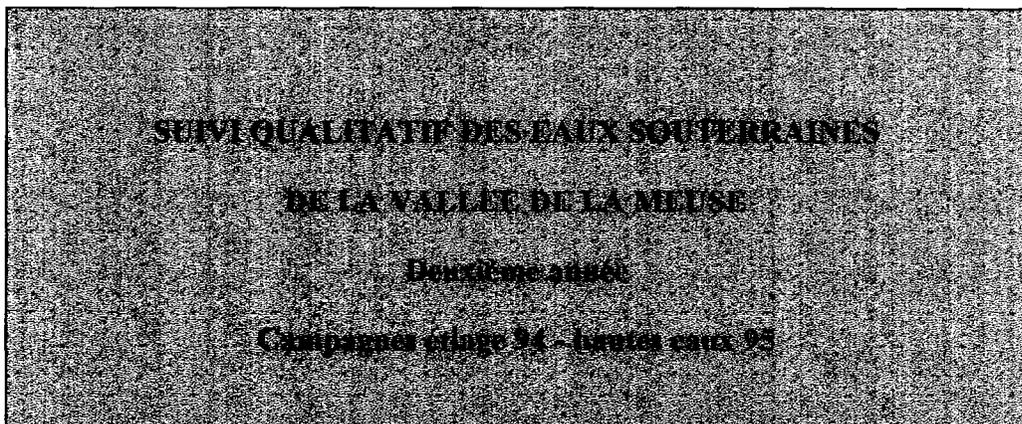




Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Conseil Général de la Meuse

Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
de la Meuse



**Conseil Général de la Meuse,
4, rue de la Résistance - BP 514 -
55012 BAR LE DUC CEDEX**



SOMMAIRE



n° 21634/94/1

I. INTRODUCTION

II. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

III. CHIMIE DES EAUX

3.1. Caractérisation des eaux : éléments prédominants

3.2. Autres composants analysés : distributions, variations dans le temps, influences anthropiques

3.3. Dépassement des normes

3.3.1. Valeurs limites impératives

3.3.2. Valeurs guide

3.4. Qualité des eaux

3.4.1. Sites conformes aux normes de potabilité

3.4.2. Sites non conformes aux normes de potabilité

IV. CONCLUSIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 Types de points d'eau et aquifères captés

Tableau 2 Proportions ioniques et moyennes des paramètres prédominants des eaux souterraines

Tableau 3 Moyennes des paramètres prédominants en fonction de l'origine des eaux

Tableau 3 Paramètres prédominants en fonction de l'origine des eaux

Tableau 4 Données statistiques principales par campagne

Tableau 5 Valeurs moyennes et extrêmes en fonction de l'origine de l'eau

Tableau 6 Distribution des concentrations en nitrates en fonction de l'origine des eaux

Tableau 7 Valeurs limites impératives

Tableau 8 Valeurs guide associées aux éléments hors normes

Liste des figures

Figure 1 Plan de situation.

Figure 2 Diagramme trilineaire : basses eaux 1994 et hautes eaux 1995.

Figure 3 Concentrations moyennes en fonction de l'origine de l'eau.

Figure 4 Distribution de fréquence des concentrations en nitrates en fonction de l'origine des eaux.

ANNEXES

ANNEXE 1: Cartes thématiques

ANNEXE II : Diagrammes de présentation des résultats

ANNEXE III : Localisation des sites

ANNEXE IV : Méthodologie, conditions d'échantillonnage et résultats des dosages



I. INTRODUCTION

Le contrat "Rivière Meuse" passé entre l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et le Conseil Général de la Meuse comprend un volet "Eaux Souterraines" qui a pour objectif de réaliser sur quatre années un suivi de l'évolution de la qualité des eaux souterraines de la vallée de la Meuse. La maîtrise d'oeuvre de l'étude est assurée par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de la Meuse.

Ce rapport présente la synthèse des résultats de la deuxième année de suivi.

Au total, 35 points de surveillance ont été définis par la cellule de l'Eau de la DDAF 55. Ils s'étendent le long de la vallée de la Meuse entre Stenay, au nord et **Domrémy**, au sud du département (fig.1). La liste des sites accompagnée d'informations de localisation et d'exploitation est fournie avec un extrait de carte par site (annexe III).

Le LHRSP de Nancy s'est chargé des analyses. Tous les points d'eau ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques de type balance ionique et 10 sites sensibles ont été retenus pour un contrôle supplémentaire des concentrations en pesticides organo-phosphorés, azotés et soufrés. Ces analyses ont été complétées par le LHRSP de Nancy par celles des pesticides organo-chlorés, non inclus dans le programme,

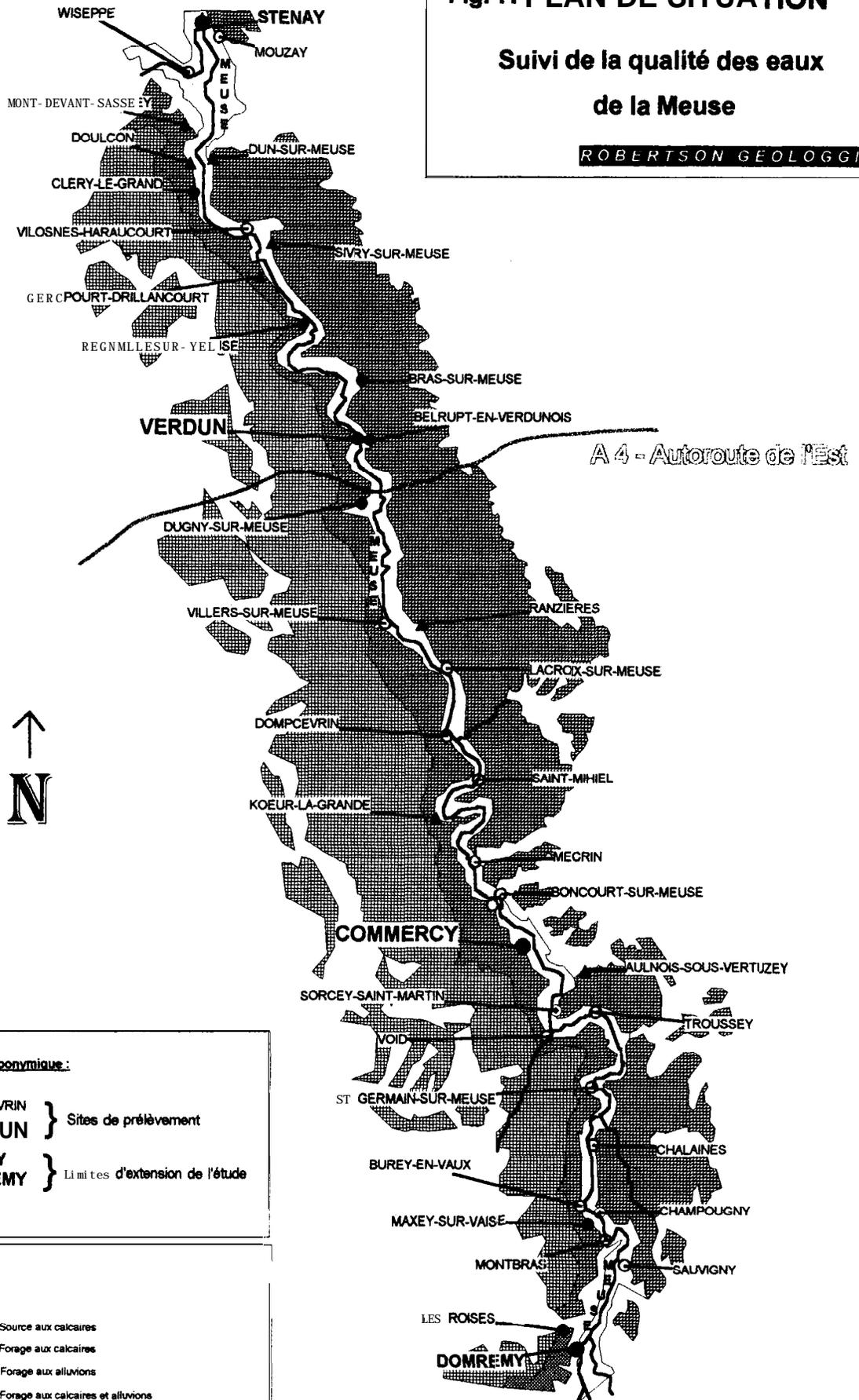
Les prélèvements ont été menés en période de basses eaux (septembre 1994) et de hautes eaux (mars 1995).

Au cours de la campagne de hautes eaux 1995, l'accès à la source qui alimente Gercourt n'a pas été autorisé par la Mairie du village.

