

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

B. P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél. (38) 63.80.01



n° 10444

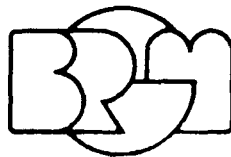
REGION ALSACE

-----

Vulnérabilité de la partie profonde  
des nappes phréatiques d'Alsace

-----

29 octobre 1984



**Service géologique régional ALSACE**

204, route de Schirmeck, 67200 Strasbourg - Tél. (88) 30.12.62

## S O M M A I R E

=====

### 1. INTRODUCTION.

### 2. METHODOLOGIE.

#### 2.1. Le tritium dans les eaux de pluie.

##### 2.1.1. Origine du tritium.

###### 2.1.1.1. Le tritium d'origine naturelle.

###### 2.1.1.2. Le tritium d'origine artificielle.

##### 2.1.2. Cycle annuel du tritium dans les eaux pluviales.

##### 2.1.3. Teneur en tritium dans les eaux pluviales.

#### 2.2. Le tritium dans les eaux superficielles.

##### 2.2.1. Cours d'eau vosgiens et Ill.

##### 2.2.2. Les eaux du Rhin.

#### 2.3. Utilisation comme marqueur des variations des teneurs en tritium.

##### 2.3.1. Cycle hydrologique.

##### 2.3.2. Signal d'entrée.

##### 2.3.3. Teneur résultante.

##### 2.3.4. Recharge de la nappe phréatique d'Alsace - Pondération du signal d'entrée.

##### 2.3.5. Signal de sortie.

#### 2.4. Utilisation comme marqueur de l'oxygène 18 pour l'étude du cycle de l'eau.

### 3. TRAVAUX ET MESURES EFFECTUES.

#### 3.1. Réseau des points de prélèvements.

#### 3.2. Prélèvements.

#### 3.3. Analyses effectuées.

##### 3.3.1. Détermination de la teneur en tritium.

##### 3.3.2. Détermination de la teneur en oxygène 18.

##### 3.3.3. Analyse chimique.

#### 4. INTERPRETATION DES RESULTATS.

- 4.1. Bases d'interprétation des résultats des teneurs en tritium.
- 4.2. Examen global des résultats des teneurs en tritium.
  - 4.2.1. Points dont les teneurs sont inférieures à 1 U.T.
  - 4.2.2. Points dont les teneurs sont inférieures à 10 U.T. et supérieures à 1 U.T.
  - 4.2.3. Points dont les teneurs sont comprises entre 10 et 50 U.T.
  - 4.2.4. Points dont les teneurs sont comprises entre 50 et 90 U.T.
  - 4.2.5. Points dont les teneurs sont supérieures à 90 U.T.
- 4.3. Fréquence de répartition des teneurs en tritium en fonction de la profondeur.
- 4.4. Présentation des relations globales - tritium - chlorures et nitrates.
  - 4.4.1. Relation tritium et chlorures ( $^3\text{H} - \text{Cl}$ ).
  - 4.4.2. Relation tritium et nitrates ( $^3\text{H} - \text{NO}_3$ ).
- 4.5. Vulnérabilité des nappes.
  - 4.5.1. Nappes du Sundgau.
  - 4.5.2. Nappes du Grès Vosgien.
  - 4.5.3. Nappes des collines sous vosgiennes.
  - 4.5.4. Nappes des alluvions plio-quaternaires de Haguenau.
  - 4.5.5. Nappes des alluvions des rivières vosgiennes.
  - 4.5.6. Nappes des alluvions rhénanes.
- 4.6. Minéralisation de l'eau en profondeur.
- 4.7. Résultats des teneurs en oxygène 18.

