

DOCUMENT



n° 5044

Contribution a l'étude de la corrosion
interne dans les circuits de
distribution d'eau potable

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du
diplôme d'ingénieur des techniques
de l'Équipement Rural

par M. Philippe COLLONGUES

STRASBOURG Juin 1977

Avant Propos

Plan

<u>Introduction</u> :	15
"Nécessité d'une étude sur la <i>corrosion</i> dans <i>L'agglomération strasbourgeoise</i> - Objectifs du mémoire."	
<u>Chapitre 1</u> : <u>PRELIMINAIRES</u>	18
1.1- <u>L'alimentation en eau potable de la Communauté Urbaine de Strasbourg.</u>	19
1.1.1- Présentation générale.	19
1.1.1.1- Généralités.	19
1.1.1.1.1- Rappels historiques.	19
1.1.1.1.2- Caractéristiques.	19
1.1.1.1.3- Fonctionnement.	20
1.1.1.2- Ressources.	20
1.1.1.2.1- Origine.	20
1.1.1.2.2- Influence du Rhin	20
1.1.2- Distribution.	21
1.1.2.1- Stations de pompage.	21
1.1.2.1.1- Oberhausbergen.	22
1.1.2.1.2- Illbirech-Graffenstaden.	22
1.1.2.1.3- Lingulstirn.	22
1.1.2.1.4- Krichstett.	23
1.1.2.1.5- La Robertsau.	23
1.1.2.1.6- Le Polygone.	23
1.1.2.1.7- Débits des stations.	25

1.1.2.2-	Réservoir.	25
1.1.2.3-	Réseau.	27
1.1.2.4-	Evolution de la consommation.	27
1.1.2.5-	Caractéristiques de l'eau.	27
1.1.2.6-	Prix de l'eau.	28
1.1.2.7-	Tableau récapitulatif de la production d'eau.	28
1.2-	<u>L'aquifère de ressource.</u>	29
1.2.1-	Description de la nappe phréatique.	29
1.2.1.1-	Caractères hydrogéologiques.	29
1.2.1.1.1-	Aperçu général.	29
1.2.1.1.2-	Caractéristiques propres à la région strasbourgeoise ^{32'}	
1.2.1.2-	Vulnérabilité aux pollutions.	33
1.2.2-	La pollution par les chlorures.	35
1.2.2.1-	Origine de la pollution.	35
1.2.2.1.1-	Situation.	35
1.2.2.1.2-	Responsabilité.	35
1.2.2.1.3-	Evolution.	36
1.2.2.1.4-	Etat actuel.	37
1.2.2.2-	Conclusions.	38

Chapitre 2 : ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE L'AGGLOMERATION
STRASBOURGEOISE.

2.1- <u>Evolution de la situation du Polygone.</u>	39
2.1.1- Les transformations.	39
2.1.1.1- Historique.	39
2.1.1.2- Les vecteurs de pollution.	42
2.1.1.2.1- Le sel des MDPA.	42
2.1.1.2.2- Les autres foyers potentiels.	42
2.1.2- Influences du P5 et du P6.	43
2.1.3- L'augmentation des chlorures.	46
2.1.3.1- Récapitulatif.	46
2.1.3.2- Estimations.	46
2.1.4- Les nouvelles orientations.	51
2.1.4.1- Les études réalisées.	51
2.1.4.2- Compatibilité.	53
2.1.5- conclusions partielles.	53
2.1.5.1- L'inconnue de la couche argileuse.	53
2.1.5.2- Option d'étude.	54
2.2- <u>Situation aux autres puits de captage.</u>	59
2.2.1- L'évolution des chlorures.	59
2.2.2- La présence de sulfates.	60
2.3- <u>Paramètres physico-chimiques des eaux de captage.</u>	63

2.3.1-	Tableau comparatif.	63
2.3.2-	Indicateurs physiques.	63
2.3.7.1-	pH et température.	63
2.3.2.2-	Résistivité.	63
2.3.3-	Indicateurs chimiques.	68
2.3.3.1-	Titre hydrotimétrique.	68
2.3.3.2-	Titre alcalimétrique.	68
2.3.3.3-	Oxygène dissous.	69
2.3.3.4-	Gaz carbonique.	69
2.3.3.5-	Agressivité.	70
2.3.3.6-	Calcium et Magnésium.	71
2.3.3.7-	Sodium et Potassium.	71
2.3.3.8-	Chlorures.	72
2.3.3.9-	Sulfates.	72
2.3.3.10-	Nitrates .	74
2.3.3.11-	Nitrites.	75
2.3.3.12-	Phosphates.	75
2.3.3.13-	Fluorures.	75
2.3.3.14-	Bromures.	75
2.3.3.15-	Eléments indésirables ou toxiques. (Cuivre, zinc, plomb, fer, manganèse, lithium, strontium, baryum, mercure, composés organiques)	76
2.4-	<u>Bilan pour chaque captage.</u>	79
2.4.1-	Eau du Polygone.	79
2.4.2-	Eau d'oberhausbergen.	79
2.4.3-	Eau de Lingolsheim.	79
2.4.4-	Eau de la Robertsau.	80
2.4.5-	Eau d'Ilkirch-Graffenstaden.	80
2.4.6-	Eau de Reichstett.	81

