

in"

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN

RHIN - MEUSE

Ecologie

ETAPPE ALLUVIALE D'ALSACE

SECTEUR DE ROESCHUOOG (BAS-RHIN)

ETUDE DE LA POLLUTION PAR LES CHLORURES

S O M M A I R E

- 1 - Introduction - But de l'étude
 - 2 - Déroulement de l'étude
 - 3 - Caractéristiques du secteur étudié
 - 3.1 - Délimitation
 - 3.2 - Géologie
 - 3.3 - Hydrogéologie
 - 4 - Analyse des résultats
 - 4.1 - Prélèvement
 - 4.2 - Carte de la conductivité
 - 4.3 - Carte de la dureté
 - 4.4 - Carte des chlorures
 - 4.4.1 - Variations dans l'espace
 - 4.4.2 - Variations dans le temps
 - 4.5 - Carte des sulfates
 - 4.6 - Examen des autres éléments chimiques
 - 4.6.1 - Strontium et calcium
 - 4.6.2 - Lithium et sodium
 - 5 - Conclusions Générales
- Bibliographie

A N N E X E S

- 1 - Situation des points de prélèvement
- 2 - Carte piézométrique
- 3 - Carte de la conductivité
- 4 - Carte de la dureté
- 5 - Carte des chlorures
- 6 - Carte des sulfates
- 7 - Carte du lithium
- 8 - Tableau des résultats
- 9 - Tableau des points de prélèvement

1) INTRODUCTION - BUT DE L'ETUDE

Lors d'une campagne de prélèvements réalisés à l'automne 1973 au nord de Strasbourg, dans le secteur de SELTZ - LAUTERBOURG, des teneurs en chlorures supérieures à la moyenne normale pour la nappe phréatique d'Alsace (50 mg/l) ont été décelées à proximité de la localité de ROESCHWOOG (Bas-Rhin). Ces teneurs voisines de 220 mg/l maximum sont accompagnées par des concentrations anormales en strontium et en lithium.

Par une convention en date du 25 juillet 1977, l'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse a confié à la Division "Eau - Pollution - Ecologie" du C.E.T.E. de l'Est une étude ayant pour but de préciser l'origine de cette "pollution" en chlorures.

2) DEROULEMENT DE L'ETUDE

L'étude s'est poursuivie en 3 phases principales :

2.1. Phase "documentaire" lors de laquelle ont été rassemblés et analysés tous les documents géologiques et hydrogéologiques disponibles. Simultanément, tous les puits des collectivités, des industriels, ou privés, tous les piézomètres existants, ou tout point d'eau pouvant fournir des renseignements hydrogéologiques et permettre la réalisation d'un prélèvement d'eau à fin analyses ont été recensés.

2.2. Implantation de 15 piézomètres complémentaires

Afin de compléter le réseau de points de prélèvements disponibles et d'obtenir ainsi des informations plus précises sur la qualité chimique des eaux de ce secteur, quinze piézomètres furent réalisés du 3 au 10 octobre 1977 par le Laboratoire Régional de Strasbourg. Le lecteur se reportera à l'annexe 1 qui donne la situation des points de prélèvements et à l'annexe 9 qui donne, sous forme d'un tableau, la détermination de chaque point (puits, piézomètre, rivière, sablière).

Ces 15 piézomètres ont les caractéristiques suivantes :

- profondeur 6 m
- battage d'un tubage Ø 63 mm muni d'une pointe débordante Ø 73 mm. Le tubage a été battu à l'aide de la sonnette Delmag (mouton de 100 kg tombant d'une hauteur de 40 cm)
- détubage à l'aide de vérins hydrauliques, nettoyage par pompage après mise en place de la crépine
- équipement piézométrique : pose de tubes P.V.C. Ø 30.2 x 32 mm crépiné sur 4 m dans la nappe. Le dispositif de protection est constitué par un tube métallique sur socle bétonné, avec capuchon et cadenas de fermeture.

2.3. Prélèvements et analyses

Les prélèvements furent réalisés les 24 et 25 octobre 1977 à l'aide d'une petite pompe à main type JAPY par le Laboratoire Régional de l'Équipement de Nancy qui effectua ensuite les analyses qui comprenaient contractuellement :

- 45 analyses réduites : conductivité, dureté, chlorures, sulfates, strontium et lithium

+ 10 compléments d'analyses sur les échantillons ayant montré la plus forte teneur en chlorures (oxydabilité NO₃ , NO₂ , Na, K, Ca, Mg, H₂CO₃ , Fe).

Le dépouillement et l'interprétation des résultats figurent au paragraphe 4.

3) CARACTERISTIQUES DU SECTEUR ETUDIE

3.1. Délimitation - Totalemént situé dans la nappe alluviale du Rhin limitée au Nord-Ouest par les affleurements de Pliocène de la Forêt d'Haguenau, le secteur étudié va de Sessenheim au Sud-Ouest à Beinheim au Nord-Est et de Soufflenheim à l'Ouest à Neuhaeusel à l'Est.

D'une topographie extrêmement plate, ce secteur est marqué par des villages isolés sans industries importantes (une scierie à Roeschwoog, une usine de produits pharmaceutiques à Beinheim par exemple) et par quelques exploitations de granulats.

La Moder traverse cette région au Sud-Est de Stattmatten à Neuhaeusel.

3.2. Géologie - L'ensemble du secteur étudié se trouve sur la carte géologique 1/50 000e SELTZ - WUTERBOURG. Les alluvions rhénanes plioquaternaires sont constituées de galets, graviers et sables recouverts par une couche de limons. Elles reposent sur un substratum marneux de l'oligocène qui présente, dans ce secteur, un bombement qui entraîne une épaisseur d'alluvions réduites - 12 m au forage pétrolier 199-6-51 (p 51) près d'Auenheim, 11 m entre Sessenheim et Soufflenheim, (1) ➤ 2-15 m à Roeschwoog.

