BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES
DIRECTION SCIENTIFIQUE
74, rue de la Fédération
PARIS 15°

DEPARTEMENT DES SERVICES
GEOLOGIQUES REGIONAUX
S.G.R. - LANGUEDOC-ROUSSILLON
Nouvelle Faculté des Sciences
Avenue Abbé Parguel
34 - Montpellier

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DES BASSINS DE L'AUZONNET ET DE L'AVENE AMONT (BORDURE DES CEVENNES AU NORD D'ALES - GARD)

Chimie des eaux
POLLUTION DE L'AUZONNET

par

B. LEMAIRE

DSGR.66.A50

Septembre 1966

AVANT-PROPOS. RESUME

A la suite de travaux préparatoires (bibliographie, reconnaissance) qui ont commencé à la fin de l'année 1964, le Service géologique régional "Languedoc-Roussillon" du B. R. G. M. a entrepris en août 1965 l'étude géologique et hydrogéologique des bassins de l'Auzonnet et de l'Avène (Gard - nord d'Alès). Ces travaux sont réalisés dans le cadre des études sous convention entreprises par le B. R. G. M. à la demande du Ministère de l'industrie. Selon le désir exprimé en avril 1966 par Monsieur l'Ingénieur en chef des Mines, chargé de l'Arrondissement minéralogique de Montpellier, les derniers mois d'observations et de mesures ont été plus particulièrement consacrés à la chimie des eaux et à l'examen de la pollution chimique de l'Auzonnet.

Un cycle annuel d'observations était prévu : il se terminait fin août 1966. Ce rapport présente l'ensemble des travaux et des résultats obtenus par mesure directe ou par leur interprétation, notamment :

- des données sur la pluviomètrie et le régime de l'Auzonnet en 1965-1966,
- la définition de quatre niveaux aquifères superposés indépendants dont deux jouent un grand rôle dans la vallée de l'Auzonnet : le Trias basal dont l'eau constitue l'essentiel de l'exhaure des mines, et le Lias inférieur qui alimente les sources principales,
- le rôle de la tectonique dans la délimitation des bassins versants souterrains à l'ouest de la faille des Cévennes,
- la classification hydrogéologique et hydrochimique des sources,
- l'évolution chimique amont-aval des eaux de l'Auzonnet qui suit fidèlement la qualité chimique des apports successifs,
- l'examen critique de la pollution chimique de l'Auzonnet due à l'excès de chlorures et de sulfates. Ses origines sont multiples : eaux du Trias (Les Estéraings), exhaures de mines, égouts, lessivage des dépôts d'ordures. Les eaux des Estéraings et des pompage d'exhaure sont sulfatées ; ce type de pollution a tendance à disparaître en aval par réduction des sulfates. L'hyperchloruration des eaux de l'Auzonnet se produit au niveau de l'égout de la mine de Saint-Florent. La direction des Houillères du bassin des Cévennes envisage des serrements qui isoleront les vieux travaux d'où provient la majeure partie des eaux salées du fond. Si tel est le cas, il peut être envisageable de voir supprimer une cause importante de pollution de la rivière. Ceci n'aurait d'ailleurs d'intérêt que pour autant que les municipalités et les riverains veuillent bien ne plus considérer l'Auzonnet comme un égout à ciel ouvert.

Sommaire du Rapport

I - Texte

Page

1 Introduction..... 1

2 Généralités..... 2
2.1 Le cadre géographique..... 2
2.2 Le cadre géomorphologique..... 2
2.3 Le réseau hydrographique principal..... 3
2.4 Le cadre économique..... 3

3 Géologie..... 4
3.1 Introduction..... 4
3.2 La série métamorphique..... 4
3.3 La série sédimentaire..... 4
3.3.1 Le Houiller..... 4
3.3.2 Le Trias..... 4
3.3.3 Le Lias..... 5
3.3.4 Le Jurassique moyen et supérieur..... 6
3.3.5 Le Crétacé..... 7
3.3.6 Oligocène supérieur - Sannoisien..... 7
3.4 Tectonique..... 8
3.4.1 Les failles..... 8
3.4.2 Les principaux panneaux tectoniques..... 8

4 Climatologie. Hydrologie..... 9
4.1 Climatologie..... 9
4.1.1 Généralités..... 9
4.1.2 Pluviomètrie en 1965-1966..... 9
4.2 Hydrologie superficielle..... 11
4.2.1 L'environnement : la Cèze et le Gardon d'Alès..... 11
4.2.2 L'Auzonnet..... 11
4.2.3 L'Avène..... 14

5 Hydrogéologie..... 15
5.1 Introduction..... 15
5.2 Niveaux perméables et imperméables..... 15
5.2.1 L'imperméable de base : micaschistes et gneiss..... 15
5.2.2 Second niveau imperméable : Houiller et Trias..... 15
5.2.3 Premier niveau perméable : du Rhètien au Lotharingien..... 15
5.2.4 Troisième niveau imperméable : du Pliensbachien au Callovien... 16
5.2.5 Second niveau perméable : de l'Argovien au Berriasien..... 16
5.2.6 Quatrième niveau imperméable : du Valanginien au Barrémien inf. 16
5.2.7 Troisième niveau perméable : le faciès urgonien du Barrémien supérieur... 16
5.2.8 Cinquième niveau imperméable : du Cénomanien au Santonien..... 17
5.2.9 Sixième niveau imperméable : le Sannoisien et l'Oligocène sup.. 17
5.3 Rôle de la tectonique dans la circulation des eaux souterraines..... 17
5.3.1 Rôle des failles..... 17
5.3.2 Rôle des panneaux tectoniques..... 17

5.4 Rôle des travaux miniers dans la circulation des eaux souterraines..... 18
5.5 Expérience de coloration..... 19
5.5.1 Essai du 21 octobre 1965..... 19
5.5.2 Essai du 4 février 1966..... 19
5.5.3 Essais pouvant être encore tentés..... 20
5.6 Origine des eaux et caractéristiques des sources principales..... 20
5.6.1 Eaux du Houiller..... 20
5.6.2 Eaux de la base du Trias..... 21
5.6.3 Eaux du Lias inférieur..... 22
5.6.4 Eaux du Jurassique supérieur..... 23
5.6.5 Eaux du karst crétacé (Urgonien)..... 24

6 Chimie des eaux..... 25
6.1 Eaux de source..... 25
6.1.1 Eaux du Houiller..... 25
6.1.2 Eaux de la base du Trias..... 26
6.1.3 Eaux du karst liasique..... 27
6.1.4 Eaux du karst jurassique..... 29
6.1.5 Eaux du karst crétacé..... 30
6.1.6 Classification des eaux des sources régionales..... 30
6.2 Eaux de rivière..... 31
6.2.1 L'Avène..... 31
6.2.2 L'Auzonnet..... 31

7 Pollution chimique de l'Auzonnet..... 40
7.1 Introduction..... 40
7.2 L'Auzonnet avant pollution..... 40
7.3 Les eaux de pollution..... 40
7.3.1 Les exhaures de mines..... 40
7.3.2 Les égouts, tas d'immondices et dépôts d'ordures..... 42
7.4 Propagation de la pollution chimique d'amont en aval de l'Auzonnet..... 43
7.5 Conclusion à la pollution de l'Auzonnet..... 44

8 Conclusion..... 45

II - Annexes hors texte

II.1 Esquisse hydrogéologique des bassins de l'Auzonnet et de l'Avène amont. Echelle 1/25 000.
II.2 Relevés pluviomètriques aux stations de : Le Martinet, Saint-Jean-de-Valériscle, Mas Mahistre (vallée de l'Avène) 1965-1966 - Tableaux.
II.3 Régime de l'Auzonnet à Meilhen. 1965-1966 - Diagramme.
II.4 Débits jaugés mensuellement sur l'Auzonnet. 1965-1966 - Diagramme.
II.5 Analyses chimiques complètes. Tableaux.
II.6 Résultats des jaugeages et analyses périodiques. Tableaux.
II.7 (1 à 11) Diagrammes logarithmiques verticaux.
II.8 Evolution physico-chimique des eaux de l'Auzonnet de l'amont vers l'aval (journées du 7 et 8 juin 1966). Tableaux.
II.9 Compte-rendu de visite à la mine de Saint-Florent.

III - Figures dans le texte

	Page
III.1 Esquisse structurale. Echelle 1/80 000	8
III.2 Pluviomètrie. Diagramme	10
III.3 Etalonnage de l'échelle limnimètrique du Moulin de Meilhen ...	11
III.4 Coupe interprétative de Mercoirol à Cameyres	18
III.5 Diagramme losangique : eaux de sources	30
III.6 Classification des eaux de sources. Tableaux	31
III.7 Diagramme losangique : évolution des eaux de l'Auzonnet de l'amont vers l'aval	39
III.8 Diagramme losangique : eaux de mine rejetées à l'Auzonnet	42
III.9 Propagation de la pollution en aval de l'exhaure de Saint-Florent	43

1 - Introduction

L'étude des circulations d'eau souterraines, dans la région bordure des Cévennes, au nord d'Alès (bassins de l'Auzonnet et de l'Avène), a été entreprise à la fin de l'année 1964, à la demande de Monsieur l'Ingénieur en chef des Mines, chargé de l'Arrondissement minéralogique de Montpellier. Les travaux sont financés par les crédits du Ministère de l'Industrie, dans le cadre des études sous convention, réalisées par le B. R. G. M.

L'étude a été débutée par R. Biscaldi, qui a exploité la bibliographie existante, fait une première reconnaissance de la région et proposé un programme de travail (rapport D. S. G. R. 65 A.11). J. Abadie a assuré la mise en place des travaux de terrain : géologie, jaugeages, prélèvements et débuté en fin 1965 l'interprétation des résultats (rapport inédit). En avril 1966 B. Lemaire a repris l'interprétation des travaux en cours, puis exploité en août les observations amassées depuis le début des travaux.

Monsieur le Professeur Avias nous a fait profité de son expérience et de ses connaissances régionales, de ses observations en cours de travaux. La pluPart des analyses d'eau ont été faites dans son laboratoire. Monsieur H. Paloc a conduit la première expérience de coloration sur la perte de l'Avène. Les jaugeages sont dus à Messieurs A. Camus, M. Camus, H. Gallé-Cavalloni, J.M. Nagy.

Après une mise en place géographique et économique sommaire, la géologie est rappelée brièvement, puisqu'elle fait l'objet du rapport R. Biscaldi déjà diffusé. Le rapport expose ensuite les résultats acquis en climatologie et en hydrologie superficielle. Une plus large part est donnée à l'hydrogéologie régionale, à la chimie des eaux de source, à la chimie des eaux de rivière. Ce dernier sujet amène à traiter de la pollution de l'Auzonnet, pollution due à des facteurs naturels, comme la traversée du Trias, mais aussi à des facteurs artificiels, comme les dépôts d'ordures, les égouts et les exhaures de mines.

Nous tenons à remercier encore une fois les administrations et sociétés, qui nous ont fait profité de leurs documentations. En particulier :

- Arrondissement minéralogique - Alès (Gard)
- Comité technique de l'eau de la zone Languedoc-Roussillon - Nîmes (Gard)
- Faculté des sciences - C. E. R. H. - Montpellier (Hérault)
- Génie rural du Gard - Nîmes (Gard)
- Houillères du bassin des Cévennes - Alès (Gard)
- Ponts et Chaussées du Gard - Service hydraulique - Nîmes (Gard)
- Service de la carte géologique de France - Paris
- Société Péchiney - Paris
- Société Pennaroya - Largentière (Ardèche).

2 - Généralités

2.1 Le cadre géographique. (Voir cartouche annexe II.1)

La zone étudiée est située 20 km au nord d'Alès. Elle est axée sur la ligne St Florent-sur-Auzonnet - Les Mages, et comprend tout le bassin versant de l'Auzonnet, ainsi que le bassin de l'Avène, dans sa partie amont.

L'Auzonnet, petite rivière cévenole au débit capricieux, coule nord-nord-ouest - sud-sud-est sur une quinzaine de kilomètres, avant de recevoir l'Alauzène et d'obliquer sud-ouest - nord-est pour se jeter dans la Cèze, à 4,5 km. Il arrose les agglomérations minières du Martinet, de St Florent-sur-Auzonnet, de St Jean-de-Valériscle, et sort alors de la bordure sous-cévenole pour pénétrer dans la dépression tertiaire d'Alès - St Ambroix, qu'il traverse. Là, les agglomérations principales sont éloignées de quelques centaines de mètres de la rivière : Les Mages, St Julien-de-Cassagnas, Auzon et Rivières.

Un petit canal d'irrigation est dérivé de l'Auzon à 350 m en amont du Pont d'Auzon. Il rejoint la rivière au moulin de Gibol et s'en détache à nouveau 250 m en aval pour rejoindre la Cèze. Ces deux canaux ont environ 6 km de long et pourraient irriguer 2 à 3,5 km2 de terre cultivable.

L'Avène n'est qu'un ruisseau dans la zone étudiée. Dans la bordure sous-cévenole, il a un tracé sensiblement parallèle à celui de l'Auzonnet, mais ne coule que quelques mois dans l'année. A sa rentrée dans la dépression tertiaire, l'Avène oblique vers le sud pour aller se jeter dans le Gardon, après avoir traversé Salindres.

2.2 Le cadre géomorphologique.

D'ouest en est, on distingue trois régions bien individualisées : la bordure sous-cévenole, la plaine tertiaire d'Alès - St Ambroix, les plateaux gardois.

La bordure sous-cévenole comprend quatre zones parallèles, allongées nord-est - sud-ouest :

- à l'ouest, le relief des Cévennes commence à la limite du secteur. Formé par des micaschistes, des gneiss et le Houiller, il est encore peu accusé ; son altitude moyenne locale est de 350 à 600 m.

- adossées au Cévennes, les collines des calcaires et marnes du Jurassique forment un relief assez doux, s'échelonnant entre 300 et 400 m. Le Trias marneux et le Houiller forment des dépressions dans le paysage.

- plus vers l'est, le Crétacé inférieur, essentiellement marneux, crée une dépression que suit approximativement le tracé de la route nationale 104. Cette dépression large de quelques kilomètres au sud, dans la commune de St Julien, s'amincit ensuite progressivement jusqu'à la Cèze, où elle disparaît.

- un relief de calcaire urgonien limite à l'est la bordure sous-cévenole dans les régions de Rousson (cuesta culminant à 397 m), et de St Ambroix (291 m).

La dépression tertiaire d'Alès - Saint-Ambroix s'étire au nord-est - sud-ouest sur une largeur de 7 km. Elle est faiblement mamelonnée entre les altitudes 130 et 230 m.

Au sud-est de la zone étudiée commencent les plateaux gardois. Ils dominent la plaine tertiaire et culminent localement vers 300 m.

2.3 Le réseau hydrographique principal.

Il est formé par deux rivières importantes, dont une limite le secteur vers le nord : la Cèze, arrosant Saint-Ambroix, de direction générale ouest-nord-ouest - est-sud-est, et le Gardon d'Alès, de même direction. Toutes deux sont affluents du Rhône.

Il a été remarqué déjà, que le réseau hydrographique est sécant aux directions structurales. L'Avène est la seule exception.

2.4 Le cadre économique.

La vie rurale se partage entre l'élevage du mouton, la culture de la vigne, de vergers et de châtaigners.

L'exploitation de la houille, dans la vallée de l'Auzonnet, fait vivre directement ou indirectement quelques 2 800 personnes. Le puits d'extraction se trouve à Saint-Florent-sur-Auzonnet, l'exploitation tendant à se concentrer vers Panissière.

3 - Géologie

3.1 Introduction.

La carte géologique 1/80 000 Alès est en cours d'impression. M. Kuntz, collaborateur principal au Service de la carte géologique, a bien voulu nous communiquer un tirage de la maquette de la nouvelle édition. Ce document nous a servi à délimiter les contours lithologiques de l'esquisse hydrogéologique présentée ici (annexe II.1).

La géologie régionale a déjà été exposée en détail par R. Biscaldi dans son rapport D. S. G. R. 65 A.11. Il n'en sera rappelé ci-dessous, que les grands traits. Elle est assez bien connue, grâce aux travaux de mine et de prospection, grâce aux synthèses géologiques surtout, avec :

- pour le Houiller : R. Turc (diplôme d'études supérieures)
- pour le sédimentaire et la métallogénie : A. Bernard (thèse d'état)
- pour la tectonique : M. Gottis (thèse d'état).

3.2 La série métamorphique.

Elle forme la limite ouest du secteur étudié.

Au sud du Martinet affleurent des micaschistes à deux micas, des schistes et des gneiss "conglomératiques", injectés de filons de quartz. A l'ouest du Martinet, les gneiss albitiques à deux micas et les gneiss "conglomératiques" deviennent prépondérants.

3.3 La série sédimentaire.

3.3.1 Le Houiller

Localement le Houiller est rapporté pour sa totalité au Stéphanien. A l'extrême ouest du secteur et en bordure de la série métamorphique, le Houiller autochtone est discordant sur le substratum. Il comprend une brèche de base à gros éléments de quarts et de micaschistes puis, au-dessus, des schistes micacés et des grès.

Dans la vallée de l'Auzonnet et sous les terrains secondaires, le Houiller est considéré comme charrié sur le substratum. Il est formé par une série de grès, de poudingues, de schistes argileux, de schistes micacés et charbons.

3.3.2 Le Trias

3.3.2.1 Situation

Le Trias affleure dans la vallée de l'Auzonnet, depuis les Estéraings jusqu'à la source des Peyrouses. Au nord, il forme une large

dépression et moule le Houiller d'Estampes ; par ailleurs, le Trias apparait en bordure du Lias, le plus souvent grâce aux failles remontant certains panneaux. Au sud de l'Auzonnet, l'affleurement principal est limité vers l'est par la faille de Mercoirol.

Bien souvent, le Trias est indifférencié, les variations de puissance et de faciès ne permettant pas une cartographie valable.

3.3.2.2 Grès de base

Lorsqu'il est observé, cet étage est formé de grès, souvent brèchique, mal consolidé, à gros éléments de quartz. Il borde le Houiller à l'est du Martinet. Il a 10 m de puissance.

3.3.2.3 Muschelkalk

Il est formé de calcaires et dolomies à intercalations de marnes sableuses, grès, anhydrite et gypse.

3.3.2.4 Keuper

Il forme la grosse majorité des affleurements avec ses marnes bariolées à intercalations d'arkoses, petits bancs calcaro-dolomitiques grèseux, passées de gypse et anhydrite.

3.3.2.5 Puissance

La puissance du Trias est très variable, de 20 à 290 m ; une moyenne de 140 m peut être considérée comme représentative.

3.3.3 Le Lias.

3.3.3.1 Situation

Le Lias constitue la plus importante surface d'affleurement de la bordure sous-cévenole dans le secteur étudié. Au nord de l'Auzonnet il s'étend depuis le Trias-Houiller de l'ouest jusqu'à la faille de Larnac. Il n'atteint jamais l'Auzonnet, sauf dans les environs de Meilhen. Des failles importantes et la dépression Trias-Houiller centrale le morcellent en plusieurs panneaux indépendants.

Au sud de l'Auzonnet, le Lias est limité par les failles des Ribots, de Mercoirol et de Lagardie. Seul le petit panneau de la Nougarède atteint l'Auzonnet.

3.3.3.2 Rhétien

Mal individualisé, cet étage, de 10 à 30 m de puissance est formé de grès à dragées, de calcaires grèseux, de calcaires à intercalations marneuses.

3.3.3.3 Hettangien

En surface l'Hettangien forme la plus grosse partie des affleurements du Lias. L'Hettangien inférieur, puissant d'une vingtaine de mètres est formé de marno-calcaires et de calcaires. L'Hettangien supérieur est constitué soit d'une dolomie, soit d'un calcaire dolomitique. La dolomie est finement cristalline, diaclasée à débit cubique. Les joints marneux sont rares. La puissance, variable suivant l'érosion, peut atteindre 285 m, une moyenne de 100 m est représentative.

3.3.3.4 Sinémurien-Lotharingien

Ces deux étages sont essentiellement calcaires, la dolomitisation pouvant atteindre le Sinémurien, le Lotharingien étant plus siliceux. La puissance des deux étages peut être estimée de 25 m à 90 m.

3.3.3.5 Pliensbachien-Domérien

A ce niveau, la sédimentation du Lias devient plus argileuse. Affleurent des marnes et marno-calcaires à faciès souvent siliceux. La puissance globale est évaluée à 130 - 160 m .

3.3.3.6 Toarcien-Aalénien

Ces étages sont mal visibles en affleurements. Suivant les auteurs et les sondages, il leur est attribué des calcaires, calcaires dolomitiques, marnes pour une puissance de 50 à 60 m.

3.3.4 Le Jurassique moyen et supérieur.

3.3.4.1 Situation

Il constitue les derniers reliefs à l'est de la bordure sous-cévenole. Large de 1 km au nord de l'Auzonnet, il se développe au sud pour atteindre un peu plus de 4 km à l'extrémité du secteur.

3.3.4.2 Bajocien

Seul le Bajocien supérieur est connu. Il est formé de calcaire à entroques avec, parfois, quelques intercalations marneuses et de gros rognons de silice. Sa puissance augmente du nord au sud, de 10 à 60 m.

3.3.4.3 Bathonien-Callovien

A ces deux étages correspondent des marnes et marno-calcaires, dont la puissance augmente également du nord au sud, passant de 10 à 90 m.

3.3.4.4 Argovien

Il se présente comme un calcaire noduleux, que surmonte des marnes et des calcaires grumeleux. Sa puissance augmente du nord-est au sud-ouest de 15 à 110 m.

3.3.4.5 Rauracien-Séquanien-Kimméridgien-Portlandien.

Le Jurassique supérieur est formé de calcaires et de calcaires marneux en petits bancs. Le Portlandien, au faciès tithonique, est plus calcaire. La puissance de l'ensemble peut être évaluée à 80 - 150 m, suivant l'érosion.

3.3.5 Le Crétacé.

3.3.5.1 Situation.

Il forme la limite est de la bordure sous-cévenole, et le plateau dominant l'Auzon et l'Alauzène.

3.3.5.2 Berriasien

Cet étage comprend des calcaires gris compacts, assez semblables à ceux du Portlandien, puis des calcaires marneux.

3.3.5.3 Valanginien.

Il est surtout marneux et marno-calcaire, et forme des dépressions dans le paysage. Sa puissance est de l'ordre de 150 m (y compris le Berriasien)

3.3.5.4 Hauterivien-Barrémien.

L'Hauterivien et le Barrémien inférieur sont marneux et marno-calcaires. Le Barrémien supérieur, de faciès Urgonien, se présente comme un calcaire récifal compact, massif, parfois oolithique, parfois crayeux. La puissance de l'ensemble Hauterivien-Barrémien est indéterminée, les barres d'Urgonien dépassent 50 m.

3.3.5.5 Cénomanien-Turonien-Coniacien-Santonien.

Pour la région, ces étages n'affleurent qu'à l'est de l'Alauzène, peu avant son confluent avec l'Auzonnet. Ils ont un faciès de dépôts terrigènes, et sont essentiellement formés de grès et argile. Les niveaux calcaires sont rares. La puissance est inconnue.

3.3.6 Oligocène supérieur-Sannoisien.

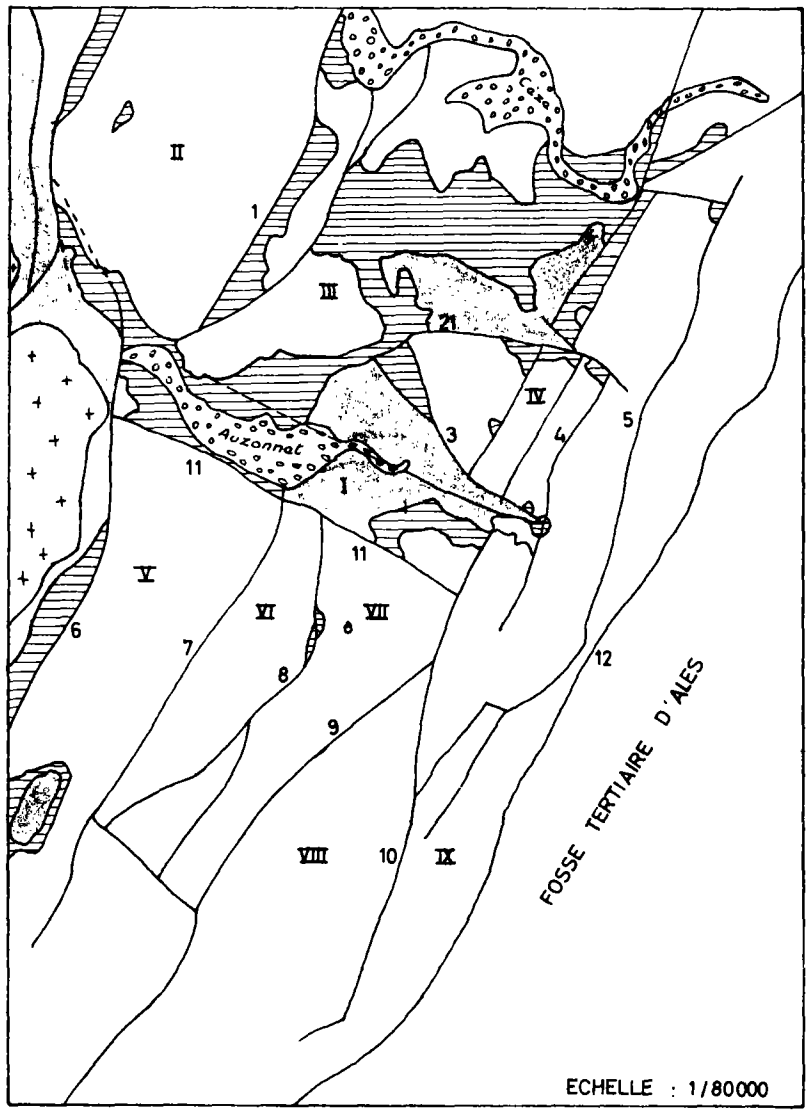
3.3.6.1 Situation.

Les dépôts tertiaires forment toute la dépression s'allongeant nord-nord-est - sud-sud-ouest de Saint-Ambroix à Alès.

3.3.6.2 Lithologie-Puissance.

Il s'agit de dépôts fluvio-deltaïques, formés essentiellement par des marnes et des poudingues à galets valanginiens. A la base existe un épisode de calcaire plus ou moins sableux. La puissance peut atteindre 200 à 400 m.

ESQUISSE STRUCTURALE DE LA BORDURE SOUS CEVENOLE



Alluvions
Trias
Houiller
Micaschistes
en blanc : Jurassique

Failles principales :

1 de Robiac.
2 du Boucas.
3 de S^{t}. Jean de Valériscle.
4 de la Nougarède.
5 du Larnac.
6 de Mercoirol.
7 de Panissière n° 1.
8 du Cardaïre (Panissière 2).
9 de Lagardie.
10 des Meillasses.
11 des Ribots.
12 des Cévennes.

Panneaux cités dans le texte :

I a IX

3.4 Tectonique.

3.4.1 Les failles.

Un regard sur la carte géologique montre que la bordure sous-cévenole est hachée de failles aux deux directions principales :

- armoricaines : ouest-nord-ouest - est-sud-est à regard sud-sud-ouest. Elles sont très inclinées à verticales.
- varisques : nord-est - sud-ouest à regard nord-est. Elles sont généralement conformes et directes, avec pendage voisin de 45°.

3.4.2 Les principaux panneaux tectoniques.

Les principaux panneaux sont désignés par un chiffre romain sur la carte structurale en figure 1.

Ne sont décrits ci-dessous, que les panneaux ayant une importance hydrogéologique :

I Structure transverse de l'Auzonnet. Elle est elle-même sectionnée par le prolongement de la faille de Panissière à la faille du Boucas. A l'ouest la série statigraphique va du Houiller au Keuper ; à l'est, du Houiller au Sinémurien. L'ensemble a un pendage ouest-sud-ouest - est-sud-est.

II Montagne de Lacham. L'ensemble est sub-tabulaire (Trias inférieur à Charmouthien).

III Panneau de Saint-Florent-Molières. L'ensemble est tabulaire (Houiller à Sinémurien).

IV Ce panneau est limité par la faille de la Nougarède, la faille du Boucas et la faille de Saint-Jean-De-Valériscle. Il est lui-même morcellé en trois, par deux failles varisques. Il s'agit d'un synclinal à coeur Sinémurien.

V Panneau limité par la faille des Ribots, la faille de Mercoirol, et la faille de Panissière n° 1. Un coeur de Houiller-Trias, au sud, témoigne d'un bombement anticlinal à plongement nord. La série stratigraphique s'étale du Houiller au Charmouthien.

VI A l'est du précédent, ce panneau Trias-Charmouthien doit avoir un pendage nord-ouest.

VII Encore à l'ouest, le panneau suivant montre deux pointements de Trias. Un coeur anticlinal doit se trouver près de la faille de Cardaïre, et le panneau plonger vers l'ouest sous le Charmouthien très développé.

VIII Entre la faille de Lagardie et la faille des Meillasses, ce panneau comprend des terrains allant de l'Aalénien au Valanginien. Le pendage est sud.

4 - Climatologie - Hydrologie superficielle

4.1 Climatologie.

4.1.1 Généralités.

La région est soumise au climat méditérranéen de type cévenol dont la caractéristique est l'irrégularité.

Les températures sont relativement douces. La moyenne annuelle est de 12° 9. L'altitude creuse les écarts d'une station à l'autre.

La pluviométrie étonne par son abondance. La conjonction d'une mer chaude proche et d'une barrière montagneuse atteignant 1 500 mètres fait des Cévennes une des régions les plus pluvieuses de la France. La moyenne observée est de 900 mm à Alès et Saint-Ambroix, de 800 à 900 mm sur la dépression tertiaire, de 1 100 à 1 200 mm sur la bordure sous-cévenole. A l'échelle régionale les isohyètes suivent assez fidèlement la topographie, se resserrant sur les reliefs et restant parallèles aux crêtes. En fait les précipitations varient considérablement d'une année à l'autre. Une grande irrégularité saisonnière des précipitations est également caractéristique du climat. On note deux maximums pluviomètriques en mars et en octobre, et deux minimums, l'un relatif en janvier, l'autre absolu en été. Les pluies d'automne peuvent représenter la moitié de la pluviométrique annuelle.

4.1.2 Pluviomètrie en 1965 - 1966.

4.1.2.1 Stations pluviomètriques.

Trois pluviomètres ont été installés en août 1965, dont deux dans la vallée de l'Auzonnet, et un dans celle de l'Avène. Ils ont été relevés chaque jour pendant un an. Leurs emplacements sont les suivants :

- Le Martinet : x = 779,44 - y = 218,58 - z = 272 m
- Saint-Jean-de-Valériscle : x = 744,30 - y = 216,18 - z = 210 m
- Mas Mahistre (Avène) : x = 742,08 - y = 215,18 - z = 300 m.

4.1.2.2 Résultats (voir annexe II.2.1).

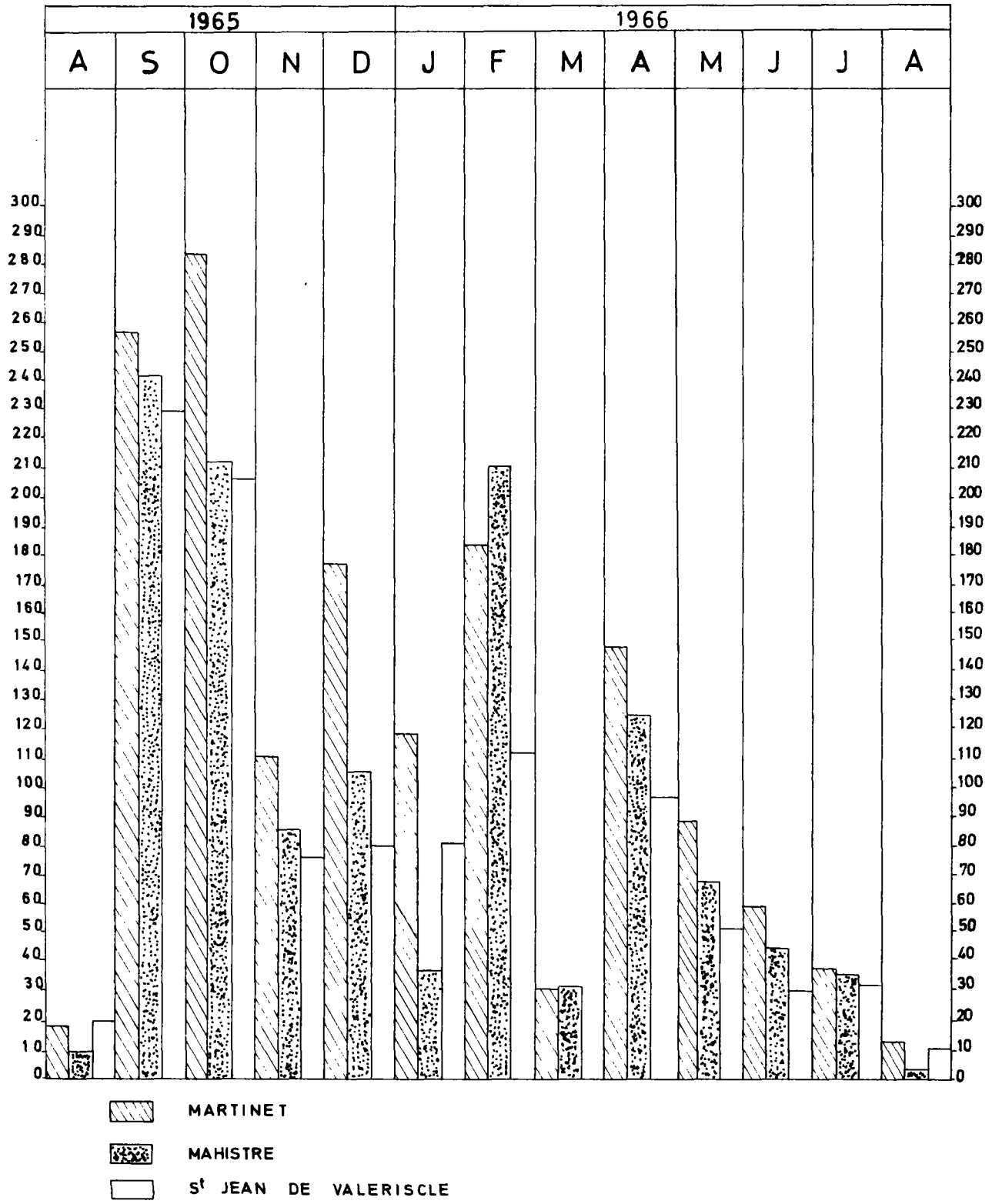
De septembre 1965 à août 1966, la hauteur pluviomètrique annuelle a été la suivante :

	Hauteur pluviomètrique	Nombre de jours de pluie
Martinet	1 512 mm	117
Saint-Jean-de-Valériscle	1 007 mm	78
Mas Mahistre (Avène)	1 203 mm	65

PPORT D S G R 65 A 50
URE 2

HAUTEURS PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES AUX STATIONS DU MARTINET , DE St JEAN DE VALERISCLE ET DU MAS MAHISTRE (AVENE)

ANNEE 1965_1966



Ces chiffres et le diagramme des hauteurs pluviomètriques mensuelles en figure 2 font apparaître que la vallée de l'Auzonnet est plus arrosée que celle de l'Avène, et qu'il pleut beaucoup plus au fond de la vallée qu'à son aval. Ces phénomènes sont normaux : la vallée de l'Auzonnet est beaucoup plus marquée dans le relief que celle de l'Avène, et la station du Martinet se trouve à une altitude supérieure à celle de Saint-Jean de-Valériscle.

