



/ SOMMAIRE /

I	-	INTRODUCTION .....	Page	2
II	-	BUT DE L'ETUDE .....	Page	3
III	-	MOYENS MIS EN OEUVRE .....	Page	4
IV	-	RESULTATS .....	Page	5
V	-	CONCLUSIONS .....	Page	9

Planches

- 1957 - 01 Plan de situation
- 1957 - 02 Répartition des concentrations en Oxygène 18
- 1957 - 03 Diagramme de Riper

## I - / INTRODUCTION /

A la demande du Service Régional de l'Aménagement des Eaux et en collaboration avec Monsieur DE BELLEGARDE, Hydrogéologue du SRAE, La Compagnie de Prospection Géophysique Française a entrepris une étude isotopique sur une série de forages et d'émergences de la nappe du Miocène.

Les prélèvements et les analyses chimiques ont été réalisés par le SRAE en Novembre et Décembre 1979 et en Octobre 1980.

Les analyses isotopiques ont été confiées au Centre de Recherches Géodynamiques (Université de Paris VI).

L'interprétation des résultats et la rédaction du présent rapport ont été assurées par Monsieur SIWERTZ, Ingénieur Géologue.

## II. - / BUT DE L'ETUDE /

Dans le cadre d'une étude générale de l'aquifère molassique du Bas Dauphiné, menée par le SRAE Rhône Alpes, l'étude isotopique avait pour objectif d'évaluer les temps de renouvellement et de préciser la structure de l'aquifère (homogène, stratifiée, multicouche).

La première phase qui fait l'objet de ce rapport consistait en un "cliché" de la composition isotopique de la nappe. Dans une seconde phase, on prévoit de suivre dans le temps l'évolution de certains points et de doser le carbone 14 dans les bicarbonates dissous des eaux les plus "anciennes".

III - / MOYENS MIS EN OEUVRE /

On a réalisé une analyse chimique des éléments majeurs ainsi que la mesure de la concentration en tritium (H-3) et oxygène -18 (O-18).

On trouvera en annexe les fondements des techniques isotopiques en Hydrogéologie.

On a effectué :

- 17 analyses chimiques
- 20 comptages "bas niveau" de tritium
- 24 mesures de la concentration en O-18

Les résultats font l'objet des tableaux 1, 2 et 3.

La localisation des prélèvements est portée sur la figure 1957-01.

Sur le tableau 3 on a indiqué les conditions de prélèvement :

P = pompage

A = artésien.