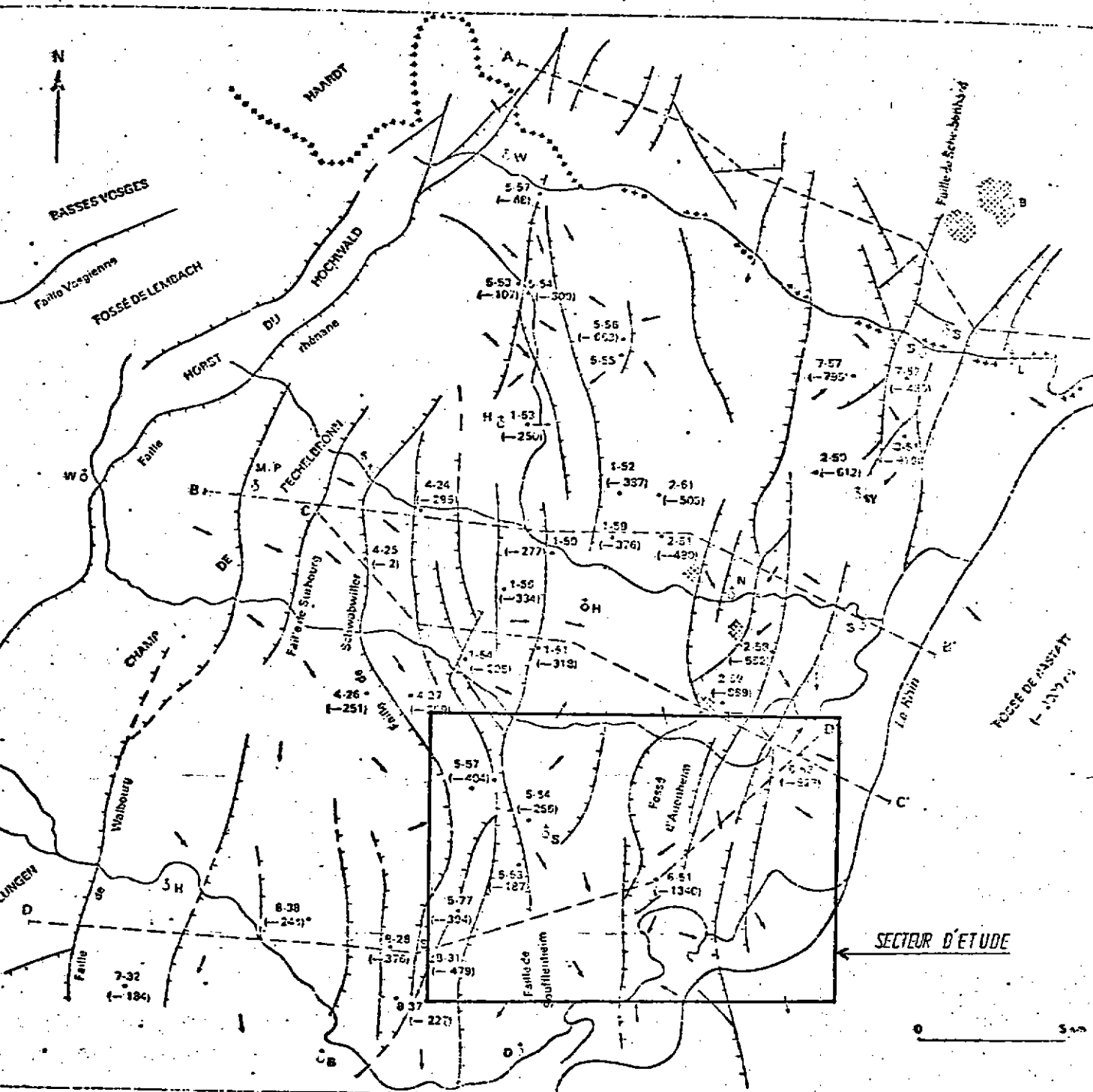
Ce substratum est essentiellement marneux avec des faciès continentaux saumâtres, parfois très riches en évaporites (plus de 300 m cumulées au 199-6-51 p 51) que ce soit dans la zone dolomitique de base, la couche rouge et les couches de Pechelbronn. L'épaisseur totale de ces trois couches peut atteindre 1 400 m (forage pétrolier 199-6-53 à Beinheim).

Cette importante série oligocène se termine par les couches de NIEDERRODERN représentées par des marnes bariolées de faciès lacustre qui constituent le substratum des alluvions pliocènes et quaternaires de la plaine alluviale. Mais on note à la verticale de la sablière S 10, la présence de calcaires et grès calcaires de faciès saumâtre (Miocène : ml a 3) sous forme d'un lambeau. Le lecteur pourra se reporter pour plus de précisions à la notice de la carte géologique SELTZ - LAUTERBOURG (1:50 000).

La Tectonique de ce secteur est particulièrement intéressante et complexe. Elle se traduit par la présence de failles secondaires, obliques à pendage voisin de 50 à 70° de direction Nord-Sud. Dans chaque panneau, les couches profondes sont soit remontées (horst), soit descendues (fossés). Tel est le cas du fossé d'Auenheim où le sondage pétrolier 199-6-51 a traversé le tertiaire sur 2 300 m. Nous donnons (cf. figures 1 à 4) une photocopie de la carte schématique et simplifiée des principales failles du fossé rhénan et deux coupes SW-NE issues de la notice de la carte de SELTZ-WUTERSOURG.

Ces deux documents montrent nettement l'importance du réseau de failles dans le secteur d'huenheim, le fossé Nord-Sud à la verticale de cette localité et la remontée en horst du substratum dans la zone de Roeschwoog, Roppenheim, Beinheim (cf. annexe 1).

De plus, actuellement, le fossé d'Auenheim jouerait en sens contraire et les couches remonteraient sous forme d'un horst (selon le géologue qui a dressé la carte).



CARTE SCHEMATIQUE ET SIMPLIFIEE DES PRINCIPALES FAILLES DU FOSSE RHENAN EN ALSACE SEPTENTRIONALE

(après notice de la carte géologique SELTZ - WISSEMBOURG 1 : 50 000)