L'irrégularité saisonnière se traduit comme suit :

- Le Martinet :

Mois le plus pluvieux	: octobre	: 284 mm en 14 jours	
Mois le moins pluvieux	: juillet	: 13 mm en 6 jours	
Pluies les plus importantes (supérieures à 50 mm)	9 septembre 1965	: 105 mm	
	26 septembre 1965	: 61 mm	
	16 octobre 1965	: 83 mm	
	21 décembre 1965	: 70 mm	
	22 décembre 1965	: 50 mm	
	26 janvier 1966	: 79 mm	
	13 février 1966	: 66 mm	
	10 avril 1966	: 65 mm	
Période du 1 septembre au 31 octobre 1965	: 541 mm soit 36 % du total annuel		
Période du 1 novembre au 31 janvier 1966	: 408 mm soit 27 % " "		
Période du 1 février au 30 avril 1966	: 364 mm soit 24 % " "		
Période du 1 mai au 31 août 1966	: 199 mm soit 13 % " "		

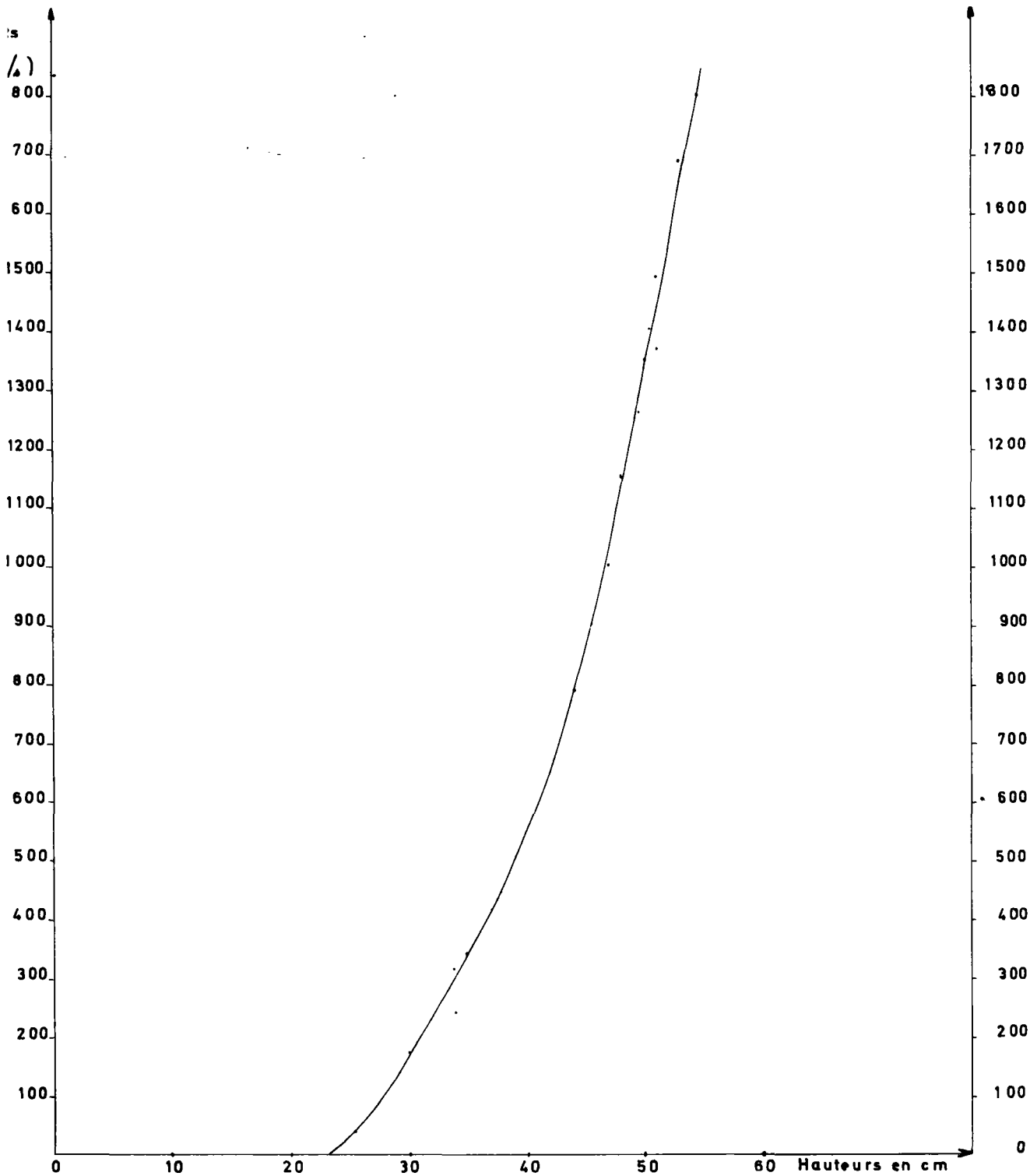
- Saint-Jean-De-Valériscle :

Mois le plus pluvieux	: septembre	: 230 mm en 13 jours	
Mois le moins pluvieux	: mars	: 0 mm	
Pluies les plus importantes (supérieures à 50 mm)	5 septembre 1965	: 58 mm	
	26 septembre 1965	: 60 mm	
	16 octobre 1965	: 68 mm	
	26 janvier 1966	: 49 mm	
	10 avril 1966	: 50 mm	
Période du 1 septembre au 31 octobre 1965	: 436 mm soit 43 % du total annuel		
Période du 1 novembre au 31 janvier 1966	: 237 mm soit 24 % " "		
Période du 1 février au 30 avril 1966	: 209 mm soit 21 % " "		
Période du 1 mai au 31 août 1966	: 125 mm soit 12 % " "		

- Mas Mahistre (vallée de l'Avène) :

Mois le plus pluvieux	: septembre	: 242 mm en 8 jours	
Mois le moins pluvieux	: juillet	: 3 mm en 1 jour	
Pluies les plus importantes (supérieures à 50 mm)	5 septembre 1965	: 57 mm	
	26 septembre 1965	: 65 mm	
	16 octobre 1965	: 69 mm	
	21 décembre 1965	: 55 mm	
	26 janvier 1966	: 55 mm	
	13 février 1966	: 49 mm	
	10 avril 1966	: 57 mm	

talonnage de l'échelle limnimétrique du moulin de Meilhen



Période du 1 septembre au 31 octobre 1965 : 454 mm soit 38 % du total annuel
Période du 1 novembre au 31 janvier 1966 : 229 mm soit 19 % du total annuel
Période du 1 février au 30 avril 1966 : 368 mm soit 30 % du total annuel
Période du 1 mai au 31 août 1966 : 152 mm soit 13 % du total annuel

4.2 Hydrologie superficielle.

4.2.1 L'environnement : la Cèze et le Gardon d'Alès.

Ces cours d'eau sont étudiés depuis longtemps par le Génie Rural et le Service hydraulique des Ponts et Chaussées. Leur régime suit assez fidèlement les variations des hauteurs pluviomètriques avec, toutefois, un décalage pouvant atteindre 15 à 20 jours en début de saison pluvieuse dû aux influences de l'évaporation et de l'infiltration.

On constate deux maximums en janvier - avril et octobre - novembre, et deux minimums, l'un accusé en été et l'autre relatif en hiver (décembre, janvier). L'étiage d'été est très régulier, les crues sont irrégulières, violentes et brutales.

4.2.2 L'Auzonnet.

4.2.2.1 Sites de jaugeages (voir emplacements sur l'esquisse hydrogéologique en annexe II.1).

Tous les jaugeages ont été faits au moulinet sur des emplacements sommairement préparés en enlevant les herbes et les cailloux causant des remous. Les sites ont été choisis au fur et à mesure du développement de l'étude. Les premières mesures datent d'août 1965. En août 1966 8 sites de jaugeages donnaient encore lieu à des mesures de débit de l'Auzonnet et de ses affluents. Les résultats obtenus se trouvent en annexe II.6.

4.2.2.2 Limnigraphe.

En septembre 1965 un limnigramme Ott a été installé à Meilhen. Il a été en service jusqu'en août 1966. Les différents jaugeages faits en cours d'année ont permis de tarer les enregistrements entre les hauteurs d'échelle : 26 cm et 55 cm soit 40 à 1 800 litres/seconde. La courbe de tarage se trouve en figure 3. Elle ne permet pas d'évaluer les crues.

Les limnigrammes font nettement apparaître les vagues dues à l'exhaure de Saint-Florent, accessoirement l'exhaure de Saint-Jean (voir figure 9).

4.2.2.3 Régime de l'Auzonnet à Meilhen.

L'interprétation des limnigrammes a permis de tracer les courbes représentatives du régime de l'Auzonnet à Meilhen du 15 septembre 1965 au 31 août 1966 (voir annexe II.3).

a) Construction du diagramme.

La courbe inférieure donne les débits correspondant à la courbe enveloppe des points bas du limnigramme (vague d'exhaure passée).

La courbe supérieure donne les débits correspondant à la courbe enveloppe des points hauts du limnigramme (sommet des vagues d'exhaure).

Le débit des crues étant inconnu, les petites crues ont été limitées arbitrairement à 2 000 litres/seconde, et les grosses crues à 2 500 litres/seconde. Il nous paraît certain que certaines crues dépassent 5 m3/s ; elles n'ont malheureusement pas pu être jaugées.

b) Interprétation du diagramme.

La courbe supérieure correspond aux débits instantannés maximaux. Elle se confond avec la courbe inférieure pour des débits plus grands que 1 250 litres/seconde, l'exhaure de Saint-Florent ne se marquant pratiquement plus sur les enregistrements.

La courbe inférieure correspondant aux débits instantannés minimaux de l'Auzonnet à Meilhen. Chaque débit minimal comprend le débit propre de l'Auzonnet, une proportion variable de volume d'exhaure (fonction de la forme de la vague), et quelques apports avals de Saint-Florent. En août 1966, par exemple, l'Auzonnet est pratiquement sec en amont de Saint-Florent, et les 30 à 40 litres/seconde minimaux observés à Meilhen proviennent de l'exhaure de Saint-Florent, de l'exhaure de Saint-Jean, des égouts, des petites sources coulant encore. La différence mesurée chaque jour entre les débits maximaux et minimaux ne correspond en aucun cas au débit d'exhaure. La courbe représentative du débit moyen de l'Auzonnet (débit propre plus apports) est située entre les deux courbes tracées.

On constate qu'il n'y a aucun décalage entre les dates des pluies et des crues correspondantes, même en fin de saison sèche. Ceci s'explique aisément par le fait que l'Auzonnet coule sur terrain imperméable ou très peu perméable du Martinet à Meilhen.

De mi-septembre à mars la courbe représentative du débit affecte un tracé en dents de scie, avec des crues rapides. Le débit minimal de l'Auzonnet est de l'ordre de 750 litres/seconde. On observe en janvier un minimum absolu à 300 litres/seconde.

Mars a été très peu pluvieux en 1966, et le débit de l'Auzonnet était alors inférieur à 380 litres/seconde (limnigraphe embourbé) probablement de l'ordre de 250 litres/seconde.

Les pluies du début d'avril ont entraîné une dernière grosse crue de la rivière dont le débit est ensuite tombé de 400 litres/seconde à 150 litres/seconde en août.

4.2.2.4 Résultats des jaugeages mensuels.

Ces jaugeages n'ont qu'une valeur indicative puisque les crues de l'Auzonnet sont brutales. Aucun jaugeage n'a d'ailleurs été fait pendant une crue. Le graphique en annexe II.4 représente les résultats des jaugeages consignés en annexe II.6.

Pour 1965 - 1966 on peut admettre les débits représentatifs (Litres/seconde) reportés sur le tableau ci-dessous.

Stations de l'amont vers l'aval	1/8 au 15/9	15/9/65 au 15/4/66			15/4/66 au 31/8/66
	Débit moyen	Débit moyen	Maximums (date)	Minimums (date)	Débit moyen décrue de
Mas Roussel	2,3	140	555 (X) 490 (II)	177 (XI& XII) 39 (III)	71 à 1
Amont de l'exhaure Saint Florent	0	530	964 (X) 910 (II)	356 (XI) 120 (III)	177 à 0
Meilhen	88	990	1 640 (X) 1 629 (II)	791 (XII) 244 (III)	343 à 40
Oratoire (relevé depuis janvier 1966)		1 160	1 823 (II)	456 (III)	367 à 99
Auzon (relevé depuis février 1966)		2 360	3 622 (II)	639 (III)	925 à 309

La période des hautes eaux a lieu du 15 septembre à mi-avril. Tous les maximums ont lieu fin octobre et fin février, et tous les minimums fin décembre et fin mars.

De mi-avril à juin, la décrue est régulière et assez rapide. L'étiage absolu a lieu de juin à mi-septembre. De juillet à septembre les débits observés à l'aval des Mages baissent brusquement. Ceci s'explique par le fait que le cours aval de l'Auzonnet n'est plus alimenté par les ruisseaux coulant sur l'Oligocène, et par le drainage des alluvions. L'évaporation prend une part importante et le débit devient inférieur à celui mesuré à Meilhen.

4.2.3 L'Avène.

L'Avène est un ruisseau temporaire alimenté en tête par le ruissellement sur les micaschistes, le Houiller et le Trias. A son entrée dans les dolomies il a eu en 1965 - 1966 les débits suivants :

Du 1 août 1965 au 15 septembre 1965 : sec
Du 19 septembre 1965 au 15 avril 1966 : débit moyen : 57 l/s
Débits maximaux : 79 litres/seconde fin octobre
127 litres/seconde fin janvier
Débits minimaux : 31 litres/seconde fin septembre
14 litres/seconde fin mars
Du 15 avril 1966 au 30 juin 1966 : débit moyen : 7 l/s
Du 30 juin 1966 au 31 août 1966 : sec

En aval de Panissières, l'Avène est presque toujours sec. Seules les crues exceptionnelles passent les pertes importantes dans les dolomies.

En amont du Pont d'Avène, la rivière n'a été totalement sèche qu'en août et septembre. En été coule un mince filet d'eau de moins de un litre/seconde. En hiver le débit moyen est de 5 litres/seconde, sauf fin novembre et fin février où les crues ont atteint 20 litres/seconde.

5 - Hydrogéologie

5.1 Introduction.

La description géologique du chapitre 3 n'a pas mis en valeur la qualité hydrogéologique des niveaux décrits. La distinction entre niveaux perméables et niveaux imperméables fera l'objet du premier paragraphe de ce chapitre. Elle a permis par ailleurs de tracer l'esquisse hydrogéologique présentée en annexe II.1. Seront ensuite examinées les influences de la tectonique et des travaux miniers sur la circulation des eaux souterraines, puis présentées des expériences de coloration qui ont permis de prouver la communication souterraine entre les pertes de l'Avène et la source des Peyrouses (bassin versant de l'Auzonnet). Une description sommaire des sources principales terminera l'exposé, la chimie des eaux faisant l'objet du chapitre 6.

5.2 Niveaux perméables et imperméables (voir annexe II.1).

5.2.1 L'imperméable de base : micaschistes et gneiss.

Les gneiss et micaschistes sains sont imperméables. Ils constituent la base imperméable du secteur étudié mais s'enfoncent très vite vers l'est et ne jouent donc un rôle qu'au contact avec le Houiller, à l'ouest de la faille de Mercoirol.

En surface, les gneiss et micaschistes sont un peu altérés, et donnent naissance à une arène argileuse à perméabilité réduite.

5.2.2 Second niveau imperméable : Houiller et Trias.

Les schistes, grès argileux compacts, poudingues et houilles du Stéphanien sont imperméables. Les venues d'eau dans les mines de charbon proviennent d'ailleurs du toit et de fissures dans le Houiller, pas du terrain lui-même. En surface le Stéphanien peut être un peu altéré ; on observe alors des éboulis assez peu puissants, qui sont localement aquifères.

Le Trias, 140 m de puissance, a été classé dans les terrains imperméables, vu l'abondance des argiles bariolées du Keuper. Dans le détail, le Trias n'est pas totalement imperméable tant s'en faut. A la base les grès conglomératiques du Bundsandstein (10 m) offrent une réelle perméabilité d'interstice, de même les calcaires et dolomies du Muschelkalk peuvent être fissurés, voire localement karstifiés. En fait, ces niveaux de base du Trias ne doivent jouer un rôle hydrogéologique notable qu'à l'est du Martinet. Ils sont ici alimentés par le Lias, grâce aux contacts anormaux de la faille de Mercoirol et de la faille des Ribots, et drainés par les vieux travaux du puits Pisani et par l'Auzonnet qu'ils traversent. En profondeur les niveaux de base du Trias doivent être aquifères.

5.2.3 Premier niveau perméable : du Rhètien au Lotharingien.

Ce niveau affleure sur environ la moitié de la surface de la bordure sous-cévenole, entre le Houiller à l'ouest, et le Tertiaire à l'est. Sa puissance

peut être estimée à 135 - 240 m. Ces deux facteurs en font le niveau aquifère le plus important de la région.

A la base, le Rhètien et l'Hettangien inférieur, 30 à 50 m, sont formés de grès, calcaires divers et marno-calcaires. Leur perméabilité propre est assez faible, mais ils se trouvent sous les dolomies et participent certainement au réservoir.

L'Hettangien supérieur, avec ses 80 à 100 m de calcaires dolomitiques et dolomies à débit cubique, constitue le réservoir par excellence. Les dolomies sont diaclasées en polyèdres, la karstification est intense, et les joints marneux très rares

Au-dessus de l'Hettangien se trouvent 25 à 90 m de calcaires, souvent dolomitisés ou siliceux, qui sont également diaclasés. Leur rôle essentiel est de permettre la circulation per descensum des eaux d'infiltration vers l'Hettangien. Vu leur position haute, ces calcaires ne participent aux réserves aquifères que comme trop plein du réservoir des dolomies.

5.2.4 Troisième niveau imperméable : du Pliensbachien au Callovien.

Ces étages ont 200 à 240 m de puissance au nord du secteur, pour atteindre 370 m au sud. Ils sont formés de marnes et marno-calcaires, et par suite très peu perméables.

Une distinction doit être faite pour le Bajocien supérieur, avec ses calcaires à entroques à intercalations marneuses. Ce niveau peut atteindre 60 m de puissance dans le sud du secteur et jouer un rôle hydrogéologique. Encore faut-il qu'il soit fissuré et alimenté, soit par l'impluvium de l'affleurement, soit par contact anormal avec un autre niveau perméable.

5.2.5 Second niveau perméable : de l'Argovien au Berriasien.

Au nord de l'Auzonnet, ces étages ont une centaine de mètres de puissance. Au sud, ils s'épaississent jusqu'à 250 m dans la région de Saint-Julien. Ils sont formés de calcaires noduleux, calcaires francs et calcaires argileux, les intercalations marneuses sont peu fréquentes. Ils offrent donc une possibilité aquifère réduite lorsqu'ils sont fissurés, importante lorsqu'ils sont karstifiés, ce qui est le cas dans la région de Saint-Julien.

5.2.6 Quatrième niveau imperméable : du Valanginien au Barrémien inférieur.

Ces étages groupent 130 à 200 m de marnes et marno-calcaires à perméabilité extrêmement réduite.

5.2.7 Troisième niveau perméable : le faciès urgonien du Barrémien supérieur.

Ce faciès récifal de calcaire compact peut être diaclasé et karstifié. A l'est de la bordure sous-cévenole, il se présente en cuesta, et n'est pas alimenté. Par contre, à l'est de l'Alauzène, l'Urgonien affleure sur de grandes surfaces ; il est alors très karstifié, et forme un réservoir important.

5.2.8 Cinquième niveau imperméable : du Cénomanien au Santonien.

Ces dépôts terrigènes sont plaqués sur l'Urgonien, au sud de l'Auzon. Ils ne jouent pas grand rôle en hydrogéologie, vu leur faible puissance, petite surface et perméabilité restreinte.

5.2.9 Sixième niveau imperméable : le Sannoisien et l'Oligocène supérieur.

Ils sont plaqués sur le Jurassique dans la dépression de Alès - Saint-Ambroix. Leur puissance de 200 à 400 m et leur perméabilité très réduite leur assurent un rôle de couverture imperméable au toit de l'Urgonien.

5.3 Rôle de la tectonique dans la circulation des eaux souterraines.

A l'est de la bordure sous-cévenole, la tectonique de surface est pratiquement inexistante et ne joue pas de rôle en hydrogéologie. Il n'en est pas de même dans les terrains liasiques et jurassiques de la bordure sous-cévenole, où elle intervient par les failles elles-mêmes, mais aussi par les basculements de panneaux perméables, qui influencent le sens d'écoulement des eaux.

5.3.1 Rôle des failles.

En pays calcaire ou dolomitique, les failles, si elles n'ont pas été colmatées par de l'argile ou des remplissages de calcite, assurent le rôle de drain préférentiel. En effet, la karstification sera plus intense dans leur environnement.

En pays imperméable, ou peu perméable, les chances de colmatage des failles ouvertes sont beaucoup plus grandes. Cependant, la possibilité d'existence de drains naturels dans ce type de formation ne doit pas être exclue totalement, quoique le phénomène soit certainement peu fréquent, et l'importance hydrogéologique régionale négligeable.

Enfin, un rôle important des failles est de mettre en contact deux terrains perméables. Elles permettent l'intercommunication de niveaux aquifères normalement superposés dont l'un peut ne pas être directement alimenté par les pluies. C'est très probablement le cas du Trias inférieur, affleurant à l'est du Martinet, alimenté par le réseau aquifère karstique de l'Hettangien.

5.3.2 Rôle des panneaux tectoniques : (voir l'esquisse structurale en figure 1).

é 5.3.2.1 Panneaux II et III.

Au nord de l'Auzonnet les panneaux II et III sont subhorizontaux. L'eau souterraine doit donc apparaître en sources dans les points bas (vallée de la Cèze), au contact du Keuper, et, pour une partie, s'infiltrer dans le Trias basal, à la faveur des décrochements.

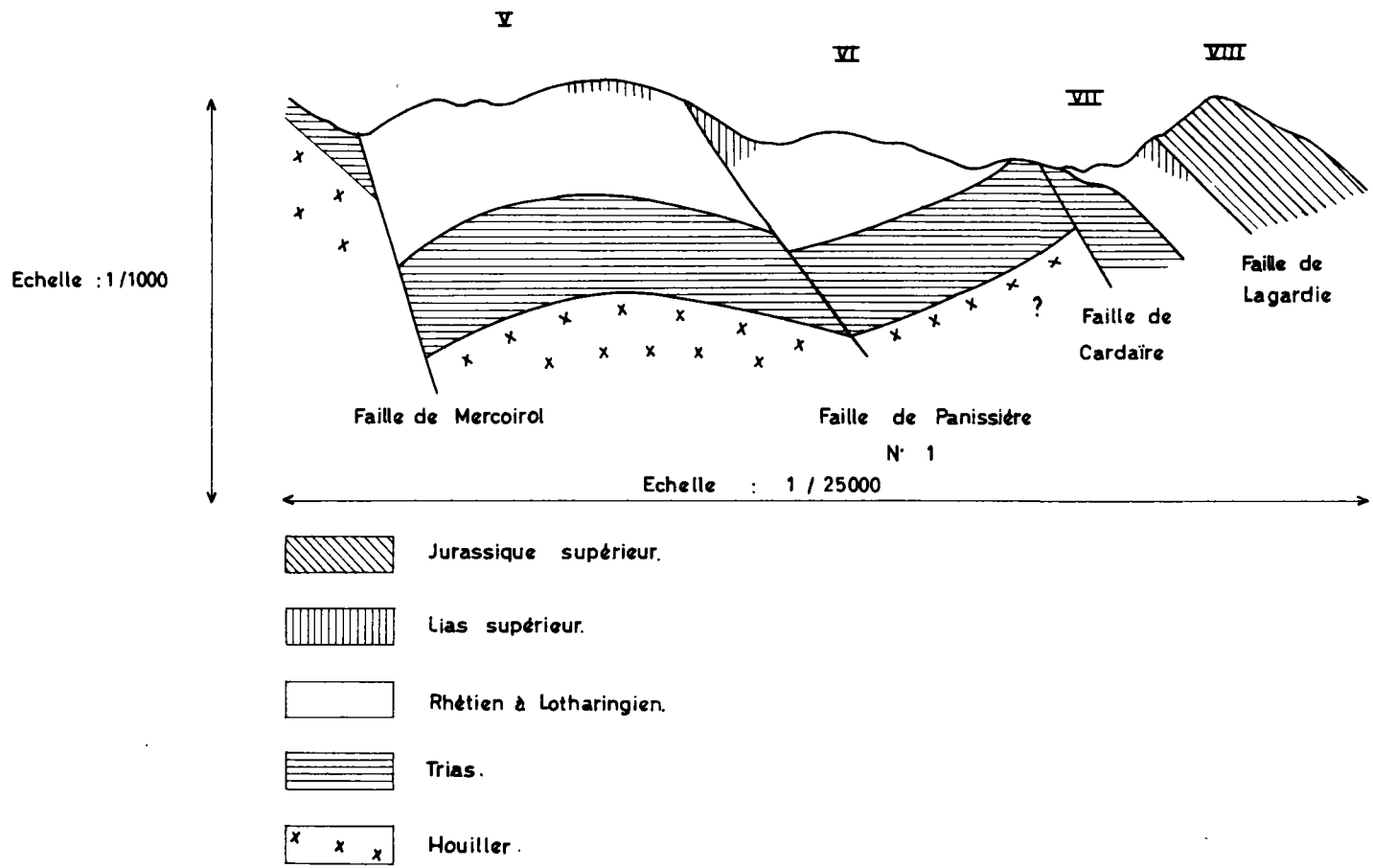
5.3.2.2 Panneau IV.

Il s'agit d'un synclinal liasique faillé, à base triasique. Ce panneau sert de réservoir à déversement sud, le long de la faille de Saint-Jean-De-Valériscle.

Figure 4

Coupe interprétative de Mercoirol à Cameyras

(Panneaux V, VI, VII, parallèlement à l'Avène)



5.3.2.3 Panneaux V, VI, VII.

Ce sont les panneaux tectoniques situés au sud de l'Auzonnet, et où affleurent les plus grosses surfaces du niveau perméable karstique principal de la région : les dolomies de l'Hettangien et calcaires susjacents. En figure 4 se trouve une coupe interprétative, prise parallèlement à l'Avène, et passant par Mercoirol. On constate :

- que la faille de Panissière n° 1 crée une gouttière de dolomies perméables. Cette gouttière arrive au nord, sur la source des Peyrouses.
- que la faille de la Cardaïre crée un seuil triasique souterrain (le Trias n'affleure pas partout le long de la faille), qui sépare très probablement deux bassins aquifères souterrains. Cette hypothèse demanderait à être prouvée par coloration.

Dans le panneau V, la circulation d'eau souterraine se fera parallèlement aux failles nord-nord-est - sud-sud-ouest, vers les points bas. Les principaux exutoires se trouvent :

- au nord : le long de la faille des Ribots (Les Peyrouses)
- au sud : le long de la faille de Mercoirol (La Gaillarde)

Dans le panneau VI, la réserve d'eau se fera le long de la faille de la Panissière n° 1, pour aller s'écouler vers les Peyrouses.

Le panneau VII constitue une réserve aquifère distincte, avec écoulement parallèle à la faille de Lagardie :

- au nord : peut être vers les petits panneaux liasiques surplombant l'Auzonnet (La Nougarède)
- au centre : trop plein vers l'Avène (résurgence)
- au sud : vers les terrains perméables jurassiques en contact anormal avec le Lias, grâce à la faille de Lagardie.

5.3.2.4 Panneau VIII.

C'est un panneau jurassique à pendage sud-sud-ouest. Le second niveau perméable, de l'Argovien au Berriasien, y affleure assez largement pour être alimenté. Il est, en outre, alimenté par la zone sud du panneau VII. L'écoulement des eaux doit se faire selon le pendage vers le sud-sud-ouest.

5.3.2.5 Parneau IX.

C'est un panneau valanginien, donc imperméable, qui assure l'étanchéité du panneau VIII vers l'est.

5.4 Rôle des travaux miniers dans la circulation des eaux souterraines.

Les travaux miniers, abandonnés ou non, jouent le rôle de drains au sein des terrains qu'ils traversent. Même les formations réputées imperméables peuvent fournir un débit non négligeable si elles se trouvent sous la surface piézométrique locale.

La plupart des sources qui seront citées ultérieurement à propos des eaux du Houiller, sont d'anciennes galeries de mine sommairement aménagées en captage.

5.5 Expérience de coloration.

La communication par le système karstique hettangien du ruisseau Avène avec la source des Peyrouses était soupçonnée dès le début de l'étude. Elle a été prouvée par les deux expériences de coloration suivantes.

5.5.1 Essai du 21 octobre 1965.

Cet essai a été fait à la fluorescéine en poudre, peu en amont de la perte de l'Avène. La rivière coulait alors à l'aval de Mercoirol, avec un débit approximatif de 30 l/s. La diminution de débit était sensible à partir du puits d'aérage de Panissière, très nette au droit de la ferme de Gabourde. La perte était totale à près d'un kilomètre en aval (x = 742,30 - y = 215,03). L'Avène était en décrue, la perte totale ayant reculé de 100 m en une heure pendant l'expérience.

Deux points de coloration ont été choisis :

- x = 741,18 - y = 215,32 - 200 grammes de fluorescéine à 14h 40
- x = 741,55 - y = 215,30 - 100 grammes de lfuorescéine à 15h 00.

Des fluocapteurs au charbon actif ont été déposés aux sources suivantes : Les Peyrouses, La Nougarède, La Font de Roure, Les Fonts, et surveillés jusqu'au 8 novembre.

Tous les tests ont été négatifs, sauf aux Peyrouses, où la première apparition de fluorescéine a été trouvée le 23 octobre 1965 à 9h 00, (test du 22 octobre à 15h 00 négatif). Les tests ont été positifs jusqu"au 29 octobre 1965 à 16h25, (tests du 1er novembre à 8h 45 négatif).

Cette coloration prouve la communication par voie karstique, des eaux de l'Avène avec les Peyrouses, dans le panneau tectonique n° V. Le temps de passage est compris entre 24 heures et 42 heures, pour une distance horizontale de 1100 m, avec une dénivellée de 50 m.

5.5.2 Essai du 4 février 1966.

A cette époque, la perte de l'Avène se situait en amont du puits de Panissière. Trois kilogrammes de fluorescéine ont été injectés au point, x = 740,16 - y = 215,58, à la confluence de l'Avène avec un petit ruisseau venu du nord.

Des fluocapteurs ont été placés aux mêmes points que lors de l'expérience précédente, mais leur surveillance a duré deux mois. Les résultats ont été identiques.

5.5.3 Essais pouvant être encore tentés.

Les expériences précédentes n'ont prouvé que la communication karstique des Peyrouses avec le panneau V. Afin de préciser la limite souterraine du bassin versant de l'Auzonnet, il serait souhaitable de réaliser les essais de coloration suivants :

Injection	:	Surveillance de la réapparition
x = 742,30 y = 215,03 (Panneau VI)	:	Les Peyrouses - La Nougarède - Carabiol - Les Fonts
x = 742,72 y = 214,49 (Panneau VII)	:	Les Peyrouses - La Nougarède - Carabiol - Les Fonts

5.6 Origine des eaux et caractéristiques des sources principales.
(Voir les débits mesurés en annexe II.6)

5.6.1 Eaux du Houiller.

Les micaschistes, les gneiss et le Houiller sains, sont imperméables. En surface, l'altération est cependant suffisante pour créer une zone relativement perméable qui est alimentée par les pluies. La nappe de pente s'écoule vers les points bas : les sources naturelles ou artificielles (anciennes galeries de mine) se trouvent toutes dans le Houiller, qui est dominé par les reliefs du socle.

Ces sources ont un régime qui calque étroitement celui des précipitations. L'été entraîne un étiage d'autant plus rigoureux que la source est plus éloignée de la limite micaschistes-Houiller. Les principales sources appartenant à ce type sont les suivantes :

5.6.1.1 Sources proches de la limite micaschistes-Houiller.

- Font Longue : x = 738,85 - z = 360 m environ
  912-3-39 y = 217,92

Il existe trois sources captées par galeries bétonnées de 70 m, 50 m, 1 m. Elles contribuent, avec celles des Sognes, à l'alimentation en eau de la commune de Martinet.

Le débit annuel varie de 24 000 à 38 000 m3, le débit instantanné variant de 0,7 à 9 l/s.

Les Sognes : x = 739,30 - z = 350 à 360 m
912-3-40 y = 215,95

Les sources sont totalement captées par une galerie de 80 m, qui reçoit deux ou trois griffons.

5.6.1.2 Sources éloignées du contact micaschistes-Houiller.

- Le Sanier : x = 739,35 - z = 345 m environ
  912-3-41 y = 219,56

Source captée par puits et galeries alimentant le hameau l'Arbousset. Débit variant de 20 à 2 m3 par jour (0,2 à 0,02 l/s).

- Mas Maistre : x = 739,34 - z = 340 m environ
  912-2-73 y = 219,23

Source captée par galerie tarissant saisonnièrement.

5.6.1.3 Sources situées dans l'agglomération du Martinet.

- Les Plots : x = 739,73 - z = 260 m environ
  912-2-43 y = 218,22

- De la Mairie: x = 739,55 - z = 265 m environ
  912-2-44 y = 218,46

- Le Chou : x = 739,67 - z = 250 m environ
  912-2-45 y = 219,59

- Mercoirol : x = 740,30 - z = 265 m
  912-2-72 y = 217,66

Toutes ces sources sont les exutoires d'anciennes galeries de mine. Elles ne sont pas protégées et peuvent être alimentées en partie par des eaux du Trias basal. Leurs débits sont faibles, de l'ordre de quelques litres/seconde en saison pluvieuse, souvent nuls en été.

5.6.2 Eaux de la base du Trias.

- Les Estéraings : x = 740,45 - z = 240 m
  912-2-54 y = 217,85

Aucune source naturelle pérenne n'a été trouvée dans les terrains pouvant être rapportés à la base du Trias. Cependant, l'exhaure naturel de l'ancien puits Pisani qui se déverse aux Estéraings dans l'Auzonnet doit fournir une eau caractéristique de ce niveau. Le Bundsandstein et le Muschelkalk recoupés par les anciens travaux, se trouvent en contact anormal avec les calcaires et dolomies liasiques de la montagne de Lacham. Ils sont donc bien alimentés localement.

Les débits mesurés mensuellement pendant un an, varient de 8 à 148 litres/seconde. L'étiage a lieu de juin à septembre, un étiage secondaire étant constaté en décembre.

5.6.3 Eaux du Lias inférieur (premier niveau perméable régional).

Dans ce niveau, la circulation souterraine des eaux est du type karstique. Les résurgences sont très localisées et se situent au toit du Trias, soit qu'il se trouve en position normale, soit qu'il ait été remonté par faille. Les débits sont très variables mais accusent toujours des variations calquées sur celles des précipitations avec un premier maximum en octobre-novembre, un étiage relatif en décembre-janvier, un maximum en février-mai, et une décrue régulière d'avril à octobre.

5.6.3.1 Les Peyrouses : x = 742,09 - z = 240 m environ
912-2-47

Cette résurgence est une source de débordement du réseau karstique hettangien ennoyé au contact de la faille des Ribots remontant le Trias imperméable. Elle est très proche de la faille de Panissière n° 1, et se situe au fond d'une reculée dominant l'Auzonnet et Saint-Florent.

La communication par voie karstique des Peyrouses avec l'Avène, dans le panneau tectonique V, a été prouvéepar coloration. La majeure partie des eaux de la source doit cependant provenir du karst hettangien car le débit est bien supérieur à celui de l'Avène et n'accuse pas un étiage aussi rigoureux en été. En fait, le débit des Peyrouses est mal connu car la source est captée par les Houillères qui pompent à régimes assez irréguliers dans le bassin de réception des eaux. Deux pompes débitant ensemble 20 m3/h fonctionnent en permanence ; une pompe de 83 m3/h s'enclanche en outre automatiquement quand l'eau dans le bassin atteint un niveau donné. Il existe cependant une surverse permanente qui se perd dans l'Auzonnet. Elle a été jaugée, son débit varie de 2 à 370 litres/seconde, avec étiage accusé de juin à octobre et maximums en novembre et janvier-mars. En combinant ces chiffres on est conduit à admettre un étiage de l'ordre de 10 litres/seconde(août, septembre), et un débit maximal de l'ordre de 400 litres/seconde (mars). Le débit maximal doit être évalué par défaut : il est fort possible que certaines crues karstiques dépassent le m3/s. D'après des renseignements obtenus auprès des Houillères, le débit normal pompé hors saison sèche serait de 150 m3/h (42 l/s). Cette eau est utilisée pour l'alimentation de l'agglomération de Saint-Florent-sur-Auzonnet et du siège de Saint-Florent. Un pompage dans la Cèze complète les besoins.

5.6.3.2 Grande fontaine de Saint-Jean-de-Valériscle : 912-3-5
x = 744,23 - z = 225 m environ
y = 216,36

Une galerie d'une trentaine de mètres amène l'eau sur la place du village. En amont, elle draîne une série de sources de débordement du réseau karstique du panneau IV, au contact de la faille remontant Houiller-Trias au sud. Les débits jaugés sont toujours faibles, de l'ordre de quelques

litres/seconde, avec un maximum isolé de 22 litres/seconde en novembre 1965.

D'après la mairie, le débit a brusquement baissé en juin 1941. La baisse serait due à des effondrements liés aux travaux miniers. Il est un fait que les importants dépôts de travertins sur lesquels est bâtie l'agglomération paraissent incompatibles avec les débits actuels.