2.2- <u>Conclusions.</u>	a2
2.5.1- Récapitulatif.	a2
2.5.2- Remarques sur l'établissement du bilan.	82
<u>Chapitre 3 : OBSERVATION DE LA CORROSION.</u>	85
3.1- <u>Aperçu du phénomène.</u>	85
3.1.1- Préliminaires.	85
3.1.2- Statistiques pour la France.	86
3.2- <u>La situation à Strasbourg.</u>	88
3.2.1- Le transport de l'eau.	88
3.2.2- Généralités sur les diverses manifestations de corrosion: corrosion externe, corrosion de la fonte, corrosion des conduites en cuivre.	88
3.2.3- Tentative d'étude statistique des cas de corrosion interne dans les conduites en acier galvanisé.	89
3.2.3.1- Enquête auprès des installateurs.	89
3.2.3.1 .1- Objet.	89
3.2.3.1 .2- Résultats.	91
3.2.3.2- Difficultés de l'étude statistique.	91
3.2.4- ElÉments pour une étude plus précise.	93
3.2.4.1- Analyse critique du questionnaire d'enquête.	93
3.2.4.2- Provenance de l'eau.	95
3.2.4.3- Perspectives.	96

3.3- <u>Descriptions de cas d'espèce.</u>	97
3.3.1 - Les analyses du CEBTP.	97
3.3.1 .1- Désordres observés.	97
3.3.1.2- Produits de corrosion.	97
3.3.2- Deux affaires en cours.	100
3.3.2.1- Corrosion au Mess des Sous-Officiers.	100
3.3.2.2- Début de corrosion chez un particulier.	103
3.3.3- Corrosion dans les conduites d'eau en acier noir de la Raffinerie de Pétrole de Reichstett,	103'
3.3.4- Dommages importants dans un immeuble à Neudorf.	105
Chapitre 4 : <u>INTERPRETATION DES PHENOMENES OBSERVES.</u>	108
4.1- <u>Causes générales.</u>	108
4.1.1- Un phénomène inévitable.	108
4.1.1.1- Instabilité métal/eau.	108
4.1.1.2- Instabilité du métal.	109
4.1.2- Un phénomène récent	109
4.1.2.1- L'habitat en grand ensemble.	109
4.1.2.2- Un problème universel.	110
4.1.2.3- Les nouvelles conditions de construction.	111
4.2- <u>La combinaison de plusieurs facteurs.</u>	111
4.2.1- Le problème de l'indexation des paramètres.	111
4.2.2- Corroçivité absolue et corrosivité relative.	111

4.3- <u>Influence des caractéristiques "stables" de l'eau.</u>	i 14
4.3.1- Bilan de l'étude physicochimique à propos de\$ risques de corrosion.	i 14
4.3.2- Les différents paramètres.	114
4.3.2.1- Les facteurs relevés par le bilan.	114
4.3.2.1 .i- La résistivité.	114
4.3.2.1.2- Chlorures et sulfates.	114
4.3.2.1.3- Gaz dissous.	116
4.3.2.2- Autres facteurs susceptibles d'intervenir.	118
4.3.2. 2.1- L'action des bactéries.	118
4.3.2. 2.2- Les solides en suspension	119
4.3.2.2.3 - Les bromures.	119
4.3.2.3- Facteurs corrolaires.	120
4.3.2.3.1- La dureté.	120
4.3.2.3.2- Le pH.	120
4.4- <u>Influence de la conception et des conditions d'exploitation des circuits de distribution.</u>	121
4.4.1- Paramètres évolutifs de l'eau.	121
4.4.1.1- La température.	121
4.4.1.2- Le cuivre exogène.	125
4.4.1.3- Gaz dissous.	126
4.4.2- Le régime hydraulique.	127
4.4.2.1- La vitesse de circulation.	i 27
4.4.2.2- La pression.	128