Fig. 1: PLAN DE SITUATION

**Suivi de la qualité des eaux
de la Meuse**

ROBERTSON GEOLOGGING



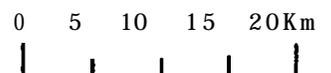
Légende toponymique :

- DOMPCEVRIN } Sites de prélèvement
- VERDUN } Sites de prélèvement
- STENAY } Limites d'extension de l'étude
- DOMREMY } Limites d'extension de l'étude

Légende :

- ▲ Source aux calcaires
- Forage aux calcaires
- Forage aux alluvions
- ⊙ Forage aux calcaires et alluvions
- Alluvions sablo-argileuses de la Meuse
- ▨ Oxfordien moyen et supérieur : alternance de calcaires blancs et d'argiles calcaires récifaux

Echelle : 1/500000





2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE REGIONAL

L'alimentation en eau potable dans la vallée de la Meuse est assurée à partir de deux aquifères (fig. 1):

- Les alluvions de la Meuse sont constituées de dépôts limono-graveleux et **argilo-calcaires**. Ces dépôts en fond de vallée peuvent atteindre une épaisseur de 10 à 20 m.

L'alimentation de cet aquifère est assurée par les eaux de la Meuse et les aquifères calcaires **encaissants**, ceci en fonction des rapports de charges hydrauliques existants.

Les alluvions de la Meuse sont parfois recouvertes par des horizons limoneux à **limono-argileux** de quelques mètres. Ces niveaux assurent une certaine protection contre les infiltrations directes des eaux de surface. Par contre, la protection globale des alluvions est souvent limitée. En effet, les aquifères calcaires qui assurent très fréquemment l'alimentation des alluvions sont en général faiblement protégés.

- Les formations de l'oxfordien Moyen et Supérieur sont représentées par des calcaires récifaux, des mammo-calcaires et des calcaires gréseux. On les trouve sous les alluvions et ils affleurent de part et d'autre de la vallée. Ces terrains sont fissurés, surtout en fond de vallée, et plus ou moins karstifiés. Ils sont très souvent en relation hydraulique directe avec les alluvions de la Meuse dont ils assurent alors l'alimentation.

Les aquifères calcaires sont généralement peu protégés en surface et plus ou moins sensibles à des pollutions éventuelles en fonction de leur degré de **fissuration** et de karstification.

Les sites de captage retenus pour les contrôles de qualité des eaux sont répartis de façon homogène entre les deux ensembles aquifères (tableau 1).

| Aquifère capté | Type de point d'eau | Nombre |
|------------------------|---------------------|--------|
| alluvions | forage | 17 |
| calcaires | forage | 7 |
| alluvions et calcaires | forage | 3 |
| calcaires | source | 8 |

Tableau 1 Types de points d'eau et aquifères captés.

Les ouvrages implantés dans les alluvions, en fond de vallée, sont protégés contre les crues de la Meuse. Ils sont généralement situés dans un environnement de prairies et de cultures. Leur profondeur est comprise entre 3 et 18 m. Six d'entre eux sont des puits de gros diamètre (1 à 2,5 m).

Les forages alimentés par les calcaires se retrouvent en fond vallée de la Meuse, en bordure de la vallée ou dans des vallons affluents de la Meuse.

Toutes les eaux de source étudiées proviennent des calcaires de l'oxfordien moyen. Sur les 8 sources captées, 6 sont alimentées à partir d'un bassin à couverture essentiellement forestière.



3. CHIMIE DES EAUX

Les résultats d'analyses effectuées au cours de la deuxième année de suivi confirment les observations effectuées sur la première année. Les eaux sont de nature moyennement minéralisée, les concentrations des éléments analysés restent globalement homogènes et présentent des variations saisonnières généralement peu marquées.

Les principaux écarts sont surtout associés à des dépassements de valeur limite impérative et de valeur guide. Elles concernent nitrates, ammonium, fer, manganèse et pesticides.

3.1. Caractérisation des eaux : les éléments prédominants

La nature des eaux de la vallée de la Meuse est guidée par celle des terrains calcaires qui constituent les aquifères principaux de la région et qui alimentent les alluvions du cours d'eau.

Le diagramme trilinéaire (fig.2) traduit nettement la dominante carbonatée **calcique** de toutes les eaux de la région sans que l'on puisse pour autant les caractériser de **bicarbonatées** ou de **calciques** (tableau 2). La conductivité permet de qualifier les eaux de moyennement minéralisées.

| | % composition cationique ou anionique | Concentration moyenne ou valeur moyenne |
|-------------------------|---------------------------------------|---|
| Calcium (Ca) | 88 à 98 | 98,3 mg/l |
| TAC (HCO ₃) | 72 à 98 | 269 mg/l |
| Dureté | | 26 °F |
| Conductivité | | 528 µS/cm |
| pH | | 7,46 |

Tableau 2 Proportions ioniques et moyennes des paramètres prédominants des eaux souterraines.

La composition globale reste relativement homogène. Les variations de conductivité, de concentration en calcium, de valeurs de TAC, de dureté et de pH entre les différents sites sont peu marquées (annexe 1.1 et 1.3). Les écarts maxima par rapport à la moyenne pour la conductivité, le calcium et le TAC sont compris entre +- 34 et +- 47 %. Cette variabilité limitée se remarque notamment sur les proportions en calcium du diagramme trilinéaire (fig. 2).

On notera que globalement, les forages aux alluvions présentent des valeurs un peu plus élevées que celles des sources et des forages aux calcaires (tableau 3). Ils sont également associés à de plus grandes dispersions de concentrations (annexe II.2 et 11.6).

| | Forages aux alluvions | Forages aux calcaires | Sources |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Conductivité (µS/cm) | 562 | 483 | 494 |
| Calcium (mg/l) | 106 | 91 | 90 |
| TAC (mg/l HC03) | 285 | 249 | 265 |

Tableau 3 Moyennes des paramètres prédominants en fonction de l'origine des eaux.

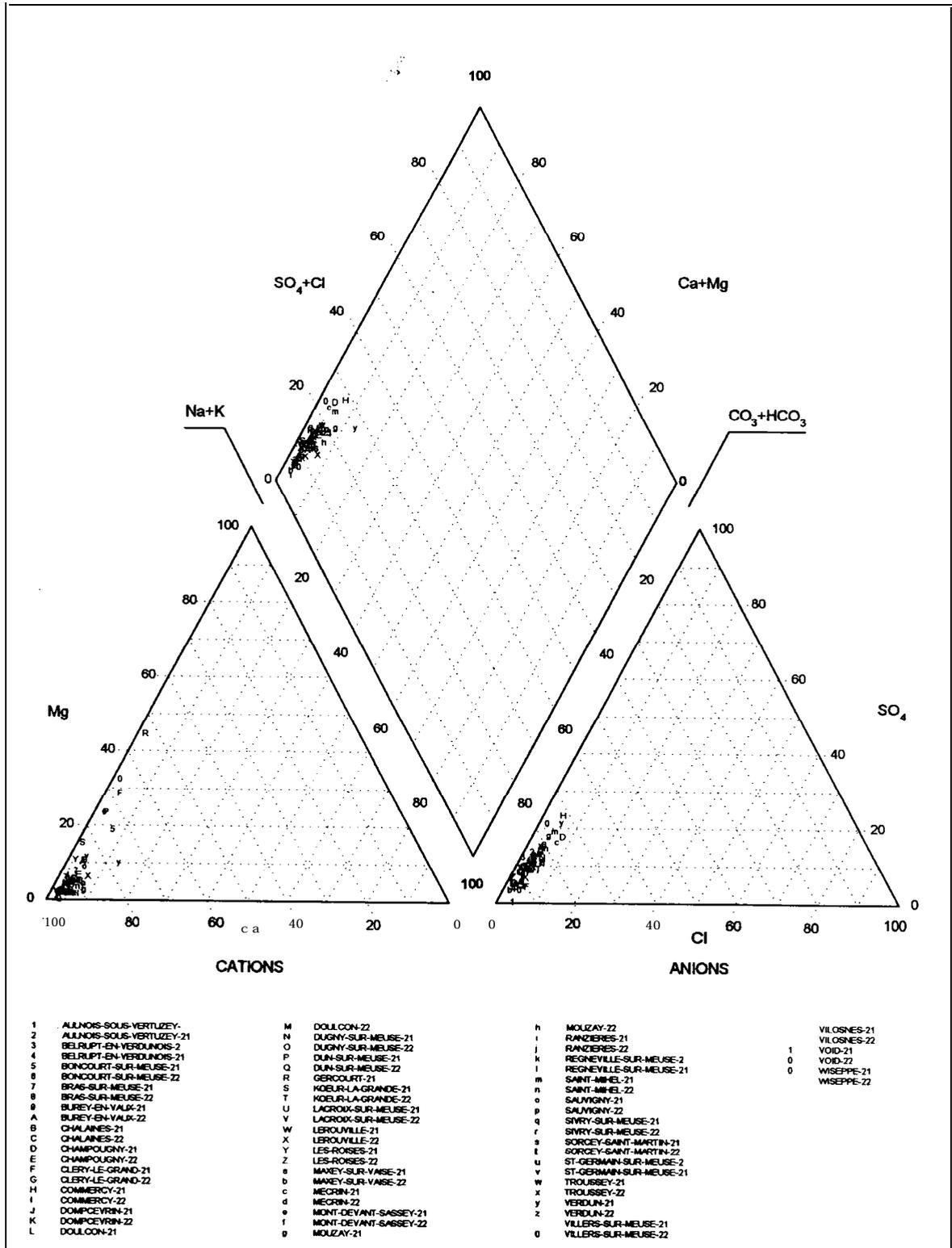


Fig. 2 Diagramme trilinéaire : basses eaux 1994 et hautes eaux 1995



Les variations de composition globale entre basses et hautes eaux sont limitées (annexes I.1,3 et annexes II. 1,8). Une légère tendance à la baisse en période de hautes eaux marque la conductivité de 22 sites. Les différences atteignent 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à plus de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette baisse se marque de la même façon qu'au cours de la première année d'étude et confirme l'influence du phénomène de dilution en saison pluvieuse.