L'eau alimente les lavoirs et le réseau de distribution d'eau non potable.

5.6.3.3 Les Miniers : x = 744,85 - z = 220 m environ
912-3-4 y = 216,14

C'est une source de trop plein qui coule au contact du Trias, au sud du synclinal faillé du panneau IV. Elle est sommairement captée par galeries. Son débit est faible, de l'ordre de 1 litre/seconde (maximum 10 l/s en mars 1966).

5.6.3.4 La Nougarède : x = 744,74 - z = 225 m environ
912-3-4 y = 215,57

Cette source, située sur la rive droite de l'Auzonnet, est captée par galerie et sert à l'alimentation d'un lavoir. Elle se trouve dans un point bas d'un panneau liasique effondré, au contact des alluvions ; le Trias doit être très proche. Il s'agirait donc d'une source de déversement. Son débit varie de 2 à 57 litres/seconde, avec des maximums en novembre (35 l/s) février et mars (31 et 57 l/s), et les étiages de décembre-janvier (13 à 15 l/s), puis d'été.

5.6.3.5 La Gaillarde : x = 739,21 - z = 360 m environ
912-2-11 y = 213,60

Cette petite source se situe au sud du panneau tectonique IV. C'est une source de débordement par faille, au contact du Trias imperméable. Elle est captée et alimente les hameaux avoisinant le Mas Dieu. Son débit est faible, de 0,5 à 1,2 litres/seconde à l'étiage.

5.6.4 Eaux du Jurassique supérieur.

Le second niveau perméable régional est calcaire. Sa puissance augmente vers le sud, et, dans le panneau tectonique VIII, son pendage est également sud. La plupart des sources rattachées au Jurassique supérieur se trouvent dans la plaine de Saint-Julien, ce qui est normal. Toutes les sources locales sont des sources de débordement au contact du Valanginien imperméable, en tête du karst jurassique captif. La plupart ne sont pas pérennes et s'assèchent de mai à septembre. Le minimum d'hiver observé en décembre-janvier sur les sources du Lias paraît moins accusé pour les sources du Jurassique supérieur.

5.6.4.1 Les Fonts : x = 741,13 - z = 190 m environ
912-6-60 y = 210,51

Cette source captée alimente un abreuvoir et une fontaine. Son débit, de 2 à 10 litres/seconde à l'étiage, atteint 31 litres/seconde en mars 1966. La liaison avec la source et l'aven grotte de Courlas n'est pas prouvée, mais paraît très probable. Elle pourrait donner lieu à une expérience de coloration.

5.6.4.2 Courlas : x = 741,24 - z = 200 m environ
912-6-71 y = 211,07

Il s'agit de l'exutoire naturel d'un aven grotte qui ne coule que pendant les mois d'hiver.

5.6.4.3 Carabiol : x = 742,15 - z = 200 m environ
912-6-59 y = 210,54

C'est une source en liaison avec un aven éboulé qui débite de novembre à mai. Le maximum observé est de 210 litres/seconde en mars.

5.6.5 Eaux du karst crétacé (Urgonien).

Une seule source est connue, celle de Arlende (912-4-201).
x = 752,36 - y = 211,76 - z = 127 m environ.

Elle se déverse dans un bassin où sont élevées des truites puis s'écoule dans un ruisseau qui va rejoindre l'Alauzène. Il s'agit d'une source de débordement du karst urgonien, au contact des alluvions et du tertiaire imperméables.

Le débit, relevé depuis janvier 1966, fait apparaître un maximum en mars, 368 litres/seconde ; la décrue s'amorce à partir de juin pour atteindre 59 litres/seconde en juillet.

6 - Chimie des eaux

Certains prélèvements d'eau de sources caractéristiques et de rivières, ont été analysés complètement. Nous disposons de 45 analyses complètes qui sont présentées en annexe II.5. Les teneurs sont données en milliéquivalents. Les pH annoncés sont pris sur place, jamais en laboratoire. Les résistivités sont ramenées à 18°. Les tableaux font en outre apparaître les rapports r $\frac{Mg}{Ca}$, r $\frac{SO4}{Cl}$, r $\frac{Cl - Na}{Cl}$, et les pourcentages nécessaires à l'élaboration des diagrammes triangulaires. Une case est réservée à l'évaluation de la valeur de l'analyse par le calcul de $e = 100 \frac{rp - rn.}{rp + rn}$ On constate ainsi que la plupart des résultats sont corrects, sinon parfaits. D'une manière générale, on note un déficit des cations par rapport aux anions.

A l'occasion des tournées mensuelles, certaines eaux ont été analysées partiellement. Dans l'annexe II.6 sont groupés les résultats suivants : débit, résistivité, pH, r Cl, et r SO4.

L'interprétation des données chimiques a conduit à tracer des diagrammes triangulaires, type Piper, qui se trouvent en figures, et des diagrammes logarithmiques verticaux, type Schoeller-Berkaloff, groupés en annexe II.7.

Dans ce paragraphe, seront d'abord étudiées les eaux de sources, puis les eaux de rivières.

6.1 Eaux de source.

Elles seront examinées dans l'ordre de présentation du chapitre hydrogéologie.

6.1.1 Eaux du Houiller (diagramme II.7.1).

6.1.1.1 Les eaux prélevées au contact Houiller-Micaschistes, sont extrêmement peu chargées. Leur résistivité est de 11 à 17 000 ohms/cm. Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est instable, mais élevé : 2,3 à 5,0, et le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ voisin de 0,5. La teneur en CO3 combiné est faible en valeur absolue, moins de un milliéquivalent, mais supérieure à celles des chlorures et sulfates. L'indice d'échange de base est voisin de 0,5.

Ces eaux hypocarbonatées magnésiennes ont une bonne potabilité chimique.

6.1.1.2 Les eaux prélevées dans le Houiller plus loin du contact Houiller-Micaschistes diffèrent des précédentes par une résistivité plus basse, de l'ordre de 2 à 300 ohms/cm, un rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ toujours instable, mais pouvant

atteindre 12 et surtout un rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ voisin de 3 (2,82 à 3,46).
L'indice d'échange de base reste voisin de 0,5.

Ce sont des eaux carbonatées normales magnésiennes. Leur potabilité est médiocre, la teneur en magnésium étant trop élevée.

6.1.1.3 Les eaux prélevées dans les sources du Martinet sont assez éloignées des eaux types précédentes. Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ diminue jusqu'à 1, et les teneurs en chlorures et sulfates varient d'une source à l'autre. Les causes de cette évolution doivent être recherchées dans un apport non négligeable d'eaux du Trias et dans la pollution par les eaux d'infiltration en ville.

6.1.2 Eaux de la base du Trias.

- La seule eau représentative est fournie par l'exhaure des Estéraings, (diagramme II.7.2).

- Lors des analyses complètes, la résistivité était de 336 et 468 ohms/cm. Lors des mesures périodiques, elle a varié de 210 à 562 ohms/cm. Des valeurs de 400 à 500 ohms/cm pendant le premier semestre, et de 200 à 400 ohms/cm pendant le second paraissent représentatives. Cette évolution est liée à la fluctuation de l'apport d'eaux du karst liasique. Elle est décalée dans le temps, notamment de mai à juillet, mois pendant lesquels le débit baisse beaucoup mais la résistivité varie encore peu.

- Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est voisin de 1 (beaucoup plus important que celui des eaux du karst dolomitique alimentant le Trias, bien qu'il y ait apport de calcium sous forme SO4 Ca).

- Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ est toujours élevé, de l'ordre de 15 à 35. Il est le plus faible de janvier à mars : 15 à 19, et a une valeur moyenne de 26 pendant les autres mois. Ceci paraît plus dû à une légère augmentation de la teneur en chlorure pendant les hautes eaux, qu'à une variation de la teneur en sulfate.

- L'indice d'échange de base est négatif et élevé, accusant un gros déficit d'alcalins.

- La teneur en CO3 combiné est forte, de l'ordre de 15 à 17 milliéquivalents, quoique toujours inférieure à la teneur en SO4 : 22 à 30 milliéquivalents. Il est remarquable, que les eaux du Trias sont peu chargées en chlorures dont les teneurs varient entre 0,8 et 4,0 milliéquivalents.

En résumé, les eaux du Trias sont sulfatées, hypercarbonatées, sodiques. Leurs trop fortes teneurs en magnésium, alcalins et sulfates, les classent dans les eaux impotables.

6.1.3 Eaux du karst liasique (diagramme II.7.3 et II.7.4).

Ce sont les eaux du karst des dolomies, le plus important réseau aquifère régional. La source paraissant la plus représentative est la "Grande Fontaine" de Saint-Jean-de-Valériscle. En effet, les autres sources coulent au contact du Trias et la grande source des Peyrouses est en liaison avec la rivière Avène.

6.1.3.1 Fontaine de Saint-Jean.

La résistivité mesurée d'août 1965 à février 1966 varie de 1 500 à 2 300 ohms/cm, sans qu'il soit possible de faire une liaison résistivité-débit.

Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est de 0,5 et est représentatif des eaux des dolomies.

Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 0,65 à 3,1, assez irrégulièrement selon les mois, les teneurs en chlorures et sulfates restant faibles.

L'indice d'échange de base est de 0,66.

Cette eau est carbonatée, normale, calcique-magnésienne. Sa potabilité est passable, la teneur en magnésium étant un peu élevée.

6.1.3.2 Les Miniers.

Cette eau est tout à fait comparable à celle de la fontaine de Saint-Jean-de-Valériscle. La proximité du Trias se traduit cependant par des teneurs plus fortes en sulfates (1,7 contre 0,8 milliéquivalents) et, par conséquent, un rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ plus fort, la teneur en chlore étant la même.

Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 1 à 5,3, les plus fortes valeurs se trouvant de juillet à octobre.

L'eau des Miniers reste carbonatée normale, calcique, magnésienne. La potabilité est tout juste passable, vu les teneurs en magnésium et en sulfates.

6.1.3.3 La Nougarède.

La source de la Nougarède a une position géologique comparable à celle des Miniers. Leurs eaux sont très voisines quoique les teneurs en chlorures et en sulfates soient en général moins fortes à la Nougarède. Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ reste comparable : 0,8 à 6 avec un minimum de novembre à février (0,8 à 2), les eaux étant plus hautes à cette époque et donc moins en contact avec le Trias sulfaté.

Les analyses complètes font apparaître un rapport $r \frac{Mg}{Ca}$ relativement faible pour une eau des dolomies : 0,29 à 0,44. Ceci est dû à la dissolution du gypse et de l'anhydrite qui apporte des ions Ca.

L'analyse de juillet 1965 fait apparaître une plus forte concentration de chlorure. S'il n'y a pas erreur d'analyse, l'origine de ce fait peut être recherchée dans l'influence d'un apport d'eau provenant latéralement du Trias inférieur, grâce à la faille passant 500 m à l'ouest de la source. Cette influence ne se ferait sentir qu'en saison sèche et pendant le temps où le Trias inférieur est encore alimenté.

L'eau de la Nougarède est une eau carbonatée normale, calcique magnésienne. Les teneurs en magnésium et en sulfates en font une eau de potabilité passable, souvent médiocre.

6.1.3.4 Les Peyrouses.

Nous ne disposons pas d'analyse chimique complète d'eau des Peyrouses pendant la saison pluvieuse : l'influence de l'Avène ne peut donc pas être mise en évidence par voie chimique. Pour les analyses de juin 1966 et juillet 1965, l'eau des Peyrouses est tout à fait comparable à l'eau des Miniers et de la Nougarède, les teneurs en chlorures étant cependant plus faibles qu'aux Miniers.

L'évolution du rapport $r \frac{SO4}{Cl}$, mesuré pendant un an, apporte une précision intéressante. Ce rapport reste inférieur à 3,2, du mois d'octobre au mois d'avril, et même inférieur à 2,0 de novembre à mars. De mai à septembre, il est supérieur à 3,8. Or, octobre-avril correspond à une plus forte alimentation du karst, donc une tranche d'eau plus haute sur le Trias (SO4 diminue), mais aussi à la période pendant laquelle les pertes de l'Avène sont importantes.

Le rapport $r \frac{Mg}{Ca}$ pris en juin et juillet, est de l'ordre de 0,61. D'octobre à avril, ce rapport doit augmenter notablement, les teneurs en sulfates diminuant.

L'indice d'échange de base varie peu entre 0,3 et 0,6.

La résistivité varie de 2 000 à 3 500 ohms/cm. Son évolution est comparable à celle des débits, les premières crues karstiques entraînant de suite une forte augmentation de la résistivité qui ne diminue que lentement après la décrue d'avril.

Comme l'eau de la Nougarède, l'eau des Peyrouses est carbonatée normale, calcique magnésienne. Sa potabilité est passable en hiver (teneur en magnésium), elle devient médiocre en été, la teneur en sulfates augmentant.

6.1.3.5 Caractères communs aux eaux du karst liasique.

Les eaux des différentes sources ont été présentées comme autant de cas particuliers liés à la plus ou moins grande proximité du Trias et aux pertes de l'Avène. Il se dégage cependant un certain nombre de caractères communs.

La résistivité varie de 1 900 à 2 500 ohms/cm, augmentant en période de crue karstique pour diminuer progressivement ensuite.

Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est fonction de la teneur de l'eau en sulfates et a donc tendance à augmenter en hiver. Sa moyenne se situe aux alentours de 0,4 - 0,7.

L'indice d'échange de base varie entre + 0,6 et + 0,8.

Les eaux sont carbonatées normales, calciques-magnésiennes. Leur potabilité est passable, sinon médiocre.

6.1.4 Eaux du karst jurassique (diagramme II.7.5).

Les sources du karst jurassique sont groupés dans la plaine de Saint-Julien aux sources des Fonts, de Courlas et de Carabiol. Elles sont toutes très semblables.

La résistivité varie de 1 464 à 3 360 ohms/cm, moyenne 1 700-2 100, les résistivités les plus faibles étant liées à la saison sèche sans qu'il y ait de variations accusées en liaison avec les débits.

Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ varie de 0,3 à 0,4.

Pour Courlas et Carabiol, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ est compris entre 0,5 et 1,5, pendant la période des hautes eaux et voisin de 2,6 - 2,7 en basses eaux. La source des Fonts a une eau régulièrement moins sulfatée. Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ tombe à 0,6 - 1,3 pendant les hautes eaux (novembre - avril) et à 1,4 - 1,9 à l'étiage. Cette évolution des sulfates peut être recherchée dans sa position dans la plaine valanginienne ou dans une origine particulière liée à un niveau déterminé du karst jurassique.

L'indice d'échange de base des eaux analysées est constant et très légèrement supérieur à + 0,5.

Toutes ces eaux sont carbonatées normales, calciques, un peu magnésiennes. Leur potabilité est passable, la teneur en magnésium restant trop forte.

La comparaison des diagrammes représentatifs des eaux des karsts du Lias et du Jurassique montre une parenté chimique évidente qui milite pour l'hypothèse de l'alimentation du dernier par les eaux du premier. L'évolution porte sur une légère diminution du rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ due à une augmentation de la teneur en calcium, mais surtout sur une diminution des chlorures et des sulfates associée à une diminution sensible du rapport r $\frac{SO4}{Cl}$, en particulier en saison sèche.

B.R.G.M.

Hydrogéologie

Figure 5
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après PIPER (U.S. Geological Survey)

Sources diverses

ɔuiller:

- ▽ Le Sanier 912-2-41
- ▼ Mas Maistre 912-2-73
- △ Les Sognes 912-2-40
- ▲ Font Longue 912-2-39

as:

- ✦ Les Peyrouses 912-2-47
- x La Nougarède 912-3-4
- ● Fontaine de St Jean 912-3-5
- o Les Miniers 912-3-3

rassique:

- ● Carabiol 912-6-59
- ▼ Courlas 912-6-71
- ▲ Les Fonts 912-6-60

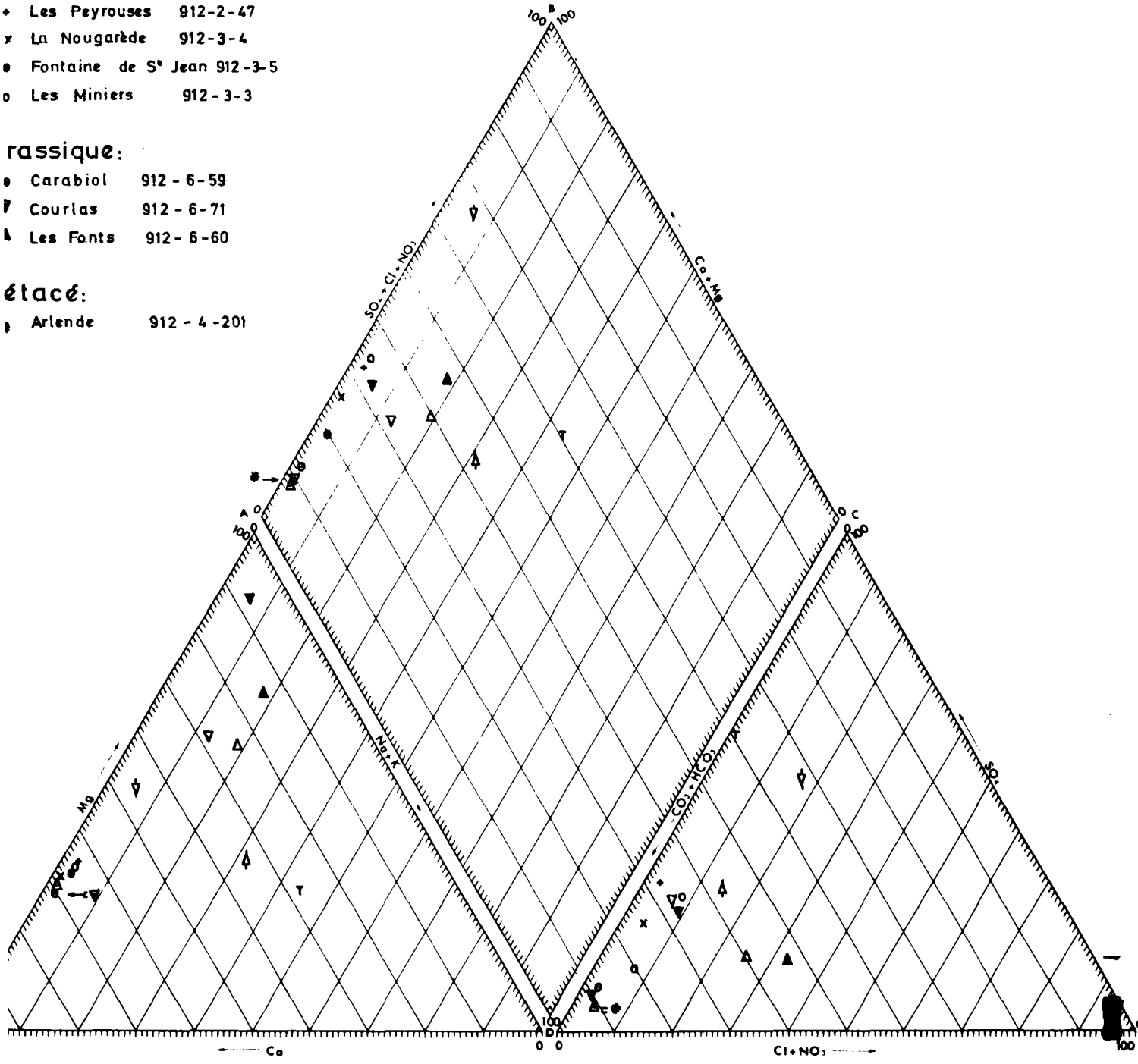
étacé:

- ▮ Arlende 912-4-201

- ⍋ Le Chou 912-2-45
- ⍒ Cité de Mercoirol 912-2-72

Trias:

- T Estéraings 912-2-54



6.1.5 Eaux du karst Crétacé-Urgonien (diagramme II.7.6)

Seule la source d'Arlende est représentative de ce karst qui n'existe qu'à l'extrémité sud-est de la zone étudiée.

La résistivité est variable de 1 758 à 4 329 ohms/cm, sans que l'on puisse faire un parallèle résistivité-débit.

Pour l'analyse complète, le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est de 0,02. Cette eau n'est absolument pas magnésienne. L'indice d'échange de base est de 0,6.

Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$, de janvier à juin 1966, croit de 0,14 à 0,70. Il reste toujours inférieur à 1, les teneurs en sulfates et chlorures étant elles-mêmes très faibles.

Cette eau est carbonatée normale, calcique. Sa potabilité est bonne, bien qu'elle soit un peu dure.

6.1.6 Classification des eaux de sources régionales.

Toutes les analyses d'eau sont reportées sur le diagramme en losange en figure 5. On constate que toutes les eaux des différents karsts sont groupées dans la zone du losange où la proportion d'alcalis par rapport à la somme des cations est inférieure à 5 %, et la proportion de CO3 combiné par rapport à la somme des anions supérieure à 65 %. Le passage des eaux du Crétacé à celles du Jurassique, à celles du Lias, se fait par diminution relative du calcium par rapport au magnésium, et des sulfates par rapport aux carbonates. L'eau type du Trias inférieur, occupe sensiblement le centre du diagramme. Les eaux du Houiller-Micaschistes sont intermédiaires entre les eaux du contact Lias-Trias, et les eaux du Trias inférieur.

En tenant compte de toutes les observations du paragraphe, la classification des eaux des sources, peut s'établir suivant le tableau en figure 6. Aucune des données n'est caractéristique à elle seule, sauf :

- pour les eaux du Houiller proches des micaschistes : la résistivité forte
- pour les eaux du Trias : le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ élevé et la résistivité faible
- pour les eaux du Crétacé : le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ très faible.

Figure 6

CLASSIFICATION DES EAUX DES SOURCES

Origine	Type hydrochimique	r Mg / Ca	r SO4 / Cl		i.e.b.	Résistivité	Divers
			Hautes eaux	Basses eaux			
Houiller							
Proche du socle	hypocarbonatée magnésienne	élevé, instable 2 à 5	0,5		0,5	11 000 à 17 000	
Loin du socle	carbonatée normale magnésienne	instable jusqu'à 12	3		0,5	2 000 à 3 000	
Trias inférieur	sulfaté hypercarbonatée sodique	1	15 à 19	26	négatif élevé	200 à 600	peu de chlorures
Lias	carbonatée normale calcique-magnésienne	0,4 - 0,7	1,1	3,9	0,6-0,8	1 900 à 2 500	
Jurassique	carbonatée normale calcique un peu magnésienne	0,3 ± 0,4	0,5 - 1,5	2,6 - 2,7	0,5	1 700 à 2 100	
Crétacé	carbonatée normale calcique	très faible 0,02	0,1 - 0,8		0,6	1 700 à 4 500	

6.2 Eaux de rivière.

6.2.1 L'Avène (diagramme II.7.7).

Les trois prélèvements pour analyse complète ont été faits en saison sèche. Le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est de 0,76 à la sortie du Trias (Mercoirol), de 0,93 en amont de la perte, sur les dolomies, de 0,36 sur le Jurassique, au Pont d'Avène. L'indice d'échange de base est passé parallèlement de 0,37 à 0,68.

Grâce aux analyses périodiques, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ et la résistivité permettent de suivre avec plus de finesse l'évolution des eaux de la rivière. A la sortie de la buse amont, en contrebas de la découverte de charbon, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 10 à 13,4, de novembre à mars, tandis que la résistivité reste de l'ordre de 1 100 - 1 500 ohms/cm. Vus la position géologique et le tableau en figure 6, l'Avène est certainement formé d'eaux en provenance mixte du Houiller et du Trias basal.

Peu en contrebas, la rivière reçoit un ruisseau en provenance des micaschistes (ρ18° = 11 200 - pH = 7,2 - le 11 mai 1966) puis traverse le Trias. A Mercoirol, à l'arrivée dans l'Hettangien, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 0,6 à 6,4, de novembre à juin, cependant que la résistivité varie de 3200 à 4 700 ohms/cm.

L'Avène se perd ensuite dans les environs du puits de Panissière ; en été, la perte est totale. A l'aval, peu en amont du pont de la R. N. 106, et lorsque la rivière coule (octobre - avril), le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ varie entre 0,9 et 2,6, et la résistivité est de l'ordre de 2 000 ohms/cm. Ces caractéristiques seraient celles de l'eau du Jurassique supérieur, ce d'autant plus que le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ est de 0,36 (une analyse), ce qui serait faible pour une eau du Lias.

6.2.2 L'Auzonnet (diagramme II.7.8)

6.2.2.1 L'Auzonnet amont, jusqu'à "Mas Roussel".

Dans la zone étudiée, jusqu'à 0,5 km en aval de Mas Roussel, l'Auzonnet coule sur le socle. Il est formé par l'Auzonnet amont, échantillonné aux Subes et la rivière Cessous.

L'Auzonnet amont, petite rivière dont le débit mesuré varie entre 124 et 374 litres/seconde d'octobre à mars et tombe jusqu'à 3 litres/seconde en septembre, a déjà traversé quelques agglomérations et coulé sur le socle et le Houiller. Ses caractéristiques chimiques sont les suivantes :

- résistivité variant de 2 000 à 6 500 ohms/cm
- r $\frac{Mg}{Ca}$ = 1,1 (une analyse)
- indice d'échange de base négatif de 1,84 (une analyse)
- r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 1,1 à 5,7 ; il est minimum pendant la période octobre - mars.

C'est une eau hypocarbonatée, magnésienne calcique qui peut être rapprochée des eaux du Houiller assez loin du socle.

Le ruisseau de Cessous coule intégralement sur le socle. Son débit mesuré varie de 50 à 180 litres/seconde, d'octobre à mars, et tombe à l'étiage jusqu'à 1 litre/seconde en septembre. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- résistivité variant de 6 500 à 25 000 ohms/cm
- r $\frac{Mg}{Ca}$ = 1,28 (une analyse)
- indice d'échange de base négatif de 2,14
- r $\frac{SO4}{Cl}$ varie de 0,1 à 7,5, sans relation avec le débit.

C'est une eau hypocarbonatée, magnésienne, en provenance des micaschistes.

A Mas Roussel, le diagramme montre que l'eau de l'Auzonnet est tout à fait comparable aux eaux des Subes et de Cessous. La concentration est évidemment un peu plus forte. En juin, la résistivité est de l'ordre de 4 800 ohms/cm, le rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ de 1,36, et le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ de 2,47.

6.2.2.2 L'Auzonnet de "Mas Roussel" à sa perte.

La perte partielle de l'Auzonnet a lieu à Saint-Florent, environ 300 m amont de la gare. En aval de Mas Roussel, l'Auzonnet coule encore sur le socle pendant environ 500 m puis pénètre dans le Houiller, traverse l'agglomération du Martinet et reçoit les Estéraings (voir eaux du Trias basal) avant de pénétrer dans le Trias sur lequel il coule jusqu'à la perte.

Les apports reçus sont :

- Les Estéraings : eau sulfatée, hypercarbonatée, sodique dont le débit est supérieur à celui de l'Auzonnet amont, d'avril à septembre et égale encore 1/5 à 1/2 de celui de l'Auzonnet amont, pendant les mois pluvieux.
- Les eaux de ruissellement pendant les pluies
- Les égouts du Martinet
- Les petites sources diverses.

a) D'avril à septembre, le débit de l'Auzonnet est plus petit à l'amont de la perte qu'à l'aval des Estéraings. L'évaporation, l'infiltration et les pompages privés pour jardin créent un déficit de débit supérieur aux apports. Le phénomène inverse s'établit d'octobre à mars.

A l'étiage, le diagramme représentatif de l'eau de l'Auzonnet calque fidèlement celui de l'eau des Estéraings (voir II.7.8). L'eau est moins minéralisée : 1 100 ohms/cm contre 400, ce qui s'explique par la dilution. Les rapports r $\frac{Mg}{Ca}$ = 1 à 1,1 et i.e.b. = -7 à -10 sont comparables à ceux de l'eau du Trias. Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ est plus petit :

	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Estéraings	28,8	34,7	28,0	7,5 ?	27,2	29,3
Auzonnet amont perte	14,5	14,6	16,8	17,5	16	sec

L'interprétation de l'évolution du rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ est assez délicate, car les teneurs en Cl^- et en $SO4^{--}$ diminuent toutes deux. Un essai de calcul du bilan des chlorures et des sulfates en aval des Estéraings, et en amont perte (teneur x débit) est relativement représentatif, les phénomènes de dilution se faisant peu sentir à la hauteur de l'amont perte situé 1,7 km à l'aval des Estéraings, source à débit constant dans la journée. Il a été fait pour les mois d'avril à juin 1966, la rivière coulant à peine de juin à septembre.

		IV	V	VI
Aval Estéraings				
	QrCl	210	80	50
	QrSO4	3 320	2 330	1 375
Amont Perte				
	QrCl	45	70	35
	QrSO4	680	1 020	540

On constate donc à l'étiage, un léger déficit des chlorures, et une très importante diminution des sulfates. Le déficit des chlorures peut être recherché dans une fixation par les argiles du Trias supérieur. Le déficit des sulfates, très important, doit être dû à une réduction au contact des matières organiques et des eaux d'égout.

b) Pendant la saison des hautes eaux, octobre à mars, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$, à la hauteur de l'amont perte est considérablement plus petit : 1,9 à 7,5.

Le même calcul de bilan donne les résultats suivants :

	X	XI	XII	I	II	III
Aval Estéraings						
Q Cl	125	615	235	200	270	380
Q SO4	1 245	3 700	2 440	1 730	3 145	2 750
Amont Perte						
Q Cl	190	1 630	290	200	430	270
Q SO4	1 400	3 060	1 390	1 630	1 835	1 750

On constate une augmentation des chlorures et une diminution des sulfates. L'apport de chlorures, phénomène inverse qu'en été, doit être recherché dans le lessivage des dépôts d'ordures ménagères et des décharges municipales qui sont entassées dans l'Auzonnet, dans l'attente d'une crue. Le déficit des sulfates, par réduction, est moins marqué qu'à l'étiage.

6.2.2.3 L'Auzonnet de sa perte à l'égout du siège H. B. C. - St Florent.

Entre ces deux points, l'Auzonnet coule sur le Trias, puis sur le Houiller, après le passage de la faille de la Nougarède n° 1. Il reçoit la surverse de la source des Peyrouses, des infiltrations mal localisées en provenance du Lias surplombant le Trias et le Houiller, des ruissellements en provenance des stocks de fines de charbon et des bassins de décantation. De juin à septembre, le débit est plus faible en aval perte qu'en amont perte (déficit maximum de l'ordre de 15 l/s). En juillet, août et septembre, le débit de l'Auzonnet est pratiquement nul en amont de l'égoût de la mine.

L'étude de l'évolution chimique de l'Auzonnet n'a pas été suivie sur ce tronçon. En étiage, le débit est nul ou négligeable, en hautes eaux la qualité chimique des eaux doit être sensiblement la même qu'en amont perte, la résistivité étant probablement un peu plus faible, grâce à l'apport des Peyrouses.

6.2.2.4 L'Auzonnet de l'égout du siège H. B. C. - St Florent au confluent avec la Cèze.

Jusqu'à St-Jean-de-Valériscle, la rivière coule sur Houiller, puis sur 500 m environ de Trias masqué par des alluvions avant de traverser le Jurassique et le Valanginien. Elle traverse ensuite la dépression tertiaire, mais se trouve toujours sur alluvions.

En tête, l'Auzonnet a un débit de l'ordre de 50 à 100 l/s d'avril à juillet, quasi nul de juillet à septembre, de l'ordre de 200 à 1 500 l/s (têtes de crues exclues) d'octobre à mars.

Il reçoit alors l'égout de la mine de St Florent. Le rejet à la rivière se fait en régime discontinu : un pompage de jour, un pompage de nuit, auxquels s'ajoute un petit débit irrégulier provenant des services du jour. L'eau de l'égoût provient de l'exhaure et du lavoir qui est lui-même alimenté à partir de la Cèze et de l'exhaure. C'est une eau chlorurée forte, sulfatée sodique. Elle est représentée sur le diagramme II.7.8 (prélèvement de juin 1966). En fait, sa composition est très variable dans le temps, aussi bien à l'échelle de l'heure que du mois. Les rapports classiques n'ont plus de valeur. La seule constante est la forte teneur en chlorures (100 à 170 milliéquivalents/litre), durant les périodes d'activité du siège de St Florent. Selon estimation des Houillères, l'exhaure du siège de St Florent serait de 5 000 m3/jour, auxquels s'ajoutent dans l'égout les eaux pompées dans la Cèze : 1 500 m3/jour, soit 6 500 m3/jour (150 l/s en moyenne, l'exhaure se répartissant sur une douzaine d'heures). D'avril à juillet, l'eau rejetée par les Houillères à St Florent double donc le débit de l'Auzonnet. De juillet à septembre, elle fournit la quasi totalité du débit aval. De septembre à mars, elle intervient encore pour 10 à 80 % du débit aval, crues mises à part Il faut donc s'attendre à ce qu'elle influence très fortement la qualité chimique de l'eau de la rivière.

En aval de l'égout dee H. B. C., et jusqu'à la sortie de la bordure sous-cévenole, les apports sont dus aux égouts des villages (St Florent, St Jean, Les Mages), à l'exhaure intermittent du puits de St Jean (eau sulfatée, chlorurée normale, calcique - 10 l/s en moyenne), aux petites sources diverses (débit quasi nul en été).

Des Mages à la confluence avec la Cèze, l'Auzonnet draîne ses alluvions en été, reçoit les petits ruisseaux (les Valats) circulant sur l'Oligocène et l'Alauzène.

Le diagramme II.5.8 montre que les eaux de l'Auzonnet sont de moins en moins chargées d'amont en aval, mais que leur qualité chimique reste tout à fait comparable à celle de l'eau de l'égout H. B. C. de St Florent. Les diagrammes de St Florent, de Meilhen, de l'Oratoire et de l'Auzon sont quasi parallèles, décalés vers le bas. On note une augmentation du rapport r $\frac{Mg}{Ca}$, la concentration en calcium diminuant plus vite que celle en magnésium (influence des eaux des dolomies ?), et une constance du rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ (0,4 à 0,5).

Des mesures au pont de Kohlrausch, réparties sur 24 heures, faites en juin à Meilhen, Pont Bayol, Oratoire, Auzon montrent que la résistivité des eaux des différents points évolue au cours de la journée. Ceci prouve que le mixage des eaux d'égout et des eaux naturelles n'est pas encore parfait à l'aval de la rivière. Les phénomènes de dilution interdisent donc tout calcul de bilan des chlorures et sulfates, comme il avait été fait à l'amont de St Florent. Aucun prélèvement ne peut être considéré comme représentatif. Les seuls résultats bruts peuvent avoir une valeur de statistique ; ils se trouvent en annexe II.4.

On en tire les moyennes suivantes :

	Hautes eaux			Basses eaux		
	r Cl	r SO4	r $\frac{SO4}{Cl}$	rCl	r SO4	r SO4 - Cl
Meilhen	8,1	8,6	1,0	46,3	24,6	0,5
Bayol	12,1	6,8	0,6	41,1	19,4	0,5
Oratoire	11,9	6,7	0,5	37,0	14,5	0,4
Auzon	3,7	2,1	0,5	12,3	5,9	0,5

En hautes eaux la teneur en chlore augmente de Meilhen à Bayol. L'origine de cette évolution doit être recherchée dans le lessivage des dépôts d'ordures et de décharges municipales, comme en amont de Saint-Florent. Il n'y a plus de tels dépôts à l'aval, sauf celui du village d'Auzon, et la teneur en chlorure diminue alors par dilution. L'influence de l'Alauzène se fait nettement sentir ensuite. La teneur en sulfate varie peu en valeur absolue, mais diminue cependant par réduction dans le bief Meilhen - Bayol où les égouts amenant des matières organiques sont les plus nombreux. Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ après avoir brusquement diminué de Meilhen à Bayol, reste constant à 0,6 - 0,5.

En basses eaux, les teneurs en chlorure et en sulfate diminuent de l'amont vers l'aval. La dilution peut expliquer le phénomène, la réduction des sulfates dans le bief Meilhen - Bayol est beaucoup moins nette. Il est d'ailleurs possible que ce phénomène se poursuive beaucoup plus en aval. Le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ reste constant aux alentours de 0,5.

Toutes les eaux de l'Auzonnet sont impotables, vu leurs teneurs en chlorures et sulfates. L'Auzon en hautes eaux a une potabilité médiocre.

6.2.2.5 Schéma de l'évolution amont -aval des eaux de l'Auzonnet.

Elle est résumée sur le tableau ci-dessous, où sont reportés, pour l'Auzonnet et pour ses affluents principaux :

- $Q1, \rho 1$ = débit et résistivité moyens représentatifs durant la période octobre-mars
- $Q2, \rho 2$ = débit et résistivité moyens représentatifs durant la période avril-septembre.