#### 5. CONCLUSIONS.

## 1. - INTRODUCTION.

Les nappes phréatiques d'Alsace, et en particulier la nappe phréatique de la plaine alluviale du Rhin, ont fait l'objet, depuis plus de vingt ans d'études et de travaux destinés à connaître la répartition spatiale de la qualité des eaux et son évolution dans le temps. Lors de ces études, des réseaux de points de mesures ont été constitués, mais compte tenu de la carence des points d'observation profonds lors de l'établissement de ces réseaux, c'est la partie superficielle de la nappe phréatique de la plaine alluviale du Rhin qui reste la mieux connue.

Les études ont montré que la qualité des eaux était, à l'échelle alsacienne, très hétérogène. Cette hétérogénéité s'explique par le chimisme naturel des eaux qui résulte de la lithologie de l'aquifère et des différents apports naturels auxquels est soumis l'aquifère. Mais elle est fortement influencée par l'existence de modifications induites par l'activité humaine, ayant et continuant d'affecter la qualité de l'eau des aquifères depuis plusieurs décennies. Les perturbations de la qualité des eaux de la nappe sont essentiellement provoquées par les chlorures et les sulfates. L'évolution et la propagation de la teneur de ces éléments ont été étudiées dans l'"Inventaire général de la qualité des eaux de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace - Etat 1983. Evolution au cours des 10 dernières années" (Rapport SCAL du 25.9.1984).

Elles ont montré également que les aquifères alsaciens sont atteints de manière hétérogène par ces variations de minéralisation. Le degré de variations dépend de la localisation par rapport aux foyers qui sont à l'origine de ces modifications et de la migration de ces éléments qui est régie par l'hydrodynamique de la nappe.

Les perturbations affectant les nappes trouvent leur origine en surface. Les éléments chimiques sont entraînés dans la nappe par les eaux participant au renouvellement de celle-ci, soit par les processus de l'infiltration directe des eaux pluviales (lessivage des éléments déposés en surface), soit par ceux de l'infiltration des eaux superficielles (échange nappe-rivière,....).

Ces modifications de la minéralisation affectent en premier lieu la partie superficielle de la nappe. Cependant les investigations en profondeur ont été développées ces dernières années grâce à la réalisation de piézomètres de contrôle et d'ouvrages de captages profonds. Ces nouvelles investigations ont mis en évidence des altérations de la qualité chimique des eaux de la partie profonde de la nappe. Cependant dans certaines zones la partie profonde de l'aquifère reste, pour l'instant, exempte des perturbations ayant affecté la partie superficielle.

La présente étude, menée grâce à des investigations spécifiques, est destinée à mettre en évidence la vulnérabilité des nappes en profondeur particulièrement vis à vis des nitrates, sulfates et chlorures.

L'estimation du temps du transfert des eaux depuis leurs zones d'infiltration jusqu'au point de mesure devrait permettre de circonscrire les zones, a priori, à l'abri d'éventuelle contamination. Elle devrait permettre, de même, d'appréhender le temps nécessaire pour qu'une pollution atteigne un niveau donné d'un aquifère, dans la zone d'emprunt d'un captage d'eau potable.

L'examen de la vulnérabilité de la nappe a été basé sur la détermination de la teneur en tritium (isotope radioactif de l'hydrogène, non nocif aux teneurs mesurées, faisant partie intégrante de la molécule d'eau, mais dont la masse atomique est trois fois plus importante que celle de l'hydrogène de masse atomique 1).

Cette étude doit donc permettre de préciser :

- la vulnérabilité des eaux profondes en fonction de l'état de dégradation dans les zones d'alimentation,
- les temps de transfert des pollutions profondes,
- fournir des éléments complémentaires utiles à la gestion de cet aquifère régional.

Le Service Géologique Régional a été chargé de la réalisation de cette étude par le Président du Conseil Régional de la Région Alsace, le financement de cette opération étant assuré conjointement par la Région Alsace et le Ministère de l'Industrie.

## 2. - METHODOLOGIE - ETUDE PAR LE TRITIUM ET L'OXYGENE 18 DE LA DYNAMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES.