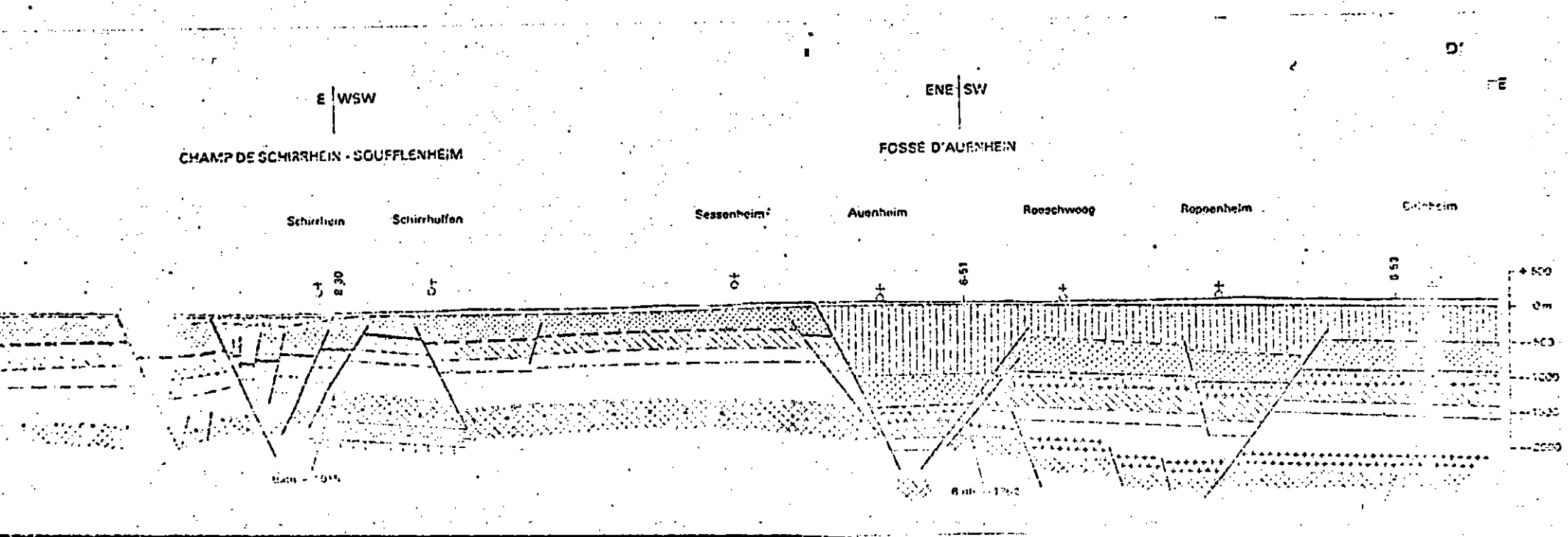


Fig. 2 - Coupe d'ensemble de la zone d'étude
 (d'après notice de la carte géologique SELTZ - WISSEMBOURG)

COUPE SCHEMATIQUE

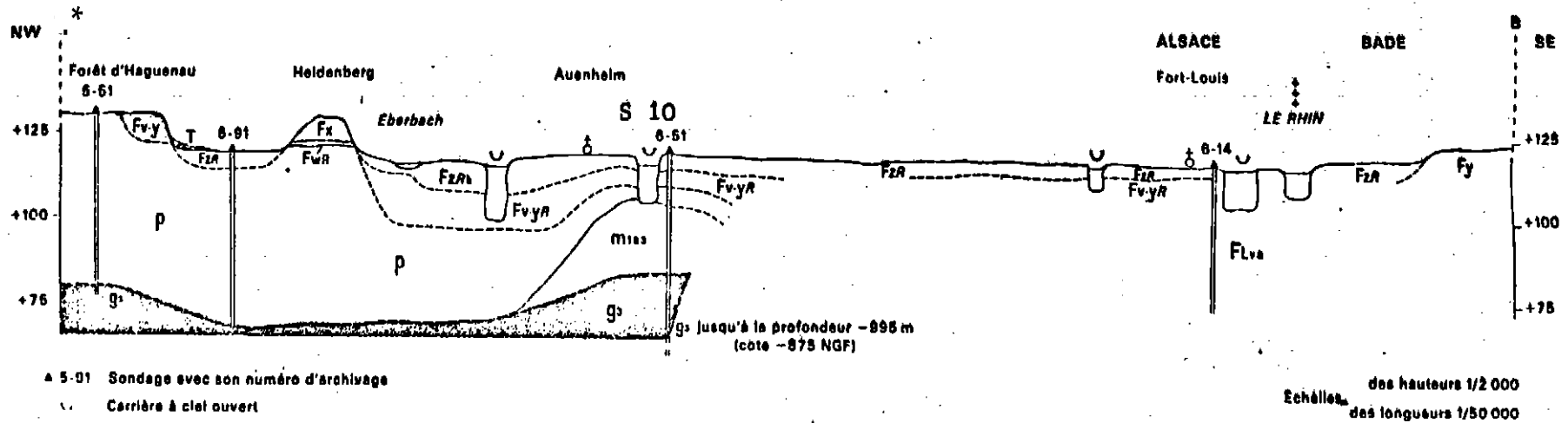
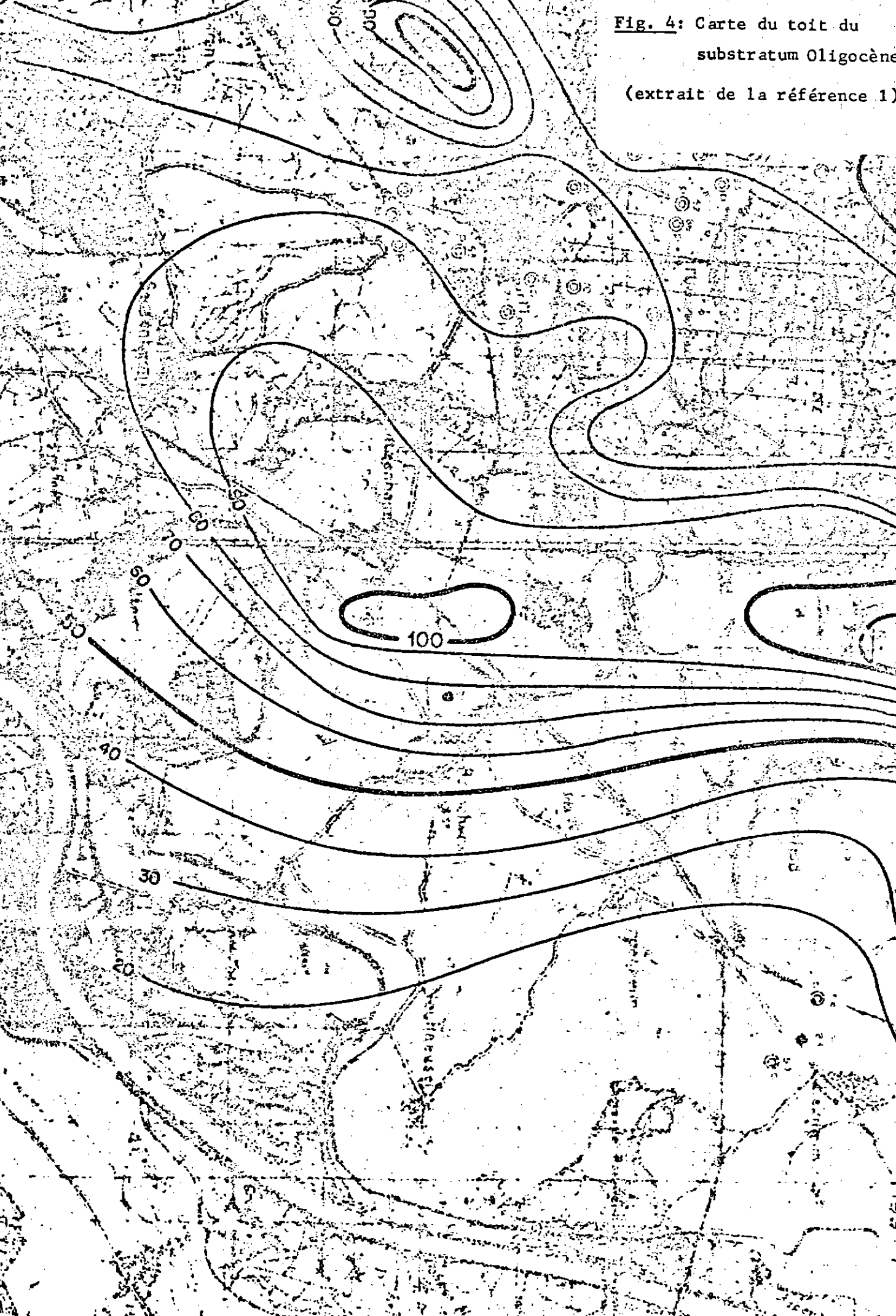