(Les chiffres suivis de ? sont estimés).

- Les observations principales sur l'évolution des eaux
- Les types hydrochimiques des eaux aux stations de prélèvements.

EVOLUTION AMONT-AVAL DES EAUX DE L'AUZONNET

A U Z O N N E T	A F F L U E N T S
Auzonnet amont ρ1 = 4 750 Q1 = 220 ρ2 = 3 200 Q2 = 20 Débit de l'ordre de 5 l/s à partir de juiller - Eau hypocarbonatée, magnésienne calcique.	
	Cessous Q1 = 100 ρ1 = 16 000 Q2 = 5 ρ2 = 10 000 Débit de l'ordre de 1 l/s à partir de juillet - Eau hypocarbonatée magnésienne.
Mas Roussel ρ1 = 8 000 Q1 = 320 ρ2 = 4 500 Q2 = 25 Eau faiblement carbonatée, magnésienne - calcique.	
	Les Estéraings Q1 = 95 ρ1 = 400 Q2 = 50 ρ2 = 350 Eau sulfatée, hypercarbonatée, sodique. D'avril à septembre : débit supérieur à celui de l'Auzonnet. De septembre à mars : débit égal à 1/5 à 1/2 de celui de l'Auzonnet.
Evolution en aval des Estéraings en été : léger déficit des chlorures réduction importante des sulfates. en hiver : apport de chlorures (pollution), réduction des sulfates.	
Amont perte ρ1 = 1 900 Q1 = 500 ρ2 = 900 Q2 = 60 Débit de l'ordre de 1 l/s à partir de juillet - Eau sulfatée, sodique, magnésienne.	
	Les Peyrouses Q1 = 200 ρ1 = 3 300 Q2 = 20 ρ2 = 2 500 Débit nul à partir de juillet - Eau carbonatée normale, calcique - magnésienne.
Evolution en aval des Peyrouses en été : néant. en hiver : dilution.	
	Egout du siège de Saint-Florent Q1 = 150 ρ1 = 200 Q2 = 150 ρ2 = 200 Exhaure répartie sur 12 heures. Eau chlorurée, forte, sulfatée, sodique. D'avril à juillet double le débit de l'Auzonnet. De juillet à septembre fournit la totalité du débit de l'Auzonnet. De septembre à mars intervient pour 10 à 80 % du débit aval (crues mises à part)

Evolution en aval de Saint-Florent

La même qu'en aval des Estéraings ?

Meilhen

ρ1 = 950 Q1 = 1 100

ρ2 = 200 Q2 = 400

Eau chlorurée moyenne, oligosulfatée sodique - calcique

Evolution de l'aval de Meilhen à l'Alauzène

Oratoire

ρ1 = 600 ? Q1 = 1 700 ?

ρ2 = 350 ? Q2 = 450

Eau chlorurée, oligosulfatée, sodique calcique

De l'amont vers l'aval

en été : déficit des chlorures et des sulfates (dilution ? réduction des sulfates ?)

en hiver : apport de chlorures (pollutions) dans le bief Meilhen - Pont Bayol, puis dilution.

Réduction des sulfates dans le même bief puis dilution

Alauzère

Q1 = 750 ? ρ1 = 1 750

Q2 = 140 ρ2 = 1 700 ?

Débit nul à partir de juin

Eau carbonatée normale, calcique.

Auzon

ρ1 = 1 200 ? Q1 = 3 500 ?

ρ2 = 500 ? Q2 = 600 ?

Eau chlorurée normale, oligosulfatée sodique - calcique.

B.R.G.M.

Hydrogéologie

Figure 7

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après PIPER (U.S. Geological Survey)

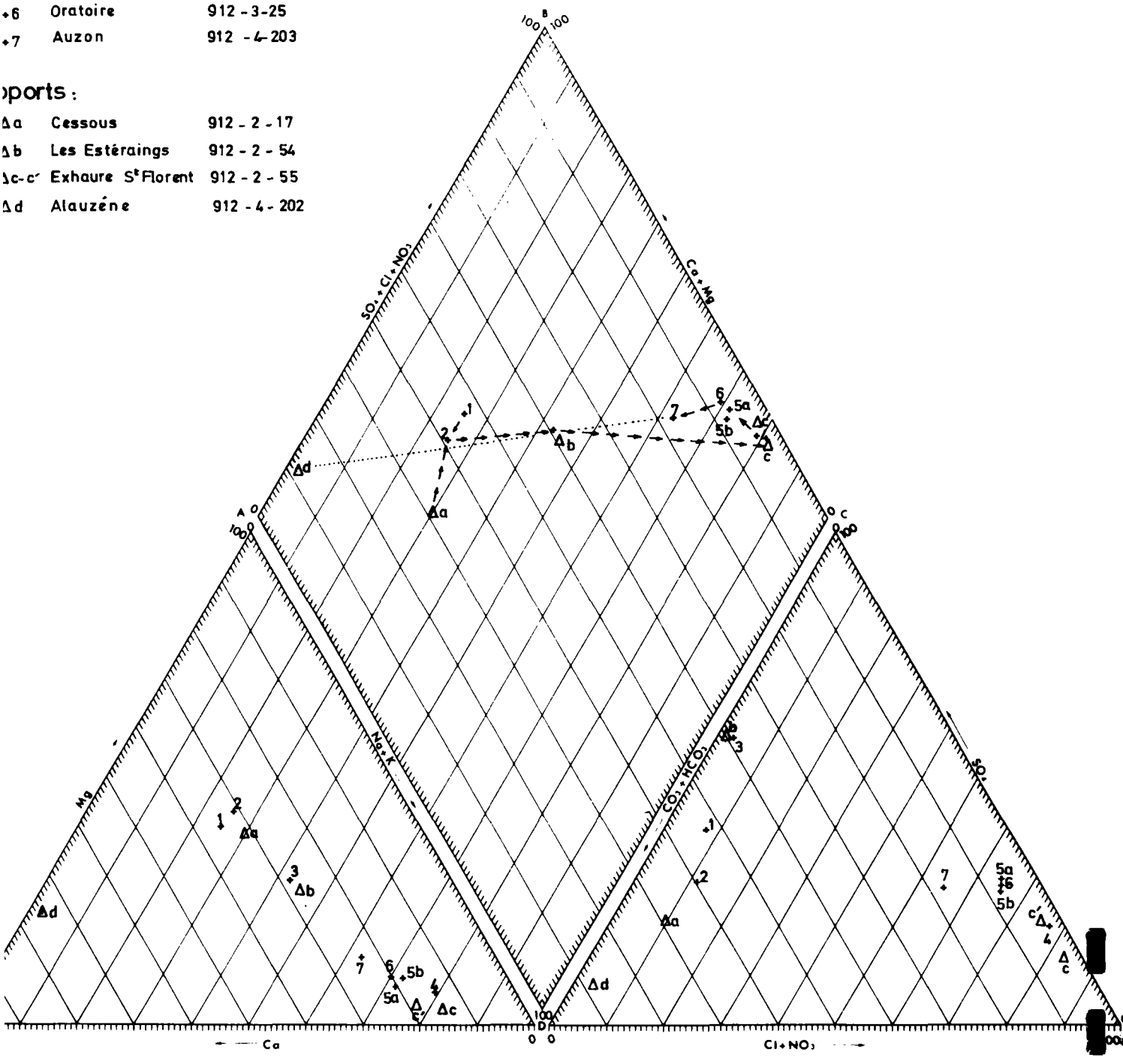
Evolution des eaux de l'Auzonnet de l'amont vers l'aval

Prélèvement sur l'Auzonnet :

+ 1	Les Subes	912 - 2 - 74
+ 2	Mas Roussel	912 - 2 - 82
+ 3	Amont perte	912 - 2 - 76
+ 4	Pont des mages	912 - 3 - 27
+ 5a - b	Meilhen	912 - 3 - 22
+ 6	Oratoire	912 - 3 - 25
+ 7	Auzon	912 - 4 - 203

Apports :

Δ a	Cessous	912 - 2 - 17
Δ b	Les Estéraings	912 - 2 - 54
Δ c - c'	Exhaure St Florent	912 - 2 - 55
Δ d	Alauzène	912 - 4 - 202



L'utilisation du diagramme en losange permet également de suivre l'évolution des eaux de l'Auzonnet. L'exemple en figure 7, ci-contre, met en valeur l'influence des exhaures pendant les basses eaux. La plupart des analyses représentées sont de juin 1966. Sur ce diagramme, les apports sont représentés par des triangles, et les eaux de l'Auzonnet, par des croix.

A Mas Roussel (2), l'Auzonnet vient de se grossir du ruisseau de Cessous (a). La croix 2 représentative se trouve sensiblement sur la ligne a-1 (1 : eau de l'Auzonnet amont aux Subes).

L'Auzonnet reçoit ensuite les Estéraings (b). En amont de la perte (3), les eaux de la rivière sont encore très voisines de celles du Trias inférieur : la croix 3 et le triangle (b) sont proches.

L'Auzonnet reçoit ensuite l'égout de la mine de St Florent (c), et s'écoule sans apport notoire jusqu'à l'Alauzène. En aval de St Florent les eaux restent proches de celles de l'exhaure mais évoluent dans le sens SO4 + Cl décroissant, Na + K décroissant.

Après l'Oratoire (6), la rivière reçoit l'Alauzène (d), et le point représentatif de l'Auzon (7), à l'aval du confluent, se trouve sensiblement sur la ligne 6 - d.

7 - Pollution chimique de l'Auzonnet

7.1 Introduction.

L'étude hydrochimique a montré les fortes teneurs en chlorures et en sulfates des eaux de l'Auzonnet dans le pays minier et en aval de celui-ci. Cette pollution a été plus particulièrement examinée en fin d'étude afin d'en rechercher les causes et le mécanisme. Elle est évidemment plus sensible en période d'étiage qu'en hautes eaux, aussi les observations ont-elles été faites en juin.

Les résultats d'une étude de l'évolution physico-chimique des eaux de la rivière pendant les journées du 7 au 8 juin se trouvent en annexe II.8 ; les diagrammes logarithmiques verticaux des eaux d'exhaure en annexe II.7.9 à II.7.11.

7.2 L'Auzonnet avant pollution.

A Mas Roussel, l'Auzonnet pénètre en pays minier. On peut alors le considérer encore comme non pollué, bien qu'il ait traversé les villages de l'Affenadou et du Pontil en amont.

Les 7 et 8 la composition chimique de ses eaux était constante :

- pH = 7,9
- résistivité à 18° = 4 850 ohms/cm $\pm \frac{0,6}{100}$
- r Cl : 0,2 à 0,4
- r SO4 : 0,5 à 1,0

7.3 Les causes de pollution.

7.3.1 Les eaux usées de mine.

La pollution par les eaux de mine est spectaculaire car elle est accompagnée de dépôts encroutants comme aux Estéraings ou de fines de charbon comme à St Florent.

7.3.1.1 L'exhaure naturelle des Estéraings.

Il s'agit de l'exhaure naturelle d'un puits abandonné : le puits Pisani. Après l'arrêt de l'exploitation, l'eau a mis trois ans à remplir les vieux travaux. Elle s'écoule maintenant par gravité jusqu'à l'Auzonnet où elle se jette aux Estéraings. Les débits mesurés pendant une année, varient de 8 à 148 litres/seconde, avec étiage de juin à septembre et étiage secondaire en décembre. D'avril à septembre le débit des Estéraings est supérieur à celui de l'Auzonnet. De septembre à mars son débit égale 1/5 à 1/2 de celui de la rivière.

L'eau des Estéraings a une composition chimique assez constante. Elle est sulfatée, hypercarbonatée, sodique et sa teneur en chlorures est relativement faible : 0,8 à 4 milliéquivalents.

7.3.1.2 L'égout du siège de St Florent (voir diagrammes II.7.8 II.7.9 et II.7.10)

L'exhaure du siège de St Florent est relativement constante au cours d'une année ; moins de 17 % d'écart entre juillet et avril au cours de l'année 1964. Ce n'est pas du tout le cas à l'échelle de la journée pendant laquelle il y a une exhaure de jour et une de nuit.

En moyenne, le débit déversé par l'égout dans l'Auzonnet est de 150 l/s pendant 12 heures. D'avril à juillet il double le débit de la rivière. De juillet à septembre, il constitue la quasi totalité du débit aval de l'Auzonnet. De septembre à mars, il intervient encore pour 10 à 80 % du débit aval, crues mises à part.

L'eau rejetée à l'Auzonnet provient de l'exhaure, du lavoir et des différents égouts du siège. L'exhaure fournit 80 % du volume global d'eau passant par l'égout, le solde de 20 % provenant des pompages dans la Cèze et la source des Peyrouses.

1 200 m3/jour (14 l/s) d'eau passent en moyenne journellement par le lavoir de St Florent. 400 m3/jour sont prélevés sur l'exhaure par l'intermédiaire du bassin de la Couronne. 800 m3/jour sont fournis par le pompage dans la Cèze. 1 000 m3/jour environ passent par l'égout tandis que 200 m3/jour d'eau seraient rejetés à l'Auzonnet à la sortie des bassins de décantation des schlams.(1)

La qualité chimique moyenne de l'eau usée déversée par l'égout dans l'Auzonnet en période d'activité du siège est la suivante (en milliéquivalents) :

r Ca : 27,5	r Mg : 8,5	r (Na + K) : 146,3
r (CO_3 + H CO_3) : 5,5	r Cl : 140,7	r SO_4 : 38,0

C'est une eau très chlorurée et très sulfatée. Par comparaison avec l'étude hydrochimique faite sur les eaux de surface la teneur en sulfate, bien qu'un peu forte, s'explique très bien puisque les travaux se trouvent au mur des niveaux perméables du Trias basal. Les teneurs en chlorures paraîssent plus aberrantes. Une visite tardive faite dans la mine et la laverie a permis d'échantillonnner au fond des eaux tout à fait comparables aux eaux de l'égout, en particulier la venue de la couche X débitant 3 000 m3/jour (voir compte-rendu de visite en annexe II.9).

---

(1) - Chiffres communiqués par la Direction des Houillères du bassin des Cévennes.

B.R.G.M.

Hydrogéologie

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après PIPER (U.S. Geological Survey)

: de mine rejetées à l'Auzonnet

aux du fond

1	Travaux	de couche X	Janvier 1967
2	Venues	coté Molières	
3	Anciens	travaux quartier IV	
4	Travers	banc 2	
5	Travaux	actuels	
6	Failles		

gout H.B.C de St Florent

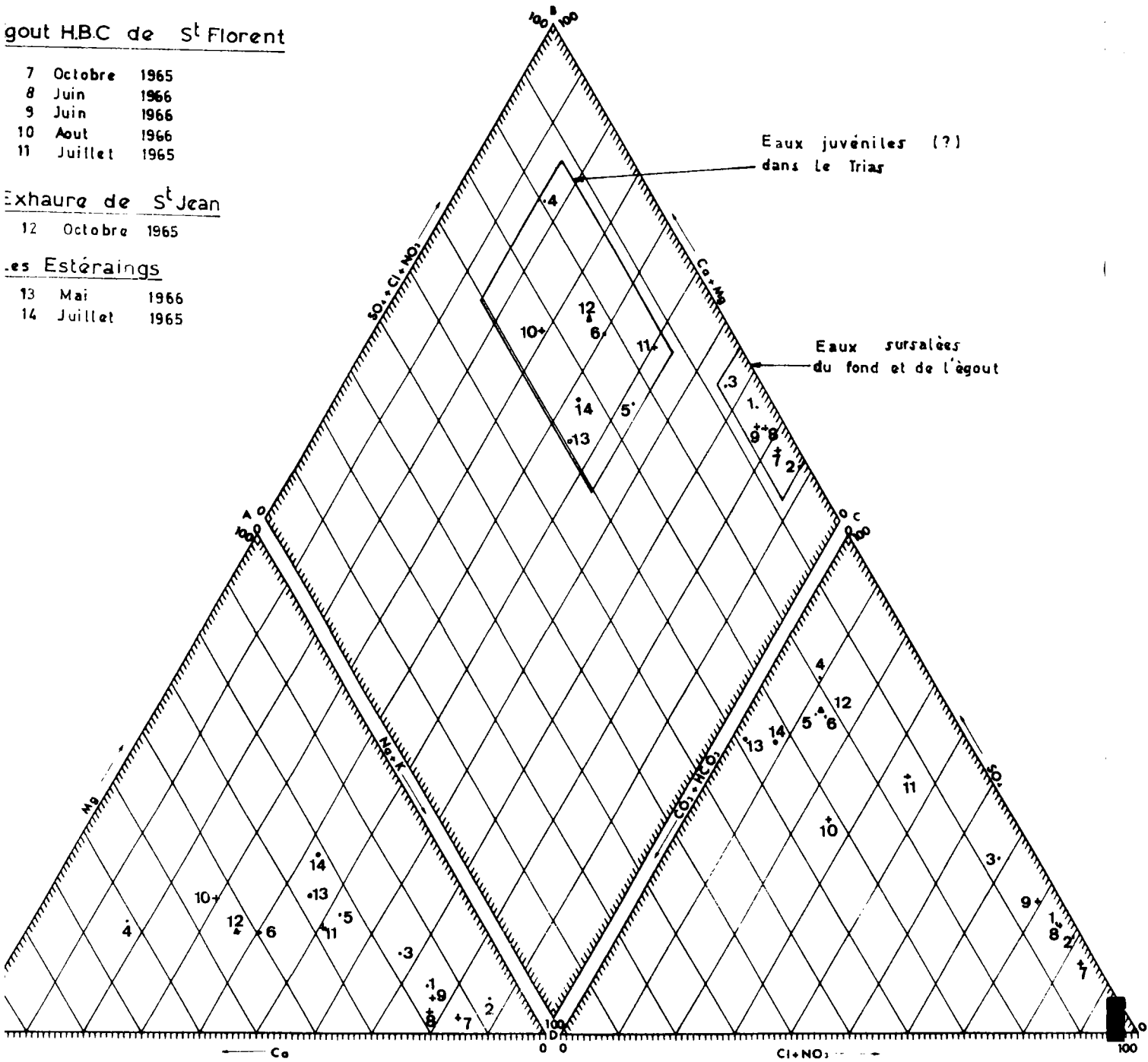
7	Octobre	1965
8	Juin	1966
9	Juin	1966
10	Aout	1966
11	Juillet	1965

Exhaure de St Jean

12	Octobre	1965

Les Estéraings

13	Mai	1966
14	Juillet	1965



7.3.1.3 L'exhaure du puits de Saint-Jean-De-Valériscle (voir diagramme II.7.11

Cette exhaure a lieu de nuit. Le volume d'eau pompé est de l'ordre de 16 300 m3/mois (± 20 %). La qualité chimique de l'eau rejetée dans l'Auzonnet est, on l'a vu, considérée comme représentative de l'eau du fond. C'est une eau sulfatée, chlorurée normale, calcique.

7.3.1.4 Représentation d'ensemble des exhaures.

Le diagramme en losange en figure 8 ci-contre représente la totalité des analyses d'eau d'exhaure que nous possèdons. On constate encore une fois que les eaux des Estéraings, de l'exhaure de Saint-Jean et de l'exhaure de Saint-Florent, laverie arrêtée, appartiennent à la même famille et sont bien groupées sur le diagramme. Les eaux d'exhaure de Saint-Florent, laverie en activité, sont séparées du groupe précédent. La croix 5 est isolée entre les deux groupes ; elle représente l'eau de l'exhaure de Saint-Florent pendant un arrêt momentané de la laverie.

7.3.2 Les égouts, tas d'immondices et dépôts d'ordures.

Lorsque l'on remonte l'Auzonnet à partir des Mages, on est frappé par le nombre des bouches d'égout privées ou collectives, et l'importance des dépôts d'ordures de toutes sortes qui sont entassées dans le lit mineur de la rivière. Chaque crue nettoie un peu la rivière mais il en reste. L'Auzonnet en saison d'étiage est, pour reprendre une expression connue, un égout à ciel ouvert.

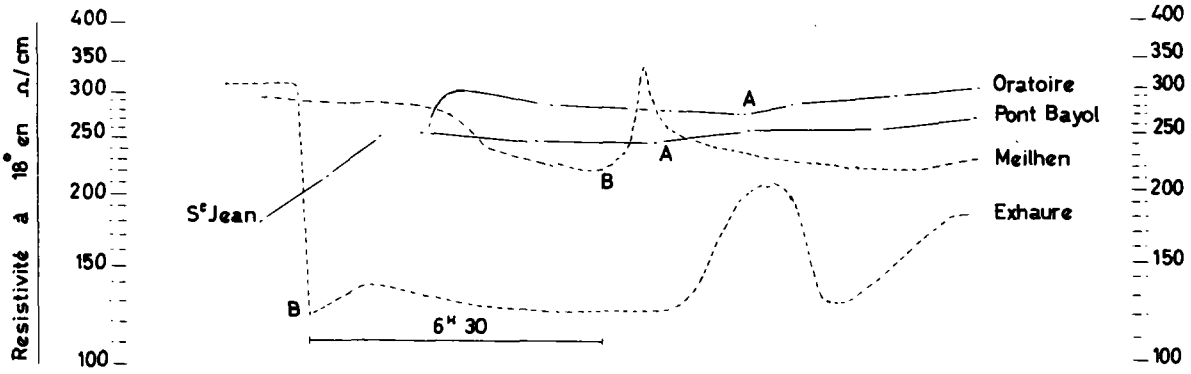
Ce facteur intervient certainement pour beaucoup dans la pollution de la rivière. Une étude récente a montré que le lessivage d'un tas d'ordures ménagères entraîne une forte pollution chimique en aval :

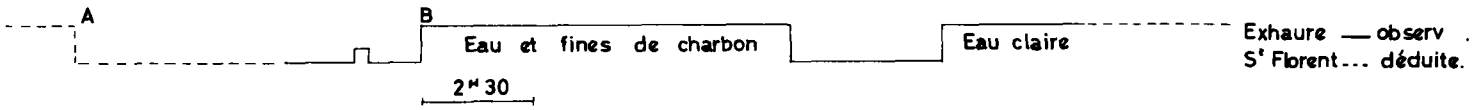
Pour 1 235 m3 et par an : 1,5 tonne de sodium et potassium
1,0 tonne de calcium et magnésium
0,91 tonne de chlorure
0,23 tonne de sulfate
3,9 tonne de carbonate.

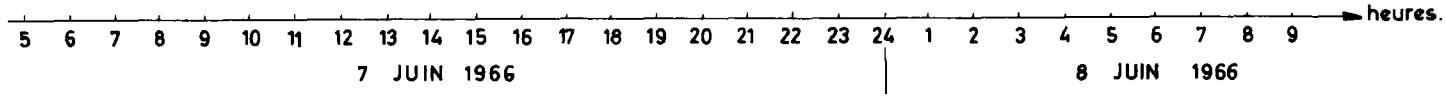
En saison sèche la pollution chimique de l'Auzonnet par les égouts et le lessivage des dépôts d'immondices est évidemment masquée par la pollution due aux différentes exhaures. Elle est réelle cependant et se traduit par une augmentation de pH pendant le jour. Aucune analyse A.B.S. (alkyl, benzène, sulfonate) n'a été faite, mais il est certain que ces éléments interviennent largement dans la pollution. Les eaux ne contiennent en revanche que des traces accidentelles de nitrites et nitrates.

En période de hautes eaux la pollution chimique par lessivage des dépôts d'ordure se marque, on l'a vu, dans la teneur en chlorures. Le phénomène devient alors apparent, car le volume d'exhaure ne constitue pas la majeure partie des eaux de la rivière.

PROPAGATION DE LA POLLUTION EN AVAL DE L'EXHAURE DE St FLORENT







7.4 Propagation de la pollution chimique d'amont en aval de l'Auzonnet.

Elle a été plus particulièrement étudiée les 7 et 8 juin, journées pendant lesquelles des prélèvements ont été faits le plus régulièrement possible d'amont en aval (voir les résultats en annexe II.6).

En amont de l'exhaure de Saint-Florent, le mélange des eaux de l'Auzonnet et des Estéraings est homogène. On constate une dilution de chlorures ainsi, peut-être, qu'une légère fixation par les argiles du Keuper. Les sulfates sont réduits. L'eau de l'Auzonnet a les caractéristiques suivantes :

résistivité : 1 070 à 1 200 ohms/cm
r Cl : 0,45 à 0,55
r SO4 : 6,00 à 7,75

En aval de l'exhaure de Saint-Florent, et jusqu'au confluent avec la Cèze, les mesures de résistivité prouvent que le mélange des eaux de l'Auzonnet et des eaux d'exhaure n'est jamais parfait. Les variations chimiques dues à l'exhaure de Saint-Florent se font donc sentir jusqu'à l'aval.

La figure 9 ci-contre comprend :

- une copie du limnigramme enregistré à Meilhen
- un diagramme des temps d'exhaure à Saint-Florent
- les courbes d'évolution de la résistivité à l'exhaure Saint-Florent, à Meilhen, à Pont Bayol et à l'Oratoire.

A Meilhen, 4 km en aval de l'exhaure, on constate un décalage de deux heures et demie entre le début de l'exhaure (13h 50), et l'arrivée de la vague correspondante (point B). La pollution chimique ne se propage pas avec la même vitesse. A Meilhen la résistivité mesurée régulièrement varie brusquement à 20h 30, alors que l'arrivée de la vague était notée à 16h 20. La pollution chimique due à l'exhaure Saint-Florent a donc mis six heures et demie à atteindre Meilhen soit quatre heures de plus que la vague.

De même l'interprétation des courbes de résistivité montrerait que la pollution met environ 15 heures à atteindre Pont Bayol et 17 heures à atteindre l'Oratoire, respectivement à 8,2 km et 9,7 km en aval de Saint-Florent. La propagation de la pollution d'amont en aval est d'ailleurs très perturbée par la présence de petits barrages entre Meilhen et les Mages. En saison sèche l'eau s'accumule derrière ces retenues et se concentre dans de fortes proportions. Une analyse d'eau prélevée dans la retenue du barrage des Mages en fournit la preuve avec les concentrations suivantes :

r Ca :	22,5	r Mg :	10,5	r (Na + K) :	124,5
r (CO_3 + H CO_3) :	5,1	r Cl :	136,0	r SO_4 :	34,1

Cette eau au résidu sec supérieur à 10 g/l est plus minéralisée que celle de l'exhaure Saint-Florent.

7.5 Conclusion à la pollution de l'Auzonnet.

La pollution chimique de l'Auzonnet pendant sa traversée de la zone minière ne fait aucun doute. Elle est mise en valeur par les chiffres moyens rappelés dans le tableau suivant :

	r Ca	r Mg	r Na + K	r CO3 + H CO3	r Cl	r SO4
Entrée	1,1	1,5	0,91	2,05	0,4	0,99
Centre	3,72	3,96	5,47	5,16	0,46	7,75
Sortie	15,0	6,61	54,23	4,64	49,29	21,85

Elle porte surtout sur les chlorures et les sulfates.

L'origine de la pollution doit être recherchée dans l'exhaure naturelle des Estéraings, dans l'exhaure du siège de Saint-Florent, dans l'exhaure du puits Saint-Jean, mais aussi dans les égouts des agglomérations et dans les dépôts d'immondices entassés dans la rivière.

L'exhaure du siège de Saint-Florent intervient évidemment pour beaucoup dans la pollution de l'Auzonnet. Elle est d'ailleurs d'autant plus spectaculaire que les eaux rejetées à la rivière sont souvent noires, entraînant une grosse quantité de fines de charbon. Des prélèvements faits au fond en janvier 1967 ont montré que les venues d'eau provenant de certains travaux, en particulier ceux de la couche X (3 000 m3/jour) sont très chargées en chlorures et sulfates :

r Cl : 142 méq/l

r SO4 : 44 méq/l

La pollution due aux égouts et aux dépôts d'ordures ne doit pas être sous-estimée. Son influence ne peut être chiffrée, mais elle est certainement importante. En saison sèche, elle est masquée par la pollution due à l'exhaure de Saint-Florent. En saison des hautes eaux, alors que l'exhaure de Saint-Florent n'est plus prédominante, la pollution liée à l'habitat se fait sentir, notamment sur les teneurs en chlorures.

Conclusion

Cette étude était initialement orientée sur la recherche des modes de circulation des eaux souterraines sur la bordure des Cévennes au nord d'Alès (bassins de l'Avène et de l'Auzonnet). Des analyses ayant mis en lumière les fortes teneurs en chlorures et sulfates de l'Auzonnet, l'intérêt s'est ultérieurement porté sur la chimie des eaux et l'examen de la pollution chimique de la rivière. Pour mener à bien ce travail il a été nécessaire de repousser le cadre géographique vers l'est jusqu'au confluent de l'Auzon avec la Cèze, afin de définir les éléments de base : géologie, climatologie, hydrologie superficielle, hydrogéologie régionale. Il a été ensuite possible de préciser les types hydrochimiques d'eaux souterraines, puis d'étudier l'évolution chimique de l'Auzonnet, de l'amont vers l'aval, et de préciser les origines et le mécanisme de la pollution de cette rivière. Les traits caractéristiques de chacun des sujets d'intérêt sont rappelés brièvement ci-dessous.

Géologie :

La zone étudiée est formée pour l'essentiel par une série sédimentaire qui repose sur des gneiss et micaschistes affleurant à l'ouest du secteur. La série sédimentaire débute au Houiller pour s'arrêter à l'Oligocène. La bordure sous-cévenole comprend tous les affleurements du Lias et du Jurassique supérieur. Elle est bordée par le Crétacé qui réapparaît au sud-est du secteur sous son faciès urgonien. La dépression centrale entre la bordure sous-cévenole et l'Urgonien est occupée par les dépôts fluviatiles de l'Oligocène.

La tectonique est intense dans la bordure sous-cévenole à l'ouest de la faille des Cévennes. Elle découpe les terrains liasiques et jurassiques en une série de panneaux diversement basculés.

Climatologie :

La région est soumise au climat méditerranéen de type cévenol. Il se caractérise par une pluviosité abondante, augmentant avec l'altitude et très irrégulière annuellement et saisonnièrement. Les mesures faites en 1965 - 1966 montrent que l'année a été assez pluvieuse avec 1 512 mm au Martinet, 1 007 mm à Saint-Jean-De-Valériscle, 1 203 mm dans la haute vallée de l'Avène.

Octobre et septembre ont été les mois les plus pluvieux. En fin d'hiver il n'a pas beaucoup plu en mars. La saison sèche a débuté à mi-avril.

Hydrologie :

Les mesures de débit montrent que le régime de l'Auzonnet suit fidèlement la pluviométrie sans décalage appréciable dans le temps, même au début de la saison

des pluies (mi-septembre). Les crues sont brutales et les décrues se font rapidement.

De mi-septembre à mi-avril l'Auzonnet avait un débit moyen de 140 litres/seconde en tête, 990 litres/seconde à sa sortie de la bordure sous-cévenole, 2 300 litres/seconde à sa confluence avec l'Auzon.

En saison sèche, aux mêmes emplacements, le débit baisse progressivement de 70 à 1, 340 à 40, 925 à 309 litres/seconde.

Le débit des crues n'a pu être évalué.

A partir de juillet le débit de l'Auzonnet en aval de Saint-Florent est fourni pour sa quasi totalité par l'exhaure de la mine, accessoirement par les eaux d'égouts et des petites sources pas encore taries.

Hydrogéologie :

Plusieurs niveaux perméables superposés ont été distingués. Ils sont indépendants si la tectonique ne les met pas localement en contact. La base du Trias (quelques décamètres de puissance) est le niveau le plus bas avec ses grès et dolomies à intercalations de gypse et anhydrite. Le Lias inférieur (135-240 m) forme le niveau perméable par excellence avec ses dolomies surmontées de calcaires ; la circulation karstique y est très développée. Le Jurassique supérieur (100 à 250 m) est essentiellement calcaire et offre également une circulation karstique dans le sud du secteur. Enfin le faciès urgonien du Crétacé, calcaire, a permis le développement d'un karst important au sud de l'Auzon.

La tectonique intervient à plusieurs titres dans la circulation des eaux souterraines :

- les failles peuvent être accidentellement draînantes mais leur rôle essentiel est de faciliter le développement du karst en pays calcaire ou dolomitique.

- les panneaux créés par le puzzle tectonique sont différemment soulevés ou affaissés. Il peut arriver que des terrains perméables normalement superposés se trouvent vis à vis, de part et d'autre d'une faille et que les nappes aquifères correspondantes communiquent entre elles. L'alimentation du Trias inférieur et d'une grosse partie du Jurassique supérieur s'explique ainsi à partir du Lias inférieur.

- le jeu vertical des panneaux tectoniques s'est accompagné de basculements et le mur imperméable triasique n'est plus horizontal à quelques exceptions près. La direction d'écoulement des eaux souterraines est influencée par le phénomène ; les seuils triasiques limitent les bassins versants souterrains. C'est ainsi que l'étude tectonique au sud de l'Auzonnet montre que les panneaux liasiques compris entre les failles de Mercoirol et de Cardaïre sont draînés vers la source des Peyrouses. Par contre, à l'est de la faille de Cardaïre, le karst liasique alimenterait la source de la Nougarède vers l'Auzonnet et le karst jurassique vers le sud. Cette proposition resterait à prouver par coloration.

L'exploitation minière ancienne et actuelle joue un rôle local dans l'hydrogéologie. Les vieux travaux arrivant au jour dans un point bas servent de drains. Il en est ainsi de presque toutes les "sources" du Martinet. Les travaux au toit du Houiller draînent le Trias inférieur. L'eau ainsi draînée est exhaurée soit naturellement comme aux Estéraings (travaux noyés), soit par pompage comme au siège de Saint-Florent.

Deux expériences de coloration ont prouvé la communication par voie karstique des pertes de l'Avène à l'ouest de la faille de Panissière n° 1 avec la source des Peyrouses.

Le régime et l'origine hydrogéologique des différentes sources connues ont été étudiées. La zone d'altération du Houiller et des micaschistes alimente une série de petites sources diffuses le plus souvent captées par galerie ; ces sources ont un débit d'autant plus faible que l'on s'éloigne des micaschistes et un régime qui calque étroitement celui de la pluviomètrie. La seule source connue issue du Trias est l'exhaure naturelle des Estéraings ; son étiage a lieu de juin à fin septembre, un étiage secondaire étant constaté en décembre. Les résurgences du karst liasique sont très localisées ; les débits sont très variables d'une source à l'autre et, pour une source, en cours d'année ; le régime accuse un premier maximum en octobre-novembre, un étiage relatif en décembre-janvier, un maximum en février-mai et une décrue régulière d'avril à octobre. Les résurgences du karst jurassique cernent la plaine de Saint-Julien ; la plupart s'assèchent de mai à septembre, un seul maximum net s'observe de janvier à avril. La source d'Arlende est l'unique exutoire important du karst urgonien dans le secteur ; elle est pérenne, son régime doit être comparable à celui des exutoires du karst liasique.

Chimie des eaux :

45 analyses totales et environ 200 analyses partielles (résistivité, chlorures, sulfates) ont permis de préciser l'hydrochimie des eaux souterraines et de suivre d'amont en aval l'évolution chimique des eaux de l'Auzonnet.

Les eaux du Houiller, du Trias inférieur, du Lias inférieur, du Jurassique supérieur, du Crétacé ont des types hydrochimiques différents qui se définissent plus par une conjonction de caractères que par une caractéristique isolée. Une classification hydrochimique a pu être établie. Elle met en valeur la diminution régulière du rapport r $\frac{Mg}{Ca}$ du Houiller au Crétacé, la forte résistivité des eaux du Houiller proches du socle, le rapport r $\frac{SO4}{Cl}$ élevé du Trias, la très faible teneur en magnésium des eaux du Crétacé. Si l'origine liasique des eaux du Trias inférieur est presque totalement masquée par la forte minéralisation sulfatée liée au gypse et à l'anhydrite, par contre l'origine liasique de l'alimentation du karst jurassique est confirmée par la parenté chimique des eaux.

L'Auzonnet amont a une eau faiblement carbonatée, magnésienne-calcique, de résistivité variant de 4 500 à 8 000 ohms/cm. A son confluent avec la Cèze l'eau de la rivière est chlorurée normale, oligo-sulfatée, sodique-calcique, de résistivité variant de 500 à 1 200 ohms/cm. L'étude chimique montre que la qualité des eaux dans les différents biefs calque fidèlement la qualité des apports principaux : les Estéraings, l'exhaure de Saint-Florent, l'Alauzène.

