

SERVICE REGIONAL D'AMENAGEMENT DES EAUX

DE FRANCHE COMTE

CPG

Etudes Géochimiques
des eaux du Karst Jurassien

Etats des travaux

Rapport n° 1716 A
Janvier 1979



CPGF

COMPAGNIE DE PROSPECTION
GEOPHYSIQUE FRANCAISE
Zone Industrielle
Chemin de Chassieu
69800 SAINT-PRIEST
Compagnie de Prospection
Geophysique Française

77-79 Avenue Victor-Hugo 92500 Rueil-Malmaison

I - / INTRODUCTION /

Une étude géochimique des eaux du karst du Haut-Jura a été entreprise en 1977 dans le but de distinguer les différents types d'eaux mobilisés dans le karst suivant la saison ou la situation hydrologique. Dans ce but des analyses portant sur les éléments majeurs dissous dans l'eau (Ca, Mg, Sr, Na, K, NH₄, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃, NO₂, PO₄ et P) et les teneurs en isotopes naturels composant la molécule d'eau : Tritium (H-3) et oxygène 18 (O-18) ont été réalisées sur 38 émergences caractéristiques. (Tableau et figure 1716 01). Près de 1500 éléments ont été analysés lors de cette première phase qui a porté sur l'étude des étiages de Janvier et Février 1977 de Novembre 1978 et sur une crue de Novembre 1977.

II - / METHODE UTILISEE /

Le traitement de cette masse de données (réalisé avec un micro ordinateur HP 9820) a consisté dans un premier temps à mettre en évidence les relations entre les différents paramètres chimiques et géochimiques. L'analyse des concentrations isotopiques à partir des 3 "photographies" de l'hiver 1977 et de l'automne 1978, a permis de situer les émergences par rapport à leur bassin d'alimentation potentiel et d'émettre une première hypothèse sur le temps de renouvellement de leurs eaux. (Les méthodes mises en oeuvre sont détaillées dans la notice ci-jointe).

III / EVOLUTION DES TRAVAUX /

L'étude a porté, dans un premier temps, sur l'analyse des concentrations isotopiques. D'une part en tritium dans les 3 séries d'étiage sur un échantillon restreint aux émergences communes aux 3 campagnes puis sur l'ensemble de l'échantillon ; et d'autre part en oxygène 18 sur la série la plus complète de Février 1977. Enfin une première crue de faible importance sur la source du Lison a été analysée.

IV - / PRINCIPAUX RESULTATS /

A - Inventaire Général

- Concentration en tritium

Sur le tableau ci-dessous on a porté la moyenne et l'écart type pour chaque série de mesure, soit pour l'ensemble de l'échantillon, soit pour l'échantillon commun aux 3 campagnes.

Dates	Ensemble des mesures	Echantillon commun (21)
1/77	(31)	
moyenne \bar{m}	143,8	143,7
écart type σ	37,3	38,7
2/77	(37)	
moyenne \bar{m}	107,7	107,5
écart type σ	41,4	47,5
11/78	(28)	
moyenne \bar{m}	106,3	107,0
écart type σ	30,2	31,2

Il est possible de faire deux remarques :

- les valeurs de l'échantillon global sont très proches de celles de l'échantillon commun, on peut donc considérer celui-ci comme représentatif de la population étudiée.

.../...

- Les valeurs de Février 1977 et de Novembre 1978 sont sensiblement égales malgré une dispersion un peu plus forte en 1977. Ce phénomène est normal si on considère le tassement général des valeurs dans les précipitations. Les tableaux suivants donnent l'évolution des teneurs en tritium dans les précipitations à l'échelle de l'année depuis 1966 (à Thonon CRG) et la variation mensuelle à 10 ans d'intervalle en 1967 et 1976.