3.2. Autres composants analysés : distributions, variations dans le temps, influences anthropiques.

Les autres ions observés dans les eaux apparaissent en concentrations nettement moins importantes que le calcium et le bicarbonate. La plupart présentent une composante nettement influencée par la nature des aquifères permettant de caractériser ces dernières. De plus, la qualité des eaux de certains sites est affectée par les activités humaines et dépassent parfois les normes de potabilité.

Les concentrations moyennes des éléments majeurs présents dans les eaux par ordre d'importance après le calcium et les bicarbonates sont les suivantes (détail tableau 4) :

pour les éléments principalement influencés par des facteurs naturels:

| | |
|---|--------------------------|
| sulfates | 26,3 mg/l |
| chlorures, sodium, silice, potassium, magnésium | 6,8 à 1,7 mg/l |
| fer, manganèse, aluminium | 0,166 mg/l à 0.007 mg/l. |

pour les éléments sous influence plus nettement anthropique:

| | |
|--|-------------------|
| nitrate | 16,7 mg/l |
| ammonium, phosphates, nitrites | 0.04 à 0.002 mg/l |
| pesticides organo-phosphorés, azotés, l-soufrés, /-chlorés | 91 ng/l |

Pour la plupart des éléments analysés, des contrastes apparaissent entre les eaux des forages réalisés dans les alluvions de la Meuse, les forages implantés dans les calcaires et surtout les sources alimentées par les calcaires.

Les différences les plus nettes concernent sulfates, sodium et chlorures, dans une moindre mesure magnésium, silice, potassium, manganèse et fer.

- Les diagrammes trinéaires et de Schoëller (annexes II.2,3,6,7 en basses eaux et II.9,10,13,14 en hautes eaux) montrent clairement que les forages aux alluvions subissent une plus grande dispersion des proportions ioniques, surtout en bicarbonates mais aussi en sulfates, sodium et chlorures. Ces augmentations se marquent également sur la composition globale des eaux, notamment sur la conductivité (annexe 1.1).

Les ouvrages qui subissent les écarts de concentrations les plus nets sont les forages aux alluvions de **Mouzay**, Wiseppe, Saint-Mihiel, Mécrin, **Commercy** et **Troussey** (annexe II 2 II.9). Ces observations s'appliquent aux deux saisons de mesures. En basses eaux les dispersions sont un peu plus marquées et touchent en plus le forage aux alluvions de Sauvigny et le forage mixte (aux alluvions et aux calcaires) de Boncourt-sur-Meuse.



| | Temp | Turb. | pH | Cond | DUR | TAC | Ca | Mg | Na | K | AL | Cl | SO4 | SiO2 | NO3 | NO2 | NH4 | Fe | Mn | P04 | ATR |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------|-------------|-------------|------|
| | °C | NTU | | µS/cm | °F | HCO3 | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | mg/l | ng/l |
| oct-94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moy | 11.3 | 1.2 | 7.49 | 529 | 26.4 | 267 | 95,6 | 5.6 | 4.1 | 1.6 | 0,007 | 7,5 | 27.8 | 5,5 | 14.9 | 0.001 | 0.032 | 177 | 29 | 0,05 | 88 |
| Pl age | 4,2 | 35.0 | 0,64 | 330 | 23,1 | 243 | 94.2 | 34.0 | 9,5 | 5,4 | 0.068 | 10.6 | 83.0 | 5.9 | 31.4 | 0.02 | 0,02 | 5430 | 870 | 0,56 | 205 |
| Min | 9,4 | 0,1 | 7,17 | 410 | 13,3 | 127 | 46.1 | 1.2 | 1.7 | 0,4 | 0,000 | 3.2 | 0.0 | 3,7 | 2,4 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Max | 13,6 | 35.0 | 7.81 | 740 | 36,4 | 370 | 140,3 | 35.2 | 11.2 | 5.8 | 0,068 | 13.8 | 83.0 | 9.6 | 33.8 | 0.02 | 0.02 | 5430 | 870 | 0.56 | 205 |
| mar-95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moy | 10.0 | 1.5 | 7,44 | 524 | 26,5 | 269 | 100,8 | 2,3 | 4,3 | 1.8 | 0.007 | 6.3 | 23.0 | 3,8 | 18.9 | 0,003 | 0.032 | 159 | 371 | 0,03 | 18 |
| Pl age | 3,9 | 39.9 | 0.73 | 323 | 14,6 | 171 | 56.2 | 7,2 | 7,3 | 5.0 | 0.061 | 10,1 | 40,5 | 5.0 | 41.0 | 0,06 | 1,05 | 4570 | 8500 | 0,50 | 44 |
| Min | 8.2 | 0,1 | 7,13 | 370 | 19.4 | 190 | 72,1 | 0.1 | 2,2 | 0,4 | 0,000 | 1.0 | 6.5 | 2.3 | 2.4 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Max | 12.1 | 40,0 | 7.86 | 701 | 34.0 | 361 | 128,3 | 7.3 | 9,5 | 5.4 | 0,081 | 11,1 | 47.0 | 7,3 | 43,4 | 0.06 | 1,05 | 4570 | 8500 | 0,50 | 44 |
| ANNEE2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moy | 1,3 | 7.46 | 528 | 26,6 | 269 | 98,3 | 4.3 | 4.2 | 1,7 | 0,007 | 6.8 | 26.3 | 4,7 | 16,7 | 0.002 | 0.031 | 166 | 32 | 0.04 | 91 | |
| Pl age | 40.0 | 0,73 | 362 | 23.1 | 243 | 94,2 | 35,1 | 9,5 | 5.4 | 0,081 | 12.8 | 83.0 | 7.3 | 41.0 | 0,06 | 1,05 | 5430 | 870 | 0.56 | 677 | |
| Min | 0,1 | 7,13 | 378 | 13.3 | 127 | 46.1 | 0.1 | 1.7 | 0.4 | 0,000 | 1.0 | 0,0 | 2,3 | 2.4 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | |
| Max | 40,0 | 7.86 | 740 | 38.4 | 370 | 140.3 | 35.2 | 11,2 | 5,8 | 0,081 | 13,8 | 83.0 | 9,6 | 43,4 | 0,06 | 1,05 | 5430 | 870 | 0,56 | 677 | |

Tableau 4 Données statistiques principales par campagne.

Les autres forages aux alluvions ainsi que les forages mixtes présentent des proportions et des concentrations en sulfates moins importantes mais qui restent presque toujours plus élevées que celles des sources.

Les distinctions au sein de ces dernières montrent des augmentations de concentrations en sulfates pour les basses eaux à Gercourt et Aulnois-sous-Vertuzay et une dispersion des chlorures plus marquée en hautes eaux à Sivry-sur-Meuse et Dun-sur-Meuse. Il faut préciser que ces deux derniers sites se trouvent directement en aval de la route D964 et peuvent subir une influence des traitements en chlorure de calcium hivernaux. La source de **Sivry-sur-Meuse** peut-être également influencée par les activités de l'agglomération.

• Les observations effectuées ci-dessus s'appliquent dans une moindre mesure à la silice dissoute, au potassium et au manganèse (fig. 3, tableau 5). Elles sont différentes pour le magnésium.

Les concentrations de tous ces éléments sont également induites essentiellement par la mise en solution des composants minéraux des terrains traversés.

La silice (annexe 1.10) subit de légères augmentations sur des sites implantés dans les alluvions : **Mouzay**, **Troussey** et Sauvigny. Elle est associée à une baisse presque systématique de 1 à 2 **mg/l** en saison de hautes eaux, sous l'effet de la dilution.

Le Potassium (annexe 1.6) se retrouve en concentrations de 2 à 5 **mg/l** supérieures à la moyenne sur les sites déjà mentionnés de **Mouzay**, Saint-Mihiel, **Commercy**, **Boncourt-sur-Meuse** et de Lérrouville. S'ajoute à ceux-ci le forage mixte de Sarcey-Saint-Martin.