Pollution chimique de l'Auzonnet :

La pollution chimique de l'Auzonnet est essentiellement causée par les trop fortes teneurs en chlorures et sulfates. A partir de son entrée dans le pays minier et jusqu'au confluent avec la Cèze, la rivière n'a jamais une eau chimiquement potable.

Les causes de pollution sont :

- les dépôts d'ordures ménagères et décharges municipales entassées dans le lit mineur de la rivière,
- les égouts privés et publics des différentes communes,
- l'exhaure naturelle des Estéraings : eau sulfatée, hypercarbonatée, sodique,
- l'exhaure du siège de Saint-Florent : eau chlorurée, sulfatée, sodique,
- l'exhaure du puits Saint-Jean : eau sulfatée chlorurée normale, calcique.

La pollution chimique, réelle en hiver, est spectaculaire en été car le débit de l'Auzonnet est presque uniquement fourni par les égouts et les différentes exhaures. La pollution due à l'exhaure de Saint-Florent est soulignée par le rejet partiel à la rivière des fines de charbon.

A partir du polluant et vers l'aval on constate une diminution des teneurs en chlorures et en sulfates par dilution. Une diminution plus importante des teneurs en sulfates est liée à leur réduction par les matières organiques.

L'exhaure du siège de Saint-Florent intervient beaucoup en été dans la pollution de l'Auzonnet. Sans cet apport la rivière ne serait pratiquement alimentée que par les égouts et les quelques litres/seconde dus aux sources non taries et à l'exhaure du puits Saint-Jean.

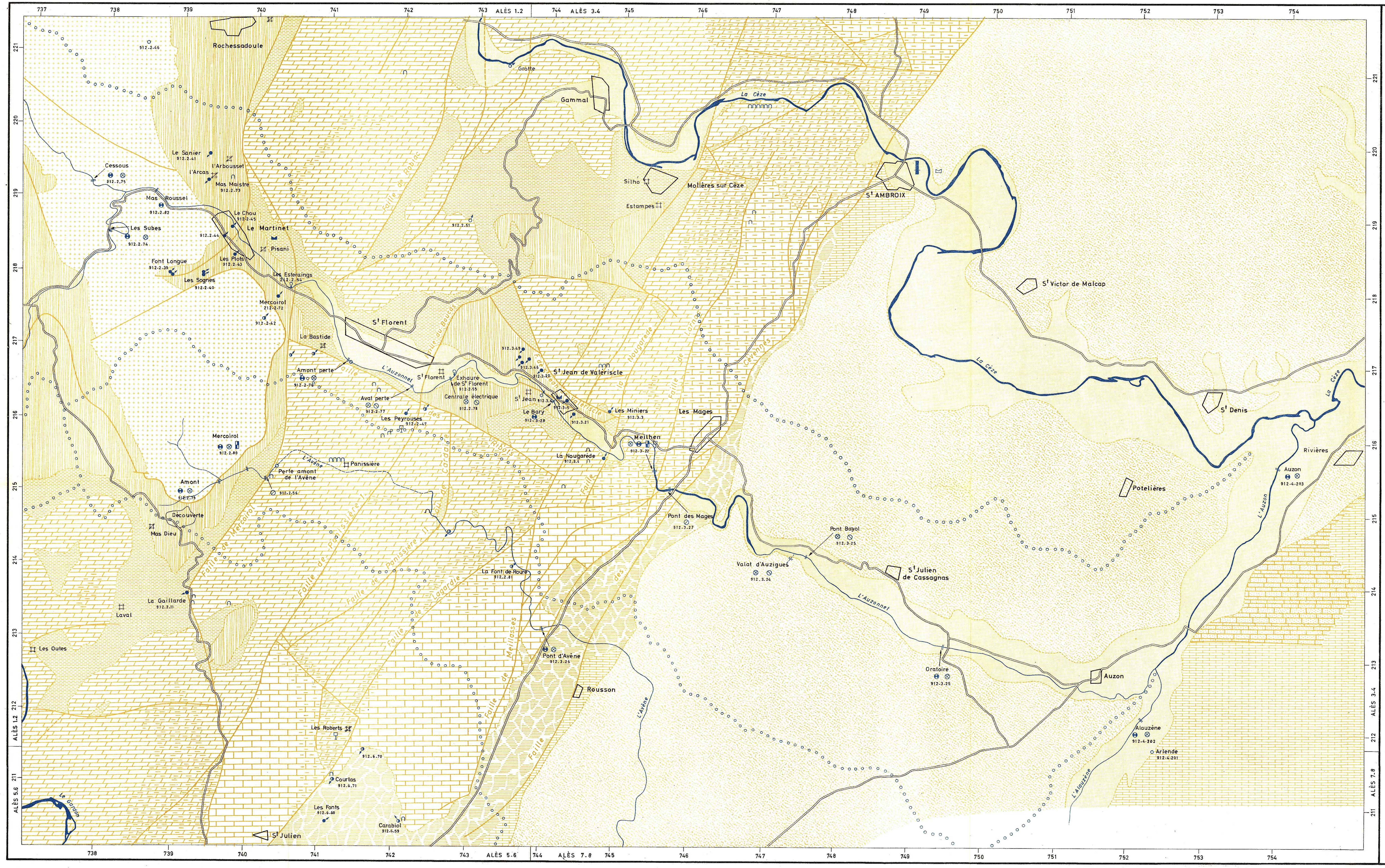
Des prélèvements faits au fond de la mine tendraient à prouver que l'origine de la pollution chimique des eaux rejetées dans l'Auzonnet par l'égout H. B. C. de Saint-Florent est à rechercher dans les venues d'eau des niveaux suivants :

- travaux de couche X,
- anciens travaux de Panissière et du Martinet,
- travaux côté Molières,
- anciens travaux quartier IV.

Les Houillères du bassin des Cévennes envisagent des serrements qui isoleraient ces venues d'eau très chlorurées et sulfatées. Si ces serrements sont réalisés et efficaces, l'exhaure résiduelle fournirait une eau très comparable à celle qui est rejetée dans l'Auzonnet aux Estéraings. C'est une eau sulfatée, hypercarbonatée, sodique à teneur en chlorures relativement faible. Une cause importante de la pollution de l'Auzonnet disparaitrait. En effet, la pollution par sulfates est secondaire, ce d'autant plus qu'ils se réduisent.

Il resterait cependant la pollution par les dépôts d'ordures divers et les égouts. Elle ne peut être chiffrée mais elle est suffisante pour se marquer en hautes eaux par une augmentation du bilan des chlorures. Ce type de pollution n'est pas admissible et il appartient aux municipalités d'y remédier.

Rapport D.S.G.R. 66.A 50
ANNEXE II.1



ESQUISSE HYDROGÉOLOGIQUE

DES BASSINS DE L'AUZONNET ET DE L'AVENE AMONT

ECHELLE : 1/25.000

0 500 1000 1500 2000 m.

H Y D R O G É O L O G I E

Stratigraphie	Puissances	Niveaux imperméables ou peu perméables		Niveaux perméables		Chimie des eaux				
		Figuré	Lithologie	Figuré	Lithologie	Source caractéristique	ρ 18°	r Mg/Ca	r S/Cl	r Cl-Na/Cl
Alluvions anciennes et modernes			Argiles et argiles sableuses							
Oligocène supérieur Sannoisien	200 à 400 m		Marnes à intercalations de grès et de poudingues Episodes calcaires à la base							
Santonien Coniacien Turonien Cénomanien			Dépots terrigènes (sud de l'Auzon)							
Barrémien supérieur					Calcaires compacts oolithiques ou crayeux du faciès urgonien	Arlende	22 00	0,02	0,8	+0,6
Barrémien inférieur Hauterivien Valanginien	130 à 200 m		Marnes et marno-calcaire Episodes de calcaires sableux à la base							
Berriasien Portlandien Kimméridgien Séquanien Rauracien	80 à 150 m				Calcaires et calcaires marneux	Les Fonts	1700 à 2100	0,3 à 0,4	1,4 à 2,7	+0,5 à +0,6
Argovien	du NE au SW 15 à 110 m				Marnes et calcaires Calcaire noduleux					
Callovien Bathonien supérieur	du N au S 10 à 90 m		Marnes Marno-calcaires et marnes		Calcaires à entroques à intercalations marneuses					
Bajocien supérieur	10 à 60 m									
Aalénien Toarcien Domérien Pliensbachien	50 à 60 m 130 à 160 m		Calcaires dolomitiques à intercalations marneuses Marnes et marno-calcaires							
Lotharingien Sinémurien	25 a 90 m				Calcaires siliceux Calcaires noduleux. Intercalations de marnes. Calcaires souvent dolomitisés	Grande fontaine de St Jean de Vcle	1900 à 2.500	0,4 à 0,7	1,1 à 3,9	+0,6 à +0,8
Hettangien supérieur	80 à 100 m				Dolomies					
Hettangien inf.	20 m				Calcaires et marno-calcaires					
Rhétien	10 à 30 m				Grès a dragées calcaires					
TRIAS Keuper Muschelkalk Bundsandstein	10 à 280 m moy : 130 m 10		Marnes bariolées. Intercalations salifères (gypse et anhydrite) Intercalations de marnes et de sels		Intercalations d'arkoses et de calcaires Calcaires et dolomies Grès de base	Les Estéraings	200 à 600	1	15 à 26	négatif élevé
HOUILLER Stéphanien moyen et inférieur			Schistes - Grès Poudingues - Houille Brèche de base			Le Sanier Font longue	2000 à 3500 11.000 à 16.000	2,1 à 12 2,3 à 5	2,8 à 3,5 0,4 à 0,6	−0,6 à +0,5 +0,5 à +0,6
Socle			Micaschistes à deux micas Gneiss à deux micas au nord							

Géologie

Contour géologique

Faille

Nota : Les contours géologiques et les failles ont été tracés par agrandissement de la carte géologique 1/80.000 Alès, nouvelle édition.

Hydrologie - Travaux

- Echelle limnimétrique B.R.G.M.
- Echelle de crue
- Pluviographe
- Pluviomètre B.R.G.M.
- Limnigraphe B.R.G.M.
- Site de jaugeages ou de prélèvements d'eau.
- Jaugeages
- Analyse chimique totale
- Analyses chimiques partielles périodiques.

Hydrographie

- Cours d'eau aérien à circulation pérenne
- Cours d'eau aérien à circulation temporaire.
- Limite de bassin versant

Points d'eau naturels ou artificiels

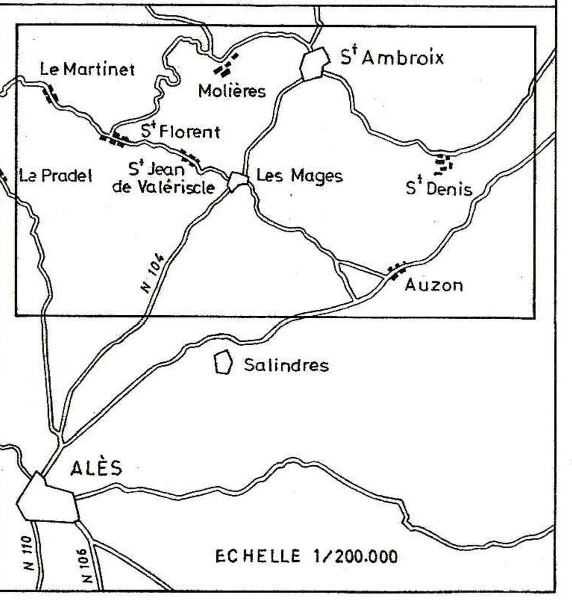
- Source pérenne
- Source temporaire
- Exhaure de mine

Nota : Le numéro indique l'enregistrement BRGM. Les sources faisant l'objet d'une analyse complète ou d'une surveillance régulière sont distinguées par leurs noms.

Divers

- Galerie de mine
- Cavité karstique
- Puits de mine
- Perte
- Puits de mine abandonné

Situation géographique



RELEVES PLUVIOMETRIQUES AUX STATIONS DE

LE MARTINET

SAINT JEAN DE VALERISCLE

MAS MAHISTRE (VALLEE DE L'AVENE)

1965 - 1966

STATION PLUVIOMETRIQUE DU MARTINET

	1965					1966									
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
1		3	16				2	4							
2		6			1		1	22							
3		3			7		4	3							
4		1													
5		46		7					2						
6		6		19					26	9		6			
7				12					1	5					
8					2		1		22						
9		105	7	9		6			6		41		2		
10		27	1	2	4				65		9				
11					1	3	15		1						
12			6							1					
13				6			66		1	29					
14	2						2			9					
15															
16			83		18		10			11			1		
17			48	1	24		56								
18			5	40						1					
19		17		2	2					6	7	6			
20						1	10		13	1					
21			7	8	70	12	1		5		2	24			
22	8				50	4	9					2	1		
23						6	4								
24	9	30	4				1		7	17					
25		16			1								2		
26		61	21			79									
27		18	20		8			2					3		
28		6	32	4			2	1							
29		7	27												
30		15	7	1									4		
31						8									
Total	19	257	284	111	178	119	184	31	149	89	59	38	13		
Nombre de jours de pluie		16	14	12	12	8	15	5	11	10	4	4	6		

STATION PLUVIOMETRIQUE DU MAS DE MAHISTRE

	1965								1966					
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
1			10				7	32						
2		15					1							
3					7		4							
4		3												
5		57												
6				26					18	11		4		
7				7						5				
8									29					
9				4		6							3	
10		36			4				57		30			
11						3	17				12			
12												3		
13							49			28				
14										5				
15														
16			69		8									
17			42	8	22		45							
18				31										
19		37								19				
20						1	8		14					
21			6	7	55	15					3	29		
22					2	2								
23	9					5								
24		8												
25					3				7					
26		65	17			55								
27			16		3									
28			27	3	2									
29			14											
30		21	11											
31														
Total:	9	242	212	86	106	37	211	32	125	68	45	36	3	
Nombre de jours de pluie		8	9	7	9	7	7	1	5	5	3	1		

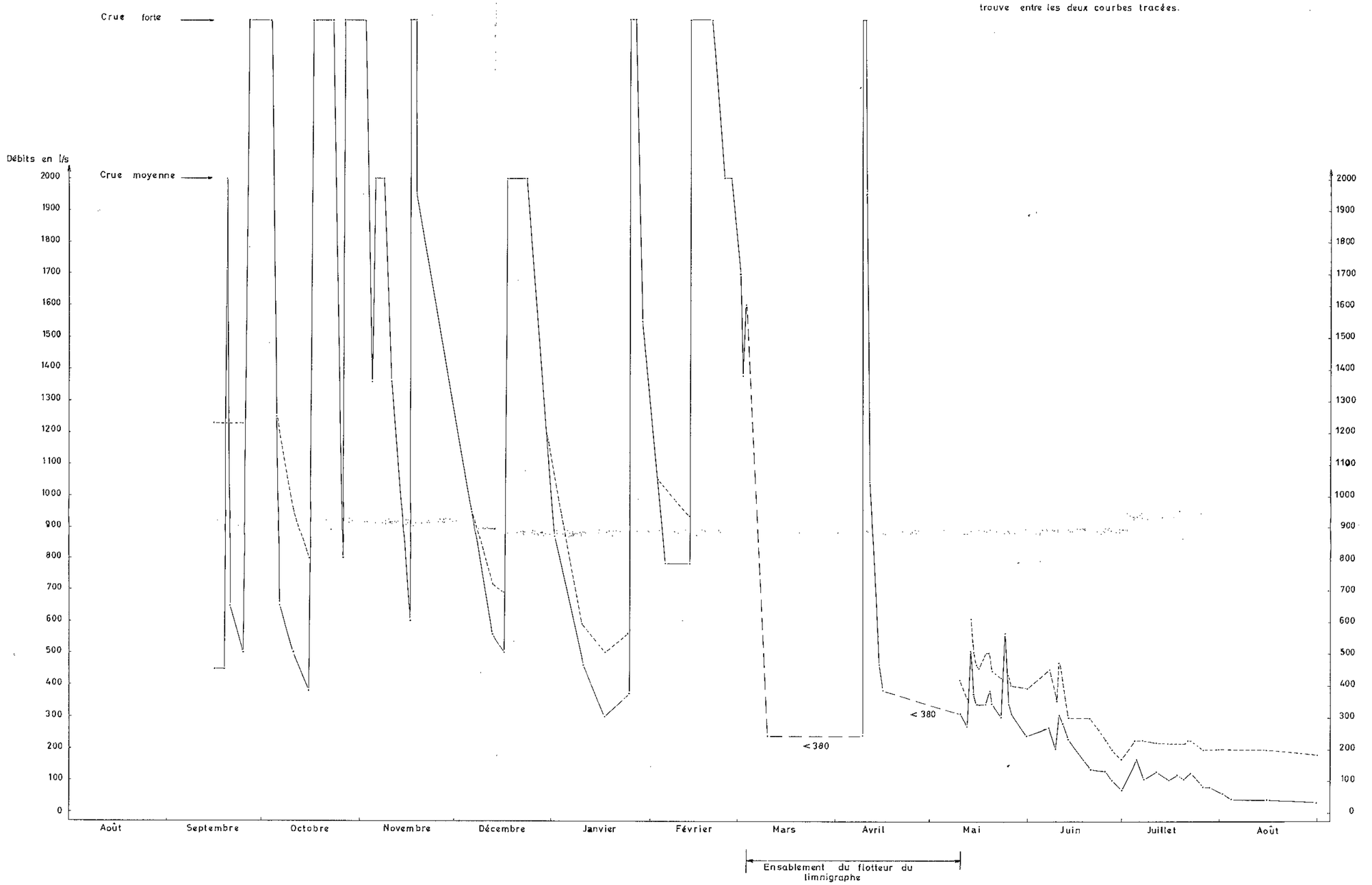
STATION PLUVIOMETRIQUE DE SAINT JEAN DE VALERISCLE

	1965						1966											
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S				
1		2	9															
2		5			1													
3		3					2											
4		1																
5		58		4														
6		4		16					12	11	3	3						
7				5						4								
8									15									
9				4		4							3					
10		30	5		5				50		27							
11						2	16											
12			4									4						
13				5			38			21								
14	2																	
15																		
16			68		8								1					
17	9		29	6	14		29											
18			6	2														
19		32								12		5						
20							6		12									
21			5	6	44	15			1			20						
22	9				2	3												
23						4												
24		8								4								
25		6			3				7				1					
26		60	17			49												
27		11	6		3													
28			33				21						3					
29			16	1														
30		10	8										3					
31						4												
Total	20	230	206	76	80	81	112	0	97	52	30	32	11					
Nombre de jours de pluie		13	12	9	8	7	6	0	6	5	2	4	6					

REGIME DE L'AUZONNET A MEILHEN

(d'après les enregistrements du limnigraphe)

NOTA: La courbe supérieure représente l'enveloppe des débits maximaux lors du passage de la vague d'exhaure.
La courbe inférieure représente l'enveloppe des débits minimaux après passage de la vague d'exhaure.
La courbe représentative du débit moyen de l'Auzonnet à Meilhen se trouve entre les deux courbes tracées.



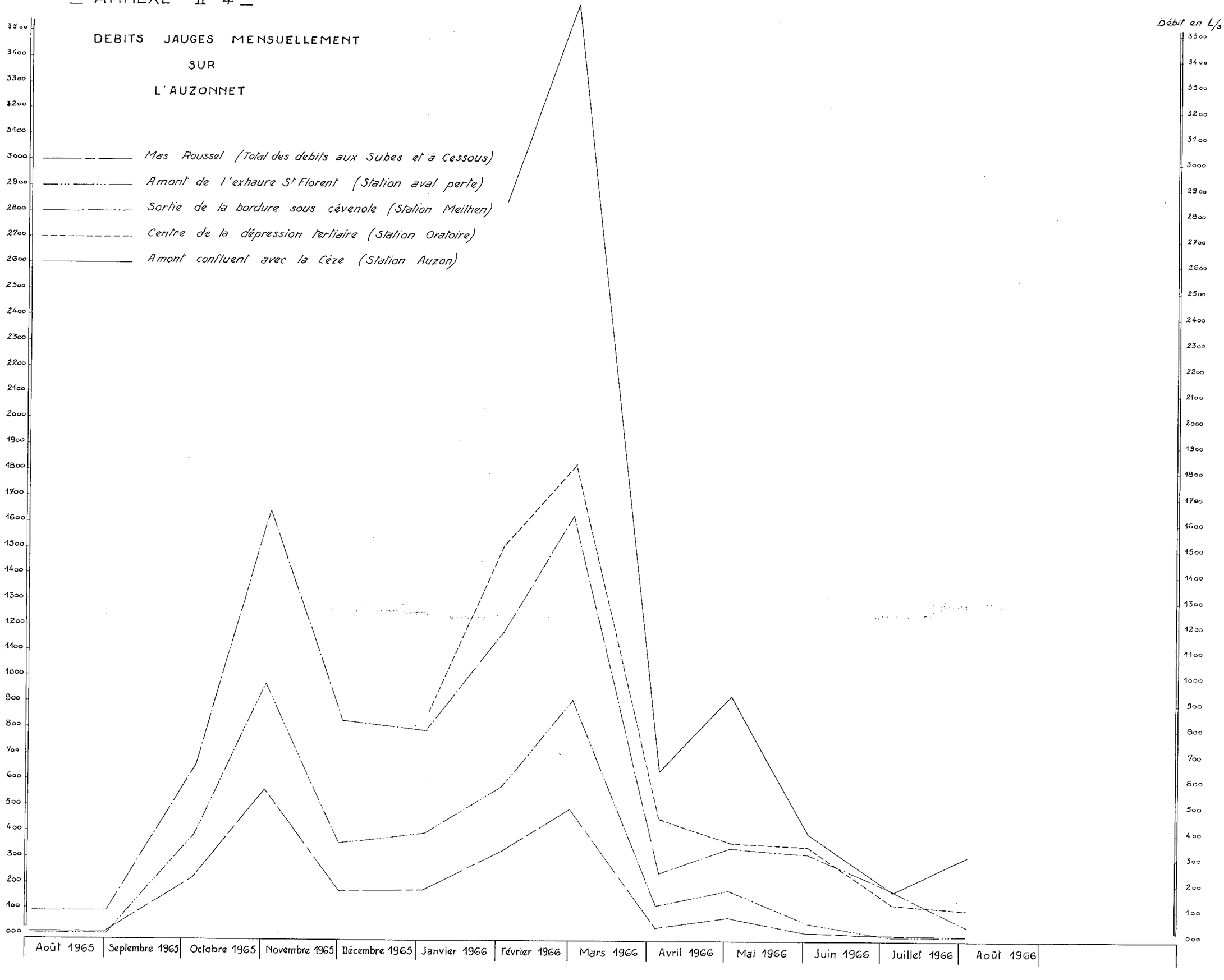
DEBITS JAUGES MENSUELLEMENT

SUR

L'AUZONNET

Débit en L/s

- _ _ _ _ Mas Roussel (Total des debits aux Subes et à Cessous)
- _ ... _ ... _ _ Amont de l'exhaure St Florent (Station aval perte)
- _ . _ . _ . _ Sortie de la bordure sous cévenole (Station Meilhen)
- - - - - - - - - - Centre de la dépression tertiaire (Station Oratoire)
- _ _ _ _ _ _ _ Amont confluent avec la Cèze (Station Auzon)



Analyses chimiques complètes

Sigles employés :

* : Analyse reportée sur diagramme logarithmique vertical ou sur diagramme triangulaire

U : Analyse faite par le laboratoire de géologie de l'Université de Montpellier

B.R.G.M. : Analyse faite par le B.R.G.M.

r : Teneur en milliéquivalents

Rappel de la valeur en mg/l d'un milliéquivalent :

Ca : 20

Mg : 12,1

Na : 23

K : 39

Cl : 35,5

So4 : 48

Co3 : 30

HCo3 : 61

$$e = 100 \frac{rp - rn}{rp + rn}$$

rp = total des milliéquivalents positifs

rn = total des milliéquivalents négatifs

$e > 5$ indique une erreur d'analyse ou une analyse incomplète

Le Sanier * 912.2.41 U Juillet 1965	a = r Ca 1,9 b = r Mg 4,0 c = r Na 0,81 d = r K 0,1 6,81	a 28 % b 59 % c + d 13 %	f = r Co3 4,5 g = r HCo3 h = r Cl 0,5 i = r So4 1,73 6,73	f + g 67 % h 7 % i 26 %	e = + 0,6		
					ρ 18° = 2127	pH =	
					r Mg/Ca = 2,10	r So4/Cl = 3,46	r Cl-Na/Cl = - 0,62
Mas Maistre * 912.2.73 U Juillet 1965	a = r Ca 0,3 b = r Mg 3,7 c = r Na 0,21 d = r K 0,06 4,27	a 7 % b 87 % c + d 6 %	f = r Co3 3,15 g = r HCo3 h = r Cl 0,4 i = r So4 1,13 4,68	f + g 67 % h 9 % i 24 %	e = - 4,6		
					ρ 18° = 3188		
					r Mg/Ca = 12,33	r So4/Cl = 2,82	r Cl-Na/Cl = + 0,47
Les Sognes * 912.2.40 U Juillet 1965	a = r Ca 0,3 b = r Mg 0,7 c = r Na 0,19 d = r K 0,04 1,23	a 24 % b 57 % c + d 19 %	f = r Co3 0,85 g = r HCo3 h = r Cl 0,35 i = r So4 0,22 1,42	f + g 60 % h 25 % i 15 %	e = - 7,2		
					ρ 18° = 11250		
					r Mg/Ca = 2,33	r So4/Cl = 0,63	r Cl-Na/Cl = + 0,46
Font Longue 1 * 912.2.39 U Juillet 1965	a = r Ca 0,15 b = r Mg 0,75 c = r Na 0,165 d = r K 0,03 1,095	a 14 % b 68 % c + d 18 %	f = r Co3 0,65 g = r HCo3 h = r Cl 0,40 i = r So4 0,17 1,22	f + g 53 % h 33 % i 14 %	e = - 5,4		
					ρ 18° = 16994		
					r Mg/Ca = 5,00	r So4/Cl = 0,42	r Cl-Na/Cl = + 0,60
Font Longue 2 912.2.39 U Juillet 1965	a = r Ca 0,25 b = r Mg 1,45 c = r Na 0,20 d = r K 0,04 1,94	a 13 % b 75 % c + d 12 %	f = r Co3 0,90 g = r HCo3 h = r Cl 0,35 i = r So4 0,17 1,42	f + g h i	e = + 15,5		
					ρ 18° = 12775		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

SOURCES DU HOUILLER (Suite)

Le Chou * 912.2.45 U Juillet 1965	a = r Ca 1,1 b = r Mg 1,1 c = r Na 0,87 d = r K 0,12 3,19	a 34 % b 34 % c+d 32 %	f = r Co3 g = r HCo3 1,9 h = r Cl 0,5 i = r So4 0,91 3,31	f+g 57 % h 15 % i 28 %	e = -1,9		
					ρ 18° = 3985	pH =	
					r Mg/Ca = 1,00	r So4/Cl = 1,82	r Cl-Na/Cl = -0,74
Cité de Mercoirol * 912.2.72 U Juillet 1965	a = r Ca 9,0 b = r Mg 9,4 c = r Na 0,93 d = r K 0,13 19,46	a 46 % b 48 % c+d 6 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,7 h = r Cl 3,0 i = r So4 8,95 17,65	f+g 32 % h 17 % i 51 %	e = +4,9		
					ρ 18° = 996		
					r Mg/Ca = 1,04	r So4/Cl = 2,98	r Cl-Na/Cl = + 0,69
Les Plots 912.2.43 U Juillet 1965	a = r Ca 1,9 b = r Mg 1,5 c = r Na 0,76 d = r K 0,06 4,22	a 45 % b 36 % c+d 19 %	f = r Co3 g = r HCo3 1,15 h = r Cl 3,50 i = r So4 1,90 6,55	f+g 18 % h 53 % i 29 %	e = -21,6		
					ρ 18° = 3751		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e =		
					ρ 18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e =		
					ρ 18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

SOURCES DU KARST LIASIQUE (Dolomies)

Les Peyrouses *	a = r Ca 3,7	a 58 %	f = r Co3 4,75	f + g 74 %	e = -0,5		
912.2.47	b = r Mg 2,5	b 39 %	g = r HCo3		ρ18° = 2434	pH =	
	c = r Na 0,16	c + d 3 %	h = r Cl 0,35	h 5 %			
	d = r K 0,03		i = r So4 1,35	i 21 %	$r\frac{Mg}{Ca}$ = 0,68	$r\frac{So4}{Cl}$ = 3,86	$r\frac{Cl-Na}{Cl}$ = + 0,54
U	6,39		6,45				
Juillet 1965							
Les Peyrouses *	a = r Ca 3,40	a 63 %	f = r Co3 3,93	f + g 67 %	e = -4,2	Fe = 0,08 mg/l	Si02 = 6,80 mg/l
912.2.47	b = r Mg 1,86	b 34 %	g = r HCo3		ρ18° = 2510	pH = 7,5	No2 et No3 = 0
	c = r Na 0,13	c + d 3 %	h = r Cl 0,20	h 3 %			
	d = r K 0,03		i = r So4 1,76	i 30 %	$r\frac{Mg}{Ca}$ = 0,54	$r\frac{So4}{Cl}$ = 8,80	$r\frac{Cl-Na}{Cl}$ = + 0,35
B.R.G.M.	5,42		5,89				
Juin 1966							
La Nougarède *	a = r Ca 6,21	a 74 %	f = r Co3 6,2	f + g 66 %	e = + 5,0		
912.3.4	b = r Mg 1,8	b 21 %	g = r HCo3		ρ18° = 1536		
	c = r Na 0,38	c + d 5 %	h = r Cl 1,55	h 17 %			
	d = r K 0,08		i = r So4 1,6	i 17 %	$r\frac{Mg}{Ca}$ = 0,29	$r\frac{So4}{Cl}$ = 1,03	$r\frac{Cl-Na}{Cl}$ = + 0,75
U	8,46		9,35				
Juillet 1965							
La Nougarède *	a = r Ca 5,2	a 68 %	f = r Co3 5,75	f + g 66 %	e = -0,8		
912.3.4	b = r Mg 2,3	b 30 %	g = r HCo3		ρ18° = 1890	pH = 6,9	
	c = r Na 0,13	c + d 2 %	h = r Cl 0,3	h 17 %			
	d = r K 0,03		i = r So4 1,73	i 17 %	$r\frac{Mg}{Ca}$ = 0,44	$r\frac{So4}{Cl}$ = 5,76	$r\frac{Cl-Na}{Cl}$ = +0,57
U	7,66		7,78				
Juin 1966							
	a = r Ca	a	f = r Co3	f + g	e =		
	b = r Mg	b	g = r HCo3		ρ18°		
	c = r Na	c + d	h = r Cl	h			
	d = r K		i = r So4	i	$r\frac{Mg}{Ca}$ =	$r\frac{So4}{Cl}$ =	$r\frac{Cl-Na}{Cl}$ =

Fontaine de Saint Jean de Valeriscle * 912.3.5 U Juillet 1965	a = r Ca 4,2 b = r Mg 2,1 c = r Na 0,17 d = r K 0,03 6,50	a 65 % b 32 % c+d 3 %	f = r Co3 5,4 g = r HCo3 h = r Cl 0,5 i = r So4 0,86 6,76	f+g 80 % h 7 % i 13 %	e = -2,0 ρ18° = 2020 r Mg/Ca = 0,50	pH = r So4/Cl = 1,72	r (Cl-Na)/Cl = +0,66
Les Miniers * 912.3.3 U Juillet 1965	a = r Ca 4,4 b = r Mg 2,3 c = r Na 0,16 d = r K 0,03 6,89	a 64 % b 33 % c+d 3 %	f = r Co3 4,7 g = r HCo3 h = r Cl 0,55 i = r So4 1,95 7,20	f+g 65 % h 8 % i 27 %	e = - 2,2 ρ18° = 1700 r Mg/Ca = 0,52	r So4/Cl = 3,54	r (Cl-Na)/Cl = + 0,70
La Gaillarde 912.2.11 U Juillet 1965	a = r Ca 3,3 b = r Mg 3,4 c = r Na 0,09 d = r K 0,01 6,80	a 48 % b 50 % c+d 2 %	f = r Co3 6,0 g = r HCo3 h = r Cl 0,45 i = r So4 0,5 6,95	f+g 87 % h 6 % i 7 %	e = - 1,1 ρ18° = 2086 r Mg/Ca = 1,03	r So4/Cl = 1,11	r (Cl-Na)/Cl = + 0,80
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e = ρ18° r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i' = r So4	f+g h i	e = ρ18° r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =

Carabiol *	a = r Ca 5,3	a 70 %	f = r Co3 6,4	f + g 88 %	e = + 1,7		
912.6.59	b = r Mg 2,15	b 28 %	g = r HCo3				
	c = r Na 0,12	c + d 2 %	h = r Cl 0,25	h 3 %	ρ18° = 2052	pH =	
	d = r K 0,01		i = r So4 0,68	i 9 %			
Mai 1966	7,58		7,33		r Mg/Ca = 0,40	r So4/Cl = 2,72	r Cl-Na/Cl = +0,52
Courlas	a = r Ca 5,05	a 58 %	f = r Co3 6,20	f + g 85 %	e = + 8,1		
912.6.71	b = r Mg 3,4	b 40 %	g = r HCo3				
	c = r Na 0,11	c + d 2 %	h = r Cl 0,35	h 5 %	ρ18° = 1881		
	d = r K 0,04		i = r So4 0,76	i 10 %			
U **Août 1965**	8,60		7,31		r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
Courlas *	a = r Ca 4,75	a 70 %	f = r Co3 6,4	f + g 90 %	e = - 2,1		
912.6.71	b = r Mg 1,95	b 28 %	g = r HCo3				
	c = r Na 0,09	c + d 2 %	h = r Cl 0,2	h 3 %	ρ18° = 1912		
	d = r K 0,04		i = r So4 0,53	i 7 %			
U **Novembre 1965**	6,83		7,13		r Mg/Ca = 0,41	r So4/Cl = 2,65	r Cl-Na/Cl = + 0,55
Les Fonts	a = r Ca 5,5	a 74 %	f = r Co3 6,4	f + g 84 %	e = - 1,1		
912.6.60	b = r Mg 1,7	b 23 %	g = r HCo3				
	c = r Na 0,22	c + d 3 %	h = r Cl 0,5	h 7 %	ρ18° = 1740		
	d = r K 0,02		i = r So4 0,71	i 9 %			
U **Juillet 1965**	7,44		7,61		r Mg/Ca = 0,31	r So4/Cl = 1,42	r Cl-Na/Cl = +0,56
Les Fonts *	a = r Ca 4,7	a 69 %	f = r Co3 6,2	f + g 91 %	e = + 0,3		
912.6.60	b = r Mg 2,0	b 29 %	g = r HCo3				
	c = r Na 0,12	c + d 2 %	h = r Cl 0,25	h 4 %	ρ18° = 2100	pH = 7,1	
	d = r K 0,02		i = r So4 0,35	i 5 %			
U **Juin 1966**	6,84		6,80		r Mg/Ca = 0,42	r So4/Cl = 1,40	r Cl-Na/Cl = +0,52

SOURCES DU KARST CRETACE

Arlende * 912.4.201 U Juin 1966	a = r Ca 5,6 b = r Mg 0,2 c = r Na 0,12 d = r K 0,03 5,95	a 94 % b 4 % c + d 2 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,7 h = r Cl 0,3 i = r So4 0,23 6,23	f + g 91 % h 5 % i 4 %	e = -2,3		
					ρ18° = 2210	pH = 7,1	
					r Mg/Ca = 0,02	r So4/Cl = 0,77	r Cl-Na/Cl = +0,60
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18° =		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18° =		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

Mercoirol * 912.2.80 U Juin 1966	a = r Ca 2,15 b = r Mg 1,65 c = r Na 0,19 d = r K 0,05 4,04	a 53 % b 41 % c+d 6 %	f = r Co3 2,3 g = r HCo3 h = r Cl 0,3 i = r So4 1,94 4,54	f+g 51 % h 7 % i 42 %	e = 5,8 ρ18° = 3280 r Mg/Ca = 0,76	pH = 7,5 r So4/Cl = 6,47	r (Cl-Na)/Cl = +0,37
Amont de la perte * 912.2.56 U Juillet 1965	a = r Ca 3,1 b = r Mg 2,9 c = r Na 0,22 d = r K 0,05 6,27	a 50 % b 46 % c+d 4 %	f = r Co3 3,35 g = r HCo3 h = r Cl 0,45 i = r So4 2,66 6,46	f+g 52 % h 7 % i 41 %	e = -1,5 ρ18° = 1678 r Mg/Ca = 0,93	r So4/Cl = 5,91	r (Cl-Na)/Cl = + 0,51
Pont d'Avène * 912.3.26 Juillet 1965	a = r Ca 4,4 b = r Mg 1,6 c = r Na 0,16 d = r K 0,05 6,21	a 71 % b 26 % c+d 3 %	f = r Co3 4,6 g = r HCo3 h = r Cl 0,5 i = r So4 1,35 6,45	f+g 71 % h 8 % i 21 %	e = -1,9 ρ18° = 2168 r Mg/Ca = 0,36	r So4/Cl = 2,70	r (Cl-Na)/Cl = + 0,68
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e = ρ18° r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e = ρ18° r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =

