'environnement en général. Or, la contamination de l'atmosphère est souvent transitoire car ce compartiment constitue un lieu important de transfert des pollutions vers les eaux et les sols par l'intermédiaire des précipitations sèches ou humides [8]. Il est cependant intéressant de noter que les carburants actuels contiennent de moins en moins de plomb.

c) Position de la norme vis-à-vis du **plomb** dans l 'eau de distribution et gestion des **risques**

α) Détermination de la valeur guide

A partir de la connaissance des effets sur l'animal ou chez l'homme lorsque les données existent, on détermine une dose journalière maximum tolérable. Pour le plomb, les principaux éléments pris en compte sont les suivants :

- connaissance toxicologique : le plomb est un poison cumulatif, des effets différents selon la dose ont été démontrés.

- dose journalière tolérable : la recommandation est déterminée à partir de la "Dose Journalière Tolérable" selon la valeur préconisée par le comité mixte FAO/OMS sur les additifs alimentaires (JEFCA) qui est de **3,5 µg** de plomb par kg de poids corporel et par jour. Cette dose correspond à une absence d'augmentation du taux sanguin ou de la charge corporelle en plomb chez l'enfant. La valeur guide (VG) est donc fixée à :

$$VG = (DJT * pc * P) / C = (3,5 * 5 * 0,5) / 0,75$$

$$VG = 11,6 \mu\text{g/L} \quad \underline{\text{arrondi à } 10 \mu\text{g/L}}$$

avec

⇒ Dose Journalière Tolérable (DJT) = 3,5 µg/kg

⇒ Poids Corporel (pc) = 5 kg (jeunes enfants)

⇒ Proportion de la DJT attribuée à l'eau de boisson (P) = 0,5 puisqu'il s'agit d'enfants élevés au biberon (apport par l'eau de 50 %)

⇒ Consommation (C) = 0,75 litres (consommation journalière pour les nourrissons)

Comme les nourrissons sont considérés comme le sous-groupe le plus sensible de la population, il a été admis que cette valeur assure une protection pour l'ensemble de la population [7].

β) Position de la norme

Suite au décret du 3 janvier 1989, modifié par les décrets du 10 avril 1990 et du 7 mars 1991, la norme fixait la quantité maximale de plomb dans l'eau de distribution à 50 µg/L. De plus, sur la base de la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé, la directive européenne "relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine" du 03 novembre 1998 prévoit un durcissement de la valeur paramétrique pour le plomb : elle fixe une valeur transitoire de 25 µg/L à atteindre dans les 5 ans (25 décembre 2003) et une valeur de 10 µg/L à atteindre dans les 15 ans (25 décembre 2013).

Une note précise que ces valeurs s'appliquent à un échantillon d'eau destinée à la consommation humaine prélevé au robinet par une méthode d'échantillonnage appropriée, par exemple grâce à un robinet intégrateur, de manière à être représentatif d'une valeur moyenne hebdomadaire ingérée par les consommateurs.

χ) Gestion des risques

La nouvelle directive "eau potable" n°98/83/CE du 03/11/1998 exige le respect des normes au robinet du consommateur ce qui implique la prise en compte de la dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau de distribution. La dissolution du plomb dans l'eau est une cause de dégradation et les solutions pour y remédier sont parmi les plus coûteuses. En effet, il faudra à terme remplacer toutes les canalisations contenant du plomb pour pouvoir respecter la nouvelle norme. Un traitement de l'eau pourra être mis en place pour permettre d'étaler dans le temps le lourd programme de renouvellement des conduites concernées.

D'après l'étude menée par le CRECEP en 1994, le remplacement des canalisations en plomb en 15 ans avec un traitement de l'eau pour le respect du premier palier de 25 µg/L entraînerait un coût pour la France de 120 à 134 milliards de Francs [13].

Aujourd'hui, le plomb n'entre que dans la confection des joints des anciennes conduites en fonte posées jusqu'au début du siècle. En effet, suite à l'article 28 du décret n° 95-363 du 5 avril 1995 modifiant le décret n° 89-3 du 3 janvier 1989, "la mise en place de canalisations en plomb dans les installations de distribution est interdite[...]" . Aussi, la contamination de l'eau par le plomb résulte de son contact avec le réseau privé, qu'il s'agisse du branchement sur la conduite principale à l'amont du compteur ou du réseau intérieur à l'immeuble [9].

Cependant, il serait vain de penser que l'absence de conduite en plomb permet d'assurer l'absence de contamination. En effet, les conduites en cuivre sont assemblées par brasage, et les brasures peuvent contenir jusqu'à 60% de plomb. Ainsi, seules les conduites en polyéthylène ne contiennent pas de plomb [9].

En revanche, quel que soit le matériau utilisé, il est nécessaire de poser des raccords et des robinets qui sont en laiton. Or le laiton de fonderie contient jusqu'à 5% ou 6% de plomb afin de pouvoir être mis en forme. Des teneurs de plusieurs centaines de microgrammes par litre ont été mesurées dans l'eau prélevée au premier jet immédiatement après l'ouverture du robinet alors que le réseau ne comportait pas de conduite en plomb [9].

Si les eaux agressives sont les plus susceptibles d'être contaminées par le plomb, corriger l'agressivité ne suffira pas à endiguer le phénomène. La solution consisterait à éliminer toutes les conduites en plomb et à limiter son utilisation dans les brassures

Cependant, pour limiter au maximum ces risques sanitaires, il est donc nécessaire de corriger l'agressivité de l'eau souterraine avant de la distribuer dans les différents réseaux. C'est le rôle des stations de neutralisation dont les exploitants doivent effectuer un choix quant au réactif chimique et au procédé à utiliser.

2 TRAITEMENTS POSSIBLES POUR LIMITER L'AGRESSIVITE D'UNE EAU

Le distributeur d'eau potable dispose de divers moyens de correction de l'agressivité des eaux douces. Cette correction a pour but de favoriser le dépôt d'une fine couche carbonatée sur la paroi interne des tuyaux métalliques non revêtus. Ceci permet de limiter les phénomènes de corrosion, cause de dissolution des métaux et source d'altération des qualités organoleptiques de l'eau transportée, couleur et turbidité notamment.

Rappelons les conditions essentielles communément admises que doit satisfaire une eau afin de ne pas être corrosive pour les matériaux en contact : la règle des "trois huit" :

- le pH doit être supérieur ou égal à 8
- l'**alcalinité** exprimée par le titre alcalimétrique complet (TAC) doit être supérieure ou égale à 8°F
- la dureté **calcique** (TH_{Ca}) doit être supérieure ou égale à 8°F (voire 10°F)

2.1 Elimination physique de l'anhydride carbonique par aération

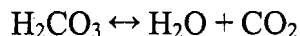
Cette technique est surtout utilisée pour les eaux souterraines dont, le plus souvent, la teneur excessive en CO_2 agressif constitue le seul élément à corriger indépendamment de tout autre paramètre indésirable. Elle permet à la fois de diminuer considérablement les quantités de réactif neutralisant nécessaires pour l'amenée à l'équilibre, et évite une dureté excessive de l'eau traitée.