La détermination de la teneur en tritium des eaux prélevées en un certain nombre de points sélectionnés constitue la base essentielle de cette étude; le tritium,  $^3\text{H}$ , constituant du fait de sa spécificité un bon traceur naturel.

### 2.1. - LE TRITIUM DANS LES EAUX DE PLUIES.

Les atomes d'oxygène et l'hydrogène entrant dans la composition des molécules d'eau sont présents sous les formes isotopiques et dans les proportions suivantes :

- oxygène	$^{16}\text{O}$	99,76 %	isotopes stables
	$^{17}\text{O}$	0,04 %	" "
	$^{18}\text{O}$	0,20 %	" "
-hydrogène	$^1\text{H}$	99,98 %	" "
	$^2\text{H}$	0,015 %	" "
	$^3\text{H}$	$10^{-15}$ à $10^{-10}$ %	isotope radioactif.

## 5. CONCLUSIONS

Dans le but d'appréhender la vulnérabilité des nappes phréatiques en Alsace, des mesures ont été effectuées sur un réseau de 100 points choisis parmi les captages exploitant les nappes dans leur partie la plus profonde.

En bordure amont de la nappe phréatique, par exemple, des profondeurs de l'ordre de 20 à 30 m sont proches du substratum, alors que dans la partie centrale de la plaine des profondeurs de l'ordre de 70 m, bien qu'importantes, n'atteignent pas toujours le tiers inférieur de la nappe.

La situation présentée concerne en conséquence le tiers inférieur de la nappe dans la partie ouest de la nappe phréatique. Par contre, dans la partie centrale et à l'est elle concerne la partie la plus profonde reconnue qui n'atteint pas toujours le tiers inférieur. Compte tenu de la rareté d'ouvrages très profonds dans cette zone, la densité des points y est moindre.

Les résultats obtenus montrent que le temps de transfert depuis les zones de recharge jusqu'aux ouvrages de captage varient dans des proportions importantes. Environ un quart des points montre des temps de transferts supérieurs à 31 ans constituant la limite du signal d'entrée actuel. Cette limite qui restera fixe (année 1952) permettra, si un suivi est fait ultérieurement sur certains de ces points, de déterminer pour ceux-ci des temps de transfert précis.

Pour ces points qui ont été spécifiés, la dégradation de la qualité des eaux, par les chlorures et parfois les nitrates, a souvent été constatée, preuve que ces pollutions sont anciennes et malheureusement tenaces. Le retour à une eau de qualité dans ces parties profondes sera en conséquence long à obtenir après la suppression des causes de pollutions en surface.

Certains aquifères, tels ceux des grès vosgiens, de la molasse alsacienne et du pliocène sous couverture et certaines zones profondes de la nappe alluviale rhénane qui ont montré des temps de transferts élevés, 30 ans et davantage, apparaissent moins vulnérables selon leur localisation par rapport aux zones polluées de surface.

Pour l'ensemble des points examinés et à partir des références disponibles sur les concentrations originelles en tritium sur la période de 1952-1983, des temps de transferts ont été estimés sur l'ensemble des points, compte tenu des hypothèses des processus de la recharge des zones considérées.

Les points où ces temps de transfert sont supérieurs au seuil de détermination analytique (1 U.T.) ont été examinés et regroupés par ensembles, soit en considérant des unités hydrogéologiques à caractéristiques identiques, telles la région St. Louis Mulhouse, la zone sous influence rhénane, la zone sous influence de la salure profonde etc...

Les caractéristiques de la vulnérabilité pour chacune de ces zones ont été définies. Dans l'ensemble il n'y a pas de règle générale quant à la vulnérabilité avec la profondeur, ce qui n'a pas permis d'établir une zonabilité de la vulnérabilité et de préconiser en conséquence des directives communes pour l'exploitation des zones profondes. Chaque groupe de points ou point isolé est à considérer comme un cas particulier.

Notamment la vulnérabilité de la nappe à proximité du Rhin apparaît très complexe, en particulier dans la zone des captages de la ville de Strasbourg.