Les Subes * 912.2.74 B.R.G.M. Juin 1966	a = r Ca 1,0 b = r Mg 1,1 c = r Na 0,71 d = r K 0,06 2,87	a 35 % b 39 % c+d 26 %	f = r Co3 g = r HCo3 1,55 h = r Cl 0,25 i = r So4 1,15 2,95	f+g 53 % h 8 % i 39 %	e = -2,0	Fe = 0,05mg/l	Si02= 4,00mg/l	
					ρ18°= 3530	pH = 7,9	No2 et No3= 0	
					r Mg/Ca = 1,10	r So4/Cl = 4,60	r Cl-Na/Cl = -1,84	
Cessous * 912.2.75 U Juin 1966	a = r Ca 0,76 b = r Mg 0,98 c = r Na 0,69 d = r K 0,06 2,49	a 31 % b 39 % c+d 30 %	f = r Co3 g = r HCo3 1,6 h = r Cl 0,22 i = r So4 0,47 2,29	f+g 69 % h 10 % i 21 %	e = +4,2			
					ρ18°= 10220	pH = 7,2		
					r Mg/Ca = 1,28	r So4/Cl = 2,13	r Cl-Na/Cl = - 2,14	
Mas Roussel * 912.2.82 U Juin 1966	a = r Ca 1,1 b = r Mg 1,5 c = r Na 0,84 d = r K 0,07 3,51	a 43 % b 31 % c+d 26 %	f = r Co3 g = r HCo3 2,05 h = r Cl 0,4 i = r So4 0,99 3,44	f+g 59 % h 12 % i 29 %	e = + 1,0			
					ρ18°= 4780	pH = 7,9		
					r Mg/Ca = 1,36	r So4/Cl = 2,47	r Cl-Na/Cl = -1,10	
Amont Perte 912.2.76 U Juillet 1965	a = r Ca 5,4 b = r Mg 6,0 c = r Na 6,4 d = r K 0,23 18,03	a 31 % b 33 % c+d 36 %	f = r Co3 g = r HCo3 7,5 h = r Cl 0,8 i = r So4 14,0 22,3	f+g 34 % h 4 % i 14 %	e = -10,5			
					ρ18°= 398			
					r Mg/Ca = 1,1	r So4/Cl = 17,5	r Cl-Na/Cl = - 7,0	
Amont perte * 912.2.76 B.R.G.M. Juin 1966	a = r Ca 3,72 b = r Mg 3,96 c = r Na 5,2 d = r K 0,27 13,15	a 28 % b 30 % c+d 42 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,16 h = r Cl 0,46 i = r So4 7,75 13,37	f+g 39 % h 3 % i 58 %	e = -0,8	Fe= 0,18 mg/l	Si02= 0	
					ρ18°= 1120	pH = 7,9	No2 et No3=0	
					r Mg/Ca = 1,06	r So4/Cl = 16,84	r Cl-Na/Cl = -10,3	

RIVIERE AUZONNET ET AFFLUENTS (Suite)

Le Bary 9123.28 U **Septembre 1965**	a = r Ca 31,5 b = r Mg 6,5 c = r Na 199,5 d = r K 3,6 241,1	a 13 % b 3 % c+d 84 %	f = r Co3 g = r HCo3 4,7 h = r Cl 230 i = r So4 41 275,7	f+g 2 % h 83 % i 15 %	e = -6,7 ρ18°= 54 r Mg/Ca = 0,20	pH = r So4/Cl = 0,18	r (Cl-Na)/Cl = +0,12
Meilhen 912.3.22 U **Juin 1966**	a = r Ca 13,2 b = r Mg 7,4 c = r Na 51 d = r K 0,5 72,1	a 18 % b 10 % c+d 72 %	f = r Co3 g = r HCo3 4,95 h = r Cl 47,4 i = r So4 19,7 72,05	f+g 7 % h 66 % i 27 %	e = 0 ρ18°= 222 r Mg/Ca = 0,56	pH = 8,2 r So4/Cl = 0,41	r (Cl-Na)/Cl = - 0,07
Meilhen * 912.3.22 **B.R.G.M.** **Juin 1966**	a = r Ca 15,0 b = r Mg 6,61 c = r Na 53,87 d = r K 0,36 75,84	a 20 % b 8 % c+d 72 %	f = r Co3 g = r HCo3 4,64 h = r Cl 49,29 i = r So4 21,85 75,78	f+g 6 % h 65 % i 29 %	e = 0 ρ18°= 285 r Mg/Ca = 0,44	Fe= 0,28 mg/l pH = 8,0 r So4/Cl = 0,44	SiO_2= 6,0 mg/l NO_2 et NO_3= 0 r (Cl-Na)/Cl = - 0,09
Pont des Mages 912.3.27 U **Juillet 1965**	a = r Ca 18,8 b = r Mg 12,8 c = r Na 161,8 d = r K 1,0 194,4	a 10 % b 6 % c+d 84 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,3 h = r Cl 124,0 i = r So4 29,4 158,7	f+g 3 % h 78 % i 19 %	e = +10,1 ρ18°= 85 r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =
Pont des Mages * 912.3.27 U **Juillet 1965**	a = r Ca 22,5 b = r Mg 10,5 c = r Na 123,8 d = r K 1,5 158,3	a 14 % b 7 % c+d 79 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,1 h = r Cl 136,0 i = r So4 34,1 175,2	f+g 3 % h 78 % i 19 %	e = -5,0 ρ18°= 80 r Mg/Ca = 0,68	r So4/Cl = 0,25	r (Cl-Na)/Cl = +0,08

Oratoire *	a = r Ca 11,05	a 20 %	f = r Co3 3,28	f+g 6 %	e = -1,4	**Fe= 0,14 mg/l**	**SiO2 = 0**
912.3.25	b = r Mg 5,43	b 10 %	g = r HCo3	h 66 %	ρ18°= 260	pH = 7,9	**No2 et No3= 0**
	c = r Na 39,39	c+d 70 %	h = r Cl 38,03	i 28 %			
	d = r K 0,25		i = r So4 16,45		r Mg/Ca = 0,49	r So4/Cl = 0,45	r Cl-Na/Cl = 0,03
B.R.G.M.	56,12		57,76				
Juin 1966							
Alauzène *	a = r Ca 6,0	a 85 %	f = r Co3 6,35	f+g 88 %	e = -0,8		
(affluent)	b = r Mg 0,95	b 13 %	g = r HCo3	h 4 %			
912.4.202	c = r Na 0,1	c+d 2 %	h = r Cl 0,30	i 8 %	ρ18°= 1535		
	d = r K 0,04		i = r So4 0,56		r Mg/Ca = 0,16	r So4/Cl = 1,86	r Cl-Na/Cl = + 0,66
U	7,09		7,21				
Juin 1966							
Auzon *	a = r Ca 6,3	a 23 %	f = r Co3 4,65	f+g 17 %	e = +0,4		
912.4.203	b = r Mg 4,3	b 15 %	g = r HCo3	h 55 %	ρ18°= 465	**pH = 8,4**	
	c = r Na 17,1	c+d 62 %	h = r Cl 15,4	i 28 %			
	d = r K 0,32		i = r So4 7,74		r Mg/Ca = 0,68	r So4/Cl = 0,50	r Cl-Na/Cl = 0,11
U	28,02		27,79				
Juin 1966							
	a = r Ca	a	f = r Co3	f+g	e =		
	b = r Mg	b	g = r HCo3	h	ρ18°		
	c = r Na	c+d	h = r Cl	i			
	d = r K		i = r So4		r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca	a	f = r Co3	f+g	e =		
	b = r Mg	b	g = r HCo3	h	ρ18°		
	c = r Na	c	h = r Cl	i			
	d = r K	c+d	i = r So4		r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

Les Esteraings 912.2.54 U **Juillet 1965**	a = r Ca 10,8 b = r Mg 10,6 c = r Na 15,1 d = r K 0,5 37,0	a 21 % b 29 % c+d 42 %	f = r Co3 17,2 g = r HCo3 h = r Cl 4,0 i = r So4 30,0 51,2	f+g 33 % h 8 % i 59 %	e = -16		
					ρ18° = 336	pH =	
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =
Les Esteraings * 912.2.54 **B.R.G.M.** **Juin 1966**	a = r Ca 10 b = r Mg 10,7 c = r Na 15,65 d = r K 0,45 36,80	a 27 % b 29 % c+d 44 %	f = r Co3 14,95 g = r HCo3 h = r Cl 0,82 i = r So4 23 38,77	f+g h i	e = -2,6	Fe = 0,16mg/l	SiO_2 = 10 mg/l
					ρ18° = 468	pH = 7,0	No_2 et No_3 = 0
					r Mg/Ca = 1,07	r So4/Cl = 28,05	r (Cl-Na)/Cl = -18,08
Saint Florent 912.2.55 U **Juillet 1965**	a = r Ca 8,6 b = r Mg 7,0 c = r Na 15,0 d = r K 0,38 31,98	a 28 % b 22 % c+d 50 %	f = r Co3 3,15 g = r HCo3 h = r Cl 7,4 i = r So4 11,2 21,75	f+g 14 % h 34 % i 52 %	e = + 17		
					ρ18° = 203		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r (Cl-Na)/Cl =
Saint Florent * 912.2.55 U **Fin août 1965**	a = r Ca 3,85 b = r Mg 2,50 c = r Na 2,46 d = r K 0,2 9,01	a 43 % b 28 % c+d 29 %	f = r Co3 3,45 g = r HCo3 h = r Cl 2,75 i = r So4 4,52 10,72	f+g 32 % h 25 % i 43 %	e = -8,6		
					ρ18° = 1268		
					r Mg/Ca = 0,65	r So4/Cl = 1,64	r (Cl-Na)/Cl = +0,10
Saint Florent * 912.2.55 U **Octobre 1965**	a = r Ca 28,5 b = r Mg 6,5 c = r Na 162,0 d = r K 3,6 200,6	a 14 % b 4 % c+d 82 %	f = r Co3 5,4 g = r HCo3 h = r Cl 176 i = r So4 31,3 212,7	f+g 3 % h 83 % i 14 %	e = - 2,9		
					ρ18° = 62		
					r Mg/Ca = 0,23	r So4/Cl = 0,18	r (Cl-Na)/Cl = +0,08

PRINCIPAUX EXHAURES MINIERS DEVERSES DANS L'AUZONNET

Saint Florent * **912.2.55** U **Juin 1966**	a = r Ca 23,2 b = r Mg 11,4 c = r Na 144 d = r K 1,2 149,8	a 16 % b 8 % c+d 76 %	f = r Co3 g = r HCo3 6,1 h = r Cl 111 i = r So4 42,8 159,9	f+g 4 % h 69 % i 27 %	e = -3,2	Fe= 0,28 mg/l	Si02= 10,8mg/l
					ρ18°= 127	pH =	No2= 0 No3= 0,50mg/l
					r Mg/Ca = 0,49	r So4/Cl = 0,36	r Cl-Na/Cl = -0,03
Saint Florent * **912.2.55** **B.R.G.M.** **Juin 1966**	a = r Ca 30,85 b = r Mg 7,68 c = r Na 127,16 d = r K 0,70 166,39	a 18 % b 5 % c+d 77 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,11 h = r Cl 135,21 i = r So4 39,58 179,90	f+g 3 % h 75 % i 22 %	e = -3,9		
					ρ18°= 123		
					r Mg/Ca = 0,25	r So4/Cl = 0,29	r Cl-Na/Cl = + 0,06
Saint Jean * **912.3.6** U **Octobre 1965**	a = r Ca 15,0 b = r Mg 10,0 c = r Na 13,2 d = r K 0,5 38,7	a 38 % b 26 % c+d 36 %	f = r Co3 g = r HCo3 5,7 h = r Cl 10,0 i = r So4 28,8 44,5	f+g 22 % h 13 % i 65 %	e = - 7		
					ρ18°= 386		
					r Mg/Ca = 0,66	r So4/Cl = 2,88	r Cl-Na/Cl = - 0,32
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f+g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

Résultats des jaugeages et analyses périodiques

Sigles employés :

I.... XII	:	Mois de l'année
Q	:	Débit en litres par seconde
18 °	:	Résistivité à 18 ° en ohms/cm
pH	:	
r Cl^-	:	Milliéquivalents de chlorures
r $So4^{--}$	:	Milliéquivalents de sulfates

SOURCES DU LIAS (KARST DES DOLOMIES)

		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Les Peyrouses	Q		6	2	95	360	99	110	261	368	57	62	22	18
(surverse du captage)	A	+											+	
	ρ 18°	2434	2048	2532	3498	2708	3144	3216	4733	2520	3275	2712	2510	2298
	pH												7,5	7,2
912.2.47	rCl^-	0,35	0,35	0,35	0,35	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,25	0,25	0,20	
	rSo_4^{--}	1,35	1,5	1,69	1,04	0,69	1,01	0,72	0,83	0,79	0,8	1,08	1,76	
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl^-													
	rSo_4^{--}													
La Nougarède	Q		3	2	6	35	15	13	31	57	8	13	3	2
	A	+											+	
	ρ 18°	1536	1242	1960	2391	1956	2000	1872	1667	1582	2729	1793	1890	1723
	pH												6,9	7,0
912.3.4	rCl^-	1,55	0,3	0,4	0,3	1,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	
	rSo_4^{--}	1,6	1,78	1,49	1,4	1,37	1,58	1,26	0,69	1,25	1,33	1,22	1,73	
Les Miniers	Q		1	1	1	3	2	2	4	10				
	A	+												
	ρ 18°	1700	1467	2091		1582	1800	1608	2022	1620				
	pH													
912.3.3	rCl^-	0,55	0,4	0,35		1,6	0,6	0,8	0,6	0,4				
	rSo_4^{--}	1,95	1,88	1,87		1,66	1,87	1,23	0,79	1,55				
Fontaine de Saint Jean de Valeriscle	Q		1	1	2	22	4	5	5	4				
	A	+												
	ρ 18°	2020	1802	2363	2276	2304	2100	1566	2300					
	pH													
912.3.5	rCl^-	0,5	0,35	0,75	0,35	0,8	0,8	0,8	0,4					
	rSo_4^{--}	0,86	0,88	0,77	1,12	0,69	0,8	0,52	0,82					

		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
La Font de Roure	Q				5	4	2	2	4	13	1	~ 0	0	0
	A													
	ρ 18°					1842	2072	1760	1740	1973	4148	1848		
912.2.81	pH													
	rCl⁻					1	0,6	0,6	0,8	0,4	0,3			
	rSO4					0,99	1,37	1,21	1,25	1,1	0,77			
Les Fonts	Q		5	2	11	15	21	24	26	31	22	21	19	8
	A	+											+	
	ρ 18°	1740		3360	2276	1934	1956	1464	1924	1800	2838	2052	2100	1953
912.6.60	pH												7,1	7,0
	rCl⁻	0,5		0,45	0,35	0,6	0,6	0,4	0,8	0,4	0,3		0,25	
	rSO4	0,71		0,87	0,6	0,37	0,44	0,51	0,47	0,51	0,36		0,35	
Courlas	Q													
	A		+			+								
	ρ 18°		1881			1912	1794		1620					
912.6.71	pH													
	rCl⁻		0,35			0,2	0,4		0,6					
	rSO4		0,76			0,53	0,52		0,48					
Carabiol	Q					119	41	49	99	210	2	13	~ 0	0
	A											+		
	ρ 18°						1964	1852	1649	1620	3043	2052		
912.6.59	pH													
	rCl⁻						0,6	0,6	0,4	0,8	0,3	0,25		
	rSO4						0,62	0,32	0,58	0,43	0,44	0,68		
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl⁻													
	rSO4													

		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Arlende	Q							313	364	468	159	375	118	89
	A												+	
912.4.201	ρ 18°							1868	2036	1758	4329	2442	2210	2183
	pH												7,1	7,0
	rCl^-							1,0	0,5	0,4	0,3		0,3	
	$r\overline{SO_4}$							0,14	0,26	0,27	0,19		0,23	
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													

RIVIERE AVENE

		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Buse amont	Q		0	0	2	6	3	3	8	10				
	A													
912.2.79	ρ 18°				1100	1370	1582	1476	1374	1440				
	pH													
	rCl⁻					0,8	0,6	0,6	0,5	0,4				
	rSO4					7,95	6,34	7,5	5,9	5,38				
Mercoirol	Q		0	0	31	79	42	38	71	127	14	14	8	0
	A												+	
912.2.80	ρ 18°					4264	3952	3890	4397	4206	4673	3912	3280	
	pH												7,5	
	rCl⁻					1,6	0,8	0,2	0,5	0,4	0,3	0,25	0,3	
	rSO4					1,04	1,28	1,19	1,08	0,99	1,06	1,26	1,94	
Perte	Q					coule du 5 au 15 et 17 au 26		coule du 26 au 30	coule du 13 au 22	coule du 1 au 3	coule du 8 au 17, et 21 au 22			
	A	+												
912.2.56	ρ 18°	1678												
	pH													
	rCl⁻	0,45												
	rSO4	2,66												
Pont d'Avène	Q		0	0	3	17	7	4	5	20	2	~ 0	~ 0	~ 0
	A	+												
912.3.26	ρ 18°	2068			1954	2318	2368	2592	1924	1980	3479	2500	2390	
	pH												7,6	
	rCl⁻	0,5			0,45	1,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,35			
	rSO4	1,35			1,19	0,35	0,87	0,65	0,72	0,75	0,63			
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl⁻													
	rSO4													

		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Les Subes	Q		3	3	150	374	119	124	218	329	30	56	11	5
	A												+	
912.2.74	ρ 18°		1973	2600	4184	4108	6656	3370	5676	4500	3930	4104	3530	2872
	pH												7,9	7,4
	rCl^-		0,4	1,6	0,4	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,25	
	rSO_4^{--}		1,69	1,8	1,22	0,94	0,9	1,01	0,69	0,87	1,01	1,15	1,15	
Cessous (affluent)	Q		2	1	71	181	57	54	106	161	9	15	6	1
	A												+	
	ρ 18°		6552	9216	15218	16044	25440	13100	12298	14400	14410	9504	10220	9652
912.2.75	pH												7,2	7,2
	rCl^-		0,3	0,25	0,25	1,0	0,8	0,4	0,2	0,7	0,4	0,25	0,22	
	rSO_4^{--}		0,62	0,47	0,29	0,12	0,22	0,11	0,15	0,16	0,12	0,25	0,47	
Mas Roussel	Q													
	A													
912.2.82	ρ 18°												4780	
	pH												7,9	
	rCl^-												0,4	
	rSO_4^{--}												0,99	
Amont perte	Q		1	0	375	905	291	335	539	669	118	171	70	10
	A	+											+	
912.2.76	ρ 18°	398	540		1800	1798	2432	1414	2200	1812	1425	1609	1120	892
	pH												7,9	7,4
	rCl^-	0,8	0,7		0,5	1,8	1,0	0,6	0,8	0,4	0,4	0,4	0,46	
	rSO_4^{--}	14,0	11,2		3,74	3,38	4,78	4,86	3,4	2,61	5,8	5,95	7,75	
Aval perte	Q		0	0	378	964	356	390	582	910	120	177	54	2
	A													
912.2.77	ρ 18°				1760	1798	2678	1530	2769	1721	1310	1685	1110	1034
	pH												7,8	7,2
	rCl^-				0,4	1,2	0,6	0,8	0,8	0,4	0,5	0,45	0,55	
	rSO_4^{--}				3,74	3,24	4,2	4,14	3,2	2,37	5,5	5,5	6,0	

RIVIERE AUZONNET ET AFFLUENTS (Suite)

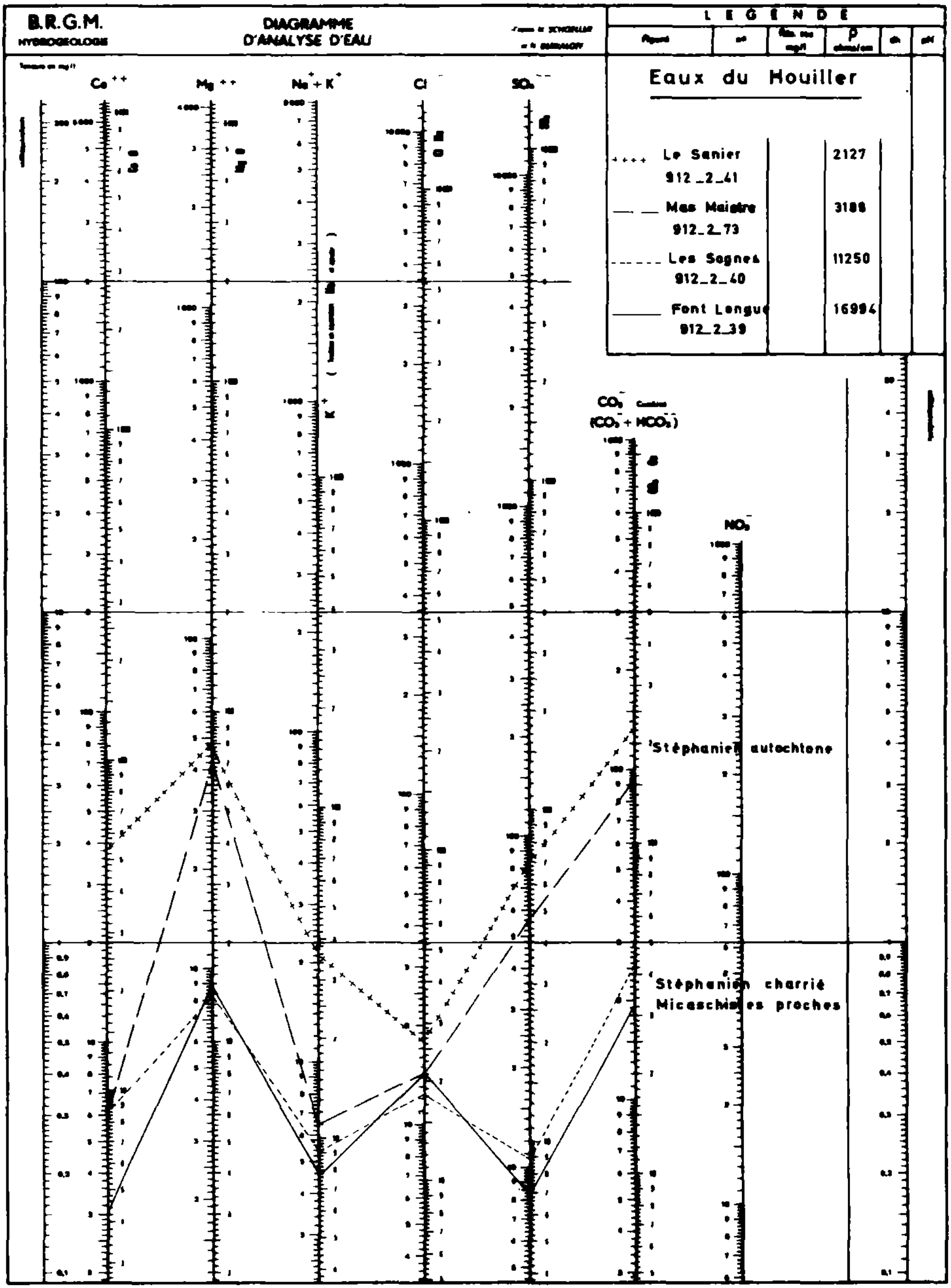
		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Centrale électrique	Q		15	5	493	1267	403	927	679	1220				
	A													
912.2.78	$\rho^{18°}$				1600	1002	684	956	1500	1794				
	pH													
	rCl^-				3,1	4,2	9,2	4,4	3,2	0,8				
	$r\overline{SO_4}$				1,25	3,10	5,66	4,94	1,95	2,15				
Le Bary	Q													
	A			+										
912.3.28	$\rho^{18°}$			54									68	
	pH												8,3	
	rCl^-			230										
	$r\overline{SO_4}$			41										
Meilhen	Q		87	88	650	1640	828	791	1178	1629	1595	343	320	175
	A												+	
912.3.22	$\rho^{18°}$		55	114	287	1136	900	852	2014	504	218	282	285	253
	pH												8,0	8,0
	rCl^-		154	11,8	32	2,6	7,2	6,4	2,8	16,2	49,0	41	49,3	
	$r\overline{SO_4}$		33,4	32,4	10,4	4,3	8,0	5,1	1,74	6,46	19,7	17,4	21,8	
Valat d'Auzigues (affluent)	Q							3	9	8				
	A													
	$\rho^{18°}$							1956	2943	2242				
912.3.23	pH													
	rCl^-							1,0	0,4	0,4				
	$r\overline{SO_4}$							0,22	0,37	0,35				
Pont Bayol	Q							774	1266	1592				
	A													
912.3.24	$\rho^{18°}$							500	403	522				
	pH													
	rCl^-							7,8	16,8	11,8			41,1	
	$r\overline{SO_4}$							6,65	7,5	6,15			19,4	

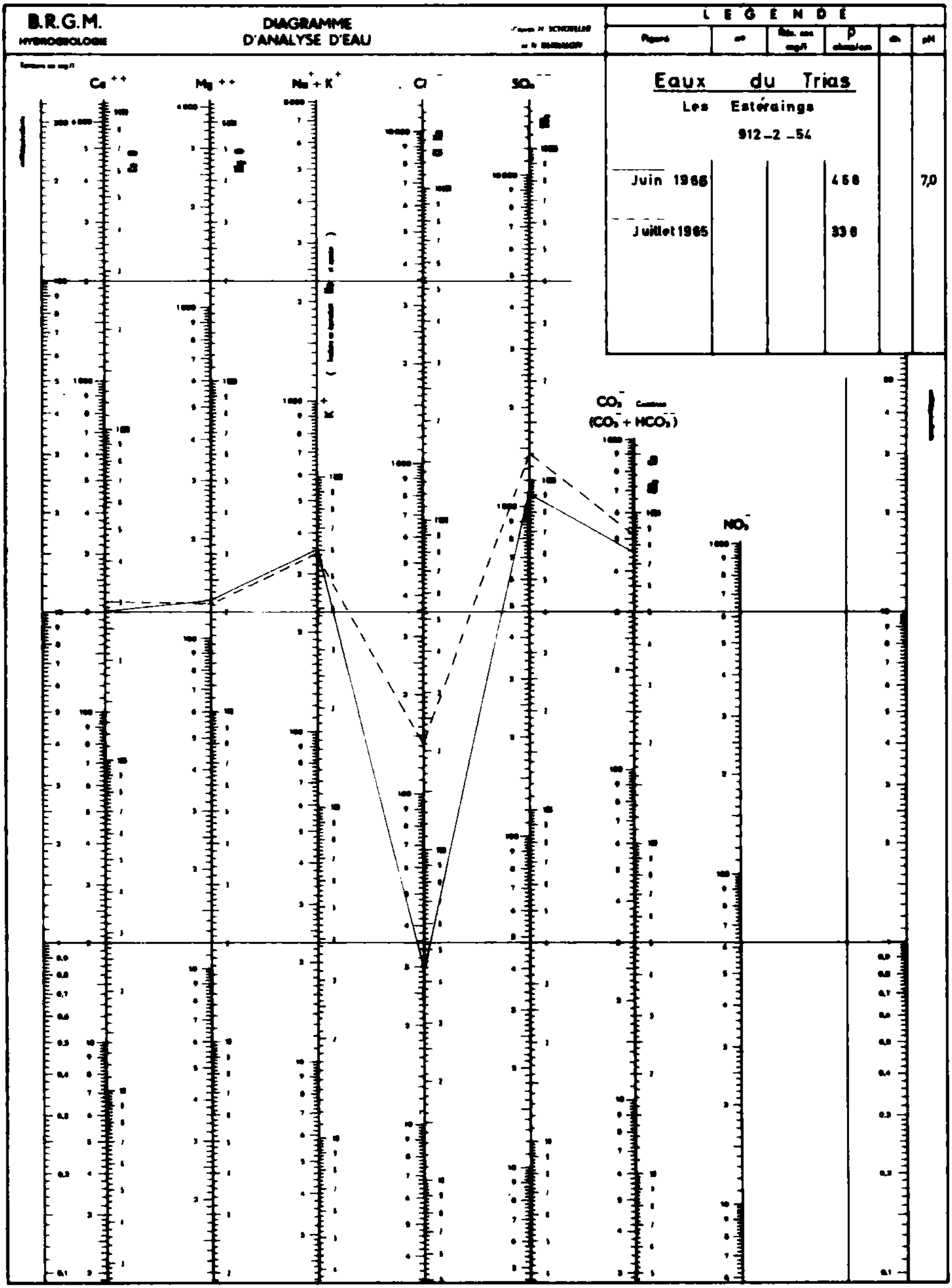
		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Oratoire	Q							863	1511	1823	456	367	346	123
	A												+	
912.3.25	ρ 18°							366	550	538	306	500	260	296
	pH												7,9	7,8
	rCl⁻							13,7	12,4	9,6	36,0	13,5	38,03	
	$r\overline{So_4}$							8,45	6,4	5,28	13,4	8,8	16,45	
Alauzène (affluent)	Q							312	749	950	48	233	~ 0	0
	A												+	
912.4.202	ρ 18°							1740	1852	1688	5183	2022	1535	
	pH													
	rCl⁻							0,6	0,8	0,4	0,3	0,35	0,30	
	$r\overline{So_4}$							0,59	0,61	0,62	0,43	0,69	0,56	
Auzon	Q								2836	3622	639	925	487	176
	A													
912.4.203	ρ 18°								1008	1343	546	694	465	425
	pH												8,4	8,0
	rCl⁻								5,0	2,4	13,7	8,0	15,4	
	$r\overline{So_4}$								2,8	1,51	6,9	3,3	7,74	
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl⁻													
	$r\overline{So_4}$													
	Q													
	A													
	ρ 18°													
	pH													
	rCl⁻													
	$r\overline{So_4}$													

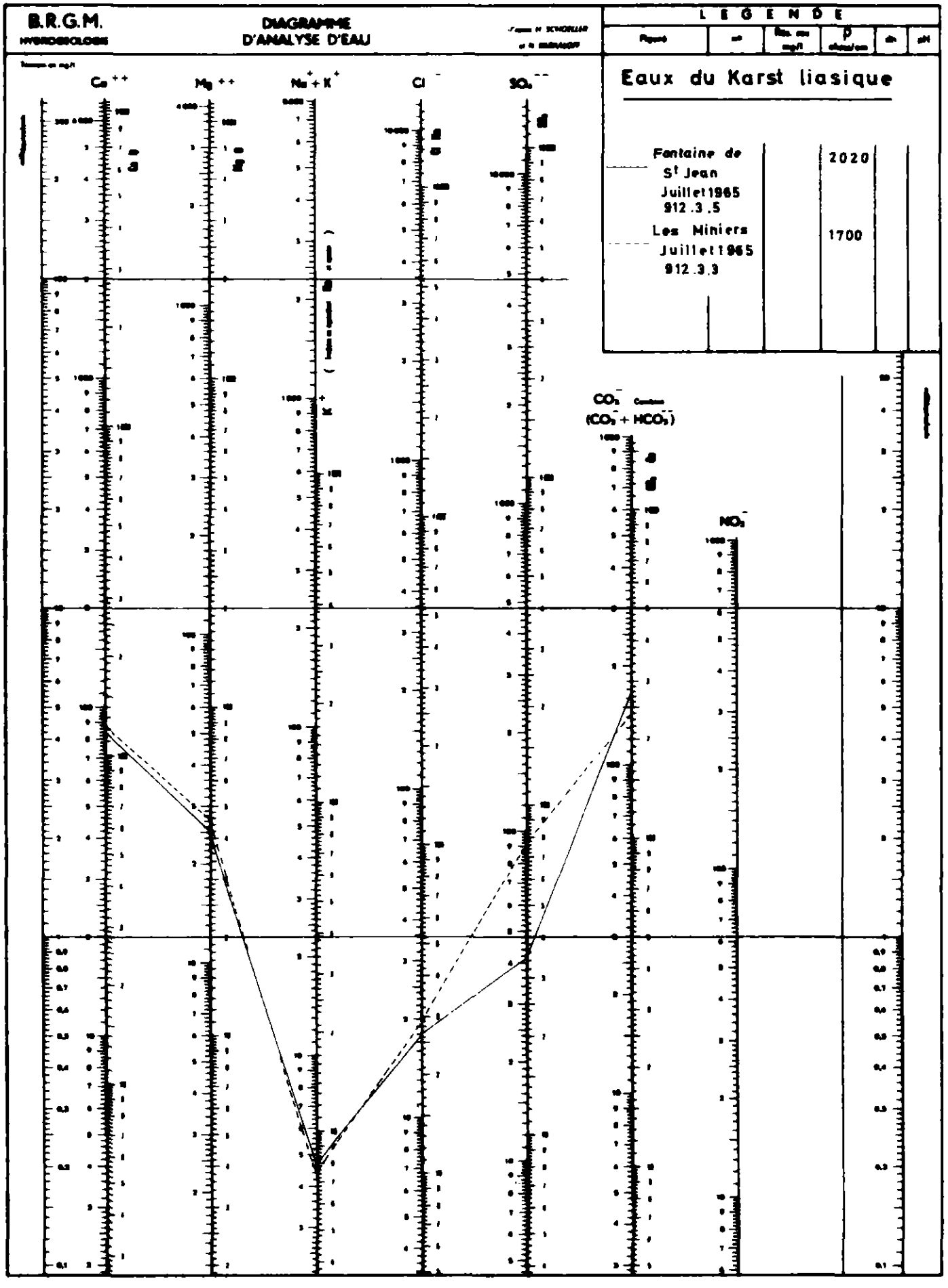
PRINCIPAUX EXHAURES MINIERS DEVERSES DANS L'AUZONNET