La pulvérisation est souvent préférée aux procédés d'aération en cascade ou de ruissellement sur une couche de coke ou de lave, car elle crée une grande surface d'échange entre l'air et l'eau contenant le CO_2 dissous. La pulvérisation de l'eau sous pression peut être obtenue par tuyères, buselures, ou par dispersion de jets sur coupelles.

L'efficacité de la pulvérisation dépend :

- ◆ de la finesse des gouttelettes obtenues
- ◆ du volume de la chambre d'aération
- ◆ de la ventilation, pour une évacuation rapide du CO_2 , évitant une redissolution partielle de ce gaz plus dense que l'air dans la partie basse de la chambre.

L'équation chimique correspondant au phénomène de dégazage est la suivante :



Il est aussi parfois souhaitable de limiter le dégazage afin de conserver une teneur suffisante en CO_2 permettant, lors du traitement complémentaire de neutralisation, d'obtenir un TAC satisfaisant. Ce cas est illustré dans l'annexe 1 où les déplacements des points figuratifs dus aux traitements pouvant être appliqués ont été représentés sur un diagramme de Hallopeau-Dubin.

2.2 Neutralisation par réactif chimique

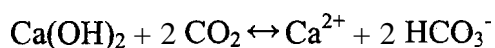
Il existe deux procédés permettant de neutraliser l'eau à l'aide d'un réactif chimique : l'injection et la filtration. La filtration sur produits alcalino-terreux est très souvent appliquée sur les eaux profondes qui ne demandent pas d'autres traitements, alors que l'addition de produits en suspension ou en solution (injection) est en général intégrée à une chaîne de traitement complet (déferrisation-démanganisation des eaux profondes, clarification des eaux de surface, etc.) [10]. La matière filtrante utilisée a longtemps été le marbre. Toutefois, sa faible vitesse de réaction lui fait préférer d'autres produits à base de calcite, dont la cinétique de réaction permet d'obtenir une totale efficacité avec une masse de contact (masse de matériau filtrant) relativement réduite.

En annexe 2, vous trouverez un tableau rassemblant les réactifs utilisés pour l'amenée des eaux à l'équilibre, avec indications des quantités à mettre en œuvre pour neutraliser 1 mg de CO_2 et augmenter la minéralisation de 1 °F [11].

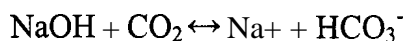
Les principaux réactifs utilisés sont :

par injection

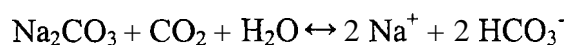
◆ la chaux :



◆ la soude :

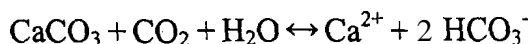


◆ le carbonate de soude :

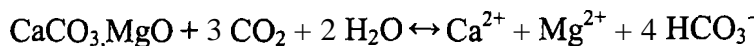


par filtration

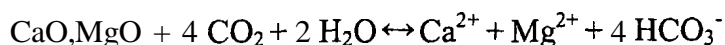
◆ le carbonate de calcium :



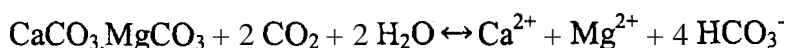
◆ le magno :



◆ la magnodérite :



◆ la neutralite :



Le choix du réactif à employer doit être déterminé par l'examen des critères suivants :

◆ le TH final pour un objectif donné en TAC : la soude et le carbonate de sodium agissent sur le TAC sans modifier le TH puisqu'il n'y a pas d'apport d'ions calcium. A neutralisation équivalente, la chaux (CaO ou $\text{Ca}(\text{OH})_2$) augmente moins la dureté de l'eau que le calcaire (CaCO_3).

◆ le débit d'eau à traiter : la préparation et la distribution de la chaux nécessitent des équipements importants qui font réserver son emploi aux grandes unités de traitement.

◆ le coût de traitement : si l'on s'en tient au prix d'achat du produit, la soude et le carbonate de sodium sont des réactifs chers par rapport à la chaux et au calcaire, mais leur distribution ne nécessite pas d'équipements importants ou d'aménagements de génie civil.

Les produits les plus utilisés sont incontestablement la chaux, eu égard surtout à l'importance des débits traités, et le carbonate de calcium très employé sous forme de calcaire d'origine marine : le lithothamne. Le lithothamne (Lithothamnium Phymatholiton Calcareum, famille des coralinacées) est constitué de débris d'algues fossiles dont il existe des gisements importants au large des côtes bretonnes et spécialement des îles de **Glénan**.

Après dragage, ces algues calcaires sont séchées au four, concassées et tamisées pour classement en différentes catégories dont la granulométrie varie de 1,5 mm à plus de 5 mm. Autrefois utilisé localement à l'état brut pour l'amendement des sols et connu sous le nom breton de "maërl", le produit conditionné est aujourd'hui commercialisé sous différentes appellations : Acticalmag, Neutralite, Neutralg, Neutreau, Timalite, etc. selon les fournisseurs. Il est livré en sacs de 50 kg ou en vrac par camions-containers.

Ce composé calcaire marin a généralement la composition massique suivante : de 85% à 90% de CaCO_3 et de 10% à 15% de MgCO_3 . Son intérêt réside dans sa richesse en carbonates, mais aussi dans sa porosité très élevée qui augmente la surface de contact.

2.3 Mise en œuvre de la filtration

La filtration peut se faire dans des filtres ouverts ou dans des filtres sous pression à l'aval des pompes (photographies en annexe 3).

Le pouvoir neutralisant de ces filtres dépend :

- de leur dimensionnement, qui dépend lui-même de la vitesse de réaction, donc du temps de contact pour un débit donné
- ◆ de la vitesse de réaction, elle-même influencée par la teneur initiale en CO_2 agressif, la température, la nature et l'état du matériau neutralisant

Si l'on représente les rendements d'élimination du CO_2 agressif en fonction du temps de contact pour un ensemble d'eaux dont la teneur initiale en CO_2 agressif est variable (annexe 4), l'on constate une assez grande dispersion des résultats pour un temps de contact inférieur à 10 minutes. Mais au-delà de 15 minutes, l'élimination est supérieure ou égale à 80%. En outre, la vitesse initiale de réaction est d'autant plus grande que l'eau est chargée en CO_2 agressif, mais au bout de 20 minutes de temps de contact, les rendements obtenus sont très voisins.

