

AGENCE DE L'EAU  
RHIN-MEUSE  
"Le Longeau" - Rozerieulles,  
57160 MOULINS-LES-METZ

CENTRE DE RECHERCHE  
EN MECANIQUE ET HYDRAULIQUE  
DES SOLS ET DES ROCHES  
54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY

-----

-----

n° 11680

ORIGINE DES TENEURS EN SODIUM  
DES EAUX DES MINES DE FER  
EN COURS D'EXPLOITATION OU  
APRES ENNOYAGE

-----

*G. DAGALLIER - L. DEMASSIEUX*

(août 1986)

# SOMMAIRE

## ORIGINE DES TENEURS EN SODIUM DES EAUX DES MINES DE FER EN COURS D'EXPLOITATION OU APRES ENNOYAGE

Remarques liminaires..... p. 3

### *I - ORIGINE DU SODIUM ET DU CHLORE*

1. Le stock de sodium (Na) et de chlore (Cl) sous forme distincte, ou  
liée, (ClNa), préexiste dans les matériaux en cause ..... p. 4
2. Localisation du sodium et du chlore..... p. 5
3. Le processus de fabrication et de stockage du sel est sans doute lié  
aux conditions de la mise en exploitation des niveaux ferrifères..... p. 7
4. La répartition régionale des exhaures d'eaux à minéralisation sodique  
peut s'expliquer en partie par des conditions structurales ..... p. 8

### *II - RISQUES D'APPARITION D'UNE MINERALISATION SODIQUE DES ENNOYAGES*

1. Sièges à risques faibles ou nul..... p. 10
2. Sièges à risques modérés ..... p. 10
3. Sièges à risques certains ..... p. 10
4. Sièges à forts risques..... p. 10

**ORIGINE DES TENEURS EN SODIUM  
DES EAUX DES MINES DE FER EN COURS D'EXPLOITATION  
OU APRES ENNOYAGE**

-----

***G. DAGALLIER - L. DEMASSIEUX***

*Remarques liminaires*

Après ennoyage de certaines mines de fer de Lorraine, on a constaté il y a quelques années, une sulfatation de ces eaux. Une première étude financée par l'A.F.B.R.M. avait permis de préciser l'origine de ces sulfates (D. HERVE). Au cours de cette étude, et un peu au hasard, D. HERVE faisait apparaître que les eaux pouvaient également se minéraliser en sodium, fait qui s'est trouvé largement vérifié par la suite (cas de la réserve de la mine noyée de Saizerais exploitée par la SOBEA au profit de l'A.E.P. de Pont-à-Mousson).

L'A.F.B.R.M. a confié à l'E.N.S.G. une étude complémentaire visant à préciser les causes de cette minéralisation sodique et d'évaluer le risque d'acquisition d'une telle minéralisation après fermeture et ennoyage des sièges encore en exploitation.

Cette étude a été menée en explorant différentes voies, en reprenant des documents anciens (D. HERVE) ou récents (historique de la minéralisation de Saizerais), en procédant à des analyses détaillées d'échantillons de minerais et de leurs encaissants et en réalisant de nouvelles extractions de sodium au laboratoire (lixiviation).

Toutes ces opérations et les résultats partiels auxquels ils ont conduit sont reproduits dans les annexes 1 à 8.

Le texte général de présentation qui suit, résume l'essentiel de notre argumentation et propose un classement des sièges d'exploitation en fonction du risque de minéralisation.

## I - ORIGINE DU SODIUM ET DU CHLORE

### 1. Le stock de sodium (Na) et de chlore (Cl) sous forme distincte, ou liée (ClNa), préexiste dans les matériaux en cause

\* Les matériaux en cause sont :

- le minerai de fer lui-même, calcaire ou siliceux, à ciment varié,
- les épontes, c'est-à-dire le "crassin" et les marnes stériles du toit,
- les niveaux supérieurs (marnes micacées, calcaires) lorsqu'une partie de l'exploitation a été conduite par dépilage et foudroyage.

\* Les eaux d'imbibition de ces matériaux acquièrent très vite leur minéralisation en sodium. Les essais de D. HERVE, repris en annexe 3, montrent que l'acquisition de cette minéralisation est très rapide au laboratoire (100 à 200 heures) et suit une loi exponentielle. Le mécanisme est le suivant :

- imbibition du matériau et mise en solution du Na immédiatement disponible,
- diffusion du Na vers l'extérieur du matériau,
- acquisition progressive d'une minéralisation de l'eau d'imbibition.

\* L'examen du suivi de la qualité des eaux de Saizerais confirme ce point de vue : en cinq mois, la minéralisation en sodium passe de 50 à 450 mg/l.

\* Pour les lixiviations anciennes (D. HERVE) ou récentes (ce rapport), les lois d'extractions du sodium et du chlore sont des lois exponentielles simples (annexes 1, 2 et 5) dépendant du nombre de vidanges auquel il est procédé expérimentalement, ou du renouvellement partiel de l'eau.