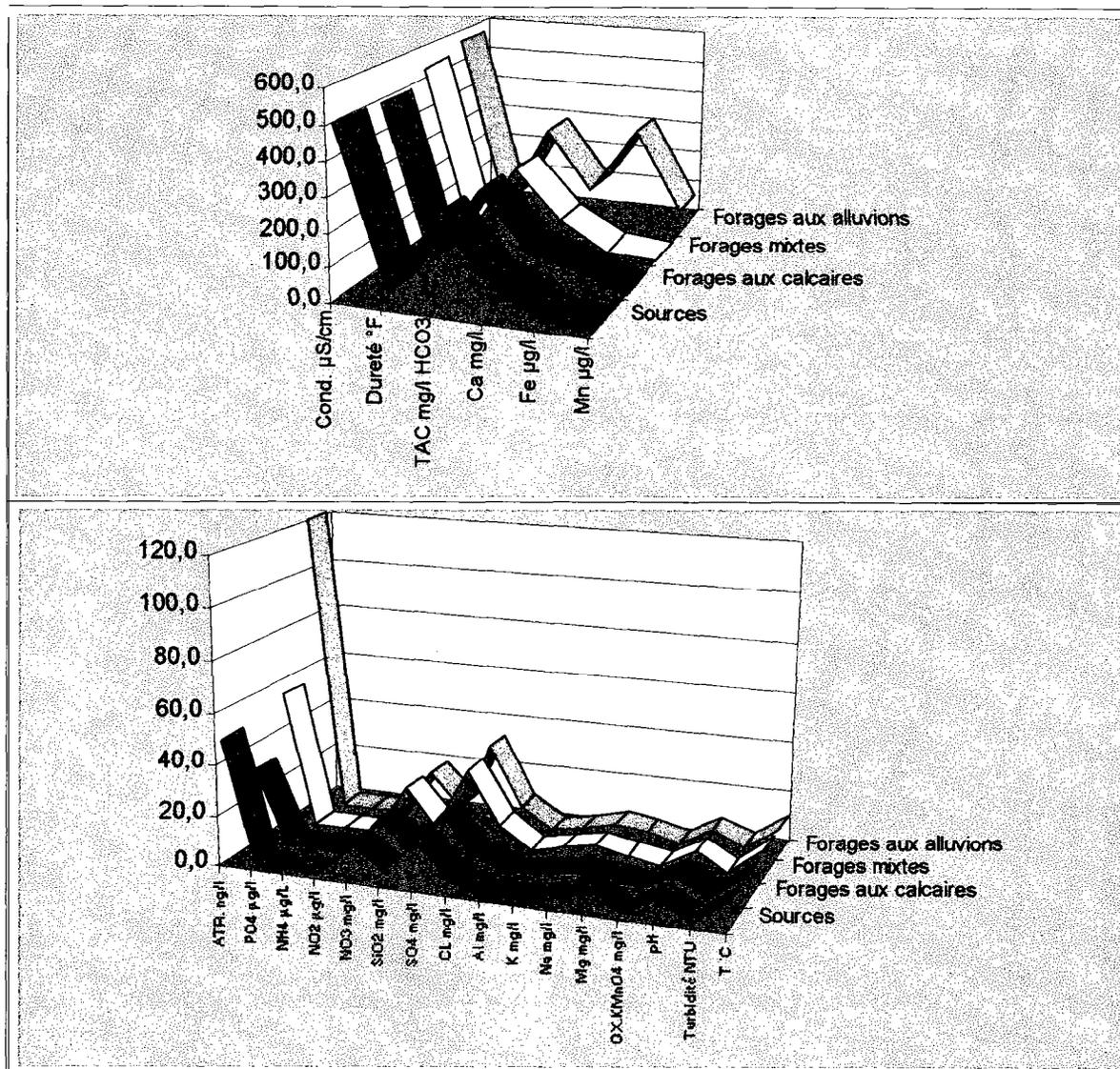


Figure 3 Concentrations moyennes en fonction de l'origine de l'eau.

| | | T. °C | Tub NTU | pH | C. µS/cm | DUR °F | TAC mg/l | Ca mg/l | OX mg/l | Mg mg/l | NA mg/l | K mg/l | Al mg/l | Cl mg/l | SO4 mg/l | SiO2 mg/l | NO3 mg/l | NO2 mg/l | NH4 mg/l | Fe µg/l | Mn µg/l | P04 mg/l | ATR ng/l |
|----------|-----|-------|---------|-----|----------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|
| C =15 | Moy | 9,8 | 0,2 | 7,5 | 494 | 25 | 265 | 90 | 0,2 | 6,5 | 2,5 | 0,8 | 0,008 | 4,9 | 17,3 | 4,2 | 13,5 | 0,003 | 0,001 | 12 | 0,4 | 0,0 | 49 |
| | max | 10,9 | 0,4 | 7,7 | 620 | 32 | 316 | 116 | 0,52 | 35,2 | 3,3 | 1,4 | 0,049 | 8,9 | 39,0 | 6,5 | 34,3 | 0,020 | 0,010 | 30 | 3,0 | 0,020 | 128 |
| | min | 8,5 | 0,1 | 7,3 | 414 | 21 | 208 | 70 | 0,0 | 0,1 | 1,7 | 0,4 | 0,000 | 2,2 | 8,0 | 2,7 | 3,2 | 0,000 | 0,004 | 0 | 0,0 | 0,0 | 5 |
| C =29 | Moy | 10,3 | 0,4 | 7,5 | 483 | 24 | 249 | 91 | 0,4 | 3,3 | 3,1 | 1,2 | 0,019 | 5,1 | 20,0 | 4,2 | 14,8 | 0,006 | 0,003 | 47 | 0,9 | 0,0 | 30 |
| | Moy | 11,6 | 1,6 | 7,9 | 570 | 29 | 308 | 112 | 0,7 | 18,2 | 5,5 | 2,0 | 0,081 | 10,8 | 32,0 | 6,7 | 34,0 | 0,060 | 0,030 | 150 | 5,0 | 0,1 | 54 |
| | min | 8,2 | 0,1 | 7,3 | 378 | 19 | 190 | 72 | 0,08 | 1,2 | 2,0 | 0,4 | 0,000 | 1,0 | 6,5 | 2,3 | 2,4 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0,000 | 5 |
| CA =6 | Moy | 11,2 | 0,2 | 7,5 | 529 | 24 | 236 | 92 | 0,2 | 2,6 | 5,3 | 2,7 | 0,001 | 8,8 | 29,8 | 4,9 | 19,4 | 0,000 | 0,000 | 10 | 0,3 | 0,0 | 54 |
| | max | 12,8 | 0,5 | 7,8 | 572 | 29 | 308 | 110 | 0,5 | 3,6 | 7,6 | 4,4 | 0,010 | 13,3 | 39,0 | 5,8 | 33,2 | 0,004 | 0,000 | 120 | 7,0 | 0,1 | 68 |
| | min | 10,4 | 0,1 | 7,3 | 457 | 13 | 127 | 46 | 0,1 | 1,2 | 1,9 | 0,4 | 0,000 | 1,6 | 18,0 | 3,4 | 4,1 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0,0 | 39 |
| A =34 | Moy | 11,1 | 2,4 | 7,4 | 562 | 28 | 285 | 106 | 0,5 | 4,0 | 5,2 | 2,1 | 0,003 | 8,0 | 32,3 | 5,0 | 18,3 | 0,000 | 0,061 | 311 | 64,7 | 0,1 | 120 |
| | max | 13,6 | 40,0 | 7,8 | 740 | 36 | 370 | 140 | 6,80 | 27,9 | 11,2 | 5,8 | 0,020 | 13,8 | 83,0 | 9,6 | 43,4 | 0,010 | 1,050 | 5430 | 870 | 0,560 | 677 |
| | min | 8,3 | 0,1 | 7 | 432 | 23,8 | 214 | 80 | 0 | 0,1 | 2,4 | 1 | 0,000 | 3,4 | 0 | 2,6 | 4,2 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0 | 5 |

Tableau 5 Valeurs moyennes et extrêmes en fonction de l'origine de l'eau. (n : nombre d'échantillons, SC : sources aux calcaires, FC: forages aux calcaires, FCA: forages aux calcaires et aux alluvions, FA : forages aux alluvions)



Le manganèse (annexe 1.15) est associé à une concentration moyenne plus élevée sur les ouvrages aux alluvions (fig.3). Cette observation est surtout le fait de trois forages dont les concentrations sont importantes : **Mouzay** (870 et 650 $\mu\text{g/l}$), Commercy (66 et 196 $\mu\text{g/l}$) et Lérrouville (65 à 196 $\mu\text{g/l}$). Il apparaît en plus faible concentration sur les forages aux alluvions de Wiseppe et de Saint-Mihiel (7 à 17 $\mu\text{g/l}$). On retrouve ici des sites déjà mentionnés et qui sont associés à des augmentations presque systématiques de concentrations.

Les concentrations importantes de manganèse sont liées à la présence de matière organique comme la tourbe dans les formations alluvionnaires. Les conditions réductrices engendrées par ces terrains favorisent la mise en solution du manganèse. C'est particulièrement le cas à **Mouzay** où les observations sont à associer à une turbidité et une oxydabilité au KMnO_4 importantes. La turbidité est due à l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique insoluble qui colore l'eau après la prise d'échantillon.