Un autre essai comparatif (annexe 4 bis) a été fait sur du calcaire neuf, du calcaire non lavé prélevé dans un filtre en fonctionnement (activé non lavé) et enfin du calcaire débarrassé des dépôts accumulés pendant la filtration (activé et lavé).

L'amenée à l'équilibre calco-carbonique d'une eau douce, chargée en anhydride carbonique lui conférant un caractère agressif, nécessite un traitement correctif actuellement bien maîtrisé par les traiteurs d'eau.

Les caractéristiques optimales d'une eau de distribution peuvent être obtenues soit par un traitement élémentaire de neutralisation (aération), suffisant pour les eaux ayant déjà une certaine alcalinité, soit par une reminéralisation qui seule permet de fournir aux eaux très douces une teneur en bicarbonates et une dureté calcique suffisante.

2.4 Intérêt de chaque technique

Lors d'un entretien avec M. OTTMANN du Syndicat Départemental des Eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin, nous avons pu établir quels étaient les principaux avantages et inconvénients de chacune des méthodes. En voici un résumé :

technique	avantages	inconvénients
aération	Economie de réactif car on élimine ainsi 80 % du CO ₂	Pas d'économie de dimensionnement Les 20 % restant sont plus difficiles à éliminer Il faut du personnel qualifié pour réaliser l'entretien
injection	Permet de traiter un très gros volume d'eau	Investissement élevé Risque de colmatage des conduites par des paillettes de chaux Demande beaucoup de suivi et d'entretien par du personnel qualifié Sûreté de fonctionnement de l'installation inférieure à la filtration
filtration	Permet de traiter de petits volumes d'eau Nécessite un suivi moins important que les deux autres méthodes	Nécessite un lavage régulier des filtres (air + eau) Possibilité de développement bactérien en cas de lavage inefficace Difficultés pour faire varier le temps de contact

Ainsi, la filtration est la technique appropriée pour des unités traitant de faibles débits journaliers et ayant des moyens financiers limités.

3 PREPARATION PRATIQUE DE L'ETUDE

3.1 Choix des stations à étudier

Etant donné le temps 'disponible pour réaliser cette étude, il était impossible d'étudier toutes les stations de neutralisation du Bassin Rhin-Meuse présentant un dysfonctionnement. En **collaboration avec la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Vosges, du Bas-Rhin et de la Moselle**, une liste de stations ayant des difficultés a été établie sur la base de leurs résultats d'analyses et des connaissances de terrain des D.D.A.S.S. Le choix s'est limité à ces départements, la plupart des stations de neutralisation du bassin y étant situées.

Cependant la liste était encore trop importante car il restait 53 stations dans les Vosges, 30 stations dans le Bas-Rhin et 5 en Moselle. Une deuxième sélection a été réalisée, basée sur plusieurs critères fonction des informations fournies par les D.D.A.S.S.

La D.D.A.S.S. des Vosges nous a procuré une liste sur laquelle figure **la population desservie** par chaque station et le degré de dysfonctionnement de celle-ci :

- une station "Point Noir" correspond à une station dont le traitement est quasi inexistant et dont l'eau distribuée reste très agressive (pH moyen inférieur à 6,5 unités deux années consécutives).
- une station "Point Gris" présente un traitement plus significatif mais distribue cependant une eau agressive. Elle est caractérisée par :
 - soit un pH moyen supérieur à 6,5 unités mais une analyse avec pH inférieur à 6,5 unités pendant deux années consécutives
 - soit un pH moyen supérieur à 6,5 unités mais une eau agressive deux années consécutives
 - soit une année présentant les caractéristiques "Point Noir" suivie d'une année présentant les caractéristiques "Point Gris"

Notre choix s'est donc porté prioritairement sur toutes les stations "Point Noir", soit 6 stations puis sur quelques stations "Point Gris" choisies en fonction de la population desservie afin d'avoir un échantillon le plus diversifié possible (annexe 5).

La D.D.A.S.S. du Bas-Rhin nous a fourni une liste présentant les stations de neutralisation ainsi que le **traitement utilisé** par chacune d'elles. Le choix a donc été effectué sur le procédé de traitement mis en place afin d'obtenir un échantillon englobant le maximum de cas possibles.

Enfin, la D.D.A.S.S. de la Moselle nous a remis une liste de 5 stations parmi lesquelles nous en avons choisi deux présentant les résultats d'analyses les plus atypiques.

Une fois ce choix effectué, la liste des stations sélectionnées a été envoyée aux D.D.A.S.S. pour confirmation. Ensuite seulement, une prise de contact a été effectuée avec les responsables de chacune de ces stations.

Lors de notre conversation téléphonique, certains responsables m'ont informé que leur station de neutralisation était en travaux ou qu'une nouvelle station était en construction afin d'améliorer la qualité de l'eau distribuée. Il n'était donc pas utile de les étudier. D'autres collectivités n'ont pas pu me recevoir par manque de temps ou de personnel.

A l'issue de cette sélection, **20 stations de neutralisation ont été retenues pour l'étude** de terrain sur les 88 présentant un dysfonctionnement notoire. La répartition était la suivante : 12 stations dans les Vosges dont une seule "Point Noir", 6 stations dans le Bas-Rhin et 2 en Moselle (liste jointe en annexe 5 bis).

3.2 Rédaction de la fiche d'étude

Pour effectuer l'étude pratique des stations de neutralisation, il était nécessaire de réaliser un questionnaire type devant être présenté à chaque visite afin d'homogénéiser les résultats. Cet ensemble de questions devait permettre de déterminer les causes de dysfonctionnement (technique, économique, humaine, ..).

Pour cela, plusieurs réunions ont été nécessaires. La première a eu lieu au sein de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse afin de préciser les limites du stage et les points essentiels à aborder dans cette étude.

Une autre réunion s'est déroulée au Syndicat Départemental des Eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin (S.D.E.A.) avec M. OTTMANN. Grâce à ses connaissances pratiques et à son expérience, nous avons pu préciser certains points, détailler et affiner certaines questions.