#### IV - / RESULTATS /

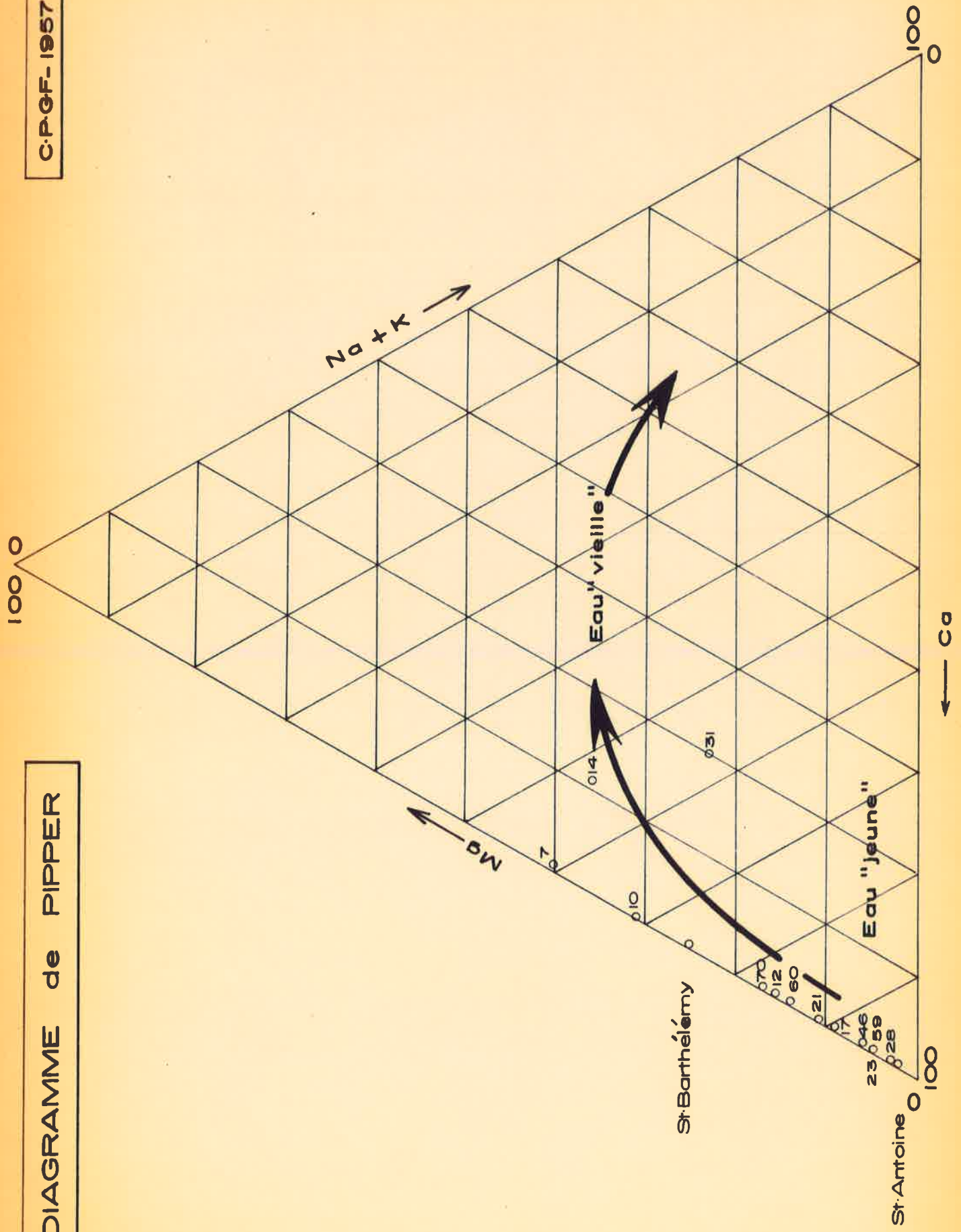
##### A - Analyses chimiques

Les eaux sont du type bicarbonaté calcique, localement magnésiennes (14, 10, 31, 7...).

- Les valeurs du rapport  $rMg/rCa$  varient de 0,895 (N° 14) à 0,004 (Hauterive), 70 % étant inférieures à 0,4.
- La concentration en silice est toujours élevée avec un maximum à Bougé-Chambalud : 80 mg/l. Signalons que les échantillons avec une concentration en silice inférieure ou égale à 10 mg/l ont les plus fortes concentrations en tritium et correspondent donc à une eau "jeune" (cf. chapitre isotopes).
- En ce qui concerne les alcalins et alcalino-terreux, on a reporté sur la figure 1957-03 la portion du diagramme de Piper correspondant à ces éléments. On constate que la majorité des eaux se situe vers le pôle Ca-Mg du diagramme. On observe une première évolution Ca → Mg traduisant un séjour plus prolongé dans l'aquifère : le calcium est en partie fixé par la matrice argileuse de l'aquifère qui libère une quantité équivalente de Mg (au même titre que les teneurs en silice qui croissent conjointement). Dans un second temps, l'aboutissement des échanges de bases entraîne une fixation des alcalino-terreux par les argiles qui libèrent des alcalins faisant évoluer l'eau vers le pôle Na-K.

Dans le détail on a souligné sur les tableaux 1 et 2 un certain nombre de valeurs "anormales" : Na-K et Cl pour Bougé Chambalud,  $NO_3$  pour Vial (n° 59),  $SO_4$  et  $NH_4$  pour Fouillouse 3 (n° 60)...

DIAGRAMME de PIPPER



## B - Analyses isotopiques

Le tableau 3 résume les résultats.