Fig. 3: Coupe schématique tirée de la carte géologique SELTZ-WISSEMBOURG, montrant le lambeau de calcaires aquitaniens (m 1 a 3) à la verticale de la sablière S 10 d'Auenheim.

Fig. 4: Carte du toit du
substratum Oligocène
(extrait de la référence 1)



3.3. Hydrogéologie

Lors de la campagne de prélèvement des 24 et 25 octobre 1977, une mesure simultanée des niveaux piézométriques a été effectuée. Dans ce secteur, la nappe se situe en moyenne à 3 m du sol naturel et son épaisseur est faible 8 à 10 m maximum.

La carte piézométrique donnée en annexe 2 (cotes E.P.D.†) montre un écoulement globalement SW-NE de la nappe alluviale avec une inflexion au niveau du forage de Roeschwoog traduisant son influence sur la nappe. Cette carte est comparable à celle observée aux basses eaux d'octobre 1973.

*est de
un forage ?
en sondage ?
4 puits
craie
à travers*

Les principaux forages en exploitation sont ceux :

- du syndicat de Roeschwoog (199-6-21) (Pts 12)
- de la commune de Neuhaeusel (199-6-4) (Pts 26)
- du syndicat de Soufflenheim (199-5-22) (Pts 4)
<ferme de Ramelshausen)
- de la commune de Fort-Louis (199-6-20) (Pts 28)

Les caractéristiques hydrodynamiques sont assez mal connues.

La perméabilité serait voisine de 10^{-3} m/s d'où une transmissivité d'environ 10^{-2} m²/s.

Le forage de Roeschwoog a donné 70 m³/h avec un rabattement $s = 0,40$ m en 1957 et celui de FORT-LOUIS 35 m³/h avec un rabattement de 8 cm.

Le forage de Roeschwoog alimente un syndicat inter communal regroupant les neuf communes suivantes : Roeschwoog, Rountzenheim, Auenheim, Boppenheim, Kauffenheim, Forstfeld, Neuhaeusel, Fort Louis et Kesseldorf.

4) ANALYSE DES RESULTATS (cf. annexes 3 - 4 - 5 - 6 et 7)

Les résultats des analyses réalisées par le Laboratoire Régional de l'Équipement de NANCY sont données en annexe 8. Ces résultats sont reportés sur des cartes pour la conductivité (annexe 3)

- la dureté (annexe 4)
- les chlorures (annexe 5)
- les sulfates (annexe 6)
- le lithium (annexe 7)

4.1. Prélèvements

Le tableau (annexe 9) donne la Liste des points de prélèvement qui se répartissent de la façon suivante :

	(-Forages A.E.P. des collectivités	5
Pts	(- Puits industriels	2
	(- Puits privés ou de réserve	
	(d'incendie	3
Pz	- Piézomètres (nouveaux et SRAE)	20
S	- Sablières	7
R	- Eau de surface (la %der)	3
	Total	45

4.2. Carte de la conductivité (annexe 3)

La conductivité, exprimée en micro-siemens, varie de 335 (forage de Soufflenheim Pts 5) à 1 490 (puits privé en limite de Rountzenheim et d'Auenheim Pts **22**).

- 13 valeurs sont supérieures à 1 000 micro-siemens soit 29 % des résultats,
- 2 valeurs sont inférieures à 500 micro-siemens soit 4 % des résultats.
- les 30 autres résultats sont compris entre 500 et 1 000 micro-siemens

Si on prend comme valeur de référence, c'est-à-dire comme conductivité normale de la nappe, la conductivité du forage de la maison forestière de Ranelshausen (~~765~~), 27 résultats sont supérieurs à cette valeur dont la grande majorité **sont** situés en aval de ce forage. Les eaux des sablières présentent une conductivité faible voisine de 500 - 550 micro-siemens comparable à celle mesurée sur la Xoder. Ce fait traduit l'influence des eaux pluviales dans les sablières dkhune certaine dilution des eaux de la nappe.

Toutefois, 3 points présentent une valeur supérieure, du Sud au Nord :

S 19 : 990

S 10 : 1 042

S 15 : 718 micro-siemens

Le tracé de la courbe d'isoconductivité 1 000 micro-siemens donne des indications particulièrement intéressantes. Partant du Pz 37 (entre Sessenheim et Auenheim) une "langue" de conductivité égale ou supérieure à 1 000 s'étend, dans le sens d'écoulement de la nappe, du Sud-Ouest au Nord-Est, jusqu'au **Nord** de Roppenheim (cf. annexe 3). Il apparaît donc que l'origine d'une minéralisation plus importante se situerait au Sud d'Auenheim vers la sablière S 19 et se propagerait vers le Nord-Est.