On remarquera que les augmentations de concentrations apparaissent indistinctement en hautes et en basses eaux.

Le magnésium (annexe I.4) présente de légères différences en fonction de la nature de l'aquifère. Les concentrations atteignent 0,1 à 35,2 mg/l .

En hautes eaux, les ouvrages aux alluvions montrent des proportions cationiques en magnésium et une dispersion un peu plus élevées que les autres types de captages (annexe 1.9 et 1.12). Ces augmentations concernent les sites de Burey-en-Vaux, Boncourt-sur-Meuse, **Mouzay**, Commercy, Sauvigny et Saint Germain-sur-Meuse.

Par contre en basses eaux, les écarts entre alluvions et sources apparaissent nettement moins contrastés (annexe II.2 et 11.6). Les dispersions sont par contre plus importantes qu'en hautes eaux. Les source de Mont-devant-Sasse, Dun-sur-Meuse, Gercourt et **Koeur-la-Grande** ainsi que le forage de Cléry-le-Grand sont les sites le plus marqués par ces augmentations de dispersions.

Le fer et l'aluminium ne permettent pas d'établir de distinction claire entre les aquifères représentés.

Le fer (annexe 1.14) présente des concentrations très élevées à **Mouzay** (4500 à 5500 $\mu\text{g/l}$). Ces concentrations haussent artificiellement la valeur de la moyenne pour les forages aux alluvions (tableau 4). Les autres valeurs importantes que l'on retrouve apparaissent tant sur des forages aux alluvions que sur des forages mixtes ou aux calcaires mais pas dans les eaux de sources. Ces forages sont : Wiseppe, Cléry-le-Grand, Regnéville-sur-Meuse (plus de 100 $\mu\text{g/l}$), Lérrouville, Trousey, Maxey-sur-Vaise et Les **Roises** (80 à 100 $\mu\text{g/l}$). Le fer est directement lié à la nature des terrains.

L'aluminium (annexe 1.7) apparaît en concentrations plus marquées sur les sites de **Cléry-le-Grand**, **Koeur-la-Grande** et **Maxey-sur-Vaise** (0,04 à 0,08 mg/l). Ce sont des sites captant les calcaires. On remarquera que ces concentrations s'accompagnent d'une hausse de turbidité (annexe I.2), surtout pour les forages aux calcaires. Le phénomène est très probablement associé à une augmentation de teneur des particules argileuses en suspension dans l'eau. Les circulations plus ou moins karstiques au sein des calcaires combinées à d'éventuels événements pluvieux entraînant la mobilisation d'argile seraient à l'origine de ces observations.



• Les éléments sous influence marquée des activités humaines que sont nitrates, nitrites, ammonium, phosphates et pesticides ne sont pas distribués de façon aussi claire que ceux présentés ci-dessus (fig. 3 et tableau 5).

On notera que les concentrations de ces éléments, hormis les pesticides et les phosphates, ont une composante liée à la nature des aquifères et à leur protection. En effet, l'activité organique en surface contribue à l'apport en nitrates et parfois en traces de nitrites et d'ammonium dans les eaux souterraines. Généralement ces concentrations restent faibles (quelques ppm pour les nitrates, quelques ppb pour les nitrites et l'ammonium) et n'entraînent pas de limitations de potabilité des eaux.

Les activités agricoles et domestiques entraînent par contre des hausses parfois importantes.

Les nitrates (annexe 1.11) atteignent des concentrations moyennes de **18,6 mg/l** dans les forages aux alluvions et **13,5 mg/l** dans les sources (tableau 5). Les valeurs limites s'étalent entre **2,4** aux **Roises** (forage aux calcaires) et **43,4** à Lacroix-sur-Meuse (forage aux alluvions).

On remarquera que ces extrêmes sont très proches pour chaque type de point d'eau. Presque autant d'ouvrages aux calcaires (forages et sources) que de forages aux alluvions présentent des valeurs marquées en nitrates (fig.4). Toutefois les valeurs les plus basses et présentant une variabilité minimale correspondent surtout à des captages implantés dans les calcaires. Les sites qui semblent les moins influencés sont ceux de Aulnois-sous-Vertuzey, des **Roises** et de Doulcon (tableau 6).

La plupart des sources ne dépassent pas **15 mg/l** et une variabilité saisonnière de **8 mg/l**. Dans cette plage de concentrations, les forages aux alluvions ne sont représentés que par cinq sites. **Mouzay** occupe une place particulière, puisque les conditions réductrices prévalant dans les eaux tendent à réduire les concentrations en nitrates à la faveur d'autres formes azotées. Les sources de Sivry-sur-Meuse mais surtout Dun-sur-Meuse et Gercourt paraissent plus sensibles de par leur position en aval direct de zones de cultures **et/ou** en agglomération.

L'évolution des nitrates entre les deux périodes d'échantillonnage indique une hausse affectant 22 sites sur 35 en saison de hautes eaux. De **14,9 mg/l** en octobre, la moyenne des concentrations passe à **18,9 mg/l** en mars.

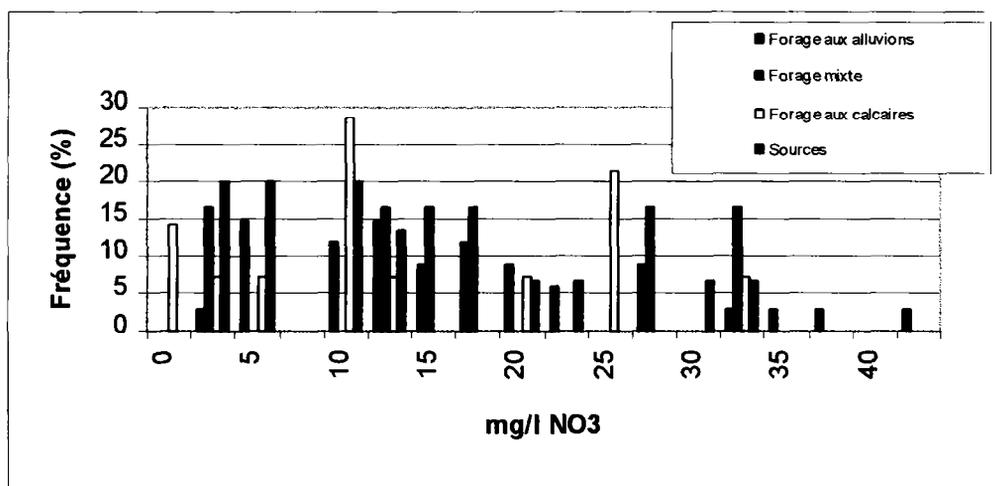


Fig.4 Distribution de fréquence des concentrations en nitrates en fonction de l'origine des eaux.



Les augmentations en nitrates atteignent 2 à 15 mg/l. Elles apparaissent surtout en période de hautes eaux. Ce comportement est associé à des infiltrations plus marquées à cette saison probablement en conjonction avec des épandages d'engrais azotés **et/ou** une fixation azotée limitée par la réduction d'activité organique des sols.

| Nitrates | Sources | Forages calcaires | Forages mixtes | Forages aux alluvions |
|----------|--|--|-----------------------------|--|
| 2,4 à 5 | Doulcon Aulnois-sous-Vertuzay | Les Roises | | |
| 7 à 15 | Mont-devant-Sassey Koeur-la-Grande Ranzières | Belrupt-en-Verduinois Bras-sur-Meuse Maxey-sur-Vaise | | Lérouville Commercy Troussey Wiseppe Vilosnes Mouzay |
| 7 à 25 | Sivry-sur-Meuse | Regnéville-sur-Meuse | Verdun Sorcery-st-Martin | Sauvigny St Germain-sur-Meuse Chalaines Boncomt-sur-Meuse Saint-Mihiel Void Dompcevrin |
| 25 à 43 | Dun-sur-Meuse Gercourt | Dugny-sur-Meuse Clery-le-Grand | Champougny | Villers-sur-Meuse Lacroix-sur-Meuse Mecrin Burey-en-Vaux |

Tableau 6 Distribution des concentrations en nitrates en fonction de l'origine des eaux.

Les nitrites (annexe 1.12) ne se retrouvent que sur cinq sites. Les concentrations sont comprises entre 0,02 et 0,06 mg/l. Ils affectent à la fois des sources, des forages aux calcaires ou aux alluvions. Ces valeurs restent faibles et ne représentent pas de limitations à la potabilité des eaux.

La source de Doulcon indique en hautes eaux des traces en nitrites (0,02 mg/l). Cette source, dont les concentrations en nitrates sont parmi les plus basses rencontrées semble ne pas être à l'abri d'influences extérieures. Celles-ci sont probablement liées à la présence de petits animaux ou de celle de l'étang en contrebas dont le niveau doit se situer très près du niveau de pompage dans le puits de captage.