### 1 - Concentration en tritium

On peut distinguer 3 groupes d'eau :

- a) Concentration en Tritium inférieure ou égale à 2 UT. Il s'agit sans aucune ambiguïté d'eau ancienne dont l'âge est, en toute rigueur, supérieur à 30 ans. Il n'y a aucune contamination décelable par des eaux superficielles. On peut toutefois noter que le forage le plus profond (Sizeranne n° 12) présente la concentration la plus faible :  $\leq 1,4$  UT.
- b) Concentration en Tritium de 4 à 40 UT. Il s'agit d'eau "ancienne" avec une contamination par des pluies récentes (ou bien par un aquifère à taux de renouvellement rapide). Cette contamination varie de quelques pourcents (n° 23 Meille, n° 17 Marsaz) à 50 % (n° 65 Grand serre).
- c) Concentration en Tritium de  $70 \pm 5$  UT. Il s'agit d'une eau "actuelle" avec un "age moyen" de 1 à 1,5 ans.

Le tableau ci-dessous donne la concentration théorique en 1979 de l'eau d'un aquifère superficiel en fonction de son temps de renouvellement.

Temps de renouvellement en année	2	1,5	1,2	0,9	0,75
Concentration théorique <sup>(1)</sup> (UT)	80	75	72	69	67

On voit que les concentrations mesurées sur les échantillons n° 62 (Fouillouse 3), 28 (Cordeliers) et 1 (AEP Hauterives) sont tout à fait comparables à ces valeurs.



d) Discussion  
.....

En fait les eaux des groupes a et b sont sans doute nettement plus anciennes que 30 ans. (Rappelons que la première expérience thermo-nucléaire ayant introduit du Tritium dans le cycle hydrologique date de 1952).

On peut envisager 2 schémashydrogéologiques simples :

Dans le cas d'un aquifère homogène, le volume aquifère étant de l'ordre de  $5.10^{10} m^3$  (SRAE 1977) avec une porosité totale de 30 %, on aboutit à un volume de  $1,5.10^{10} m^3$  d'eau ; le débit global à l'exutoire a été estimé à  $120.10^6 m^3/an$ , on obtient un temps de renouvellement de l'aquifère de 125 ans. Il s'agit là d'une vision simpliste, et il semble plus réaliste d'envisager un modèle multicouche avec une certaine stratification. Il existerait un réservoir "profond" avec une eau "sub-fossile" et un réservoir superficiel, siège de circulations plus rapides mais correspondant à des temps de renouvellement supérieurs à 30 ans. Un dosage du carbone 14 dans les bicarbonates dissous permettra de fixer la participation du réservoir profond à l'écoulement de la nappe.