La comparaison avec les valeurs observées en 1973 montre pour quelques points une légère augmentation de la minéralisation totale :

	<u>Octobre 1973</u>	<u>Octobre 1977</u>
Pts 4'	695	765
S 10	970	1 042
Pts 12	990	1 075
Pz. 13	1 040	1 106
Pts 14	585	607

4.3. Carte de la duresé (annexe 4)

La duresé (ou titre hydrotimétrique) exprimée en degrés français varie de 16° F (Ptç 5) à 58° F (Pz 32).

Trente cinq valeurs sont supérieures ou égales à 30° F (norme).

Seize valeurs sont supérieures ou égales à **40° F**. Nous avons reporté en annexe 4 la courbe d'isodureté **40° F** qui englobe un secteur très comparable à celui observé précédemment pour la conductivité (courbe à 000 micro-siemens). Ce secteur s'étend dans le sens d'écoulement de la nappe d'Auenheim au Nord de Ronpenheim. L'origine de cette augmentation locale mais modérée de la dureté paraît se situer également dans le secteur d'Auenheim.

La dureté de l'eau des sablières et de la Hoder est légèrement supérieure à **30° F**.

A noter dans le secteur de Fort-Louis - Neuhaeusel une diminution de la dureté de 1973 à 1977.

	<u>1973</u>	:	<u>1977</u>
Fort Louis A.E.P.	30	∴	25
Neuhaeusel A.E.P.	39	:	36

Ailleurs, la comparaison avec les valeurs observées en 1973 montre une augmentation parfois notable de la dureté :

	<u>Octobre 1.973 : Octobre 1977</u>	
Pts 4	29	51
S 10	30	36
~ Pt 12	39	46
Pz 13	38	42
Pts 14	30	36

Cette augmentation de la dureté est corrélative à celle de la conductivité.

4.4. Carte des chlorures (annexe 5)

4.4.1. Variations dans l'espace

Les chlorures varient de **11,4 à 297 mg/l**. Nous rappelons que la teneur souhaitable est fixée à 250 mg/l. Deux valeurs seulement sont supérieures à cette norme.

Si l'on considère les valeurs supérieures à 200 mg/l, on observe 6 (six) valeurs.

Par contre, si on prend une teneur "normale" pour la nappe alluviale du Rhin de 50 mg/l, on observe 35 valeurs supérieures, correspondant à l'existence au niveau du secteur étudié d'une anomalie que nous avons essayé de mieux cerner par le tracé de courbes d'isoteneurs en chlorures. On a ainsi tracé (annexe 5):

1°/ la courbe isoteneur = 200 ng/l en chlorures

Trois secteurs sont délimités :

■ un secteur situé au Sud-Sud-Est d'Auenheim où on note des valeurs très élevées dans la sablière S 19⁽¹⁾ 228 mg/l et dans le puits privé Pts 22 : 297 mg/l.

(1) la gravière S 19 est très ancienne et a été exploitée

■ un secteur au Sud de Roeschwoog où nous avons englobé, outre les valeurs supérieures à 200 mg/l, les valeurs qui sont proches de cette teneur : 195 mg/l au puits de Roeschwoog (Pts 12), 198 mg/l au Pz 32, 205 mg/l dans la sablière S 10, 207 mg/l au Pts 23, 225 mg/l au Pz 39.

■ un secteur réduit centré sur le Pz 25 (268 mg/l).

Ces 3 secteurs auraient pu être enveloppés dans la même courbe d'isoteneur 200 mg/l, mais nous avons jugé plus significatif de dessiner :

2°/ la courbe isoteneur 150 mg/l - Celle-ci se calque au Sud sur la courbe isoteneur 200 mg/l puis s'évase suivant le sens d'écoulement de la nappe pour atteindre Roppenheim au Nord. Cette courbe a un contour très voisin de la courbe d'isoconductivité 1 000 micro-siemens (cf. annexe 3)

3°/ la courbe isoteneur 100 mg/l - Celle-ci délimite un vaste secteur très réduit au Sud vers la sablière S 19 et Auenheim mais qui s'évasait rapidement dans le sens d'écoulement de la nappe.

11 ressort nettement de l'examen de ces trois courbes, comme de l'examen des courbes d'isoconductivité et d'isodureté précédentes, que l'origine de la modification des caractéristiques chimiques de la nappe alluviale dans cette région se situerait principalement au Sud d'Auenheim, à proximité de la RX 68, vers la sablière S 19. Nous y reviendrons ultérieurement. Mais dès maintenant, nous pouvons constater que les sablières extérieures à ce secteur (S 6, S 8, S 18, S 17) ont des teneurs en chlorures très faibles généralement voisines de 20 - 25 mg/l, pour une concentration en chlorures de 228 mg/l à la sablière S 19, soit dix fois plus environ (A noter la teneur en chlorures des eaux de la Noder voisine de 55 mg/l en moyenne).

4.4.2. Variations dans le temps

L'étude de l'évolution dans le temps des teneurs en chlorures des puits utilisés pour l'A.E.P. des habitants de cette région est très instructive :

■ 1ère période antérieure à 1957 :

- absence de réseau public
- alimentation par des puits peu profonds (6 à 8 m au pl)
- prélèvements faibles
- nappe peu sollicitée

Roeschwoog puits de l'école (Pts 1) (199-6-10) profondeur 7 m environ

- février 1950 92 mg/l (1)
- novembre 1951 85 mg/l
- novembre 1952 66 mg/l

1er pompage sur le forage de Roeschwoog en mars 1957

- mai 1958 137 mgll
- février 1961 141 mgll
- février 1962 118 mg/l
- octobre 1973 70 mg/l
- octobre 1977 73 mg/l

(1) Résultats aimablement communiqués par le Laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie de STRASBOURG.

Auenheim puits de l'école communale (profondeur 6.50 m environ)

	- mai 1950	89 mg/l (1)
	- janvier 1951	78 mg/l
	- novembre 1951	<u>135 mg/l</u>
	- novembre 1952	<u>130 mg/l</u>
	- novembre 1953	<u>110 mg/l</u>
	- avril 1958	<u>121 mg/l</u>
	- mars 1963	<u>306 mg/l</u>
puits 22	- octobre 1977	<u>297 mg/l</u> (proche de celui de l'école)

Ces résultats montrent qu'avant 1963 et même antérieurement (1957). les puits qui utilisaient la partie supérieure de la nappe (ici peu épaisse cf. par. 3.2.) avec des débits **très** faibles, présentaient des teneurs en chlorures faibles, particulièrement à Roeschwoog. Par contre à Auenheim, malgré cette exploitation "superficielle" les teneurs en chlorures étaient déjà plus élevées que la normale.