4.4.3-	Le conception du réseau,son exécution et son exploitation.	129
4.4.4-	L'intérêt du nouvel additif au Cahier des charges de plomberie sanitaire.	131
4.4.4.1-	Objet de l'additif.	131
4.4.4.2-	Les principales modifications.	131
4.4.4.3-	Valeur du document.	131
4.5-	<u>Interprétation de divers cas.</u>	133
4.5.1-	Corrosion au Mess des Sous- Officiers.	133
4.5.2-	Début de corrosion route de la Wantzenau.	133
4.5.3-	Corrosion à la Raffinerie de Reichstett.	134
4.5.4-	Corrosion dans un immeuble à Neudorf.	134
4.5.5-	Cas analysés.	135
4.5.5.1-	Corrosion par cavitation- érosion.	135
4.5.5.2-	Corrosions électrochimiques.	135
4.5.5.3-	Aération différentielle aux raccords.	136
4.5.5.3 .1-	Localisation.	136
4.5.5.3.2-	Inétanchéité.	136
4.5.5.3.3-	Mécanisme de la pile.	138
4.5.5.3 .4-	Difficultés d'inhibition.	139
4.5.5.3.5-	Conséquences pour le réseau.	140
4.5.5.3.6-	Effet de la température.	140
4.5.5.4-	Corrosions bactériennes.	141
4.6-	<u>Conclusions.</u>	142

<u>Chapitre 5</u> :	<u>CARACTERISTIQUES ET TIENTE DES TUBES GALVANISES.</u>	143
5.1-	<u>Facteurs métallurgiques de corrosion.</u>	143
5.1.1-	Composition.	143
5.1.2-	Traitements thermiques.	144
5.1.3-	Traitements mécaniques.	144
5.1.4-	Traitements de surface.	145
5.1.5-	Revêtements.	146
5.2-	<u>Fonction et contrôle de la galvanisation.</u>	147
5.2.1-	Rôle de la galvanisation.	147
5.2.1-	La norme AFNOR sur la galvanisation à chaud.	148
5.3-	<u>Comportement du tube galvanisé.</u>	149
5.3.1-	Fabrication.	149
5.3.1.1-	Processus métallurgique.	149
5.3.1.2-	Techniques d'affinage du zinc.	150
5.3.2-	Pureté du zinc.	150
5.3.2.1-	Influence de l'étain.	150
5.3.2.2-	Influence de l'aluminium.	151
5.3.2.2.1-	Sur zinc massif.	151
5.3.2.2.2-	Sur produits galvanisés.	151
5.3.2.3-	Influence du titane.	152
5.3.2.4-	Influence du plomb.	152
5.3.2.5-	Influence du cuivre endogène	152

5.3.3-	Structure et détérioration de la galvanisation.	153
5.3.3.1-	Structure.	153
5.3.3.1.1-	Morphologie.	153
5.3.3.1.2-	Influence défavorable.	155
5.3.3.1.3-	Influence différente .	155
5.3.3.2-	Détériorations de la galvanisation.	157
5.3.3.2.1-	Aspects morphologiques et micrographiques.	157
5.3.3.2.2-	Action de la température.	157
5.3.3.2.3-	Formation de la couche protectrice.	159
5.3.4-	Influence de paramètres géométriques.	161
5.3.4.1-	Epaisseur.	161
5.3.4.2-	Cordon de soudure longitudinal.	161
5.3.4.3-	Etat de surface du revêtement.	163
5.4-	<u>Garanties de qualité du tube.</u>	166
5.4.1-	Les assurances fournies par le fabricant.	166
5.4.2-	Finition du tube.	166
5.4.3-	Comparaison entre les tubes actuels et ceux d'avant-guerre .	167
5.5-	<u>Conclusions.</u>	167

Chapitre 6 : LES TRAITEMENTS CORRECTEURS ET LEURS CONSEQUENCES. 169

6.1- <u>L'adoucissement par permutation sodique.</u>	171
6.1.1- Technique de l'adoucissement.	171
6.1.1.1- Principe de fonctionnement.	171
6.1.1.2- La régénération des résines.	172
6.1.1.3- Les différents types d'adoucisseurs.	173
6.1.1.4- L'installation des adoucisseurs.	173
6.1.2- Entartrage et adoucissement.	175
6.1.3- Nocivité potentielle de l'adoucissement.	175
6.1.3.1- Contraintes techniques.	176
6.1.3.2- Inconvénients chimiques.	176
6.1.3.3- Inconvénients bactériologiques.	177
6.1.4- Avantages de l'eau dure.	178
6.1.4.1- Sapidité.	178
6.1.4.2- Influence sur le taux de mortalité.	178
6.1.4.3- Risque de saturnisme.	173
6.1.5- Corrosion et adoucissement	179
6.1.5.1- Les divers cas étudiés.	179
6.1.5.2- Le traitement complémentaire.	179
6.1.6- Limites d'applications.	180
6.1.6.1- Position du problème.	180
6.1.6.2- Conclusions.	180