Le stock de sodium et de chlore existe donc bien dans le matériau et sous une forme sans doute unique ; il ne résulte pas d'une altération des minéraux par le processus d'imbibition.

\* Le suivi des teneurs en  $\text{SO}_4$ , Cl et Na par la SOBEA, des eaux de la mine noyée de Saizerais, permet - malgré les fluctuations saisonnières que l'on observe - d'ajuster l'évolution de la concentration de ces éléments à des lois exponentielles décroissantes, sur la période 1982-1986. Cela signifie que le stock mobilisable de ces éléments a été mis entièrement en solution au moment du premier remplissage, et que depuis, le renouvellement de ce stock par des eaux "d'infiltration" n'apporte pratiquement aucune minéralisation supplémentaire. Il est donc inutile d'envisager, dans l'état actuel de nos connaissances, un apport à partir du sel de déneigement ou des écoulements superficiels (sauf cas particulier (WOIGOT), ou même des crasses de hauts fourneaux ayant servi à établir les ballasts des pistes de circulation.

\* Enfin, entre 1975 et 1985, pour dix-neuf sièges, on constate une réduction générale des teneurs en Na et Cl des exhaures, les taux de réduction respectifs étant de 2,57 et 1,36, sauf pour le siège de Giraumont. Si certaines de ces réductions peuvent s'expliquer par des mélanges d'eau liés à des regroupements d'exhaures, on ne peut évidemment étendre cette remarque à l'ensemble des dix-huit sièges incriminés.

## **2. Localisation du sodium et du chlore**

\* La plupart des minéraux constitutifs des matériaux répertoriés (BUBENICECK) incriminés, ne contient que peu ou pas de Na et Cl dans leurs réseaux cristallins.

\* Les analyses sur roches totales (annexe 8) portaient sur vingt-trois échantillons prélevés dans trois couches distinctes de minerais et quatre sièges distincts montrent que :

- les teneurs en Cl atteignent 652, 574 , 311 et 307 mg/kg pour les minerais de couche grise de St Pierremont, le toit de couche grise de St Pierremont, le travers banc entre grise et noire de la Mourière, les marnes du toit de la grise de Droitaumont ;

- les teneurs en Na atteignent 3264, 2671, 1706 et 1410 mg/kg pour le travers banc entre grise et noire de la Mourière, les marnes de la grise de Droitaumont et le pied de la grise de Droitaumont.

\* On constate ainsi , que c'est la couche grise et son environnement , qui semblent libérer le plus facilement le chlore et le sodium .

\* Les examens en lame mince, au microscope électronique (annexe 7) ont mis en évidence :

- l'existence d'un minéral jamais cité dans la littérature qui est l'albite, plagio-clase sodique en éléments parfois très abondants (10 % de la roche totale), de très petite taille (jusqu'à quelques micromètres), présentant une frange d'altération. Dans les minéraux les plus riches en albite, la teneur totale en  $\text{Na}_2\text{O}$  peut donc atteindre 1 % en poids.

\* Le chlore n'a pas pu être localisé de façon précise autrement que sous forme de cristaux de sel ( $\text{ClNa}$ ) (cf. illustration de l'annexe 7), bien que les lames minces aient été, pour les premières, confectionnées par polissage à l'eau. L'association  $\text{NaCl}$  existe donc dans les matériaux examinés. Ceci pose pour l'origine du chlore lui-même. Il est très probable que le chlore était à l'origine fixé sur les hydroxydes de fer, minéraux amphotères électro-négatifs, à pH basique et à très grande surface spécifique. Il pourrait s'agir, soit d'un résidu de chlore primaire d'eaux connées, soit d'une lente accumulation par fixation aux dépens des eaux de circulation avant ou pendant exploitation.

\* La répartition de l'albite tant du point de vue vertical (par couche, intercouche) que horizontal (à l'échelle du bassin ferrifère), relève sans doute de considérations sédimentologiques et

paléogéographiques qui n'ont pas été abordées par les spécialistes des niveaux ferrifères. Il n'y a donc, de ce côté, pas de guide à espérer ; de même, la répartition du chlore doit dépendre sans doute de la nature des hydroxydes de fer mais probablement également des conditions de drainage avant exploitation ; *a priori*, les sièges d'aval pendage sont sans doute plus riches en chlore que ceux d'amont pendage.

### **3. Le processus de fabrication et de stockage du sel est sans doute lié aux conditions de la mise en exploitation des niveaux ferrifères**

\* Dans l'hypothèse - très vraisemblable - où le sodium a sa source dans les bordures altérées des albites et le chlore était à l'origine plutôt fixé sur des hydroxydes des couches de minerai, il convient de préciser comment a pu se former du ClNa.

\* Pendant l'exploitation minière, il y a drainage vertical de l'eau ; ce drainage lessive partiellement au moins le sodium qui se trouve pour partie dans les eaux de traçage, pour partie sans doute fixé sur les hydroxydes de fer électro-négatif à pH.basique, pour partie dans des eaux de percolation lente à travers les piliers.