▪ 2ème période après 1962 - 1963 et même dès 1957, date de la mise en service du forage A.E.P. de Roeschwoog (199-6-21)

- prélèvements plus importants
- nappe peu épaisse très sollicitée par les pompages à environ **100m³/h** sur l'ensemble de **son** épaisseur, 5 h. par **jour**
- les analyses recueillies auprès du syndicat de Roeschwoog (mairie de Roppenheim) et du Laboratoire de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg, donnent les résultats rassemblés dans le tableau ci-joint.

(1) Résultats aimablement communiqués par le Laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie de **STRASBOURG**.

Variations dans le temps de la dureté,
des chlorures et des sulfates

Date	Dureté	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	observations
1-03.1357	38.4	191.7	55	Après 14 h de pompage à 80 m ³ /h
12.12.1960	38.9	210	55	Après 56 h de ponpage à 100 m ³ /h
18.03.1963	39,4	195	25.1	
13.03.1966	39.7	178	72	
1.08.1967	39.4	175	62	
25.02.1970	40.8	184	60	
29.09.1970	37.7	167	55	
7.01.1971	37,s	163	59	
11.02.1971	36,Z	175,4	63.5	
14.10.1971	38.1	175.4	61	
15.02.1972	36.8	188,4	71	
5.12.1972	34.8	175	60	
21.03.1973	35,7	188	65	
10.1973	39	191/175	60	Anal yse <i>SGAL</i>
7-11-1973	34.4	181	55	
09.1974	35	184	69	
15.01.1975	35.2	186	76	
9.07.1975	35	177	80	
24.01.1976	35.2	186	76	
1.03.1976	35	187	75	
3.03.1977	36	184	85	
9.09.1977	34	191	88	
27.10.1977	46	195	92	Anal yse <i>L.R.E.</i> NANCY

Ces résultats montrent une augmentation très nette des chlorures par rapport aux analyses du puits de l'école de Roeschwoog (qui conserve d'ailleurs toujours une teneur relativement faible, 73 mg/l en 1977 ; 79 mg/l en 1973). Toutefois, on note une relative stabilité aux environs de 190 - 195 mg/l et ce pendant 20 ans.

A la lumière de ces constatations, il semblerait :

- 1°) Que la nappe alluviale présente surtout dans sa partie profonde au contact du substratum, une teneur en chlorures plus élevée que la normale en particulier dans le secteur en amont d'AUENHE
- 2°) Que la réalisation de pompages à forts débits ait mobilisé ces chlorures "profonds" en créant un "brassage" de l'eau de la nappe.
- 3°) Que cette augmentation soit apparue dès 1957 (date des premiers pompages à Roeschwoog) et soit restée stable depuis.

4.5. Carte des sulfates (annexe 5)

Les sulfates varient de 13,2 (Pts 5) à 197 mg/l (Pts 4). Mais la grande majorité des résultats se situe entre 60 et 100 mg/l.

Le tracé de la courbe isoteneur 80 mg/l permet de différencier 3 secteurs dont un à proximité du forage de Roeschwoog. Une zone à teneur supérieure à 100 mg/l au sud de Roeschwoog a été délimitée (Pz 32 → 140 mg/l),

Dans le reste de la région, en particulier à l'est de Roeschwoog, teneurs en sulfates sont assez homogènes aux environs de 60/70 mg/l.

D'une façon générale, il y a augmentation des teneurs en sulfates, 1973 à 1977 sur l'ensemble du secteur. Certaines hausses sont très importantes : 197 mg/l au lieu de 39 mg/l au Pts 4, 123 mg/l au lieu de 58/60 mg/l à la sablière 58 ; 92 mg/l au lieu de 60 mg/l au forage de Roeschwoog dont la hausse en sulfates est continue depuis sa mise en service (cf. tableau paragraphe précédent). Cette augmentation de la teneur en sulfates, sous forme de Ca SO₄, paraît être la cause principale de l'augmentation de la dureté (cf. paragraphe 4-3). Son origine reste à préciser, car cette augmentation en sulfates concerne l'ensemble de la nappe alluviale en amont et non le seul secteur de Roeschwoog.

*cf. études
spécifiques*

4.6. Examen des autres éléments chimiques

Outre les éléments précédents, le strontium (Sr) et le lithium (Li) ont été recherchés systématiquement, les autres éléments (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Na, K, Ca, Mg, Fe, oxydabilité) n'ont été dosés que sur **10** échantillons ayant présenté les teneurs maxima en chlorures.

4.6.1. Strontium et calcium

Lors des analyses réalisées en 1973, des teneurs en strontium supérieures à 0,9 mg/l avaient été décelées. Nous avons donc recherché cet élément dans tous les échantillons. Il varie de 0,10 à 2,07 mg/l. On note 8 mesures supérieures à 1 mg/l. La teneur unyenne de la nappe serait de l'ordre de 0,40 mg/l et de 0,30 à 0,35 mg/l pour les sablières et la Moder.

Les nouveaux piézomètres ou les sondages insuffisamment décolmatés présentent des teneurs en strontium généralement plus élevées, en particulier dans le secteur Auenheim - Roeschwoog, sans pour celà apporter des renseignements complémentaires significatifs. Il en est de même des rapports Sr/Ca. Les teneurs en calcium n'appellent pas de remarques particulières.

4.6.2. Lithium et sodium

Les teneurs en lithium varient de 0,01 à 0,785 mg/l. Les valeurs les plus faibles sont celles des sablières : 0,01 à 0,02 mg/l (sauf pour celles situées dans la zone riche en chlorures) et de la Moder : 0,02 mg/l. Les concentrations moyennes de la nappe seraient faibles et inférieures à 0,2 mg/l. Toutes les valeurs supérieures traduisent donc une anomalie que nous avons délimitée (annexe 7) en dessinant la courbe d'isoteneur 0,4 mg/l. L'allure générale de cette courbe est très voisine de celle dessinée pour les chlorures (cf. annexe 5). Il y aurait une relation étroite entre chlorures, sodium et lithium comme le prouvent les rapports Li/Na, variation entre $5,3 \times 10^{-3}$ et $5,9 \times 10^{-3}$ (sauf pour Pz 32) et les rapports Li/Cl ($2,1 \times 10^{-3}$ à $2,9 \times 10^{-3}$) des **10** prélèvements ayant la plus forte teneur en chlorures.