Ces influences apparaissent aussi sur le site de Sivry-sur-Meuse (0,02 mg/l en hautes eaux), de par sa situation à proximité directe d'un ruisseau et en aval de l'agglomération.

Les forages de Regnéville et de Bras-sur-Meuse sont également associés à des valeurs en nitrites un peu plus élevées que sur les autres sites, atteignant 0,03 et 0,06 mg/l. Ces augmentations n'apparaissent qu'en hautes eaux.

Les concentrations en ammonium (annexe 1.13) s'étalent entre 0,01 et 0,03 mg/l sur 6 sites et atteignent la valeur de 1 mg/l à Mouzay. L'ammonium n'a pas été détecté sur les autres points d'eau. Ces valeurs s'observent sur des sources, des forages aux alluvions ou aux calcaires.



Le forage de **Mouzay** est très sensible aux pollutions de surface. Les conditions réductrices présentes dans les alluvions à proximité de l'ouvrage évitent la nitrification de l'**ammonium** en nitrites et en nitrates.

Les autres forages aux alluvions concernés sont ceux de Vilosnes, **Troussey** et Saint Germain-sur-Meuse (**0,01 à 0,02 mg/l**). Les valeurs observées sur les sources de **Sivry-sur-Meuse** et de **Ranzieres** restent faibles (**0,01 mg/l**), comme celles des forages aux calcaires de Cléry-le-Grand et de Maxey-sur-Vaise (**0,01 à 0,03 mg/l**). Ces valeurs sont liées comme les nitrites et les nitrates à l'influence des activités de surface. Elles ne représentent aucune limitation de potabilité.

On remarquera qu'aucune trace détectable d'ammonium n'a été mise en évidence sur les échantillons pris en saison de hautes eaux, excepté à Vilosnes.

Les ions phosphoriques (annexe 1.17) atteignent des concentrations de 0 à **0,55 mg/l**. Ils apparaissent surtout sur les forages aux alluvions de **Mouzay** et de Sauvigny (**0,5 à 0,55 mg/l**). Il n'est pas impossible que ces valeurs plus marquées soient générées par des épandages d'engrais phosphatés.

Parmi les pesticides analysés, seule l'atrazine a été identifiée (annexe 1.16). Seul parmi les 10 sites étudiés celui de **Troussey** n'a pas présenté sur les deux campagnes des concentrations supérieures au seuil détectable (**5 ng/l**).

Les concentrations observées sur les autres sites s'étalent entre 13 et **677 ng/l**. **Mouzay** apparaît de nouveau comme le site le plus sensible, avec des concentrations importantes de 120 et **677 ng/l**.

Des valeurs élevées s'observent également sur les forages aux alluvions de Mécrin, Chalaines et Sauvigny (**13 à 205 ng/l**).

Des deux sources échantillonnées, seule celle de Gercourt présente une valeur importante (**128 ng/l**). Celle de Ranzières, bien que liée à des concentrations basses (**5 à 13 ng/l**), montre une sensibilité aux activités agricoles environnantes.

Il en va de même pour le forage aux alluvions de Vilosnes, le forage aux calcaires de Regnéville-sur-Meuse et le forage mixte de Champougny.

Il faut noter que les augmentations de concentrations les plus marquées apparaissent systématiquement en basses eaux, phénomène probablement associé aux traitements estivaux des cultures de maïs.

3.3 Dépassements de normes.

Les eaux souterraines étudiées présentent des dépassements de valeurs limites impératives sur 6 sites et des dépassements de valeurs guide sur 12 sites.

Les éléments concernés sont : nitrates, ammonium, fer, manganèse et atrazine.

3.3.1. Dépassements de valeurs limites impératives

Les dépassements de ces limites sont précisés sur les cartes en annexe 1 par la couleur rouge des histogrammes.

Ces dépassements affectent ammonium, fer, manganèse et atrazine (valeurs limites impératives tableau 7).



Le fer et le manganèse sont des éléments qui peuvent être éliminés par oxydation et précipitation avec passage sur des filtres et ne posent donc pas de problème majeur. Leur présence dans les forages peut toutefois entraîner la formation de dépôts en combinaison avec des carbonates ou favoriser le développement de colonies bactériennes qui auront tendance à colmater ou altérer les crépines.

| | | |
|-----------|------|--------------------|
| nitrate | 25 | mg/l |
| ammonium | 0,05 | mg/l |
| fer | 300 | µg/l (0,3 mg/l) |
| manganèse | 50 | µg/l (0,05 mg/l) |
| atrazine | 100 | ng/l (0,0001 mg/l) |

Tableau 7 Valeurs limites impératives

Le fer (annexe 1.14) ne dépasse les 300 µg/l que sur les eaux du forage aux alluvions de **Mouzay**. Les valeurs atteignent 4570 et 5500 µg/l.

Le manganèse (annexe 1.15) dépasse 50 µg/l sur les sites aux alluvions de **Mouzay** (870 et 850 µg/l), de **Lérouville** et de **Commercy** (66 à 196 µg/l). Ces éléments sont liés à des conditions naturelles existant dans les alluvions.

L'ammonium (annexe 1.13) ne dépasse les limites qu'à **Mouzay** (1 et 1,05 mg/l). Il dénote la mauvaise qualité des eaux de ce site par apports de surface et l'absence de **nitrification**.

L'atrazine (annexe 1.16) affecte les forages aux alluvions de **Mouzay**, **Mécrin**, **Chalaisnes** et **Sauvigny** (128 à 205 ng/l). Ces dépassements apparaissent en basses eaux, excepté à **Mouzay** où les concentrations sont systématiquement hors norme.

3.3.2. Dépassements de valeurs guide

Les dépassements de valeurs guide concernent le fer et les nitrates (valeurs guide tableau 8). Ils concernent 12 sites.

| | | |
|---------|-----|-----------------|
| fer | 100 | µg/l (0,1 mg/l) |
| nitrate | 25 | mg/l |

Tableau 8. Valeurs guide associées aux éléments hors normes.

Le fer (annexe 1.14) dépasse les 100 µg/l sur 3 sites. Les concentrations sont de 120 à 150 µg/l. Elles affectent le forage aux alluvions de **Wiseppe** et les forages aux calcaires de **Cléry-le-Grand** et de **Regnéville-sur-Meuse**.

Les nitrates (annexe 1.11) dépassent les 25 mg/l sur 9 sites. Les concentrations s'étalent entre 25 mg/l et 43,4 mg/l. Les ouvrages affectés sont : les forages aux alluvions de **Villers-sur-Meuse**, **Lacroix-sur-Meuse**, **Mécrin** et **Burey-en-Vaux**, le forage mixte de **Champougny**, les forages aux calcaires de **Cléry-le-Grand** et de **Dugny-sur-Meuse**, les sources de **Dun-sur-Meuse** et de **Gercourt**.

Les dépassements les plus marqués apparaissent surtout en période de hautes eaux.



3.4. Qualité des eaux.

La qualité des eaux souterraines de la vallée de la Meuse apparaît variable. Les éléments analysés au cours des deux campagnes d'analyse permettent d'identifier des sites dont l'environnement favorise une bonne qualité et d'autres où les apports d'origine anthropique tendent à prendre le pas.

Notons que ces observations sont susceptibles d'évoluer au cours des années de contrôle qui suivront.

3.4.1. Sites conformes aux normes de potabilité

- **NO₃ : 2,5 - 5 mg/l.** Variabilité limitée de la composition, minéralisation globale peu élevée, absence d'autres agents indésirables :

| | |
|----|-----------------------|
| S | Aulnois-sous-Vertuzey |
| S | Doulcon |
| FC | Les Roises |

Avec S : source aux calcaires, FC : forage aux calcaires.

La source de Doulcon présente des traces de nitrites (0.02 mg/l) qui justifient de porter une attention particulière à la protection directe du site.

- **NO₃ : 7 - 15 mg/l.** Variabilité un peu plus marquée, absence d'autres agents indésirables :

| | |
|----|----------------------|
| S | Mont-devant-Sassey |
| S | Koeur-la-Grande |
| FC | Belrupt-en-Verdunois |

Avec S : source aux calcaires, FC : forage aux calcaires.

Tous les sites présentés ci-dessus sont protégés par un massif forestier et ne devraient subir aucune influence indésirable si les infrastructures sont correctement installées et entretenues et que les activités sont limitées en amont des captages et respectent les servitudes imposées lorsqu'un périmètre de protection a été défini.

Le site de Belrupt-en-Verdunois est un peu plus sensible, une zone d'activité agricole se trouvant juste en amont (lieu dit "La Masure", annexe III. 12).