	12
6.2- <u>Les traitements filmogènes.</u>	182
6.2.1- L'utilisation de phosphates condensés,	182
6.2.1.1- Caractéristiques.	182
6.2.1.2- Mécanisme.	184
6.2.1.3- Règlements.	184
6.2.2- L'utilisation de phosphates bi-métalliques Na-Zn.	185
6.2.2.1 - Caractéristiques.	185
6.2.2.2- Mode d'action.	185
6.2.2.3- Domaine d'application.	186
6.2.2.4- Mode d'application.	186
6.2.3- L'utilisation des silicates.	187
6.2.4- L'utilisation de solutions mixtes silicates/polyphosphates.	
6.2.5- Valeurs comparées des pouvoirs inhibiteurs.	188
6.2.5.1- Effets des polyphosphates alcalins.	189
6.2.5.2- Effets des polyphosphates au zinc.	189
6.2.5.3- Effets des silicates.	189
6.2.5.4- Effets des mélanges silicates-polyphosphates.	190
6.2.5.5- Remarque.	190
6.2.6- Conditions d'efficacité.	191
6.3- <u>Le traitement électrolytique.</u>	192
6.3.1- Description et mode d'action.	192
6.3.2- Description de l'appareil et de son mécanisme d'action.	192
6.3.3- Domaine d'application.	194
6.3.4- Entretien.	194
6.3.5- Modalité de garantie.	195
6.3.6- Examens de chantiers du CEBTP.	195

6.4- <u>Les prétraitements de prévention.</u>	197
6.4.1- Revêtement époxy-multicouche.	197
6.4.2- Le prétraitement phosphatant.	197
6.5- <u>Conclusions .</u>	199
<u>Chapitre 7 : ORIENTATIONS ENVISAGEABLES.</u>	200
7.1- <u>Problèmes afférents à l'eau.</u>	201
7.1.1- Etude physico-chimique.	201
7.1.2- Prévention et surveillance de la pollution	202
7.1.3- Perspectives sur les ressources en eau.	203
7.2- <u>Recherches en corrosion.</u>	204
7.2.1- Mise en question des matériaux traditionnels.	204
7.2.1.1- L'emploi de matières plastiques.	204
7.2.1.1.1- Le PVC	204
7.2.1.1.2- Le polyéthylène.	205
7.2.1.2- L'emploi de matériaux métalliques.	205
7.2.1.2.1- L'acier inoxydable.	205
7.2.1.2.2- Tubes RAS temporaires.	205
7.2.2- Direction des recherches actuelles.	207
7.2.2.1- Les recherches effectuées au CEBTP.	207
7.2.2.2- Les essais du Cebedeau.	209
7.2.2.3- Recherche de l'I.R.H. pour le Comité "Eau".	209

7.2.3- Etudes ultérieures.	210
7.2.4- Méthodologie d'étude d'un cas de corrosion..	211
7.2.4.1- Détection par mesures électrochimiques.	211
7.2.4.2- Détection et suivi de l'évolution par examen aux rayons X ou par gammamétrie.	212
7.3- <u>Traitements correcteurs.</u>	213
<u>Conclusion:</u>	214
"Potabilité et corrosivité".	
<u>Bibliographie.</u>	222

Depuis quelques années, on constate sur les conduites de distribution d'eau potable une multiplication des problèmes de perforations et autres désordres dommageables que l'on regroupe sous l'appellation de corrosion.

Le cas de l'agglomération strasbourgeoise est assez typique d'une recrudescence de ces manifestations particulièrement sensibles sur les circuits en acier galvanisé des habitations collectives.

En octobre 1975, une table ronde qui réunissait les différentes parties concernées fut organisée sur ce sujet "dans un but constructif et non polémique".

Divers aspects suscitèrent des interventions à cette occasion. Fallait-il mettre en cause la conception de l'installation, le choix des matériaux, les conditions d'emploi, la qualité de l'eau distribuée ? Comment pouvait-on empêcher les sinistres ?

Le rapport de cette réunion consigne des remarques pertinentes mais surtout en grand nombre des sophismes sans bases scientifiques et techniques, des assertions parfois injustifiées et des affirmations évasives ou tranchées.