Les conclusions sont identiques à celles faites pour les chlorures (cf. paragraphe 4). L'origine de l'anomalie serait située vers la sablière S 19 avec propagation dans le sens d'écoulement.

Les autres éléments : NO_3 , NO_2 , NH_4^+ , oxydabilité et Fe n'appellent pas de remarques particulières. Cependant, pour les nitrates, on constate quelques teneurs supérieures à la normale de la nappe, mais, qui sont toutefois inférieures à la norme (44 mg/l) maximale pour les eaux de distribution. Les fortes teneurs en fer aux Pts 22, Pz 32 et surtout Pz 39 sont dues à l'absence de pompages suffisamment prolongés sur ces forages.

5 - CONCLUSIONS GENERALES

1') L'étude réalisée en octobre 1977 confirme les constatations faites en octobre 1973⁽¹⁾. Il existe dans le secteur de Roeschwoog - Auenheim une anomalie des teneurs en chlorures qui sont parfois très supérieures à la normale.

2') L'extension de cette anomalie a pu être précisée grâce à l'im- plantation de quinze piézomètres supplémentaires complétant le réseau d'observations déjà existant. Elle s'étend du sud d'Auenheim au nord de Roppenheim (cf. annexe 5).

3°) Cette anomalie se traduit par :
- des teneurs en chlorures importantes pouvant atteindre 297 mg/l et corrélativement des teneurs en sodium et lithium également plus élevées
- une augmentation de la dureté et de la conductivité qui toutefois ne seraient pas dues uniquement aux chlorures **et au calcium, mais** également à la présence de sulfates en quantité croissante (dont l'origine reste à préciser).

4) La comparaison avec les résultats des analyses antérieures (depuis 1957) montre une augmentation régulière des teneurs en sulfates depuis 1963 (cf. analyses du puits de Roeschwoog).

5) L'examen des cartes de la dureté, de la conductivité, des chlorures et du lithium et le dessin des courbes d'isoteneur permettent de situer l'origine de cette anomalie au sud d'Auenheim vers la sablière S 19, avec propagation vers le nord-est dans le sens d'écoulement des **eaux** souterraines.

6') Dans le secteur sud d'Auenheim, en l'absence de toute cause de pollution par des industries ou par les eaux de surface (la **Moder** n'est pas "salée") ou par des forages pétroliers (il n'y a pas eu de forages pétroliers dans la zone sud d'Auenheim)⁽²⁾, il apparaît donc que l'origine de ces chlorures est purement naturelle. Deux hypothèses peuvent être formulées :

(1) référence 2

(2) les forages pétroliers datent de 1952 - 1953.

▪ Première hypothèse :

Le substratum oligocène de la nappe est riche en niveaux d'évaporites (sel gemme en particulier. ..). Ce substratum est fracturé par de nombreuses failles nord-sud présentant des rejets très importants et délimitant ainsi des fossés d'effondrement ou des horsts. C'est le cas en particulier du secteur situé à la verticale d'Auenheim où l'existence d'un fossé a été décelée qui jouerait actuellement en horst par suite d'un phénomène diapirique. Ces failles seraient des axes de remontées d'eaux chargées en sels et plus spécialement en chlorures qui autrefois se diluaient dans la partie profonde de la nappe.

▪ Deuxième hypothèse :

Il y aurait lessivage des couches marneuses ou calcaires du substratum oligocène. Des prélèvements des marnes de Niederroeden et des calcaires lacustres du Miocène ont été effectués par le SRAE Alsace.

Les essais de dissolution réalisés au Laboratoire Régional de l'Équipement de NANCY ont donné les résultats répertoriés dans le tableau ci-joint, après dissolution de 10 g d'échantillon dans 500 ml d'eau distillée agités pendant 4 heures. Ils ne présentent pas de teneurs anormalement élevées en chlorures et ne permettent de formuler de conclusions définitives quant à l'origine des chlorures des eaux de la nappe.

Toutefois, quelle que soit l'hypothèse retenue, on peut expliquer l'apparition de chlorures dans les prélèvements d'eau de la nappe pour les phénomènes suivants :

- 1°) En l'absence d'adduction, les puits privés peu profonds exploitaient seulement la partie superficielle de la nappe avec de très faibles débits ayant une faible action sur celle-ci, d'où une eau faiblement chlorurée (cf. paragraphe 4.4. Période i).
- 2°) Avec la réalisation du forage de Roeschwoog, l'exploitation de la nappe s'est faite à de forts débits ponctuels ayant une incidence importante sur la nappe qui est dans ce secteur peu épaisse : 8 à 10 m environ. Il y a alors mise en mouvement des couches profondes de l'aquifère avec brassage des eaux peu chlorurées superficielles et d'eaux chlorurées profondes, d'où une augmentation de la teneur moyenne en chlorures (période 21. Les petits schémas ci-joints illustrent notre propos.

Résultats des essais de dissolution des calcaires aquitaniens (ml a 3)
et des marnes de Niederroedern