- **NO₃ : 7 - 25 mg/l, traces en NO₂, NH₄ et ATRAZINE, localement Fe > 100 µg/l.** Sensibilité aux activités agricoles.

| | |
|-----|---------------------|
| FCA | Verdun |
| FCA | Sorcey-saint-Martin |
| FA | Dompcevrin |
| FA | Saint-Mihiel |
| FA | Boncourt-sur-Meuse |
| FA | Void |
| FA | Wiseppe(Fe) |



| | |
|-----|-------------------------------------|
| FA | Commercy (Mn) |
| FCA | Commercy (Mn) |
| FA | Lérouville (Mn) |
| FA | Troussey (NH4) |
| FC | Saint Germain-sur-Meuse (NH4) |
| FC | Maxey-sur-Vaise (NH4) |
| S | Bras-sur-Meuse (NO2, NH4) |
| FC | Sivry-sur-Meuse (NO2, NH4) |
| FA | Regnéville-sur-Meuse (ATR, NO2, Fe) |
| S | Vilosnes (ATR, NH4) |
| | Ranzières (ATR, NH4) |

Avec S : sources aux chaires, FC : forage aux calcaires et alluvions, FCA : forage aux calcaires et alluvions, FA : forage aux calcaires

- **NO3 > 25 mg/l, traces ATRAZINE ou NH4, localement Fe > 100 µg/l.**

| | |
|-----|--------------------------|
| S | Dun-sur-Meuse |
| FC | Dugny-sur-Meuse |
| FA | Villers-sur-Meuse |
| FA | Lacroix-sur-Meuse |
| FA | Burey-en-Vaux |
| FC | Cléry-le-Grand (NH4, Fe) |
| FCA | Champougny (ATR) |

Avec S : sources aux calcaires, FC : forage aux calcaires et alluvions, FCA : forage aux calcaires et alluvions, FA : forage aux calcaires

3.4.2. Sites non conformes aux normes de potabilité

Dépassements de normes de potabilité en **ATRAZINE et/ou NH4:**

| | |
|----|---------------------------|
| S | Gercourt (ATR) |
| FA | Chalaisnes (ATR) |
| FA | Sauvigny (ATR) |
| FA | Mécrin (ATR) |
| FA | Mouzav (ATR, NH4, Fe, Mn) |

Avec S : sources aux calcaires, FA : forage aux alluvions.



IV. CONCLUSIONS

La deuxième année de suivi de la qualité des eaux souterraines de la vallée de la Meuse couvre deux campagnes : basses eaux (octobre 1994) et hautes eaux (mars 1995).

Les eaux étudiées proviennent des alluvions de la Meuse et des calcaires **encaissants**.

Ces eaux présentent une composante dominante **calcique** (98 mg/l) et **bicarbonatée** (269 mg/l). La minéralisation globale peut être caractérisée de moyenne (conductivité de 528 $\mu\text{s/cm}$)

Les écarts de concentrations par rapport aux moyennes restent généralement limités. Ce sont surtout les éléments sensibles à des facteurs anthropiques qui subissent des variations marquées : nitrates, ammonium, atrazine. Ce comportement est également valable pour le fer et le manganèse, éléments issus des terrains aquifères.

La qualité des eaux est variable et subit une influence importante des activités agricoles.

La plupart des éléments analysés indiquent des valeurs généralement supérieures sur les forages implantés dans les alluvions. C'est particulièrement le cas des sites de **Mouzay**, **Saint-Mihiel**, **Mécrin**, **Commercy**, **Troussey** et, **Boncourt-sur-Meuse**. Ces augmentations n'affectent pas nécessairement la qualité des eaux.

L'observation des éléments influencés par les activités agricoles (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates et atrazine) permet de préciser ces observations.

Les contrastes entre forages aux alluvions et captages aux calcaires sont surtout liés à la présence de sites particulièrement bien protégés par un environnement forestier couvrant une grande partie ou la totalité de la zone d'alimentation des ouvrages. Ce sont uniquement des sources et des forages aux calcaires implantés dans des vallons **affluants** de la vallée de la Meuse et caractérisés par une eau de bonne qualité. Atrazine, ammonium et nitrites sont absents, les nitrates atteignent **2,5 à 12 mg/l**. La variabilité des paramètres analysés est limitée et certains sites présentent une eau commercialisable sous l'appellation "eau de source",

Certains sites implantés en plaine alluviale présentent une bonne qualité d'eau. La variabilité des constituants est toutefois plus marquée et les concentrations en nitrates sont un peu plus importantes (7 à 23 mg/l).

D'un autre côté, des sites en plaine de la Meuse sont associés à des concentrations inacceptables en atrazine et en ammonium. Ce sont les forages aux alluvions de **Mouzay**, **Chalaisnes**, **Sauvigny** et **Mécrin**, directement influencés par les infiltrations d'eaux de surface.

Cette sensibilité se retrouve sur d'autres forages implantés en plaine ou dans les vallons affluents mais aussi sur des sources moins bien protégées que celles déjà mentionnées. L'environnement agricole sur la zone d'alimentation des ouvrages joue bien entendu un rôle primordial sur la qualité de ces eaux. Les concentrations en nitrates atteignent ou dépassent les **25 mg/l** et on observe parfois des traces d'atrazine.



Parmi les éléments d'origine naturelle entraînant des limitations de qualité, on dénote le manganèse et le fer qui dépassent sur quelques sites les limites impératives. Le premier est associé à la nature des terrains alluvionnaires tandis que le second se retrouve à la fois dans les forages aux alluvions et les forages aux calcaires.

L'évolution dans le temps de la composition des eaux montre l'influence des effets de dilution en saison de hautes eaux. De nombreux paramètres subissent à cette période une diminution plus ou moins marquée (température, conductivité, pH, sulfates, silice dissoute, chlorures, magnésium et oxydabilité). Le même effet, combiné à la dégradation, explique la baisse des concentrations en atrazine en période de hautes eaux. Les apports en atrazine sont nettement plus marqués en étiage, probablement sous l'influence des traitements du maïs en été.

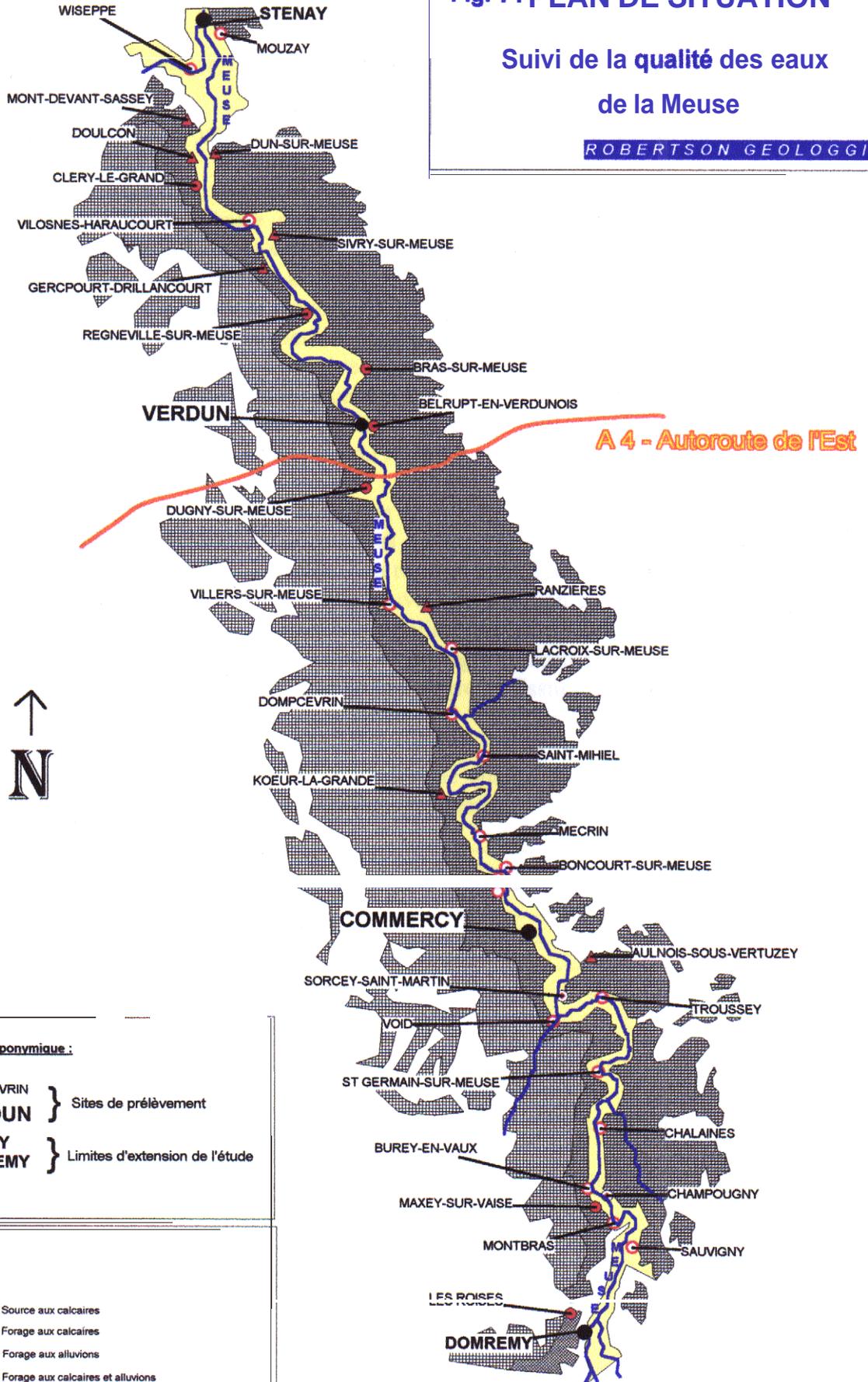
Seuls nitrate et nitrite sont associés à des augmentations sensibles en hautes eaux. Ceci est probablement lié à des infiltrations plus marquées combinées à une activité organique des sols plus réduite.