Il en ressort également la volonté manifeste d'approfondir la question de la corrosion interne et la nécessité pour les distributeurs d'eau, les installateurs de plomberie sanitaire et les traiteurs d'eau de collaborer étroitement.

Notre étude marque une étape concrète dans la réalisation de cette politique.

A ce titre, elle en est le prolongement immédiat.

Nous nous sommes ainsi donné pour objectif principal l'établissement d'un bilan technique sur les aspects qualitatifs et, autant que faire se peut, quantitatifs des phénomènes de corrosion.

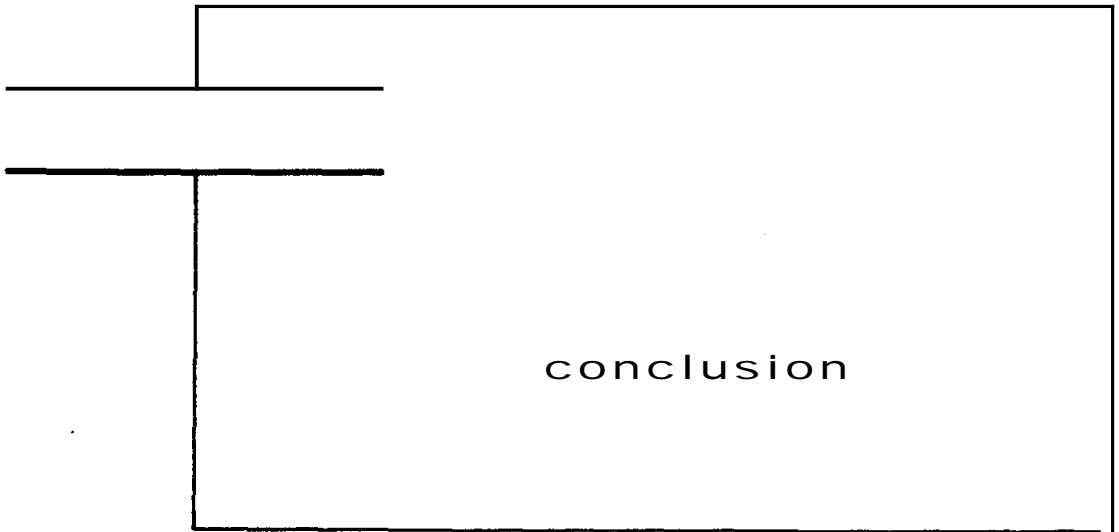
A cet effet, une abondante littérature qui témoigne des nombreux (et parfois contradictoires) essais expérimentaux des spécialistes internationaux a été un support précieux, complété par l'analyse des diverses observations recueillies sur l'agglomération strasbourgeoise.

Nous avons essayé par ailleurs de déterminer l'origine des causes de la corrosion interne. Notre démarche a consisté en quelque sorte à "remonter à la source", afin de fournir une étude resituée dans le contexte régional, à ceux qui voudraient éventuellement la poursuivre par des analyses expérimentales.

Dans cette optique, après un *énoncé* introductif de la situation de l'eau *en* Alsace et à Strasbourg, nous avons procédé à :

- une rapide étude physico-chimique des eaux des captages de la Communauté Urbaine de Strasbourg ;
- un constat *des* phénomènes de corrosion sur les conduites en acier galvanisé ;
- *des* explications et des interprétations de ces manifestations qui renvoient à des notions théoriques reportées en annexe ;
- un rappel des garanties et des limites du tube galvanisé ;
- une approche des traitements correcteurs et de leurs incidences sur la corrosion ;
- un exposé des solutions possibles et envisageables, des risques plus ou moins proches, des investigations à poursuivre et des aspects à préciser.

Cette méthodologie indique de manière explicite, nous semble-t-il, le caractère pluridisciplinaire de ce sujet vaste, polymorphe et complexe auquel nous avons tenté d'apporter *une* contribution.



Nous avons voulu ici consigner quelques uns des enseignements de notre travail, par rapport aux directions qu'il souligne.

recherche et connaissance

"Une des exigences primordiales de l'esprit scientifique, c'est que la précision d'une mesure doit se référer constamment à sa sensibilité de la méthode. Je mesure et qu'elle doit naturellement tenir compte des conditions de permanence de l'objet mesuré."

Gaston BACHELARD - *La formation de l'esprit scientifique.*

Au terme de cette étude, il apparaît difficile d'émettre des avis en toute rigueur scientifique. La connaissance de la science de la corrosion est trop imparfaite. Serait-ce le contraire que cela ne donnerait pas pour autant la clé de toutes les énigmes, comme le laissait entendre de manière illusoire le positivisme au XIX^{ème} siècle.