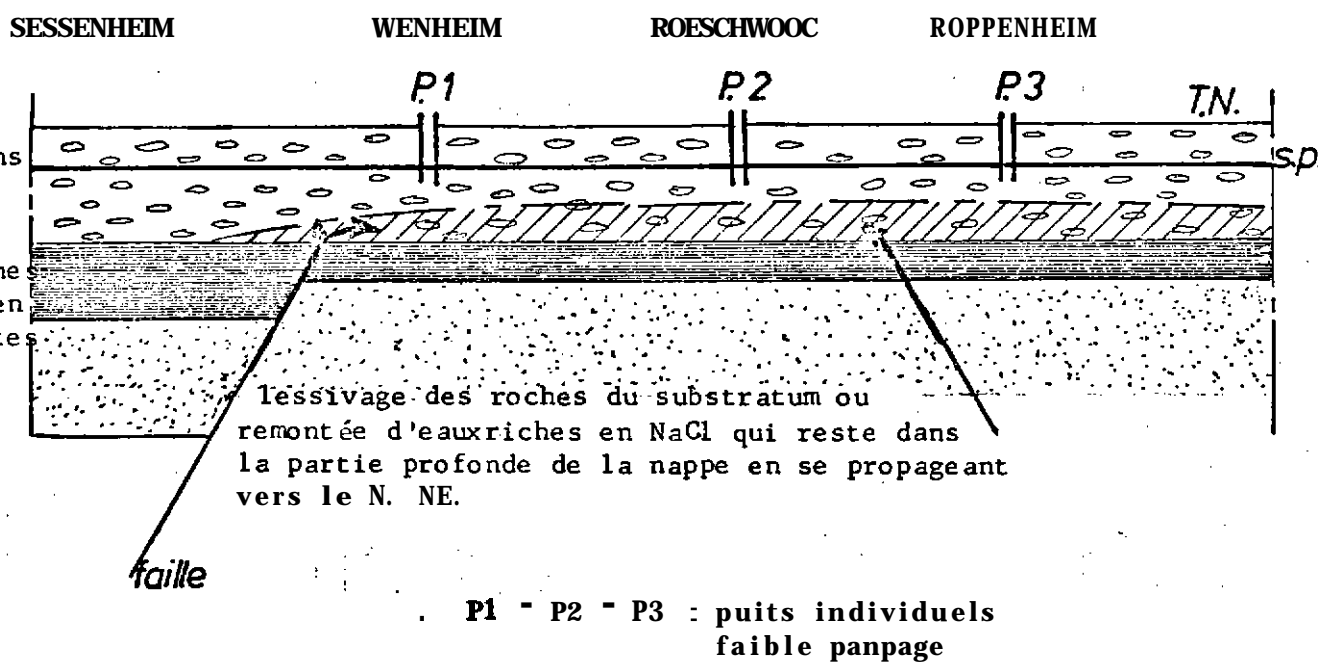
Eléments dosés	caic. -aquitaniens	Marnes de Niederroedern
Conductivité (microSiemens)	213	191
Ca ⁺⁺ mg/l	14	17,4
Mg ⁺⁺ mg/l	1,8	3,4
Na ⁺ mg/l	5,2	3
K ⁺ mg/l	5	3,7
Li ⁺ mg/l	0,05	0,008
Sr ⁺⁺ mg/l	0,11	0,14
Fe mg/l	1,48	0,45
HCO ₃ ⁻ mg/l	8,3	30,5
SO ₄ ⁻⁻ mg/l	<i>~</i> 0,5	<i>N</i> 0,05
Cl ⁻ mg/l	50,7	55,6
SiO ₂ mg/l	27	11
pH	7	8

d

période 1 : nappe peu sollicitée

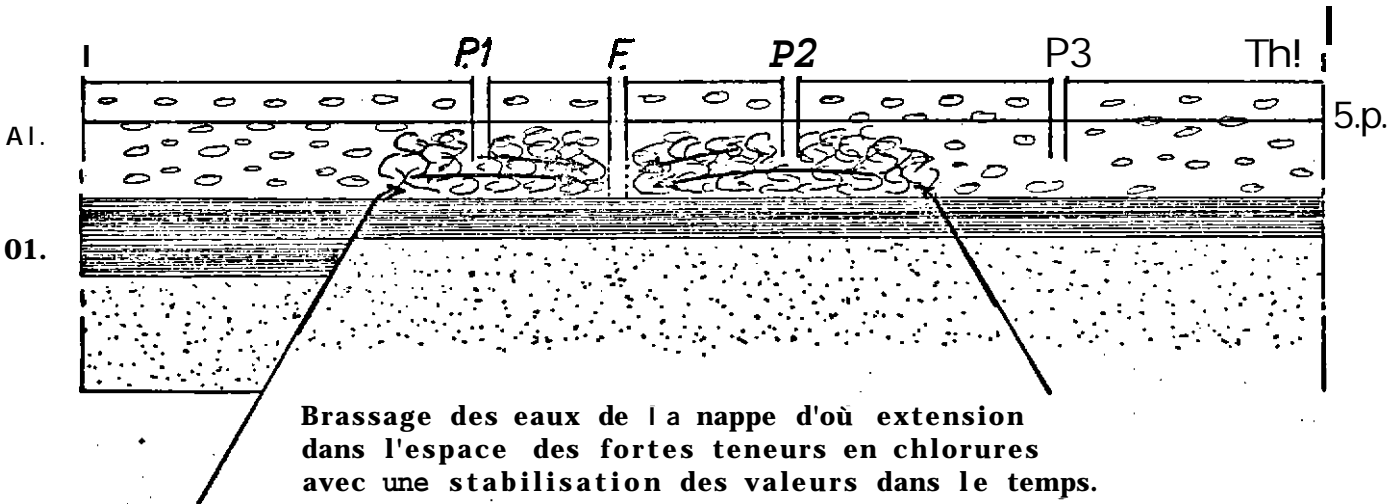
SW

N. NE.



sens d'kouement de la nappe)

période 2 : nappe très sollicitée



P : forage de Roeschwoog : fort pmpage

- T.N. : Terrain naturel
- S.P. : surface piézométrique

il ne s'agit bien entendu que d'une hypothèse, mais elle apparaît **comme** étant la plus vraisemblable à la lumière des renseignements géologiques recueillis et du dépouillement des résultats des 45 analyses

Cette étude a été réalisée avec la participation des Laboratoires régionaux de l'Équipement de NANCY et de STRASBOURG du CEIE de l'Est pour les travaux sur le terrain et en laboratoire, et du SRAE Alsace pour les prélèvements de roches.

Vu et présenté

Le chef de la division

"Eau - Pollution - Ecologie"


B. MAILLARD

JL. ACHAIZE



Docteur en hydrogéologie

Assistant à la division "Eau - Pollution - Ecologie" au CEIE de l'Est

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - L'Alsace et le problème de la pollution des eaux.
Campagne de prélèvements et analyses. Automne 1973.
Contrôle de la qualité des eaux souterraines du secteur
Setz-Lauterbourg, rapport S.G.A.L. Juillet 1974.
- 2 - Etude hydrodynamique de la nappe phéatique de la plaine
d'Alsace. Réservoir Pliocène Secteur Sauer - Lauter -
Géométrie du réservoir - rapport S.G.A.L. du 17 janvier 1975.
- 3 - Périmètres de protection des captages A.E.P. du Syndicat des
Eaux de Roeschwoog (Bas-Rhin) - Enquête géologique règlemn-
taire rapport S.G.A.L. 9 octobre 1974.