\* Il convient tout d'abord de noter que les cristaux de sel reconnus indubitablement en photographie (annexe 7) sont toujours liés aux éléments ferrifères du minerai.

\* Localement, en fonction des circulations dans les piliers ou stots de protection divers, un abaissement du pH lié à l'altération de la pyrite est possible ; cet abaissement peut permettre la fixation du chlore.

\* La réunion du sodium de lessivage des marnes du toit et du chlore fixé sur les hydroxydes conduit à la fabrication de NaCl.

\* Si l'on fait intervenir les conditions de drainage local pour expliquer la fabrication du sel, il est raisonnable de penser qu'elles s'inscrivent dans un contexte beaucoup plus général.

#### **4. La répartition régionale des exhaures d'eaux à minéralisation sodique peut s'expliquer en partie par des conditions structurales**

\* Nous ne disposons que de quatre séries d'analyses sur des exhaures minières correspondant aux campagnes 1973, 1974, 1975 et 1985.

\* Le report des teneurs en Na par siège sur une carte structurale du bassin (annexe 6, figure 3) fait apparaître que ces teneurs augmentent généralement du nord-est vers le sud-ouest et du nord-ouest vers le sud-est ; ces deux tendances recoupent en fait la même observation, à savoir que dans ces deux directions, la profondeur moyenne des sièges augmente : autrement dit, la teneur en Na est liée à l'approfondissement des sièges, et donc directement à l'aval pendage ou à l'aval écoulement général des eaux.

\* Il existe néanmoins des anomalies qui s'expliquent en partie par des conditions structurales : par exemple, le siège d'Errouville est plus minéralisé que ces voisins immédiats, car il est en position synclinale bloqué, par la faille d'Audun-le-Tiche.

\* En fait, comme l'illustrent les figures 7 et 8 de l'annexe 6, il est évident que les accidents structuraux jouent un rôle important dans la répartition des teneurs en Na des exhaures minières ; cependant, l'augmentation des teneurs en Na, d'amont en aval pendage, est assez systématique dans chaque domaine structural.



## II - RISQUES D'APPARITION D'UNE MINERALISATION SODIQUE DES ENNOYAGES

Les critères que nous avons retenus pour proposer une classification des sièges par risque sont les suivants :

**\* Nature des couches exploitées :** dans l'ordre de risque croissant :

- . Couche rouge ou brune (R)
- . Couche noire ou verte (N ou V)
- . Couche grise (G)

**\* Proximité des affleurements :** dans l'ordre à risque croissant :

- . En périphérie du bassin à l'affleurement (A)
- . Au centre du bassin (C)
- . En aval pendage du bassin (F)

**\* Nature des accidents structuraux :** dans l'ordre à risque croissant :

- . En position anticlinale ou monoclinale (a)
- . Présence de faille (f)
- . En position synclinale (s)

Nous proposons ci-dessous la classification suivante :

## 1. Sièges à risques faibles ou nuls :

	Couche	Affleurement	Structure	Teneur en Na (mg/l) observée depuis l'envoyage
GODBRANGE	R+V	A	a	10
TIERCELET				
HAYANGE Sud	G+R	A	a	61
BREHAIN	R(?)	A	a	
AUMETZ	R	A	s	
MONTRouGE	Toutes	A	a	
HETTANGE	G	A	a	
SERROUVILLE	R	C	a	19

## 2. Sièges à risques modérés :

	Couche	Affleurement	Structure	Teneur en Na (mg/l) observée depuis l'envoyage
ANGEVILLERS	G+(R)	A	F	125
BURBACH	G	A	F	
HAYANGE NORD	G+R	A	a,s	84
MOYEUUVRE	G+R	A	f	
ORNE	G+R	A	a	
TRESSANGE	G+R	C	a	
STE ANNE	G+R	A	a	
VALLEROY	G+R	C	a	41
BAZAILLES	V	F	a	67

## 3. Sièges à risques certains :

	Couche	Affleurement	Structure
ERROUVILLE	G	A	s
FERDINAND	G+R	C	s
LA PAIX	R	C	s,f
SANCY	G	C	f
CONROY	G+R	A	f
PARADIS	G+R	A	s
RONCOURT	G+N	A	f
AUBOUE	G	C	f
SANCY	G	C	f
ANDERNY	G	C	f

## 4. Sièges à forts risques (\* : eau de traçage) :

	Couche	Affleurement	Structure	Teneur en Na (mg/l) observée <del>depuis</del> <i>lors de</i> l'envoyage
TUCQUENIEUX	G+R	F	f,s	
ST PIERREMONT	G+R	F	f	120*
GIRAUMONT	G+R+N	C	f	
JARNY	G+R	F	f	
DROITAUMONT	G+R	F	f	122*
PIENNE	G	F	f	
LA MOURIERE	N	F	f	
JOUDREVILLE	N	F	a	
AMERMONT	G	F	a	270* <del>270</del> 500
SAIZERAIS	G	F+C	f,s	480

(\* avant envoi)