L'approche des phénomènes fourmille en diversifications, en ramifications et en impondérables. Connait-on, peut-on connaître exactement "l'histoire" des canalisations, "l'histoire" de l'eau et toutes les causes infimes qui font de grands effets ? Quels sont, de façon concomitante, les critères du nécessaire et du superflu ?

Par ailleurs, les essais expérimentaux donnent lieu à des réserves, les interprétations s'appuient sur des informations (et là, se pose avec acuité le problème de la circulation d'une information **non** déformée), sur des observations, sur des choix empiriques, et non sur des résultats dépourvus d'une part de subjectivité, si minime soit-elle. Se soumettre aux faits, les laisser conduire le raisonnement, est une exigence inhabituelle pour l'ingénieur qui s'impose quotidiennement des lignes directrices au travail qu'il entreprend.

Il n'y a pas en effet d'identité entre pratique, constat, recherche d'un côté, et formulation, conceptualisation,

connaissance, de l'autre. Ce pourquoi les études sur la corrosion, a fortiori ce mémoire, ne peuvent avoir d'autre prétention que de représenter des ébauches, des commencements, des édifices à critiquer, à compléter, à mieux structurer, à rendre plus utilisables, tout en sachant bien que leur caractère propre est d'être et de toujours être inachevé.

Si l'on oeuvre pour mieux éclaircir et objectiver les zones d'ombre, il est pourtant légitime, -il en est ainsi de toute démarche scientifique - d'appliquer le principe de la négligeabilité. "**Quel que** soit *le phénomène considéré*, note à ce propos OSTWALD dans "Energie", *il y a toujours un nombre extrêmement considérable de circonstances qui sont sans influence mesurable sur lui*".

Il est donc question de valeur et de discernement de la mesure.

On a vu l'enchevêtrement des différents facteurs de corrosion, quoique ce ne soit pas inextricable, la quasi-impossibilité de les séparer, l'incapacité temporelle et temporaire des spécialistes à marquer leurs incidences propres.

Il importe donc aussi de préciser la méthode de mesure et de construire des outils d'analyse adaptés. Le but étant de mieux circonscrire l'objet de la recherche et de susciter l'émergence de paramètres fondamentaux dont la matérialité de l'action ne serait plus supputée, mais effective. On peut remarquer des progrès sensibles dans ce sens.

Il est clair, en fait, que le domaine opératoire d'investigations en matière de corrosion recouvre à l'heure actuelle le champ épistémologique du possible et du probable qui est celui de nombreuses disciplines comme les sciences humaines ou les sciences économiques.

Nous allons illustrer cet aspect essentiel par la comparaison de deux notions qui se rapportent à la distribution d'eau d'alimentation :

- la potabilité, qui désigne les normes légales pour avoir la possibilité de distribuer une eau d'alimentation sans risques sanitaires ;
- la corrosivité, qui signifie, rappelons-le, la faculté d'une eau, en fonction de ses propriétés, à susciter des manifestations de corrosion.

Préoccupés en premier du paramètre "eau", compte tenu de notre formation et de l'angle sous lequel nous abordons la question, nous avons trouvé dans cette comparaison une signification appréciable à notre étude et une motivation supplémentaire à considérer à leur juste valeur les problèmes de corrosion dans les réseaux de distribution d'eau potable issue de source profonde.

le possible et le probable

"II ne faut pas à... cesser
Le probable à L'irréel. Le temps
se charge de réaliser le probable,
de rendre effective la probabilité."

Gaston BACHELARD - Le nouvel
esprit scientifique.

Toute pollution d'un milieu donné (air, terre, mer...), et par conséquent toute pollution des eaux, a pour le moins un caractère semi-réversible. Nous entendons par là le fait que dépolluer une eau, de milieu poreux saturé ou autre, est une opération beaucoup plus longue et difficile que l'opération initiale de pollution. Parfois même, la transformation est irréversible ou demande de tels moyens ou de telles mises en oeuvre qu'elle est irréalisable dans la pratique.. .

Ce n'est pas aujourd'hui une hypothèse pessimiste que d'énoncer, en regard de nos corrélations hydrologiques, qu'une forte pollution accidentelle du Rhin et/ou de la nappe phréatique ne peut être, a priori, écartée.

Le phénomène de la salure du Rhin et de la nappe phréatique est de ce point de vue significatif d'une pollution d'origine industrielle.