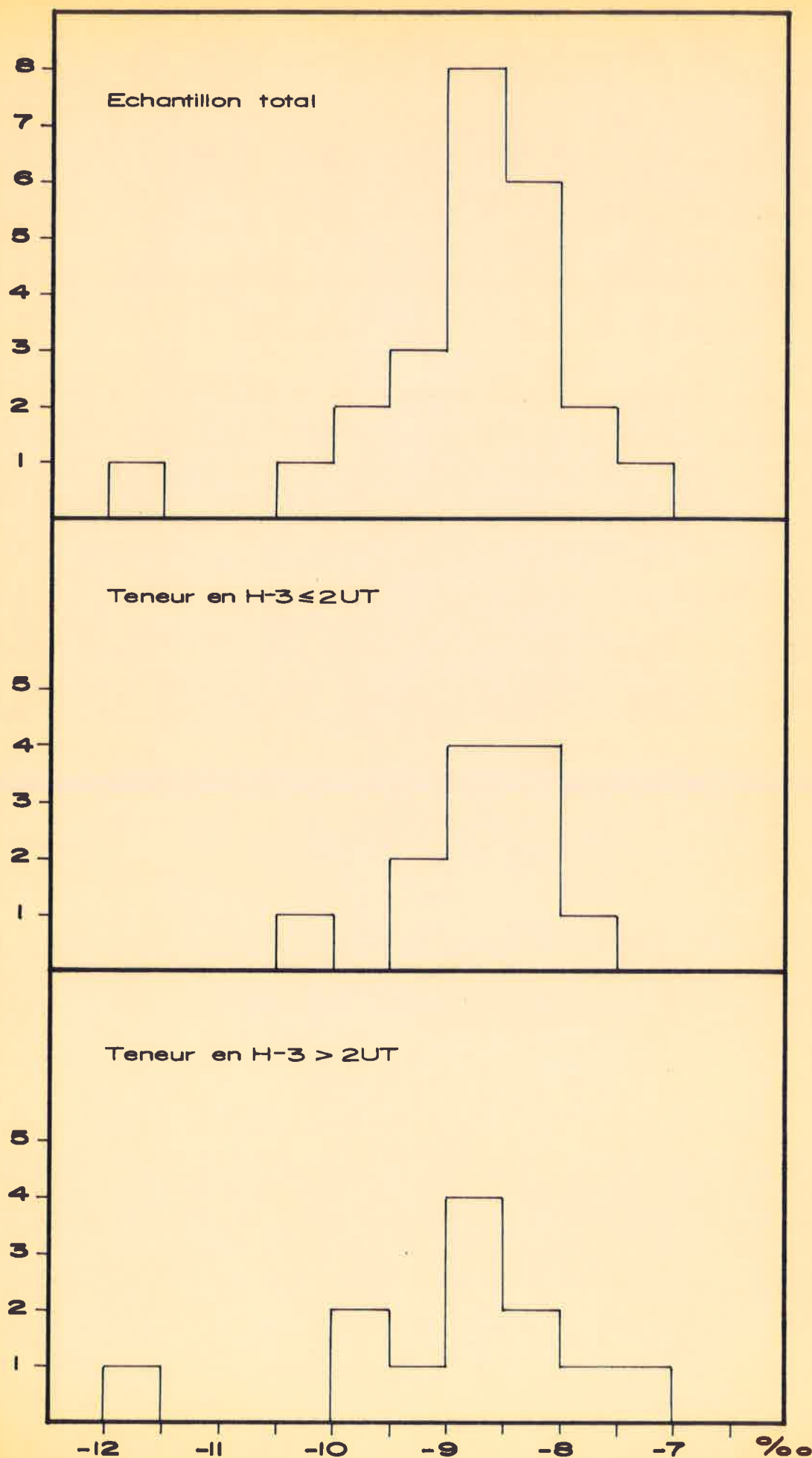
2 - Concentration en oxygène -18

Sur la figure 1957-02 on a reporté la répartition des concentrations en O-18 : échantillons avec H-3  $\leq 2 UT$ ,  $> 2 UT$ , et population totale. On observe une bonne répartition autour d'une valeur centrale de  $-8,7 \text{ ‰}$  (écart type de 0,94).

La moyenne des prélèvements d'eau "superficielle" (sources A, B, C et D) est de  $-8,8 \text{ ‰}$  (Octobre 1980). On peut donc considérer que  $-8,8 \pm 0,1 \text{ ‰}$  est une valeur représentative du système aquifère en général. Sous nos latitudes, cette concentration correspond à une altitude moyenne du bassin d'alimentation de l'ordre de 350 m (ce qui est en bon accord avec le bassin reconnu).

On observe malgré tout une certaine dispersion des valeurs : il convient de distinguer les échantillons où la concentration en Tritium est supérieure à 2 UT, c'est-à-dire ceux pour lesquels on a une participation décelable d'eau récente:

# REPARTITIONS DES TENEURS EN O18



La moyenne des concentrations est de  $-9,05 \text{ ‰}$  avec un écart type de 1,19. Pour ces échantillons la concentration moyenne est plus faible que la moyenne générale<sup>(\*)</sup>, et surtout la dispersion est forte : écart maximum mesuré :  $4,5 \text{ ‰}$ . Cet écart se rapproche de celui observé dans les précipitations à l'échelle de l'année ( $11 \text{ ‰}$  à Thonon-CRG). Un modèle de mélange fondé sur l'amortissement de cette amplitude de variation donne pour ces eaux un âge de 1 à 1,5 ans.