Finalement, après plusieurs discussions avec les personnes de l'Agence de l'Eau concernées, la fiche d'étude définitive (annexe 6) a été mise au point avec pour but d'obtenir des données permettant :

- de bien situer l'unité de distribution dans son contexte : position géographique, population, maître d'ouvrage, . . .
- de caractériser la station de neutralisation : date de mise en service, constructeur, exploitant, . . .
- de décrire le fonctionnement global de chaque station visitée : débit d'eau traité, présence d'une désinfection, fonction de la personne responsable de l'entretien, . . .
- de définir le mode de traitement employé : procédé, dimensions caractéristiques, réactif employé, . . .
- de connaître le prix de l'eau dans la commune et le coût de fonctionnement de la station

3.3 'Description d'une station de référence

M. OTTMANN du S.D.E.A. nous a expliqué quelles étaient les conditions idéales de fonctionnement d'une station de neutralisation utilisant un procédé de filtration. Ces conditions se divisent en trois critères essentiels.

a) Dimensionnement - temps de contact

Le **temps de contact** doit être calculé dans **les conditions les plus défavorables** au fonctionnement du filtre, c'est à dire le filtre à son niveau bas de remplissage en produit neutralisant et supportant un débit d'entrée maximal.

Il existe plusieurs formules pour calculer le temps de contact :

- la formule de **Bonnefoy** (D.D.A.S.S. des Vosges) applicable pour des eaux agressives traitées par filtration sur neutralite :

$$t = 0,7 * [CO_2] - 70 / [CO_2] + 4 * (pH - 1)$$

t représente le temps de contact théorique en minutes

[CO₂] représente la concentration en CO₂ libre en mg/L

Remarque : cette formule ne tient pas compte de la quantité de CO₂ agressif mais de la quantité de CO₂ libre

- la formule OTV

$$t = \frac{1}{2} * [CO^*] / \log ([CO_2]) \quad \text{à } 15^\circ\text{C}$$

- la formule Degrémont
 - la formule SAUR
- } ces deux formules sont confidentielles

En général, **un temps de contact convenable** se situe aux environs de 30 **minutes** selon la formule de Bonnefoy. Il faut savoir que cette formule donne un résultat légèrement supérieur au temps de contact nécessaire afin de s'assurer une certaine marge de sécurité.

En ce qui concerne **la recharge des filtres**, elle se fait de façon **régulière** dans la plupart des cas, mais il arrive parfois qu'elle se fasse en fonction des analyses. Le remplissage doit être effectué au plus tard lorsque les deux tiers de produit neutralisant ont disparu. De plus, il faut faire attention aux dégazages possibles de l'eau brute dans des cascades ou lors d'un brassage de l'eau. En effet, dans ce cas-là, la neutralisation se fait automatiquement par aération mais la reminéralisation ne se fait plus. En outre, plus la concentration initiale en CO₂ est faible, plus le traitement final sera difficile à mettre en œuvre.

b)avage

Si le lavage du filtre est inefficace ou inexistant, les qualités bactériologiques et organoleptiques de l'eau se dégradent. En effet, les bactéries peuvent se développer dans les boues à l'intérieur du filtre. Il présente alors une surface propre mais peut être colmaté par des fines qui s'accumulent en son sein, forment des boues et l'encrassent.

Pour être efficace, le lavage doit se dérouler en deux temps :

- un détassage effectué en envoyant un mélange d'air et d'eau à contre-courant (avec un débit d'air de 40 à 60 m³/h/m² de surface filtrante et un faible débit d'eau)
- un rinçage à l'eau avec un grand débit (de 20 à 25 m³/h/m² de surface filtrante)

Le lavage à l'eau uniquement ne peut pas assurer un fonctionnement à long terme du filtre. Quand il est trop sale, il faut alors le curer, le vider totalement, le désinfecter et le remplir à nouveau.

De plus, pour assurer la qualité bactériologique de l'eau distribuée, il devrait y avoir une désinfection lors de chaque ajout de réactif neutralisant.

c) Entretien

Pour pouvoir fonctionner correctement, une station doit être propre à l'intérieur comme à l'extérieur. Cette propreté est un gage de bon entretien de la station. Il ne doit pas y avoir d'infiltration d'eau à travers les murs ou par le toit, pas d'insectes sur les murs, il doit y avoir une aération efficace pour limiter la condensation de l'eau, . . .

Les filtres doivent être protégés contre des chutes d'insectes ou de divers objets. Ceci peut se faire par la présence d'une margelle autour du filtre ou d'un capot au-dessus de celui-ci. La station doit être fermée correctement, grâce à une porte et à une clôture autour de la station par exemple.

Tout ceci correspond à ce que l'on peut appeler de l'entretien général. Mais il existe aussi un entretien "technique" qui correspond au **relevé régulier des compteurs d'eau ou d'électricité, à la vérification des équipements, . . .**

Les compteurs d'eau doivent être vérifiés tous les 3 ans ou changés tous les 5 ans. Le pHmètre qui est parfois utilisé pour savoir s'il faut ajouter du produit neutralisant doit être étalonné avant chaque utilisation. Les appareils électriques doivent être protégés contre la foudre, et une personne doit vérifier que tout fonctionne après un orage.

d) Conclusion

Finalement, pour obtenir une station de neutralisation fonctionnant correctement, il est nécessaire d'avoir :

- un dimensionnement des filtres suffisant et un apport en **neutralite** fréquent pour permettre à l'eau d'être traitée le temps nécessaire pour être corrigée
- un détassage et un lavage fréquents pour éviter les pertes de charge, le colmatage du filtre ou les écoulements préférentiels
- un entretien général de la station et du matériel régulier

Un exemple de fiche de suivi d'une station de référence est fourni en annexe 8.

4 SYNTHÈSE DES VISITES

4.1 Dérroulement d'une visite

Lors de ma visite sur le terrain, j'expliquais les raisons de ma venue et je discutais avec le responsable des problèmes existant sur la station ou sur le réseau de distribution d'eau potable. Pendant cette discussion, j'obtenais les données nécessaires pour remplir la fiche de suivi. Deux cas de figure se présentaient alors :

- soit nous faisons directement la visite, je posais alors des questions afin de renseigner le maximum de rubriques de la fiche, puis nous allions à la mairie pour compléter l'étude financière ou les quelques données manquantes.
- soit nous regardions le questionnaire ensemble et nous faisons la visite ensuite afin que je puisse me rendre compte de l'état de la station et poser des questions pratiques quant à son fonctionnement.

Dans tous les cas, chacun répondait volontiers à mes questions **dans** la limite de ses connaissances de la station. Une fois la visite terminée, il était souvent plus facile de discuter des problèmes; de chaque station et d'obtenir des informations précises quant aux raisons possibles de son dysfonctionnement (une carte présentant les stations étudiées, la qualité de l'eau brute et de l'eau traitée à l'issue de la dernière analyse disponible à la date de la visite, est fournie en annexe 7).