La première zone urbaine très importante en aval des déversements de sel dans le Rhin se trouve être l'agglomération strasbourgeoise avec une population de près de 400 000 habitants. Cela donne à réfléchir sur les conséquences d'une pollution qui suivrait le même tracé que la saumure.

Pierre AUGER formule ainsi le risque dans "L'homme microscopique": "On peut dire que, à chaque instant, tout système quantifié réel se superpose à un ensemble d'états passibles présentant chacun une probabilité déterminée d'apparaître et que nous pouvons appeler des états d'existence probables."

buble. Mais peut-être n'est-ce pas outrepasser les bornes de la spéculation métaphysique que de superposer encore ces deux niveaux - existence réelle, existence probable - un niveau d'existence possible conditionnel composé des états (des formes) qui deviendraient probables - et peut-être réels - si un ensemble de circonstances favorables se trouvaient réunies .

Ce qui est de cette façon interrogé en ce qui nous concerne, ce sont les caractères de potabilité de l'eau de la nappe phréatique.

Ceci n'a été mis en relief que par le biais d'une étude des caractères de corrosivité de cette eau.

La comparaison prend ici tout son sens : le seuil de corrosivité est manifestement beaucoup plus strict que le seuil de potabilité. Il peut avertir conséquemment du possible, préalable du probable. Autrement formulé : une corrosion probable renseigne sur un risque hygiénique conditionnellement possible.

Les manifestations de corrosion qui révèlent une modification d'un certain nombre de paramètres, parmi lesquels ceux qui se rattachent à l'eau, dévoilent le plus souvent une détérioration de qualité. Cela touche en premier la "santé" des matériaux, bien avant la santé du corps humain.

Une eau donnée peut rester d'une grande potabilité, d'une grande propreté hygiénique, tout en favorisant peu à peu des processus de corrosion. L'"alerte-corrosion" indique l'existence d'un risque, éventuellement évaluable dans chaque cas précis, qui peut s'amplifier un jour en "alerte-potabilité".

Partant, on pourrait croire que l'on minimise les désordres causés par la corrosion et que l'on ne s'en préoccupe que pour une garantie de l'hygiène publique.

Tel n'est cependant pas le cas. Si des perforations de canalisations sont des indicateurs, elles se caractérisent aussi comme étant des manifestations à leur stade final qui s'inscrivent dans le champ du réel, du possible et du probable. A ce titre, elles s'avèrent préoccupantes.

Une répétition de constatations similaires par exemple, sur une même habitation, augmente la probabilité de l'interprétation scientifique, alors qu'une seule constatation fournit uniquement une possibilité d'existence à cette interprétation. Mais **il** s'agit alors, non plus de corrosivité ni de potabilité, mais de "corrodabilité" - et cette notion renvoie à des degrés de connaissance moins éludés. **On** pourrait envisager à cet égard une graduation des phénomènes, comme le fait la pseudo-échelle de RICHTER (douze degrés suivant les effets), la véritable échelle de RICHTER (neuf degrés en progression logarithmique d'après l'énergie dépensée) pour les secousses telluriques ou les échelles de bruit en décibels. Les meilleurs critères d'échelonnement en matière de corrosion paraissent être **les** causes, ce qui est cohérent d'ailleurs avec les concepts du possible et du probable.

Nous pouvons introduire à présent dans cette comparaison une nouvelle donnée qui va interférer avec les deux premières : la qualité médicale.

Nous avons lié l'augmentation des cas de corrosion à un déplacement conjoint de plusieurs facteurs. La corrosivité peut ne pas résulter en apparence d'une évolution : quand l'eau, par exemple, est naturellement corrosive. Dans ce cas même, la complexité et l'interaction des facteurs, dont certains se réfèrent à l'économie, **la** socio-ogiet l'histoire (le mode d'habitat...), amènent à pondérer, sinon nier ces affirmations.

Quoiqu'il en soit, cette évolution sous-entend une modification que nous qualifierons de "naturelle", en opposition à une modification artificielle par traitement de l'eau. Le problème se pose, notons-le, de manière çingu- lièrement différente lorsqu'il s'agit d'une eau de surface. Nous évoquons ici le traitement correcteur, en aval du branchement particulier, d'une eau captée en aquifère.

L'adoucissement par permutation sodique notamment, renforce les propriétés corrosives d'une eau donnée et de Plus, affaiblit sa qualité médicale. La comparaison s'opère alors entre la corrosivité (accrue par modification artificielle) et la valeur médicale (restrictive par rapport à la potabilité).