Pour les échantillons dont la teneur en H-3 est inférieure à 2UT, la moyenne est de  $-8,75 \text{ ‰}$  avec un écart type de 0,64 (l'écart maximum observé est de  $2,4 \text{ ‰}$ ). Cette dispersion est trop forte pour des eaux issues d'un aquifère à temps de renouvellement lent ; elle peut être liée à plusieurs phénomènes :

- stratification dans la formation aquifère fossilisant un effet altimétrique ou de paléoclimat.
- dynamique de la nappe entraînant des mélanges plus ou moins complets avec une partie sub-fossile de l'aquifère (dont on ne connaît pas la concentration en 0-18).

Il n'est pas possible de conclure à partir de cet échantillonnage restreint. Des prélèvements étalés dans le temps et surtout à différentes hauteurs dans des ouvrages profonds permettraient d'apporter des éléments de réponses.

(\*) Les prélèvements ont été effectués en hiver.

VI - / CONCLUSIONS /

Le "cliché" géochimique réalisé à l'automne 1979 sur 19 forages et 5 points d'eau superficiels intéressant la nappe miocène dans le Nord de la Drôme permet de dégager les points fondamentaux suivants :

- la plupart des forages étudiés exploitent une eau très ancienne : H-3  $\leq$  2 UT.
- certains forages : Meille, St Martin, St Antoine, Grand Serre, Fouillouse 3 et Cordeliers, montrent que localement l'eau de l'aquifère molassique S.S. peut être "contaminée" par des eaux plus superficielles. Cette contamination variant de quelques pourcents : Chavannes et Meille à la quasi-totalité : n° 2 les Cordeliers.
- l'examen des concentrations en oxygène -18 indiquent l'existence d'une stratification de l'aquifère.

Une étude de l'évolution dans le temps et dans l'espace sur toute la hauteur de l'aquifère des concentrations en H-3 et O-18 ainsi que des dosages du carbone -14 permettront de préciser le schéma de fonctionnement de ce système hydrogéologique.

En première analyse il apparaît donc que le volume des réserves évaluées à partir de l'hydrodynamique classique est sans doute sous estimé. Le temps de renouvellement important garantit une protection efficace contre les pollutions diverses. Ces deux facteurs devraient inciter les Pouvoirs Publics à protéger et gérer de façon optimale cet aquifère qui devrait constituer une réserve régionale de première importance.

Erik SIWERTZ  
Ingénieur Géologue.



Yves LEMOINE  
Ingénieur Géologue  
ENSG.

Tableau 1

Echantillon	Résistivité en $\Omega\text{cm}$	SiO <sub>2</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Br mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> (en N) mg/l	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> (en N) mg/l	Σ P mg/l	Titium (M-3) $\mu\text{T}$	Oxygène (O-18) ‰	Date
14 St Donat	3330	34,5	38,5	20,9	10,2	1,4	-	3,0	<2	235	0,09	<0,01	0,02	≤ 1,7	- 9,4	11/79
21 Papet	3170	17,8	81,5	6,3	3,3	0,8	-	5,0	<2	255	3,0	0,25	<0,01	≤ 2	- 8,65	12/79
10 C. Neuf	2985	28,0	57,5	24,2	5,8	1,2	-	3,2	5	300	0,1	<0,01	0,02	≤ 2	- 8,90	12/79
52 Charpey														≤ 1,9	- 8,25	12/79
12 Sizerate	2860	23,4	79,5	9,5	4,1	0,9	-	4,5	2	280	0,9	0,01	0,14	≤ 1,4	- 8,25	11/79
7 Tersanne	3770	25,4	40	17	6,8	1,4	-	3,2	5	215	0,05	<0,01	0,24	≤ 1,9	- 8,8	12/79
70 Clayson	2530	20,3	88	11,3	6,8	1,4	-	5	6	310	0,1	0,01	0,02	≤ 1,9	- 8,7	11/79
59 Vidal	3175	22,4	84	2,7	4,1	0,6	-	6	2	220	9,0	0,01	0,02	≤ 1,7	- 7,95	12/79
31 St Marti des Rosiers	2780	29,5	47,5	22,6	23,6	1,4	-	4	<2	300	0,65	0,02	0,14	≤ 1,8	- 9,0	11/79
St Barthé- Lémy	2900	23,4	77,4	16,5	5,3	1,2	-	4	3	300	1,4	0,01	0,08	≤ 1,7	- 8,3	12/79
Bougé	2060	80	25	6,9	112	7,4	-	22	<2	325	0,05	0,3	0,12	≤ 2	- 10,35	11/79
46 Chaires	3030	18,3	92,5	3,7	3	0,4	-	5	7	270	3,9	0,1	0,03	≤ 2	- 8,4	12/79