4.2 Bilan des stations étudiées (cf. annexe 9 et 12)

4.2.1 Aspect technique – Bilan des dysfonctionnements

D'après les visites que j'ai effectuées et les discussions que j'ai eues avec les **responsables** ou les employés communaux, **quatre raisons essentielles** se dégagent quant **au mauvais** fonctionnement des stations de neutralisation.

a) La vétusté

Sur les 20 stations étudiées, 4 se révèlent avoir plus de soixante ans. La plupart n'ont subi aucune modification depuis leur création, si ce n'est **l'ajout** d'une désinfection par ultraviolets au niveau du réservoir pour l'une d'entre elles. Il n'y **pas de joint d'étanchéité**, les murs sont parfois dégradés à l'extérieur comme à l'intérieur, **de nombreux insectes**, fourmis **ou limaces** peuvent pénétrer dans la station et **être responsables de contaminations bactériologiques**.

En ce qui concerne le traitement de neutralisation, **6 stations** construites entre 1920 et 1964 fonctionnent au marbre **et n'ont aucun dispositif de lavage**. Le marbre est beaucoup moins efficace que la neutralite car il nécessite un temps de contact largement supérieur et offre une surface de contact plus faible. Une personne m'a affirmé que le temps de contact pour sa station fonctionnant au marbre était de 8 à 10 heures, alors 'que le temps de contact moyen sur de la neutralite peut être estimé à 30 minutes. De plus, ces filtres ne sont généralement lavés qu'une fois par an car leur nettoyage est complexe (il faut sortir tout le marbre du filtre, le nettoyer au jet, nettoyer le filtre, remettre le marbre) et les sites sont parfois difficiles d'accès. Ce nettoyage doit être effectué à l'aide de seaux, de pelles et les pompiers sont parfois mis à contribution pour fournir de l'eau sous pression.

Enfin, ces stations sont généralement **sous--dimensionnées** car la consommation a beaucoup augmenté depuis leur création.

La **vétusté** regroupe donc les problèmes **d'étanchéité, d'entretien et de sous-dimensionnement**.

b) Le sous-dimensionnement

Au moins 6 des 20 stations visitées présentent un sous-dimensionnement flagrant. Il peut se vérifier en déterminant le temps de contact entre l'eau et le matériau filtrant (appelé temps de contact réel). Celui-ci est calculé à partir des dimensions du filtre (surface, hauteur) rarement connues de manière exacte, et du débit d'eau entrant sur le filtre, également connu de façon incertaine car très peu de stations sont équipées d'un compteur en entrée. Le temps de contact réel est ensuite comparé au temps de contact, théorique déterminé par la formule de Bonnefoy : si le temps de contact réel est inférieur au temps de contact théorique, la station peut-être considérée comme sous-dimensionnée. Il n'a pas toujours été possible de calculer précisément ces temps de contact, en revanche, il est possible de les estimer approximativement et de déterminer le possible sous-dimensionnement de la station. Ce phénomène est récurrent à toutes les anciennes stations mais apparaît également sur des stations beaucoup plus récentes (15 ans environ). Il y a plusieurs explications à cela :

- dans certains cas, une **augmentation de la population** est à l'origine du sous-dimensionnement, notamment dans certains villages se situant à proximité de villes plus importantes comme Remiremont (88).

- pour d'autres villages plus isolés, **c'est l'abandon progressif des sources privées** qui a entraîné une augmentation de la consommation d'eau provenant du réseau d'eau potable, provoquant ainsi une diminution du temps de contact pouvant aller jusqu'au sous-dimensionnement de la station.

- il arrive également que la **quantité d'eau traitée soit largement supérieure à la quantité d'eau nécessaire à la consommation** de la population. Ceci peut être dû à une fuite sur le réseau ou à un trop grand débit des sources à l'entrée de la station. Dans tous les cas, le temps de contact est insuffisant, la station est sous-dimensionnée pour le volume d'eau traité, même si elle est correctement dimensionnée pour le volume d'eau consommé.

- enfin, la raison principale du sous-dimensionnement reste le **changement des comportements et des habitudes** de chacun avec la multiplication des sanitaires, des lave-linge, des lave-vaisselle, . . . Tous ces changements ont entraîné une multiplication par un facteur deux ou trois de la consommation de certains villages depuis la création de la station de neutralisation. Le village correspondant à la station 7 a, par exemple, vendit 3506 m³ d'eau en 1983 alors qu'il en a vendu 8307 m³ en 1998 avec une population n'ayant pas évolué. Les installations concernées n'étaient pas prévues pour traiter de tels volumes d'eau et sont désormais trop petites pour fournir une eau de bonne qualité en quantité suffisante.

c) L 'entretien

L'entretien semble être une des causes principales du dysfonctionnement de certaines stations puisque 8 d'entre elles ont des difficultés à le réaliser de manière correcte.

Il s'agit ici de l'entretien "général" des stations de neutralisation qui n'est pas toujours effectué correctement. Certains prétextent la création d'une nouvelle station dans un futur proche pour laisser les stations actuelles se dégrader (murs fissurés, infiltrations par le toit, . . .).

Dans certains petits villages, l'employé communal n'a pas le temps de s'occuper correctement de la station car il dispose **d'un petit crédit d'heures** pour effectuer de nombreux travaux (voirie, arrosage, propreté, . . .) et la commune n'a pas les moyens financiers de faire réaliser ces travaux par une entreprise extérieure. C'est alors le maire ou un conseiller municipal qui est chargé de l'entretien bien qu'ils ne soit pas toujours informé des travaux à réaliser. Le **temps passé sur la station est variable** et peut aller **de 1 heure à 15 heures par mois** en fonction de la collectivité.

Enfin, le problème essentiel correspond à **la fréquence de lavage et de remplissage** des filtres. Dans certains cas, le **lavage** s'avère **très difficile** (cas des stations anciennes). Il n'est souvent effectué qu'à l'eau ce qui ne permet pas un détassage correct. Il est alors nécessaire de curer le filtre une fois par an mais cela est rarement fait. Ces lavages sont souvent **trop espacés dans le temps**, le filtre s'encrasse et ne permet plus de traiter l'eau correctement.

Il en va de même pour le remplissage en neutralite ou en marbre. Un **remplissage trop tardif** ne permet **pas un temps de contact suffisant** car la hauteur de produit neutralisant n'est pas assez importante. Le remplissage se fait parfois annuellement car le marbre (ou la neutralite) sont conditionnés en sacs d'une tonne, peu pratiques à utiliser et nécessitant du matériel lourd (tracteur par exemple) ce qui oblige à limiter les opérations de remplissage du filtre. Il se peut également que le produit neutralisant soit conditionné en sacs de 50 kilogrammes plus faciles à utiliser, mais que son stockage soit éloigné de la station. Cependant, de nombreuses stations possèdent une réserve de marbre ou de neutralite à l'intérieur de l'installation mais ne s'en servent qu'une fois par an.