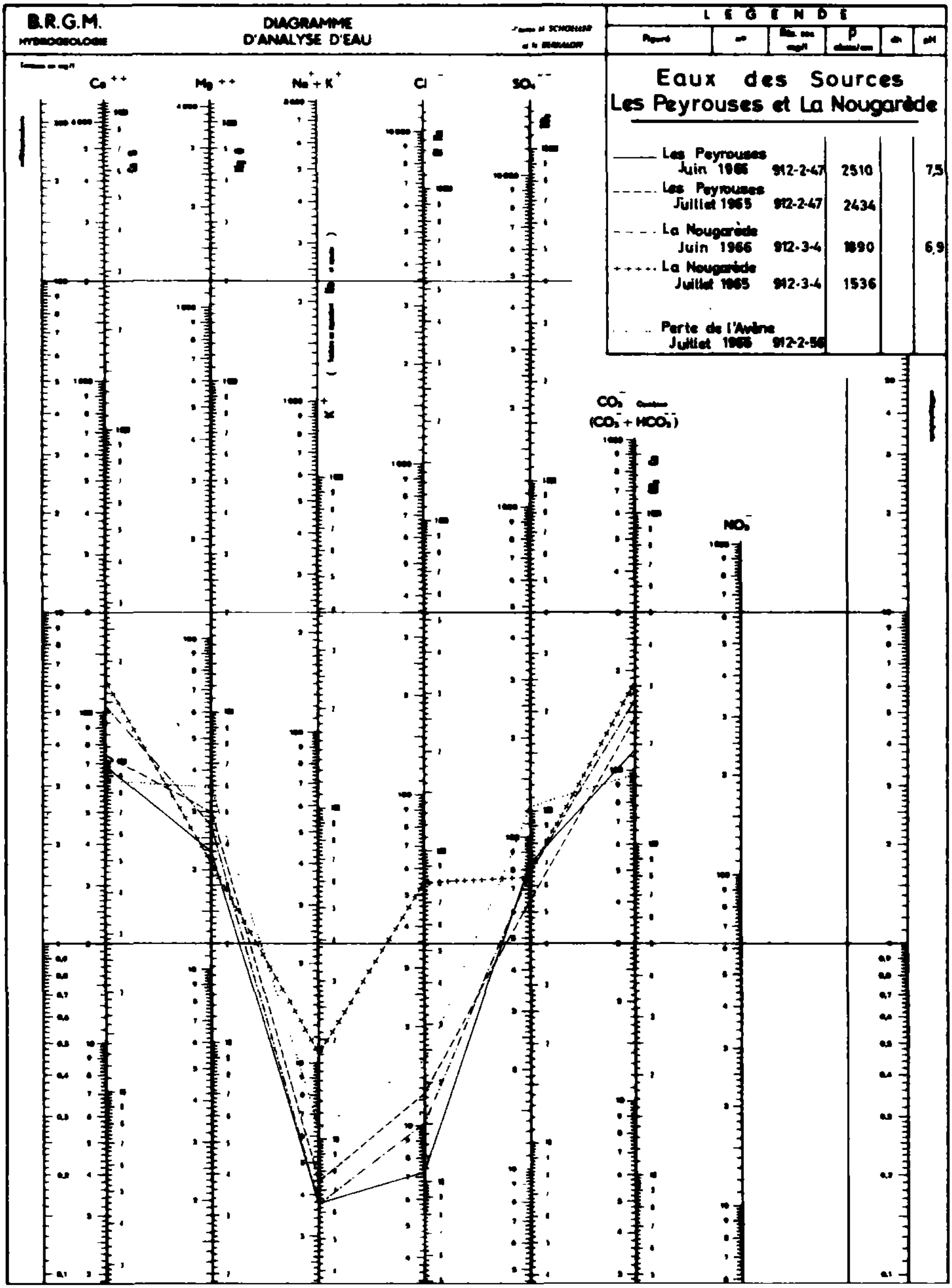
		1965						1966						
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Les Esteraings	Q		10	8	47	111	79	58	113	87	143	87	59	64
	A	+											+	
912.2.54	$\rho^{18°}$	336	210	275	275	314	404	562	400	362	459	481	468	460
	pH												7,0	6,8
	rCl^-	4,0	1,05	1,15	1,0	1,2	1,2	1,8	1,4	1,6	0,8	0,75	0,82	
	$r\overline{SO_4}$	30,0	29,6	33,8	22,1	30,0	29,4	27,6	25,5	29,8	23,0	26	23,0	
Saint Florent	Q													
	A	+	+		+								+	
912.2.55	$\rho^{18°}$	203	1268	58	62	852							123	
	pH													
	rCl^-	7,4	2,75	205	176	4,6							135,21	
	$r\overline{SO_4}$	11,2	4,52	34,8	31,3	6,57							39,58	
Saint Jean	Q													
	A				+									
912.2.85	$\rho^{18°}$				386								360	
	pH												8,4	
	rCl^-				10								34	
	$r\overline{SO_4}$				28,8								36,6	
	Q													
	A													
	$\rho^{18°}$													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													
	Q													
	A													
	$\rho^{18°}$													
	pH													
	rCl^-													
	$r\overline{SO_4}$													

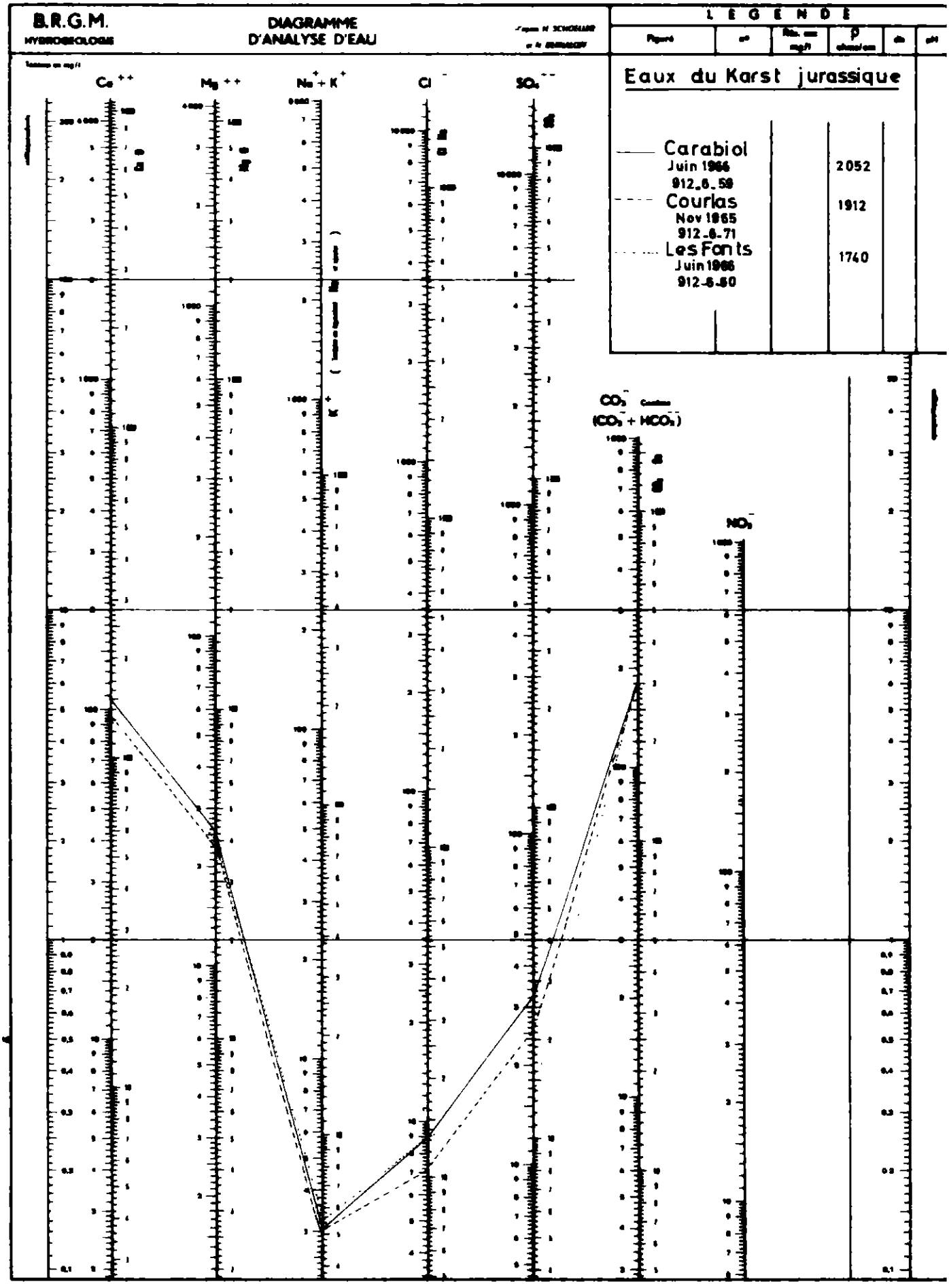
Voir calque dans document papier

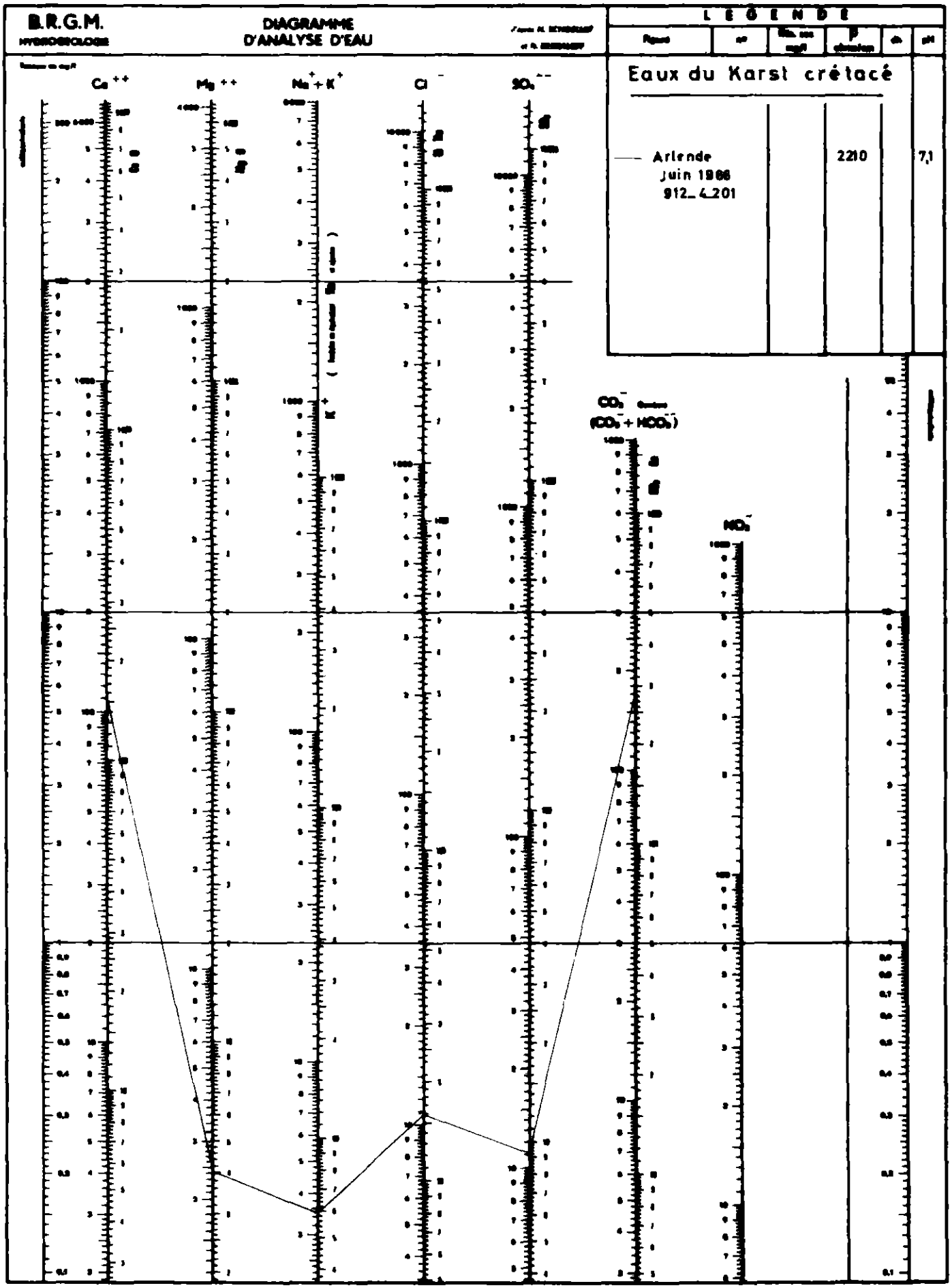

B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU
LÉGENDE
Eaux du Houiller
Le Sanier 912_2_41 2127
Mas Maistre 912_2_73 3188
Les Sagnes 912_2_40 11250
Font Longue 912_2_39 16994
Ca^{++}
Mg^{++}
$Na^{+} + K^{+}$
Cl^{-}
SO_4^{--}
CO_3^{--} combiné ($CO_3^{--} + HCO_3^{-}$)
NO_3^{-}
Stéphanien autochtone
Stéphanien charrié
Micaschistes proches


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Eaux du Trias
Les Estéraings
912-2-54
Juin 1966
468
7,0
Juillet 1965
336
Ca^{++}
Mg^{++}
$Na^+ + K^+$
Cl^-
SO_4^{--}
CO_3^-
$(CO_3^- + HCO_3^-)$
NO_3^-


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Eaux du Karst liasique
Fontaine de St Jean Juillet 1965 912.3.5
2020
Les Miniers Juillet 1965 912.3.3
1700
Ca++
Mg++
Na+ + K+
Cl-
SO4--
CO3-- (CO3-- + HCO3-)
NO3-


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Eaux des Sources
Les Peyrouses et La Nougarède
Les Peyrouses Juin 1966 912-2-47 2510 7,5
Les Peyrouses Juillet 1965 912-2-47 2434
La Nougarède Juin 1966 912-3-4 1890 6,9
La Nougarède Juillet 1965 912-3-4 1536
Perte de l'Avène Juillet 1965 912-2-56
Ca ++
Mg ++
Na + K +
Cl -
SO4 --
CO3 -- (CO3 + HCO3 -)
NO3 -


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Eaux du Karst jurassique
Carabiol
Juin 1966
912_6_58
2052
Courlas
Nov 1965
912_6_71
1912
Les Fonts
Juin 1966
912_6_80
1740
Ca++
Mg++
Na+ + K+
Cl-
SO4--
CO3-- + HCO3-
NO3-


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
L E G E N D E
Eaux du Karst crétacé
Arlende
juin 1966
912_4_201
2210
7,1
Ca++
Mg++
Na+ + K+
Cl-
SO4--
CO3-
(CO3H- + CO3H-)
NO3-

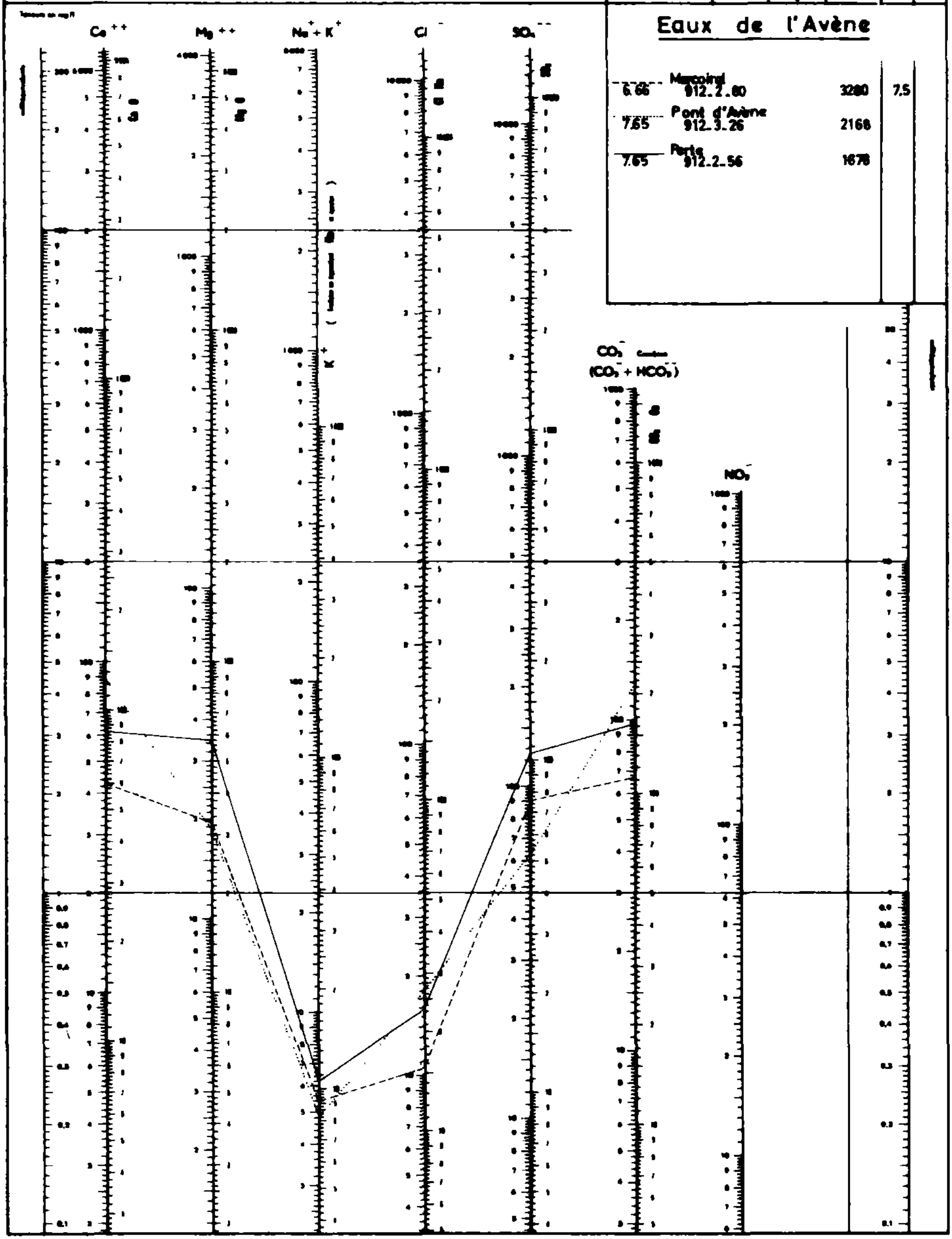
B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

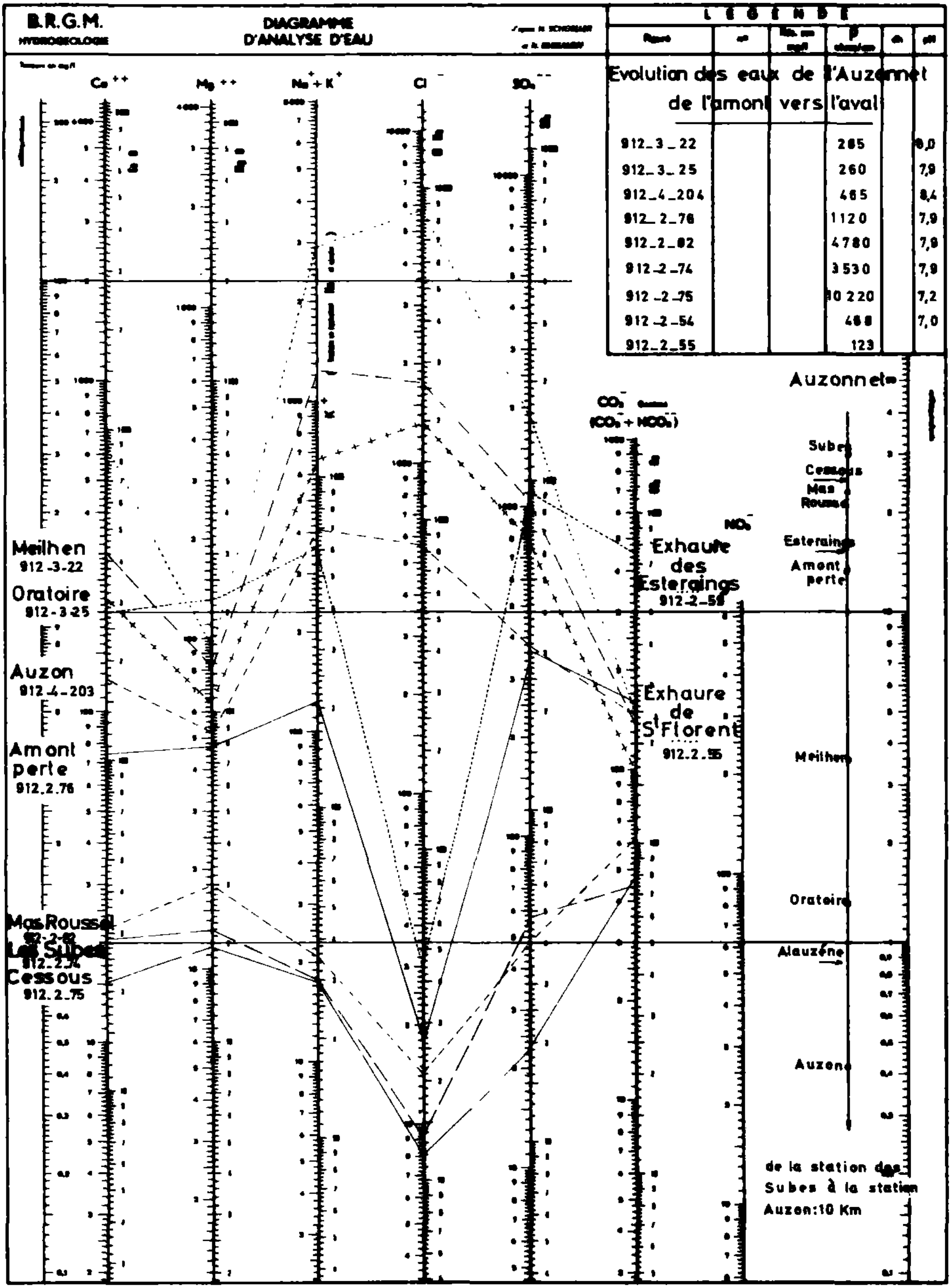
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

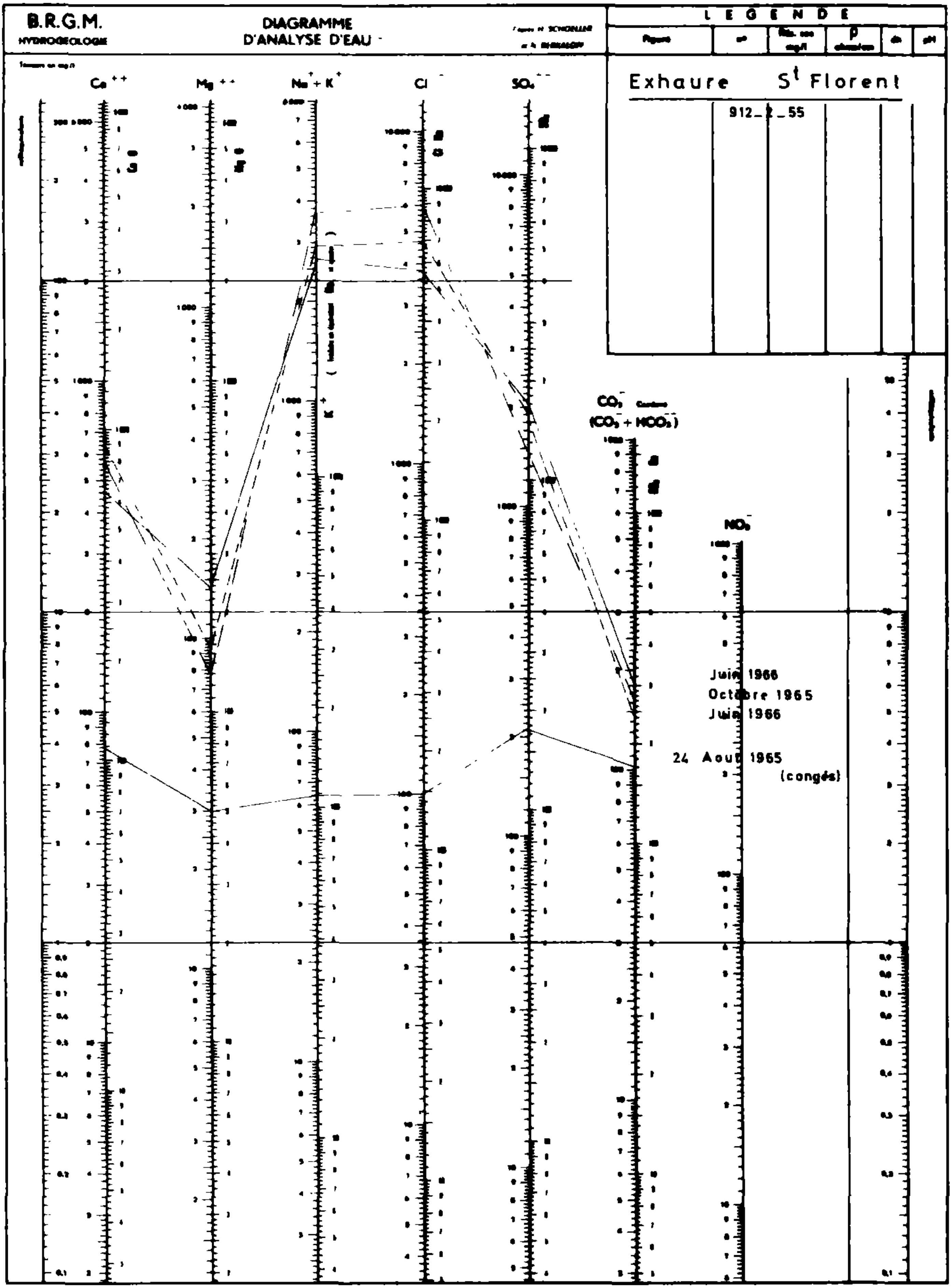
LÉGENDE

Eaux de l'Avène

Repère	rH	Rés. sec mg/l	ρ	dh	pH
Marcoiral 912.2.80	6.66		3280	7.5	
Pont d'Avène 912.3.26	7.65		2168		
Perte 912.2.56	7.65		1678		

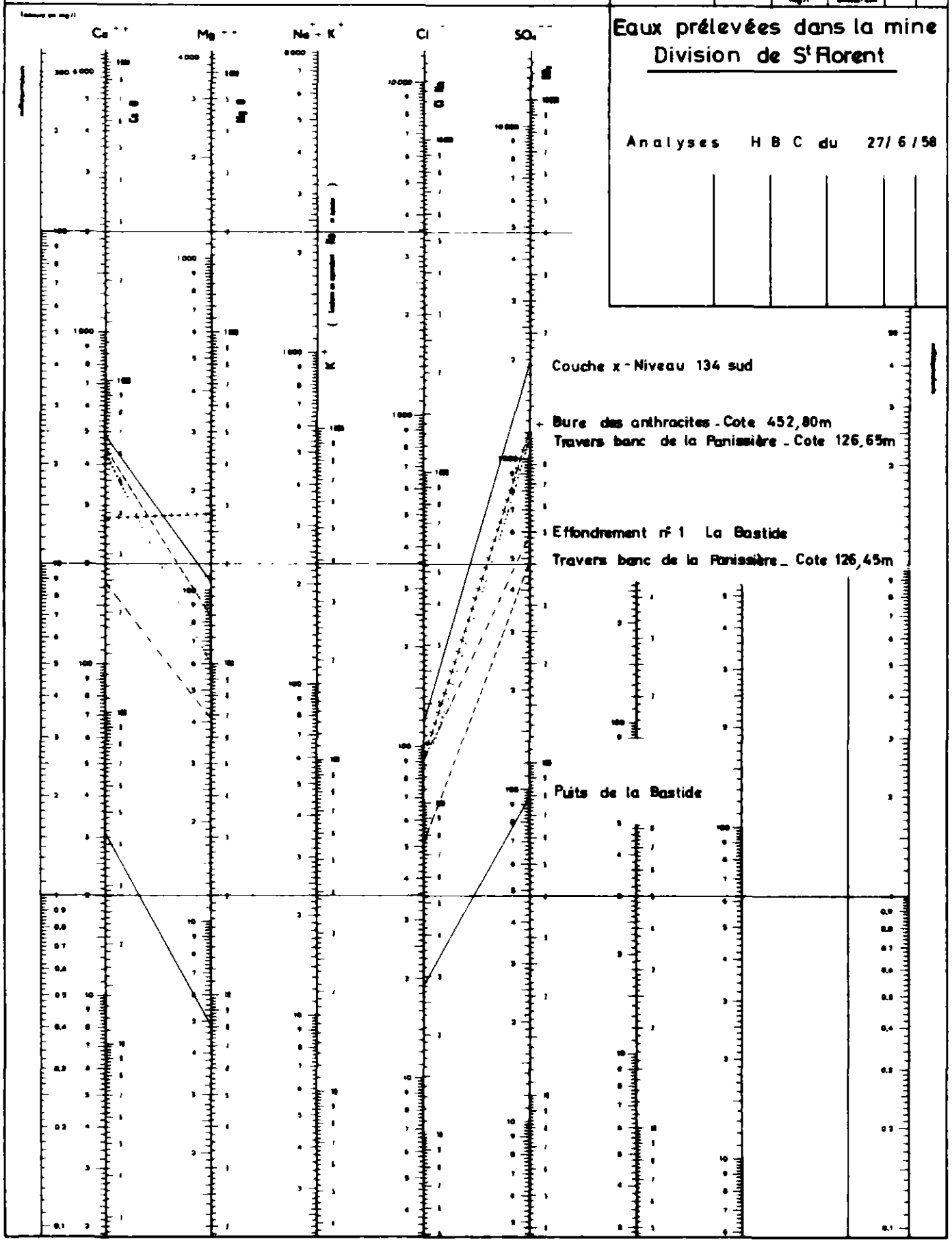



B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LÉGENDE
Evolution des eaux de l'Auzonnet de l'amont vers l'aval
912_3_22 285 8,0
912_3_25 260 7,9
912_4_204 465 8,4
912_2_76 1120 7,9
912_2_82 4780 7,9
912_2_74 3530 7,9
912_2_75 10 220 7,2
912_2_54 468 7,0
912_2_55 123
Ca ++
Mg ++
Na + K +
Cl −
SO4 −−
CO3 −− (CO3 + HCO3 −)
NO3 −
Meilhen 912-3-22
Oratoire 912-3-25
Auzon 912-4-203
Amont perte 912.2.76
Mas Roussel 912-2-82
Les Subes 912.2.74
Cessous 912.2.75
Exhaure des Esterainqs 912-2-54
Exhaure de St Florent 912.2.55
Auzonnet
Subes
Cessous
Mas Roussel
Esterainqs
Amont perte
Meilhen
Oratoire
Alauzène
Auzon
de la station des Subes à la station Auzon: 10 Km


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Exhaure St Florent
912_2_55
Ca++
Mg++
Na+ + K+
Cl-
SO4--
CO3-- Carbonates
(CO3-- + HCO3-)
NO3-
Juin 1966
Octobre 1965
Juin 1966
24 Aout 1965
(congés)

B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU

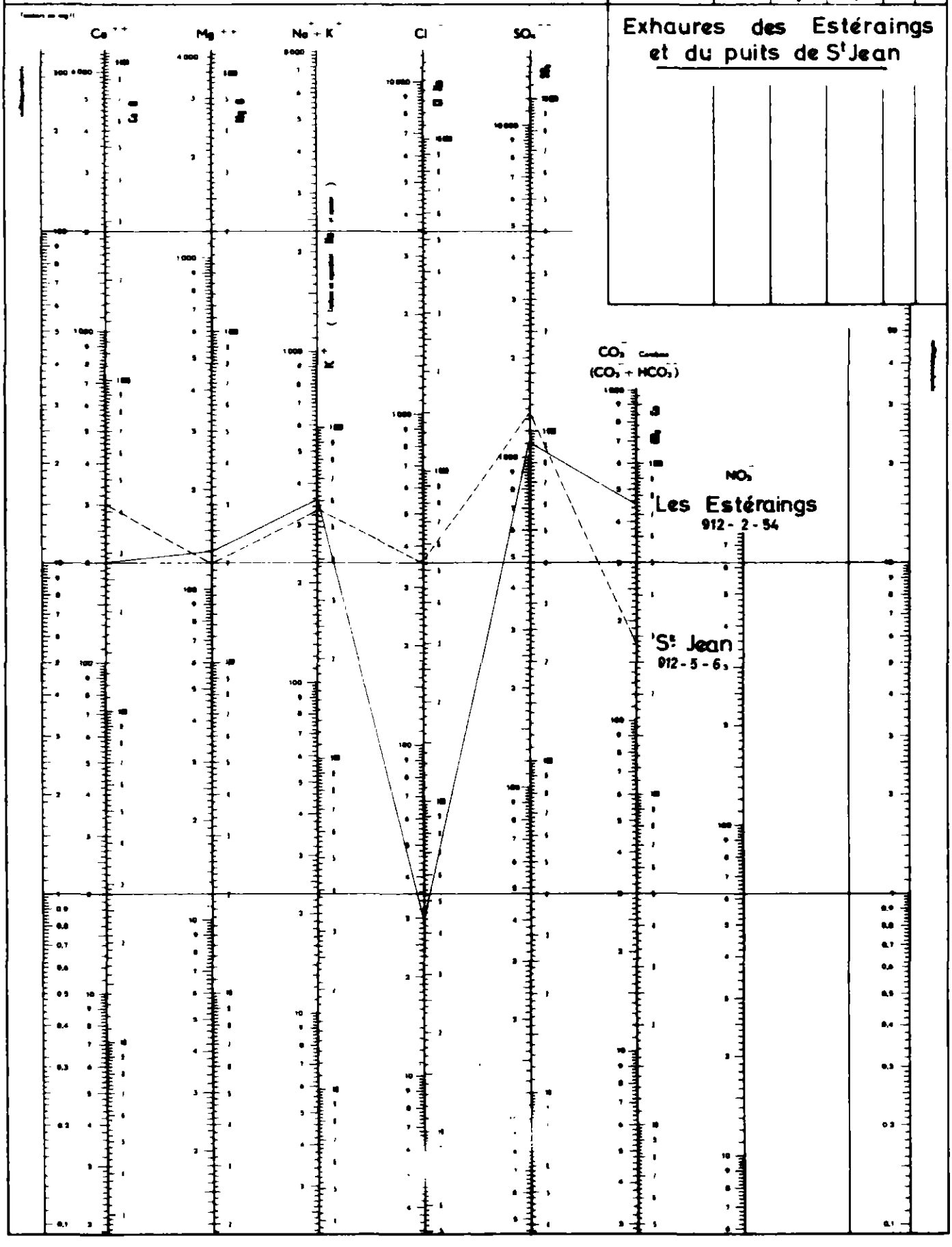


L E G E N D E

Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dh	pH

Eaux prélevées dans la mine
Division de St Florent

Analyses H B C du 27/ 6 / 58


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE
DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU
LEGENDE
Figuré
Exhaures des Estéraings
et du puits de St Jean
Ca++
Mg++
Na+ + K+
Cl-
SO4--
CO3- Combiné
(CO3- + HCO3-)
NO3-
Les Estéraings
912 - 2 - 54
St Jean
912 - 5 - 6

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE L'AUZONNET DE L'AMONT VERS L'AVAL

(Journées des 7 et 8 juin 1966)

AUZONNET	DATE	HEURE	pH	ρ 18°	r Cl	r So_4	AFFLUENTS
Les Subes	7/6/66	13h 10	7,9	3 530	0,25	1,15	
		13h 20	7,2	10 220	0,25	0,36	Cessous
Mas Roussel	7/6/66	14h 20	7,9	4 820	0,40	0,6	
		22h 30	7,9	4 850	0,22	0,47	
	8/6/66	4h 05	7,9	4 780	0,40	0,99	
	7/6/66	13h 30	7,0	468	0,82	23,0	Les Esteraings
Amont perte	7/6/66	15h 30	7,9	1 120	0,46	7,75	
Aval perte	7/6/66	17h 45	7,8	1 110	0,55	6,0	
		22h 45	8,3	1 070			
	8/6/66	1h 30	8,1	1 120			
		4h 20	8,0	1 200			
	7/6/66	12h 15	7,5	2 510	0,20	1,76	Les Peyrouses
	7/6/66	12h 10		308	39	20	Exhaure St Florent
		13h 50		123	135	40	
		15h 25		140	137	42	
		17h 35		127	111	43	
		19h 30		125	127	42	
		23h 40		198			
	8/6/66	0h 10		202			
		1h 40	8,4	174	140	45	
		4h 30	8,4	184			
Le Barry	7/6/66	15h 05	8,3	68			
Pont de la Nougarède	7/6/66	12h 55	8,0	181	65	24	
		14h 30	8,1	215			
		15h 10	8,0	252	17,5	11,2	
	7/6/66	15h 40	6,9	1 890	0,3	1,73	La Nougarède
	8/6/66	1h 50	8,4	360	34	36,6	Exhaure St Jean

EVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE L'AUZONNET DE L'AMONT VERS L'AVAL

(Journées des 7 et 8 juin 1966)

AUZONNET	DATE	HEURE	pH	P 18°	r Cl	r So_4	AFFLUENTS
Meilhen	7/6/66	12h 50		295			
		15h 00	8,0	285	49,3	21,8	
		16h 10		282			
		16h 55	7,8	268	50	22,8	
		17h 50	7,9	239	54	21,6	
		19h 10	7,8	223	45	20	
		21h 20	8,2	331	31	15,8	
		23h 20	8,1	235	38	14,4	
	8/6/66	2h 10	8,2	222	47	20	
		4h 45	8,3	227			
Pont Bayol	7/6/66	16h 30	7,8	255	41,5	18,8	
		19h 00	7,8	246			
		21h 40	8,1	243	41	19,4	
		23h 45	8,3	256	39	19,4	
	8/6/66	2h 30	8,1	258	43	20	
		5h 05	8,0	268			
Oratoire	7/6/66	16h 40	7,9	260	38,03	16,45	
		19h 20	8,1	285	37,0	17,4	
		22h 00	8,0	277			
		23h 40	8,1	272	35,0	12,4	
	8/6/66	0h 40	8,3	282	36	14,2	
		3h 00	8,2	290			
		4h 50	8,3	302			
Auzon	8/6/66	0h 35	8,4	465	15,4	7,74	
		2h 45	8,3	480			

II.9.1 - Compte-rendu de visite à la mine de Saint-Florent

L'examen des diverses analyses des eaux de l'Auzonnet a montré que leur hyperchloruration se produit au niveau de l'égout de la mine de Saint-Florent. Il était intéressant de chercher à déterminer l'origine de cette pollution chimique. A la demande du Service des Mines et avec l'accord de la Direction des Houillères du Bassin des Cévennes, des prélèvements d'eau ont été faits en deux points du fond et du lavoir en janvier 1967.