Ainsi, une eau douce, nncive pour les canalisations et néfaste pour l'organisme ne serait pas moins corrosive, mais préférable à l'organisme, si on la durcissait dans des limites la préservant des phénomènes d'entartrage. Inversement une eau moyennement dure comme l'eau de Strasbourg, bénéfique pour l'organisme mais néanmoins corrosive, une fois adoucie, serait encore plus corrosive et moins profitable à l'organisme.

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

DE QUELQUES EAUX MINERALES COMMERCIALISEES

(d'après les indications fournies par les sociétés sur les étiquettes des bouteilles)

Eau	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	F ⁻ µg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	K mg/l	Na ⁺ mg/l	H ₄ ⁺ µg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	TH °F	Caracté- ristiques*	Provenance
Plombières	31,16	4,72	1,11	0	3,9	-	8,33	2,02	1,7	7,3	0,1	0,1	2,90	MN	Plombières les Bains (Vosges)
Volvic	64,00	7,50	6,70	-	2,0	-	10,40	6,00	5,4	8,0	-	-	5,10	MN	Volvic (Puy de Dôme)
Vichy St-Torre "agréable"	4392,00	301,80	105,00	0	0	-	78,40	11,10	(15,0)	115,6	0	-	24,30	DR	St-Sylvestre-Pragoulin et St-Priest-Bramesfant (Puy de Dôme)
Vichy	7185,50	51,41	141,20	0	3,3	-	96,00	10,30	15,0	330,0	-	-	28,40	DR	(Allier)
Contrexéville	m. 0,0	6,00	1058,00	0	1,0	-	45,10	66,00	7,0	8,0	-	-	28,80	MN	Contrexéville (Vosges)
Evian	357,00	2,20	10,00	-	3,8	-	78,00	74,00	1,0	5,0	-	-	29,45 (pH 7,2)	MN	Société des Eaux minérales d'Evian (Haute-Savoie)
Vichy St-Torre "royal"	4282,20	198,20	182,40	0	0	-	117,40	13,10	117,8	619,0	0	-	33,80	DR	
Vichy "Périer"	347,10	30,90	57,40	0	-	-	140,20	3,50	1,0	14,0	-	-	36,40	GN	Vergèze (Gard)
Carola	386,74	75,30	222,73	0	0,55	0,65	122,00	46,96	11,30	m.05	-	-	50,00	MN	Société S.A. des Eaux minérales de Ribeauvillé (Haut-Rhin)
Vittel	407,00	-	122,00	-	-	-	202,00	36,00	-	4,0	-	-	65,50	MN	Vittel (Vosges)
Badôit	1100,00	66,00	50,00	-	8,0	1,3	157,00	83,00	13,0	138,0	-	-	73,60 (pH 6,3)	GN	Société des Eaux minérales d'EVIAN (Haute-Savoie)
Appollinaris	2062,00	203,50	156,50	0,00	3,7	-	91,40	122,50	33,6	62,5	-	-	73,85	GN	Bad Neuenahr (Allemagne)
Hépar	403,00	-	1617,00	-	-	-	5%,00	123,00	-	-	-	-	99,10	MN	Société Générale des eaux minérales de Vittel (Vosges)

- * MN minérale naturelle
- GN pieuse naturelle
- DR décantée regazéifiée avec ion propre gaz

Dans cet ordre d'idées. le tableau ci-contre des caractéristiques des eaux embouteillées vendues dans le commerce : minérales, gazeuses naturelles ou décantées regazéifiées avec leur propre gaz, montre que la plupart d'entre elles sont au moins aussi dures que l'eau de STRASBOURG. Celle-ci d'ailleurs ne s'en diffère pas de façon notable, à telle enseigne que l'on pourrait envisager de la commercialiser. Et ce n'est pas paradoxal : on ne préjuge pas en effet de la sorte de la distribution de ces eaux mais on considère uniquement **leur** provenance et les particularités de la source. On occulte la comparaison entre potabilité et corrosivité en supprimant un des éléments.

Et c'est peut être la meilleure solution en définitive que de "bloquer" cette comparaison en annihilant l'action corrosive. Solution simple de surcroît, en théorie, qui diminuerait de façon considérable le champ du possible et du probable.

Cela consisterait non pas en une modification de l'eau, d'autant moins souhaitable que l'on devine aujourd'hui comment influencer sur le matériau de transport, mais en une protection de la canalisation par immixtion d'un écran, préalable ou ultérieur, parfaitement étanche, continu et permanent, sans introduire dans l'eau de produits pouvant avoir une influence sanitaire : voilà qui répond aux préoccupations de tous et vers quoi s'orientent les chercheurs avec plus ou moins de réussite.

C'est assurément la voie d'avenir pour les techniques d'anti-corrosion.