Ce défaut d'entretien peut être le fruit d'une décision de ne pas trop augmenter le pH afin de satisfaire certaines entreprises branchées sur le réseau de distribution du village tout en restant dans la norme, mais il peut également provenir d'un **manque d'information** des responsables des stations concernées.

d) L'information

L'entretien des stations de neutralisation est en général effectué par **des employés communaux ou des conseillers municipaux** qui n'ont reçu **aucune formation** pour cela. Après avoir discuté avec plusieurs de ces personnes, beaucoup m'ont dit qu'elles s'étaient forgées leur propre expérience en ce qui concerne la maintenance d'une telle installation. Cependant, les collectivités n'expriment pas explicitement leur **besoin d'information**, ne sachant peut-être pas auprès de qui la demander ou sous quelle forme elle pourrait leur être délivrée, mais elles semblent prêtes à l'accepter lorsque celle-ci leur est proposée.

Il n'est cependant pas certain qu'une formation spécifique soit nécessaire pour effectuer ce type de travaux, en revanche une **information régulière** pourrait se révéler utile.

Malgré le fait que le manque d'information soit impossible à estimer, il n'en reste pas moins une des causes premières du dysfonctionnement des stations car il est à l'origine de la plupart des difficultés rencontrées et toutes les stations ont un besoin plus ou moins important d'information.

e) Remarques

Le graphique de l'annexe 10 présente les procédés de traitement utilisés en fonction de la date de mise en service de la station. Sans tirer de conclusion générale à cause du faible nombre de stations étudiées et des biais introduits dans leur choix, nous pouvons remarquer que le marbre a été progressivement abandonné pour laisser la place à la neutralite à partir des années 1950. Les filtres fermés semblent être apparus dans les années 1970, le choix entre un filtre ouvert ou un filtre fermé étant basé sur des considérations technico-financières.

Parmi toutes les stations de neutralisation visitées, aucune ne possédait de traitement complémentaire de déferrisation ou de démanganisation.

La distribution d'une eau agressive n'est pas toujours liée au dysfonctionnement de la station de neutralisation. En effet, la station peut délivrer une eau de très bonne qualité qui est ensuite mélangée au niveau du réservoir avec de l'eau agressive non traitée. Ce phénomène de dilution confère à l'eau distribuée un caractère agressif malgré le bon fonctionnement de la station de neutralisation.

Après avoir été traitée contre l'agressivité, l'eau est parfois désinfectée (javellisée), mais ce traitement est rarement utilisé car la population n'apprécie pas qu'une eau de source ou de montagne, considérée comme pure, puisse avoir un goût de chlore. Seule une désinfection par ultraviolets est bien perçue car elle ne confère aucun goût à l'eau.

Le procédé de dilution est parfois utilisé pour la désinfection de l'eau : l'eau neutralisée est désinfectée par le biais d'un excès de chlore destiné aux eaux de source arrivant directement au réservoir.

Sur les 20 stations étudiées, 2 semblent ne pas avoir de raison particulière de distribuer une eau agressive. Plusieurs raisons précédemment citées peuvent être à l'origine du dysfonctionnement de la station, mais aucune cause prédominante n'a pu être mise en avant.

4.2.2 Aspect financier

Cette partie s'est révélée très complexe à traiter. En effet, il n'a pas toujours été possible d'obtenir toutes les informations souhaitées : l'étude qui en résulte est donc basée sur des estimations.

Les résultats obtenus sont consignés dans l'annexe 11 sous forme d'un tableau et de graphiques présentant les coûts de fonctionnement des stations en fonction des procédés de traitement utilisés et des mètres cube d'eau traitée.

Grâce au graphique de l'annexe 1 lb représentant la distribution des coûts de fonctionnement des stations en fonction des procédés de traitement utilisés, il est possible de remarquer que les stations utilisant un filtre fermé ont une dépense énergétique qui représente une part importante de leur coût de fonctionnement global. Une explication à ce constat résiderait dans le fait que les maîtres d'ouvrage peuvent intégrer dans les coûts énergétiques de ces stations des frais de relèvement AEP importants. En revanche, il se révèle impossible d'établir une tendance quant à l'importance relative du coût annuel du personnel et du coût annuel des produits consommables. Il faut noter que le coût annuel du personnel ne représente qu'une estimation car le temps passé sur la station n'est jamais compté avec précision et le coût d'une heure de travail a été estimé à 70 francs

pour la collectivité. D'autre part, ce graphique ne prend en compte que les collectivités pour lesquelles toutes les informations étaient disponibles et ne tient pas compte des coûts liés à l'entretien du matériel (coûts trop peu souvent évalués par les maîtres d'ouvrage).

Sur le graphique de l'annexe 1 lc, on peut noter que le coût de fonctionnement des stations n'est pas lié au débit traité comme on pourrait le penser : il existe de gros écarts (facteur 25) sur les coûts de fonctionnement en francs par mètre cube des stations. Afin d'homogénéiser les résultats, le calcul du coût de fonctionnement en francs par mètre cube est basé sur le volume d'eau traité. Lorsque la seule information disponible était le volume d'eau vendu, un coefficient pondérateur correspondant à un rendement de 60% du réseau a été appliqué afin d'estimer la quantité d'eau traitée. Le coût de fonctionnement moyen de ces stations est estimé à 25 centimes par m³ d'eau traitée.

D'autre part, malgré la « simplicité » des réseaux de distribution d'eau de la plupart des collectivités visitées, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre le prix de vente du mètre cube d'eau (hors taxe et hors assainissement) et le coût de fonctionnement de chaque installation.

Comme on peut le remarquer, il est impossible de tirer des conclusions précises de cette étude financière. Cela vient de la grande disparité des résultats obtenus due aux différents modes de gestion des collectivités visitées.

4.3 Propositions et solutions envisageables

En ce qui concerne la **vétusté**, la **solution** peut paraître **radicale** mais la **création d'une nouvelle station** est inévitable. En effet, le coût de remise en état des anciennes stations est sensiblement égal au coût de construction d'un nouvel ouvrage, tout en sachant que la nouvelle station permettra certainement d'obtenir de meilleurs résultats. Mais cet investissement restant très lourd pour les petites communes, certaines repoussent l'échéance et continuent la distribution d'eau agressive.

Pour le **sous-dimensionnement**, plusieurs solutions sont envisageables selon le degré de gravité. Lorsqu'il est dû à un **excès d'eau traitée**, la solution consiste à installer un dispositif permettant d'asservir le débit d'eau traité aux besoins (télégestion, trop plein en entrée, fermeture d'une ou plusieurs arrivées d'eau,...). Lorsque le sous-dimensionnement est dû à une **augmentation de la consommation**, il faut soit effectuer des modifications sur la station existante (**agrandissement des filtres ou construction de nouveaux filtres**), soit, dans le cas d'un sous-dimensionnement vraiment important, envisager la création d'une nouvelle station permettant de traiter le débit souhaité.