| A | Date de révision | Composé et rédigé par | Contrôlé par | Approuvé par |
|-------|------------------|---------------------------|--------------|--------------|
| Lèves | 04/10/96 | C. BRAZILLET B. TOMASI | B. TOMASI | D. BECQUART |

Fig. 1 : PLAN DE SITUATION

Suivi de la qualité des eaux de la Meuse

ROBERTSON GEOLOGGING



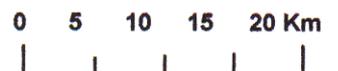
Légende toponymique :

- DOMPCEVRIN } Sites de prélèvement
- VERDUN } Sites de prélèvement
- STENAY } Limites d'extension de l'étude
- DOMREMY } Limites d'extension de l'étude

Légende :

- Source aux calcaires
- Forage aux calcaires
- Forage aux alluvions
- Forage aux calcaires et alluvions
- Alluvions sablo-argileuses de la Meuse
- Oxfordien moyen et supérieur : alternance de calcaires blancs et d'argiles calcaires récifaux

Echelle : 1/500000



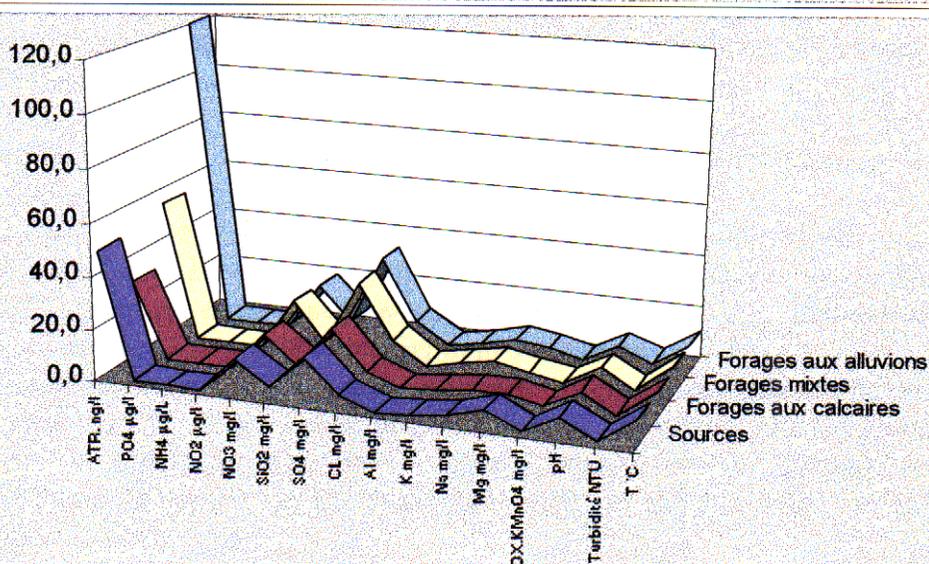
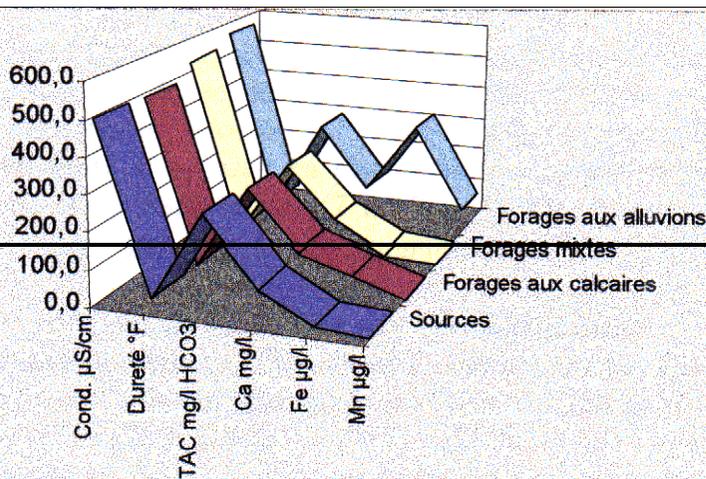


Figure 3 Concentrations moyennes en fonction de l'origine de l'eau.

| | | T. °C | Turb NTU | pH | C. µS/cm | DUR. °F | TAC mg/l | Ca mg/l | OX mg/l | Mg mg/l | NA mg/l | K mg/l | Al mg/l | Cl mg/l | SO4 mg/l | SiO2 mg/l | NO3 mg/l | NO2 mg/l | NH4 mg/l | Fe µg/l | Mn µg/l | PO4 mg/l | ATR ng/l |
|------------|-----|-------|----------|-----|----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|
| SC n=15 | Moy | 9,8 | 0,2 | 7,5 | 494 | 25 | 265 | 90 | 0,2 | 6,5 | 2,5 | 0,8 | 0,008 | 4,9 | 17,3 | 4,2 | 13,5 | 0,003 | 0,001 | 12 | 0,4 | 0,0 | 49 |
| | max | 10,9 | 0,4 | 7,7 | 620 | 32 | 316 | 116 | 0,52 | 35,2 | 3,3 | 1,4 | 0,049 | 8,9 | 39,0 | 6,5 | 34,3 | 0,020 | 0,010 | 30 | 3,0 | 0,020 | 128 |
| | min | 8,5 | 0,1 | 7,3 | 414 | 21 | 208 | 70 | 0,0 | 0,1 | 1,7 | 0,4 | 0,000 | 2,2 | 8,0 | 2,7 | 3,2 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0,0 | 5 |
| FC n=29 | Moy | 10,3 | 0,4 | 7,5 | 483 | 24 | 249 | 91 | 0,4 | 3,3 | 3,1 | 1,2 | 0,019 | 5,1 | 20,0 | 4,2 | 14,8 | 0,006 | 0,003 | 47 | 0,9 | 0,0 | 30 |
| | Moy | 11,6 | 1,6 | 7,9 | 570 | 29 | 308 | 112 | 0,7 | 18,2 | 5,5 | 2,0 | 0,081 | 10,8 | 32,0 | 6,7 | 34,0 | 0,060 | 0,030 | 150 | 5,0 | 0,1 | 54 |
| | min | 8,2 | 0,1 | 7,3 | 378 | 19 | 190 | 72 | 0,08 | 1,2 | 2,0 | 0,4 | 0,000 | 1,0 | 6,5 | 2,3 | 2,4 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0,000 | 5 |
| FCA n=6 | Moy | 11,2 | 0,2 | 7,5 | 529 | 24 | 236 | 92 | 0,2 | 2,6 | 5,3 | 2,7 | 0,001 | 8,8 | 29,8 | 4,9 | 19,4 | 0,000 | 0,000 | 10 | 0,3 | 0,0 | 54 |
| | max | 12,8 | 0,5 | 7,8 | 572 | 29 | 308 | 110 | 0,5 | 3,6 | 7,6 | 4,4 | 0,010 | 13,3 | 39,0 | 5,8 | 33,2 | 0,000 | 0,000 | 120 | 7,0 | 0,1 | 68 |
| | min | 10,4 | 0,1 | 7,3 | 457 | 13 | 127 | 46 | 0,1 | 1,2 | 1,9 | 0,4 | 0,000 | 1,6 | 18,0 | 3,4 | 4,1 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0,0 | 39 |
| FA n=34 | Moy | 11,1 | 2,4 | 7,4 | 562 | 28 | 285 | 106 | 0,5 | 4,0 | 5,2 | 2,1 | 0,003 | 8,0 | 32,3 | 5,0 | 18,3 | 0,000 | 0,061 | 311 | 64,7 | 0,1 | 120 |
| | max | 13,6 | 40,0 | 7,8 | 740 | 36 | 370 | 140 | 6,80 | 27,9 | 11,2 | 5,8 | 0,020 | 13,8 | 83,0 | 9,6 | 43,4 | 0,010 | 1,050 | 5430 | 870 | 0,560 | 677 |
| | min | 8,3 | 0,1 | 7 | 432 | 23,8 | 214 | 80 | 0 | 0,1 | 2,4 | 1 | 0,000 | 3,4 | 0 | 2,6 | 4,2 | 0,000 | 0,000 | 0 | 0,0 | 0 | 5 |

Tableau 5 Valeurs moyennes et extrêmes en fonction de l'origine de l'eau. (n : nombre d'échantillons, SC : sources aux calcaires, FC: forages aux calcaires, FCA: forages aux calcaires et aux alluvions, FA : forages aux alluvions)