II.9.1.1 Eaux du fond

Repérage des divers prélèvements

Prélèvement 1 : Venue des travaux de couche X et d'anciens travaux de Panissière et du Martinet. Le débit est d'environ 3 000 m3/jour (1).

Prélèvement 2 : Venues d'eau côté Molières, essentiellement à l'étage - 420. Le débit de l'ordre de 550 m3/jour (1).

Prélèvement 3 : Evacuation des anciens travaux du quartier IV. Débit de l'ordre de 330m3/jour (1).

Prélèvement 4 : Venue du travers banc 2 jusqu'à la croisière du travers banc 3. Débit de l'ordre de 410 m3/jour (1).

Prélèvement 5 : Evacuation des eaux des travaux actuels (mélange d'eaux de la Cèze et d'eaux profondes).

Prélèvement 6 : Eau suintant dans le travers banc 6 au passage de la faille. Débit de l'ordre de 50 m3/jour (estimation).

Serrements prévus

Les Houillères du bassin des Cévennes envisagent dans un avenir proche l'exécution de quatre serrements qui isoleraient du puits Saint-Florent les venues d'eau prélevées en 1 à 4 soit, au total, 4 290 m3/jour sur une exhaure globale de l'ordre de 5 000 m3/jour.

Qualité chimique des eaux prélevées

Les analyses chimiques et les diagrammes correspondants se trouvent en fin d'annexe.

Les eaux des prélèvements 1, 2 et 3 appartiennent à la même famille chimique et sont très comparables aux eaux rejetées par l'égout dans l'Auzonnet. Le diagramme logarithmique du prélèvement 1 (venue de la couche X, 3 000 m3/jour) est en particulier superposable aux diagrammes des eaux d'égout (voir II.7.9).

L'analyse du prélèvement 4 montre un type hydrochimique non observé au cours de l'étude, mais qui peut être rapproché du type des eaux du Trias échantillonnées aux Estéraings, bien que la teneur en sodium soit notablement plus faible.

---

(1) - Chiffre communiqué par les Houillères du bassin des Cévennes.

Les eaux des prélèvements 5 et 6 sont comparables aux eaux des Estéraings (voir II.7.2).

Remarques

Ces analyses isolées tendraient à prouver que l'origine de la pollution chimique des eaux rejetées par les Houillères dans l'égout se déversant dans l'Auzonnet à Saint-Florent est à rechercher dans l'exhaure des niveaux suivants :

- travaux de couche X,
- anciens travaux de Panissière et du Martinet,
- travaux côté Molières,
- anciens travaux quartier IV.

L'exhaure des travaux actuels fournit une eau très comparable à celle qui est rejetée dans l'Auzonnet aux Estéraings.

En page 21 du rapport il avait été remarqué que les eaux des Estéraings étaient caractéristiques du Trias alimenté latéralement par les dolomies. Ceci est confirmé par l'analyse du prélèvement 6 fait sur une venue d'eau causée par une faille importante. Le prélèvement 5 est en fait un mélange d'eaux du fond et d'eau industrielle (travaux actuels). Il est très comparable chimiquement aux eaux du Trias. Cette remarque conduit à penser que les eaux sursalées et sursulfatées des prélèvements 1 à 3 proviennent également du Trias mais que ce sont des eaux très anciennes ayant longtemps percolé dans ce milieu hétérogène. Cette hypothèse pourrait être prouvée par une datation des eaux 1 et 6 qui devrait faire apparaître une différence d'âge très sensible.

II.9.1.2 Eaux du lavoir

Repérage des divers prélèvements

Lors de la visite du lavoir il a été constaté que celui-ci est alimenté partie par des eaux industrielles pompées dans la Cèze 800 m3/j.(1) partie par des eaux d'exhaure, 400 m3/j.(1). Les additifs utilisés dans le lavoir sont de la magnétite et de l'alginate de soude (quelques kilogrammes par jour).

Prélèvement 7 : eau industrielle pompée dans la Cèze.

Prélèvement 8 : eau d'exhaure prélevée au bassin de la Couronne.

Prélèvement 9 : eau prélevée dans le circuit du lavoir à la sortie du bac à fines.

Prélèvement 10 : eau prélevée à la sortie du lavoir.

Prélèvement 11 : eau prélevée à la sortie des bacs à schlams, rejetée directement dans l'Auzonnet.

Prélèvement 12 : eau de l'égout s'écoulant vers la rivière.

---

(1) - Chiffre communiqué par les Houillères du bassin des Cévennes.

Qualité chimique des eaux prélevées

Les analyses chimiques se trouvent en fin d'annexe.

Seule l'eau de la Cèze a fait l'objet d'une analyse complète. Les autres eaux ne sont pas caractéristiques, provenant de mélanges non homogènes.

L'eau de la Cèze est une eau peu chargée, hypercarbonatée, calcique magnésienne. Sa teneur en chlorures est de 0,35 méq/l.

L'eau de l'exhaure prélevée dans le bassin de la Couronne est très chargée, comme il fallait s'y attendre avec :

r Cl : 109,6
r SO4 : 48,6

Les eaux prélevées dans la laverie proviennent du mélange des deux eaux précédentes dans la proportion approximative de 2 pour 1. Les teneurs en chlorures varient de 17 à 21 méq/l. Les teneurs en sulfate varient de 10 à 12 méq/l. Ces chiffres sont normaux vu l'origine des eaux.

Le rejet dans l'Auzonnet à la sortie des bacs à schlams est formé par une eau comparable à celle de la laverie. Le prélèvement fait sur l'égout a fourni une eau peu chlorurée et sulfatée. Il n'est pas représentatif : il intervenait une très faible proportion d'eau d'exhaure dans l'eau échantillonnée.

PRELEVEMENTS DE JANVIER 1967

21 **Prélèvement 1**	a = r Ca 28 b = r Mg 17 c = r Na 129 d = r K 1,6 175,6	a 16 b 10 c+d 74	f = r Co3 g = r HCo3 5,25 h = r Cl 142 i = r So4 44 191,25	f+g 3 h 74 i 23	e = + 4,4		
					ρ18°= 74	pH =	
					r Mg/Ca = 0,61	r So4/Cl = 0,31	r Cl-Na/Cl = 0,09
45 **Prélèvement 2**	a = r Ca 31,5 b = r Mg 43,5 c = r Na 475 d = r K 5,0 555,0	a 6 b 8 c+d 86	f = r Co3 g = r HCo3 4,25 h = r Cl 486,00 i = r So4 123,00 613,25	f+g 1 h 79 i 20	e = + 5,0		
					ρ18°= 23		
					r Mg/Ca = 1,38	r So4/Cl = 0,25	r Cl-Na/Cl = 0,02
14 **Prélèvement 3**	a = r Ca 10,2 b = r Mg 10,2 c = r Na 37,5 d = r K 0,8 58,7	a 17 b 17 c+d 66	f = r Co3 g = r HCo3 3,55 h = r Cl 33,2 i = r So4 20,3 57,05	f+g 6 h 58 i 36	e = - 0,01		
					ρ18°= 249		
					r Mg/Ca = 1,0	r So4/Cl = 0,61	r Cl-Na/Cl = - 0,13
51 **Prélèvement 4**	a = r Ca 14,4 b = r Mg 5,3 c = r Na 3,57 d = r K 0,37 23,64	a 61 b 23 c+d 16	f = r Co3 g = r HCo3 4,75 h = r Cl 2,3 i = r So4 17,8 24,85	f+g 19 h 9 i 72	e = 2,1		
					ρ18°= 592		
					r Mg/Ca = 0,37	r So4/Cl = 7,75	r Cl-Na/Cl = - 0,55
27 **Prélèvement 5**	a = r Ca 8,8 b = r Mg 9,6 c = r Na 19,3 d = r K 1,0 38,7	a 23 b 25 c+d 52	f = r Co3 g = r HCo3 10,7 h = r Cl 5,4 i = r So4 28,0 44,1	f+g 24 h 12 i 64	e = + 6,5		
					ρ18°= 345		
					r Mg/Ca = 1,1	r So4/Cl = 5,2	r Cl-Na/Cl = - 2,58

42 **Prélèvement 6**	a = r Ca 25,6 b = r Mg 13,6 c = r Na 24,6 d = r K 1,8 65,6	a 39 b 21 c+d 40	f = r Co3 16,3 g = r HCo3 h = r Cl 10,2 i = r So4 47,0 73,5	f+g 22 h 14 i 64	e = + 12,0		
					ρ18° = 213	pH =	
					r Mg/Ca = 0,53	r So4/Cl = 4,70	r Cl-Na/Cl = - 1,44
22 **Prélèvement 7**	a = r Ca 1,35 b = r Mg 0,95 c = r Na 0,31 d = r K 0,03 2,64	a 51 b 36 c+d 13	f = r Co3 1,5 g = r HCo3 h = r Cl 0,35 i = r So4 1,19 3,04	f+g 50 h 11 i 39	e = + 7,0		
					ρ18° = 4334		
					r Mg/Ca = 0,70	r So4/Cl = 3,4	r Cl-Na/Cl = 0,11
39 **Prélèvement 8**	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl 109,6 i = r So4 48,6	f+g h i	e =		
					ρ18° =		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
25 **Prélèvement 9**	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl 21,6 i = r So4 11,2	f+g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
9 **Prélèvement 10**	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c+d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl 20,4 i = r So4 11,7	f+g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

40 **Prélèvement 11**	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl 13,2 i = r So4 8,60	f + g h i	e =		
					ρ18°=	pH =	
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
52 **Prélèvement 12**	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl 17,6 i = r So4 10,4	f + g h i	e =		
					ρ18°=		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°=		
					r Mg/Ca	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =
	a = r Ca b = r Mg c = r Na d = r K	a b c + d	f = r Co3 g = r HCo3 h = r Cl i = r So4	f + g h i	e =		
					ρ18°		
					r Mg/Ca =	r So4/Cl =	r Cl-Na/Cl =

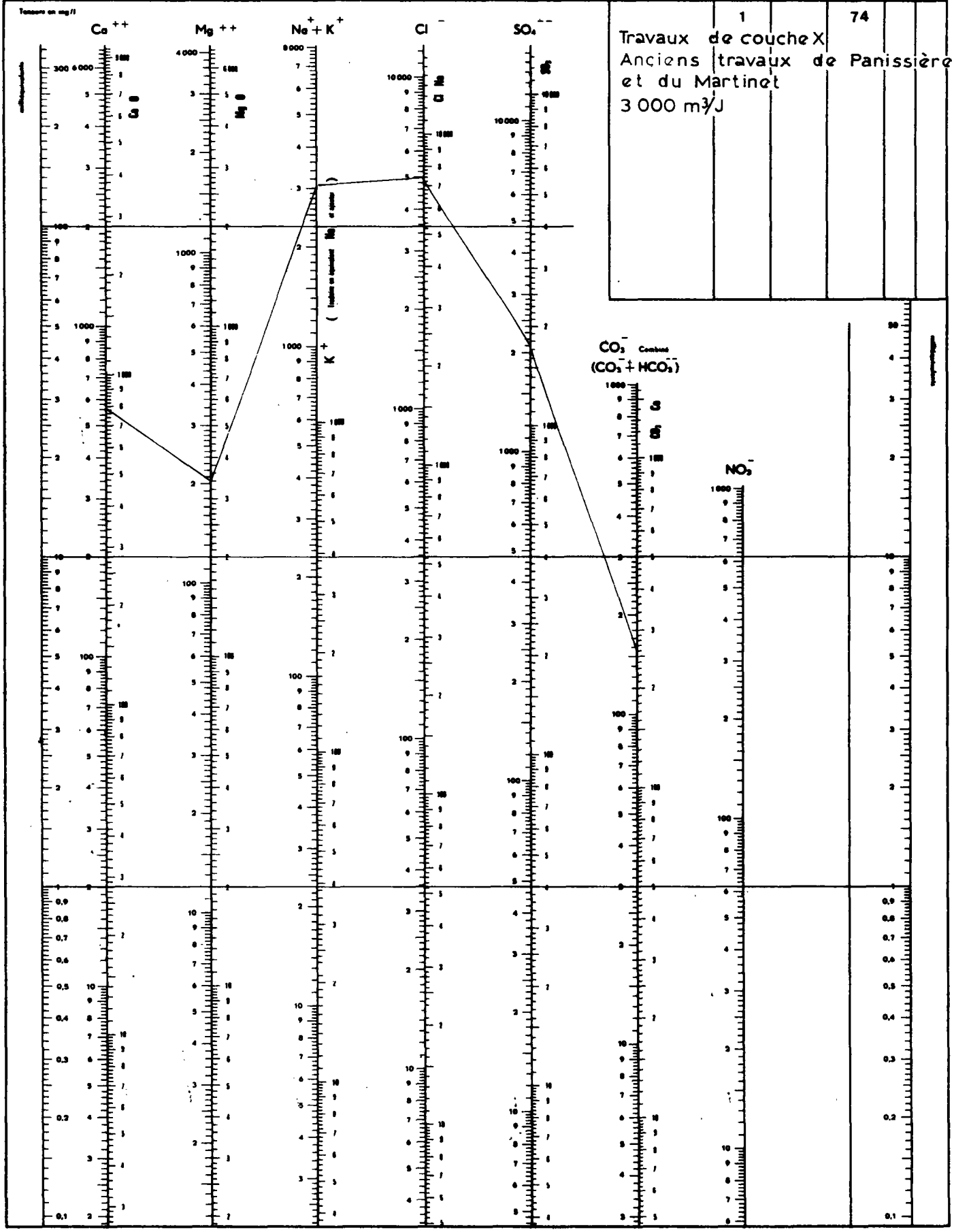
B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dh	pH
	1		74		

Travaux de couche X
Anciens travaux de Panissière et du Martinet
3 000 m³/J

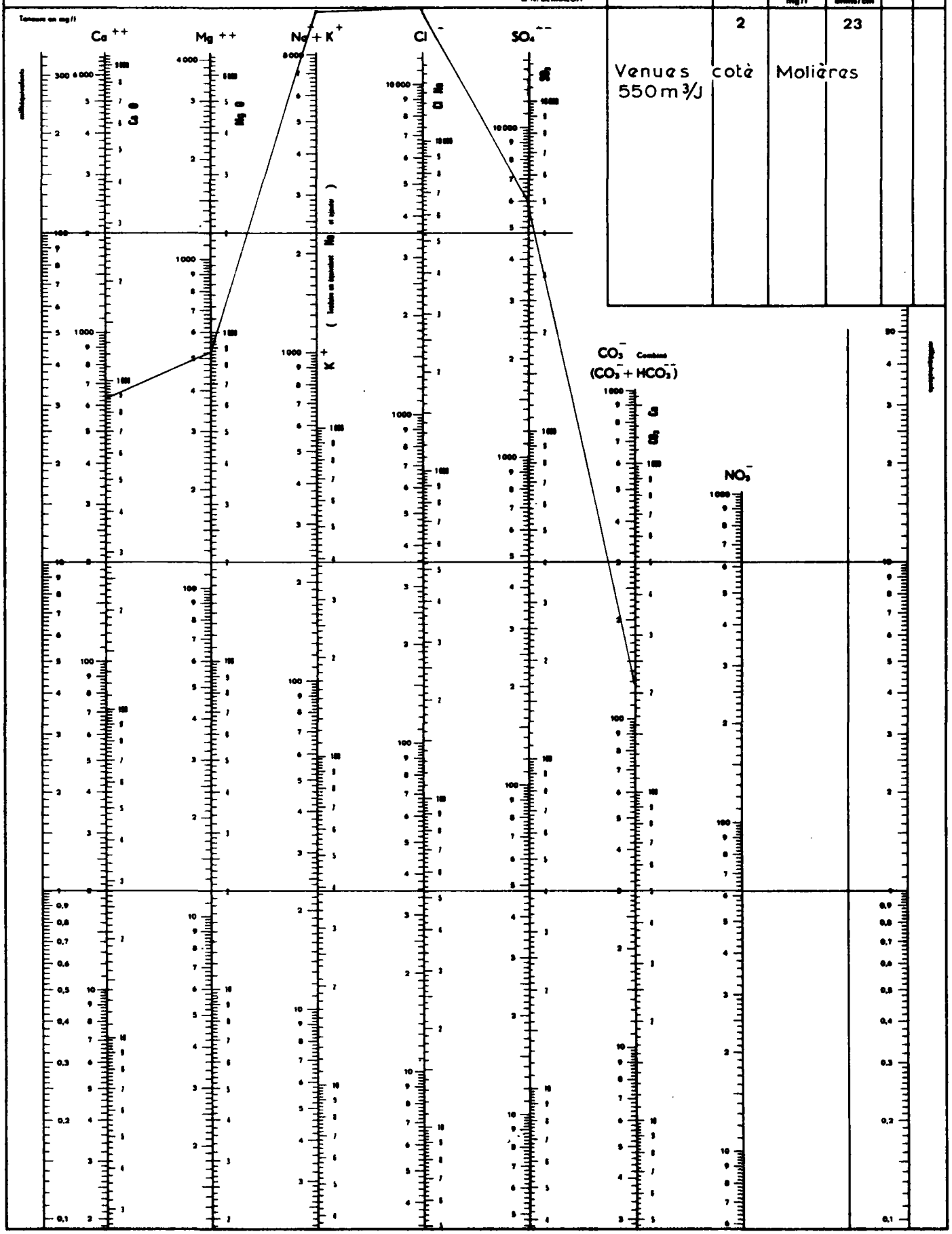


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et A. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dh	pH
Venues coté 550 m³/J	2	Molières	23		



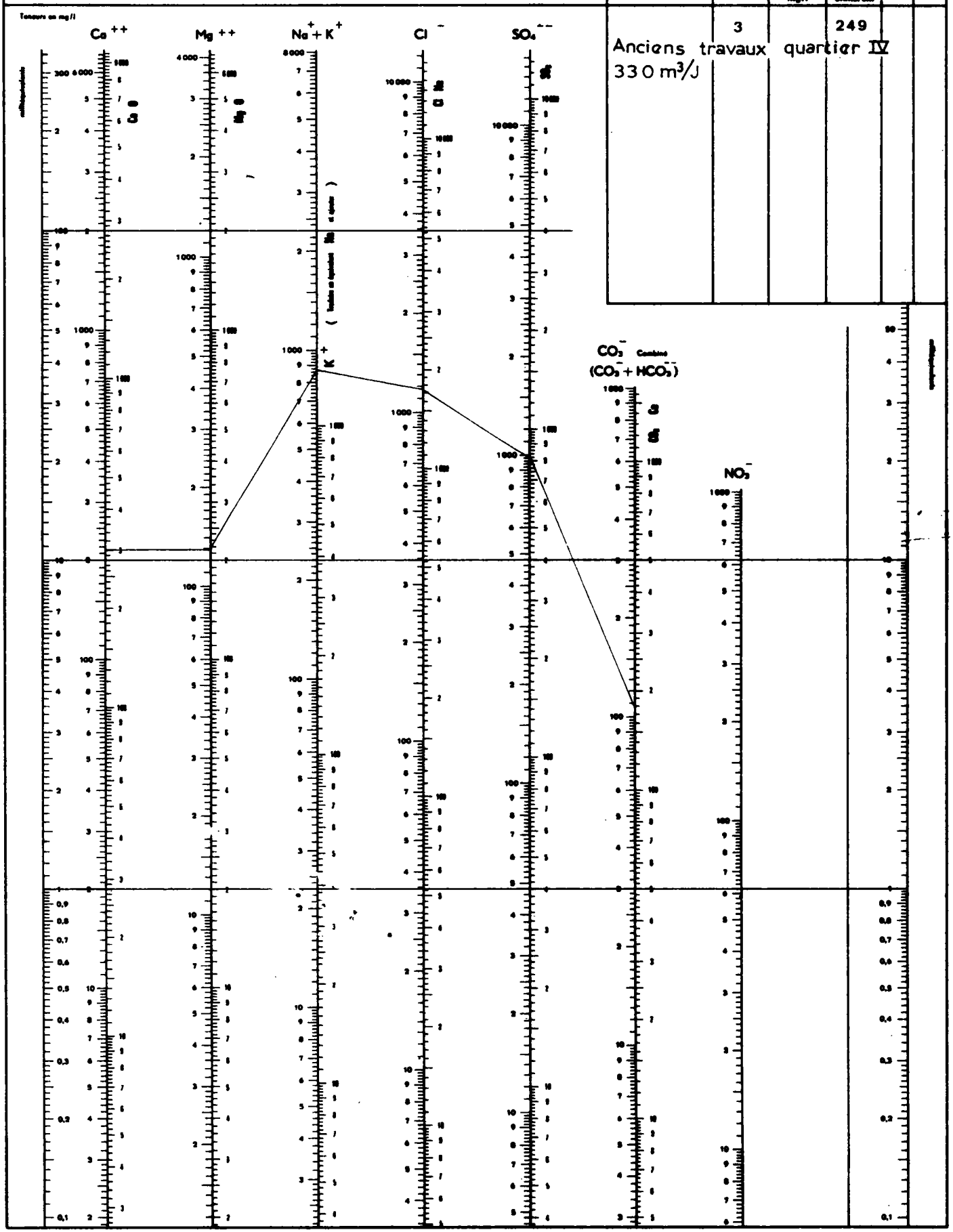
B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dh.	pH
	3		249		

Anciens travaux quartier IV
330 m³/J



B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

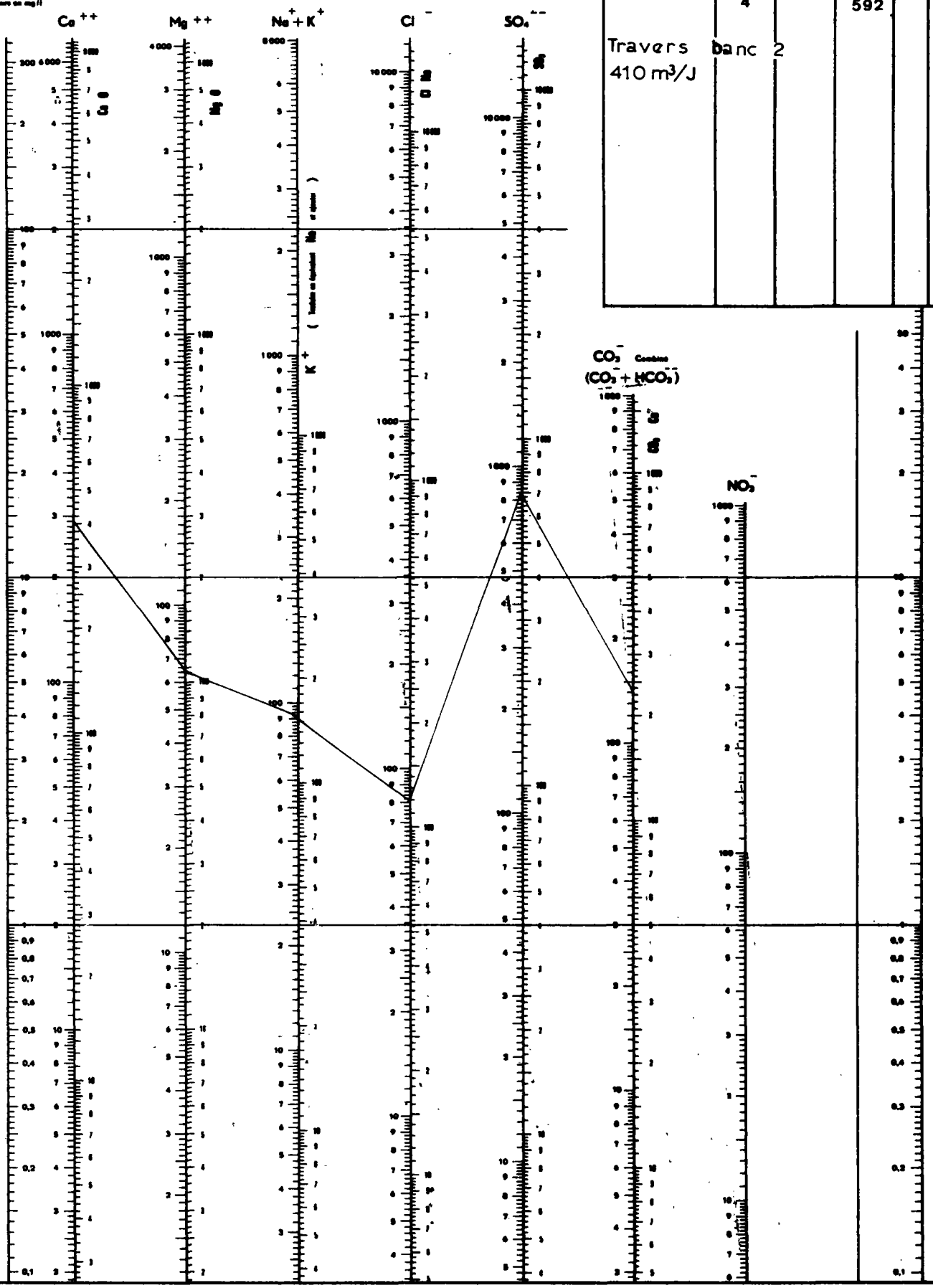
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

Teneurs en mg/l

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ chlorures	dh	pH
	4		592		

Travers banc 2
410 m³/J

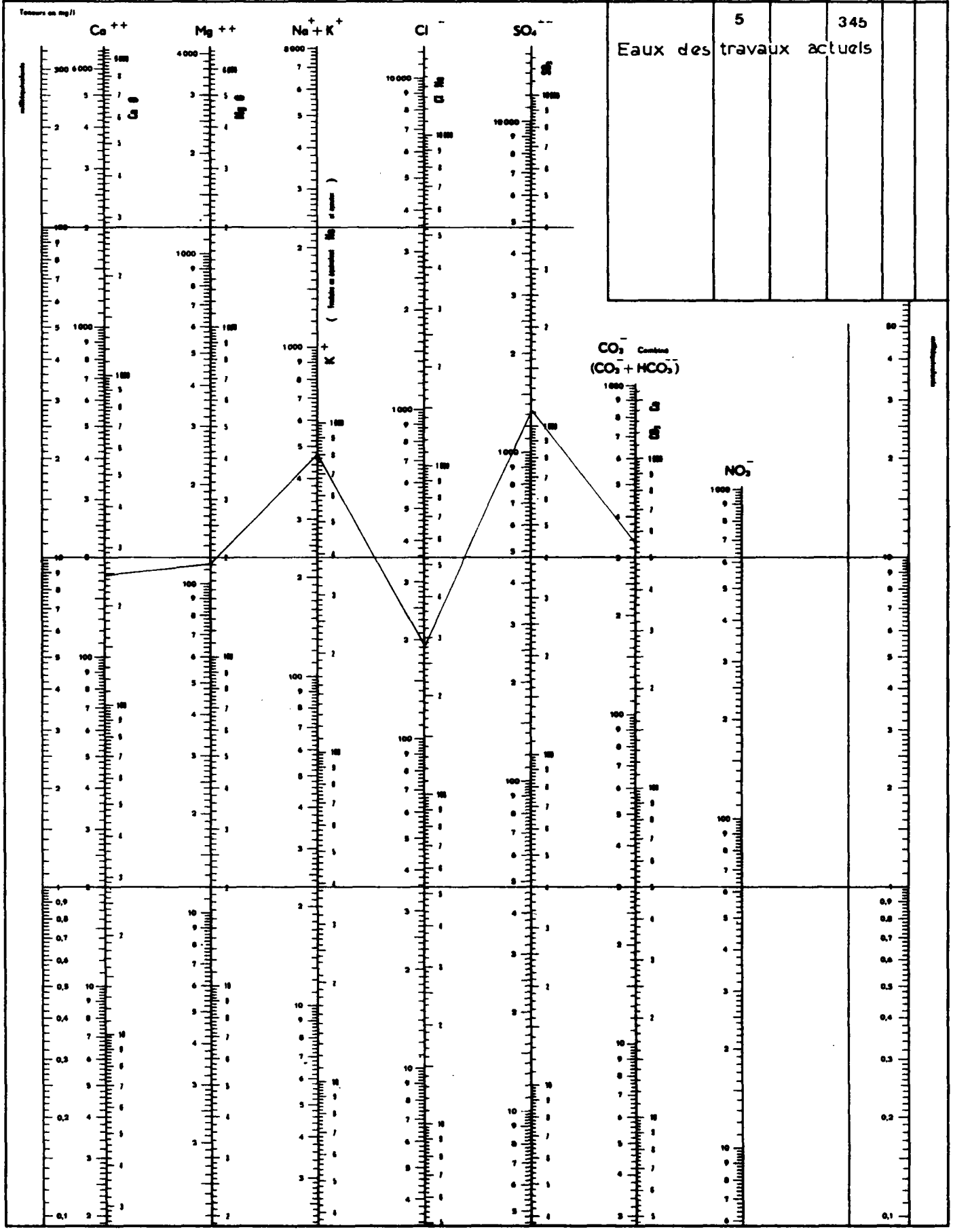


B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dh	pH
Eaux des travaux actuels	5		345		

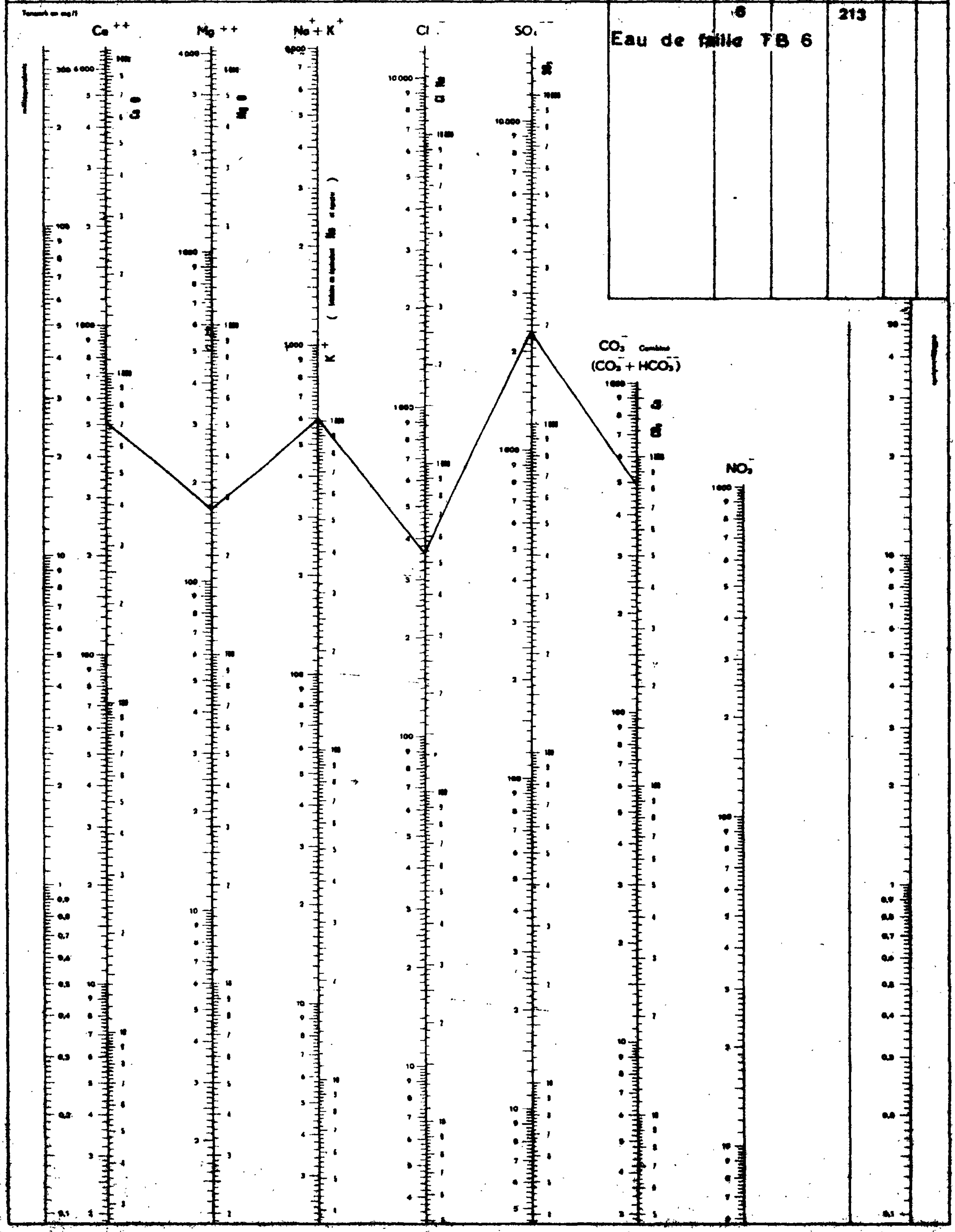


B.R.G.M. HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

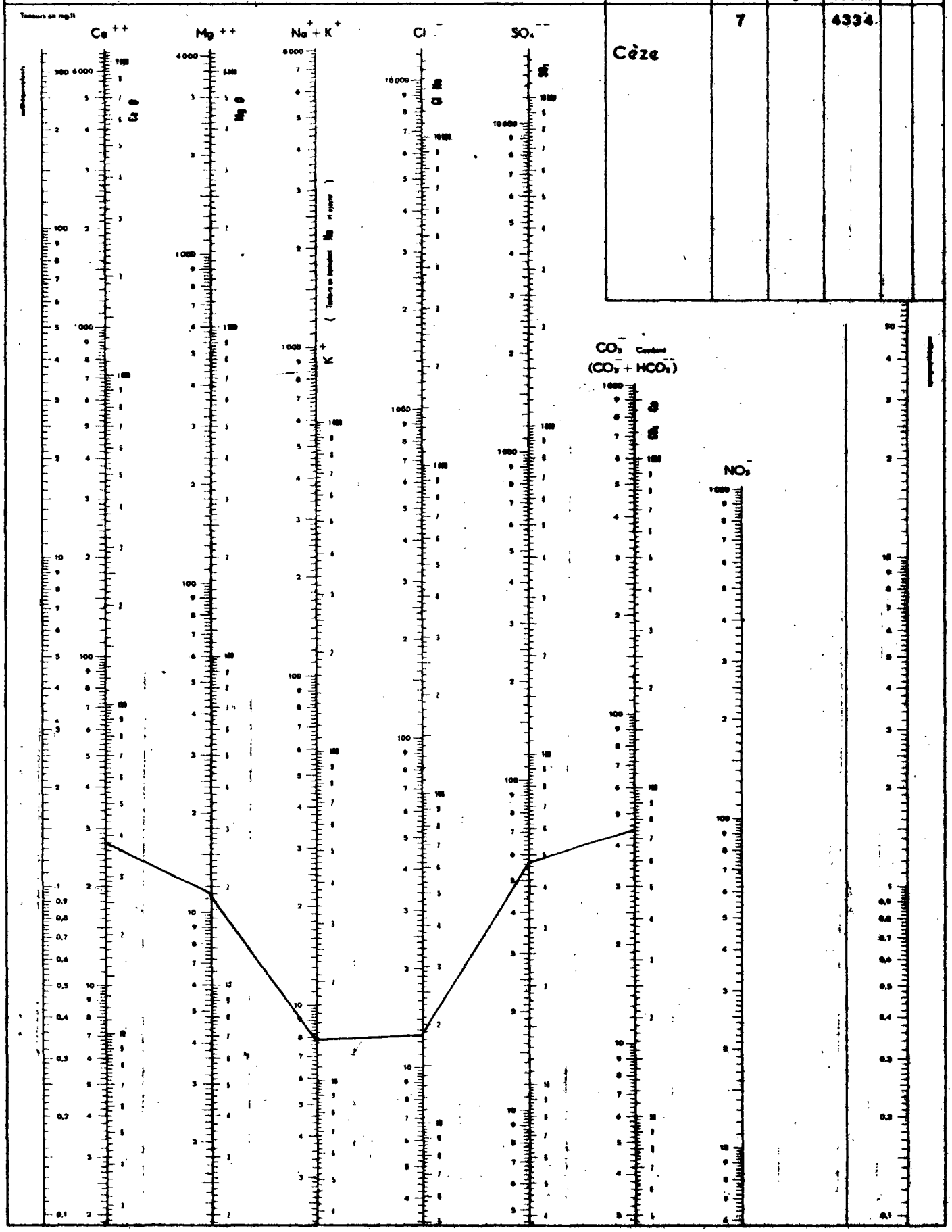
d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	ρ ohms/cm	dc	pH
Eau de faille TB 6	6		213		



B.R.G.M.
HYDROGEOLOGIE

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

d'après H. SCHOELLER et N. BERKALOFF

LEGENDE					
Figuré	n°	Rés. sec mg/l	P	dp	pH
Cèze	7		4334