En ce qui concerne l'**entretien** des stations, il faudrait les équiper de **moyens de lavage performants**. Cela nécessite souvent des travaux coûteux sur les filtres et les communes n'ont généralement pas les moyens financiers de les effectuer. Quant à la **fréquence de remplissage** des filtres en produit neutralisant, elle peut être **facilement augmentée** car cela ne demande aucun investissement lourd, seulement un peu de temps et d'organisation. Un équipement permettant aux stations de mesurer le pH de l'eau traitée pourrait s'avérer utile et aiderait les collectivités à effectuer une recharge en neutralite ou en marbre plus adaptée.

Malheureusement, dans de nombreux cas, ce manque d'entretien ne résulte pas d'une négligence, mais plutôt d'un **manque d'information**. Il me semble que **ce point** soit **essentiel** pour expliquer le dysfonctionnement de nombreuses stations. Pour remédier à cela, il serait intéressant d'organiser des **réunions d'information** sur le terrain avec une présentation, du **fonctionnement optimum** d'une station de neutralisation, par un représentant de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ou par un conseiller technique (provenant d'un éventuel Service d'Aide Technique pour l'Eau Potable). Ces réunions seraient une occasion, pour les différents responsables, d'échanger leurs points de vue, de discuter des problèmes qu'ils rencontrent et des solutions à apporter, tout en sachant qu'une personne pourra répondre à leurs interrogations. Cela permettrait à chacun de se rendre compte que l'Agence de l'Eau est non seulement présente pour apporter un soutien financier, mais également pour procurer un soutien technique.

Les collectivités pourraient également recevoir l'appui d'une société privée de prestation de service ou d'un cabinet de conseil. Ces organismes auraient pour mission d'effectuer un **contrôle régulier** sur chacune des stations et d'assurer les opérations de maintenance propres à chaque installation en collaboration avec la municipalité ou le syndicat considéré. Cette solution pourrait être financièrement prise en charge par les Conseils Généraux ou l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse par exemple.

Finalement, les solutions aux problèmes de dysfonctionnement des stations de neutralisation sont orientées selon deux axes :

- un axe financier par lequel l'Agence de l'Eau pourrait aider les communes à rénover ou construire une station de neutralisation et à l'entretenir.
- un axe technique par lequel l'Agence de l'Eau permettrait à chacun de savoir comment entretenir au mieux la station de neutralisation dont il est responsable grâce à la présence non seulement d'un conseiller mais aussi de personnels assurant les opérations de maintenance.

5 CRITIQUE DE LA METHODE UTILISEE

5.1 Contenu de la fiche d'étude

Après avoir effectué quelques visites, certaines précisions ont du être apportées à la fiche de suivi des stations de neutralisation.

Tout d'abord, en ce qui concerne les stations alimentées par des forages, les pompes ne fonctionnent pas en continu et la filtration ne se fait donc pas de façon permanente. Il était alors intéressant de connaître la durée de fonctionnement journalier du filtre.

Ensuite, lors des premières visites, les personnes confondaient souvent le maître d'oeuvre et le constructeur de la station. Je me suis alors rendu compte que la question du maître d'oeuvre ne figurait pas dans le questionnaire, je l'ai donc ajoutée.

Enfin, peu de personnes connaissaient la quantité d'eau traitée chaque année. En revanche, la quantité d'eau facturée annuellement par la commune pouvait être facilement obtenue. Cette question a donc elle aussi été rajoutée à la fiche d'étude.

5.2 Données manquantes

Il était parfois difficile d'obtenir des réponses à certaines questions. C'est notamment le cas pour le maître d'oeuvre et le constructeur de très anciennes stations, voire de certaines plus récentes. En effet, ces informations nécessitaient une recherche dans les archives et les personnes n'y étaient pas toujours habilitées, n'avaient pas le temps ou l'envie de le faire. Le problème était identique à propos de la population desservie lors de la création de la station ou du débit maximal prévu pour la station de neutralisation.

En ce qui concerne le fonctionnement de la station, le débit d'eau en entrée est rarement connu car il est très variable et difficile à estimer.

Dans la rubrique neutralisation, la hauteur effective du lit filtrant était difficilement estimable dans le cas d'un filtre fermé, même pour la personne s'occupant de l'entretien de la station. Les débits utilisés lors du lavage du filtre étaient généralement inconnus et également délicats à évaluer.

Enfin, la partie la plus délicate reste l'étude financière. Le prix de l'eau est généralement assez bien connu. En revanche, le coût et l'année d'investissement sont à rechercher dans les archives et donc très rarement obtenus.

Le coût de fonctionnement des stations est quant à lui très variable d'une installation à une autre et difficilement estimé :

- le coût de la tonne de produit neutralisant est bien connu (environ 1200 Francs la tonne de neutralite) alors que le coût annuel de la désinfection est variable car la quantité de chlore liquide ou gazeux utilisée est souvent inconnue.
- le coût de l'entretien du matériel n'est en général pas chiffré.
- le coût énergétique est fréquemment bien évalué : cela ne coûte rien pour des stations fonctionnant sans électricité ou à l'énergie solaire alors que pour des stations utilisant des pompes ou des surpresseurs, l'énergie représente une part importante du budget. Dans certains cas, l'électricité nécessaire au fonctionnement de la station provient du réseau d'éclairage, il est alors impossible d'en isoler le coût.
- les frais de personnel sont également très variables car certains sont bénévoles et d'autres passent jusqu'à une heure par jour en moyenne à la station.
- le coût des analyses est variable d'un département à un autre, leur fréquence dépendant quant à elle de la population et du débit journalier.

5.3 Difficultés rencontrées

Les temps de contact réels et théoriques ne sont pas toujours exploitables car certaines informations sont impossibles à obtenir avec précision. En effet, en l'absence de compteur à l'entrée de la station, le débit traité, donc le temps de contact réel résulte d'une estimation. En ce qui concerne le temps de contact théorique, la concentration en CO_2 libre nécessaire pour utiliser la formule de Bonnefoy n'est pas toujours disponible dans les analyses d'eau. De ces incertitudes découlent les difficultés à déterminer le sous-dimensionnement d'une installation sauf dans le cas ou celui-ci est flagrant. Il est par ailleurs intéressant de noter que la gestion des stations de neutralisation pourrait être facilitée par la présence d'un compteur en entrée : le lavage et la recharge du filtre seraient indexés sur la quantité d'eau traitée.