Tableau 3

	Nom	Mode de prélèvement	H-3 (UF)	0-18 (‰)
14	St Donat Alexis	P. 9 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,7	- 9,40
21	Bren Papet	P. 100 m <sup>3</sup> /h	≤ 2	- 8,65
10	Cabaret Neuf	A. 50 m <sup>3</sup> /h	≤ 2	- 8,90
52	Charpey	P. 80 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,9	- 8,25
12	Sizeranne	P. 10 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,4	- 8,25
7	Tersanne	P. 100 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,9	- 8,80
70	Claveyson	P. 12 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,9	- 8,70
59	Vial	P. 80 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,7	- 7,95
31	St Martin des Rosiers	-	≤ 1,8	- 9,00
(5)	St Barthélémy de Vals	P. 10 m <sup>3</sup> /h	≤ 1,7	- 8,30
	Bougé Chambalud	P. 12 m <sup>3</sup> /h	≤ 2	- 10,35
46	Charmes Bathernay	P. 80 m <sup>3</sup> /h	≤ 2	- 8,40
29	St Martin	-	12 ± 1	- 10,05
23	Meille Bren	P. 20 m <sup>3</sup> /h	6 ± 1	- 8,50
17	Chavannes ASA Marsaz	A. 20 m <sup>3</sup> /h	4 ± 1	- 7,90
	St Antoine	P. 0,5 m <sup>3</sup> /h	17 ± 2	- 8,90
65	Grand Serre	-	39 ± 1	- 9,20
60	Fouillouse Mathieu 3	-	62 ± 2	- 12,00
28	Les Cordeliers	P. 30 m <sup>3</sup> /h	78 ± 2	- 9,05
1	AEP Hauterives	P. 80 m <sup>3</sup> /h	73 ± 2	- 7,50
A	Chanosse		75 ± 20 (C.D.)	- 8,3
B	St Andéol			- 8,6
C	Mt Chenue			- 8,9
D	Mt Rigou			- 9,9

Tableau 2

Echantillon	Résistivité en $\Omega\text{cm}$	SiO <sub>2</sub> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Br mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> (en N) mg/l	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> (en N) mg/l	Σ P mg/l	Titulum (M-S) UT	Oxygène 18 (O-18) ‰	Date
23 Meille	2600	22,4	110	3,8	4,5	0,6	-	9,7	5	285	5,3	0,015	0,02	6 ± 1	- 8,5	12/79
17 Marsaz	3030	22,4	87	5,3	3,5	0,7	-	4,5	2	260	6,5	<0,02	0,06	4 ± 1	- 7,9	12/79
St Abtoine	2530	17,5	106	1,9	3,4	0,9	-	6,0	7	310	5,0	<0,02	<0,01	17 ± 2	- 8,9	11/79
Grand Serre														39 ± 1	- 9,2	10/80
St Martin <sup>29</sup>														12 ± 1	- 10,05	10/80
60 Fouillou se	2780	8,6	77,5	8,1	10,6	1,4	-	26	82	160	1,3	0,73	0,36	62 ± 2	- 12,00	12/79
28 Cordeli- ers	3920	9,9	67,5	1,6	2,0	0,4	-	7,3	7	170	0,23	≤0,01	0,03	78 ± 2	- 9,05	12/79
Hauterive	2670	10,4	92,5	0,2	14,0	0,7	-	50	11	220	0,8	<0,01	0,05	73 ± 2	- 7,50	12/79
A Chanosse															- 8,3	10/80
B St Andéol															- 8,6	10/80
C Mt Chenue															- 8,9	10/80
D Mt Rigou															- 9,9	10/80