J'ai également tenté de comparer le taux de traitement réel et le taux de traitement théorique sur chaque station. Le taux de traitement théorique est calculé à partir des résultats d'analyses en faisant la différence entre le TAC après marbre et le TAC de l'eau brute. J'ai alors obtenu un résultat en degrés français qui est multiplié par 10 pour l'obtenir en mg/L de CaCO_3 (voir correspondance page 5). J'ai utilisé la même méthode pour déterminer le taux de traitement réel, mais en effectuant la différence entre le TAC de l'eau traitée et le TAC de l'eau brute. Il arrive que le taux de traitement réel soit supérieur au taux de traitement théorique sans pour autant que l'eau

soit à l'équilibre calco-carbonique. Ceci vient du fait que les analyses d'eau brute et d'eau traitée ne sont pas effectuées à la même date. En effet, j'ai utilisé les derniers résultats disponibles mais les analyses d'eau en entrée de station sont beaucoup moins fréquentes que les analyses d'eau en sortie.

5.4 Remarques

Les visites s'étant déroulées au mois de juillet, je n'ai pas toujours pu rencontrer les personnes s'occupant habituellement de la station parfois parties en congés annuels. Leurs remplaçants ne pouvaient pas toujours répondre aux questions posées.

Il est possible que le fait d'être stagiaire m'ait aidé à obtenir des renseignements et à avoir une discussion plus ouverte avec les personnes rencontrées car celles-ci sont souvent prêtes à aider du mieux possible un étudiant.

Plusieurs responsables de station m'ont dit que lorsque le pH de l'eau distribuée était correct et que l'eau n'était plus agressive, certaines personnes se plaignaient des dépôts de calcaire liés à l'eau du robinet. Les cas particuliers et les remarques correspondant à chaque station sont consignés dans les fiches de suivi des stations de neutralisation disponibles en annexe.

CONCLUSION

Après mes nombreuses visites sur le terrain, j'ai pu me rendre compte des difficultés rencontrées par les petites communes pour gérer une station de neutralisation. Les deux problèmes essentiels sont le sous-dimensionnement, causé par l'augmentation de la consommation en eau potable, et le manque d'entretien résultant dans la plupart des cas d'une information insuffisante. Cependant, certains responsables rencontrent des difficultés techniques dues à la vétusté de la station ou à l'inefficacité du lavage employé. Ceux-ci sont parfois conscients du mauvais rendement de leur installation mais ne peuvent pas agir immédiatement par manque de moyens financiers. En effet, pour investir dans une nouvelle station de neutralisation, les municipalités sont généralement obligées d'augmenter le prix de l'eau, entraînant ainsi le mécontentement des consommateurs. Il s'avère donc très difficile de satisfaire les usagers de l'eau et de respecter la norme en vigueur.

Cependant des solutions peuvent être apportées, en partie l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, par un soutien financier mais également par une aide technique et une information accrue envers les responsables de ces stations de neutralisation.

Ce stage m'a permis d'approfondir mes connaissances concernant l'agressivité de l'eau, mais surtout de découvrir plus en détail les effets que peut avoir la distribution d'une eau agressive sur la santé humaine, notamment au travers des problèmes liés au plomb.

J'ai également pu découvrir le fonctionnement d'un grand établissement public de l'Etat qu'est l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, ainsi que les relations privilégiées qu'il a su tisser avec les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales, les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt, . . .

Enfin, j'ai découvert le rôle que jouent les Agences de l'Eau dans la gestion du patrimoine aquatique à travers leurs connaissances du milieu naturel et leurs actions quotidiennes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POTELON J.L., ZYSMAN K., (1993), « Guide des analyses d'eau potable », *Dossiers d'experts, La Lettre du cadre territorial*, p.54-78
- [2] GROUPE D'ETUDE INTERAGENCES DE L'EAU, (1995), « Définition d'un système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (volet eau) », *Document n°7 Fiches Paramètres*
- [3] BARON J., LEFEBVRE K., LEROY P., (1997), « Evaluation du risque de contamination de l'eau par des substances métalliques dans les réseaux domestiques », *Journal Européen d'Hydrologie*, tome 28, fasc.1, p.60
- [4] BRIAND E., DOLD B., FRANCOIS C., NICOLAS D., (1999), « Qualité des eaux distribuées dans les Vosges en 1998 », *Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales, service Santé-Environnement*
- [5] RANDON G., (1994), « Limitation de la solubilisation du plomb par les eaux distribuées. Point des recherches en cours sur le réseau expérimental d'Ivry-sur-Seine », *Techniques Sciences Méthodes n°3*, p.137
- [6] COLLECTIF POUR L'ETUDE DU PLOMB, (1995), « Le plomb en questions. Réflexions et propositions », *CECAD-Plomb*, p.23-24
- [7] TRICARD D., GUILLEMOT M-L., (1994), « Position sanitaire vis-à-vis du plomb dans l'eau », *Techniques Sciences Méthodes n°3*, p. 166
- [8] CABRJDENC R., CARBONNIER F., CORDONNIER J., LE GENTI L., RIZET M., (1993), « Le plomb dans l'environnement », *73^{ème} congrès de l'Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux : texte des conférences*, p.40
- [9] LEROY P., (1994), « Le plomb dans l'eau : origines et influence des caractéristiques des eaux transportées », *Techniques Sciences Méthodes n°3*, p.122-127
- [10] MOISSE R., (1999), « La chaux et les marbres de filtration dans la minéralisation de l'eau », *Tribune de l'Eau - vol.52, n°597/1*, p.24
- [11] LE BRUN J., (1990), « Les eaux douces et l'équilibre calco-carbonique. Moyens de correction », *Techniques Sciences Méthodes n°4*, p.203-207
- [12] ARTUR C., (1996), « Bilan des teneurs en plomb dans les eaux distribuées sur la Communauté Urbaine de Brest », *Mémoire d'Ingénieur du Génie Sanitaire, ENSP*, p.9-11
- [13] AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE, (1999), « Le plomb et la nouvelle directive. Enjeux pour l'Agence de l'eau Seine-Normandie », *Alimentation en eau potable*

RESUME

Le dysfonctionnement de certaines stations de neutralisation du Bassin Rhin-Meuse s'est révélé préoccupant pour l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. En effet, l'eau distribuée par ces installations demeure agressive malgré le traitement utilisé.

Après une étude bibliographique me permettant d'approfondir mes connaissances dans le domaine de l'agressivité de l'eau et de ses effets sur la santé humaine, une enquête de terrain m'a permis de déceler les causes principales du mauvais fonctionnement de ces stations de neutralisation que sont la vétusté, le sous-dimensionnement, le manque d'entretien et le manque d'information.

Mon rôle était alors de déterminer les solutions permettant à chacune des collectivités de distribuer une eau de meilleure qualité grâce à l'aide de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. Pour cela, elle pourrait procurer aux communes un soutien financier, mais également un soutien technique délivré lors de journées d'échange.