Année	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
Moyenne	247	213	217	206	189	228	144	126	113	154	117	77

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1967	120	167	205	394	328	450	420	202	187	85	88	66
1976	40	51	139	591	442	285	115	211	64	47	39	32

Ces deux tableaux illustrent la difficulté d'interpréter des valeurs ponctuelles de tritium comprises entre 50 et 150 uT. Par contre, disposant de 3 séries de mesures, on a pu comparer les distributions de concentrations observées et les classer en écart par rapport à la moyenne (on a admis un pas de 0,5σ cf. tableaux 2 et 3).

On constate à l'examen de ces tableaux qu'à de rares exceptions près, les différentes sources se classent de la même façon dans les 3 distributions. On peut en conclure que les différences notées entre les concentrations de ces émergences sont significatives car reproductibles.

.../...

On peut distinguer 3 groupes :

Le groupe faibles teneurs ($c < m - 1\sigma$)

On trouve dans ce groupe la source du Capucin (31), la source Montant (24), la Lionne (22), l'Enragée (18) dans l'échantillon commun. On pourrait ajouter la source de l'Ain (2) et Montepile de l'échantillon total.

On peut formuler 2 hypothèses : soit il faut envisager une participation importante d'eau ancienne à faible concentration en tritium (cf. note en annexe), soit au contraire il s'agit d'eau très récente (1 à 2 mois) avec peu de mélange.

Le groupe fortes teneurs ($c > m + 1\sigma$)

Il s'agit de la Glantine (28) de Theusseret (37) des Planches (33) et éventuellement la Bleue de Cussance (9) et Chanveroche (13).

Pour cet ensemble il faut envisager une participation importante d'eau de précipitation estivale avec mélange sur quelques mois. Les fortes teneurs de la Glantine (242 uT, 210 uT et 179 uT) sont assez suspectes et pourraient refléter une contamination par des installations nucléaires au sol.

Le groupe teneurs moyennes

On peut distinguer une tendance faible ($m - 0,5\sigma$ à $m - 1\sigma$) avec la source du Doubs (15) et la Bleue de Malbuisson (10) et une tendance forte ($m + 0,5\sigma$ à $m + 1\sigma$) avec la Dou (16) Arcier (3) et Arcier Bergeret (4).

Les eaux dont les concentrations sont comprises entre ($m - 0,5\sigma$) et ($m + 0,5\sigma$) résultent d'un mélange plus délicat à interpréter.

L'analyse plus fine des variations absolues d'un prélèvement à l'autre et la corrélation avec les concentrations en O - 18 et la chimie permettra de préciser ces différents points.

Signalons que certains prélèvements de Novembre 1978 ont des concentrations inférieures au seuil de détection de l'appareillage $c \leq 18$ uT (en comptage direct) qui traduisent l'existence d'eau très ancienne dans le système.

- Concentration en oxygène - 18

Les résultats de la série de Février 1977 ont été traduits sous forme graphique avec la relation O-18 en fonction de l'altitude de l'émergence. (Figure 1716 02).

Cette première approche permet de vérifier la validité de la relation $O-18 = f(Z)$ on obtient en effet un gradient général de $0,235 \text{ ‰}/100 \text{ m}$ classique sous nos climats (cf. note).

L'existence confirmée de ce gradient permettra moyennant des ajustements aux conditions locales d'affecter à chacune de ces émergences un bassin d'alimentation potentiel. Ces ajustements tiendront compte de l'effet d'enrichissement dû à l'évapotranspiration, de la géologie et du rôle éventuel de la saison (comparaison avec les teneurs en H-3 cf. note et figure 1416 03).

B - Etude de crue

Une crue du Lison (21) a été étudiée du 4 Novembre au 7 Novembre 1977. Les résultats isotopiques font l'objet de la figure 1716 04.

Il s'agit d'une faible crue dont l'origine est une pluie très positive pour la saison $-5,8 \text{ ‰}$, et de faible concentration en tritium : 14 uT , et qui a fait passer la source de $5,5$ à $9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le point essentiel à retenir est la très faible participation des eaux de la pluie à la crue (moins de $0,2 \%$). En effet, si l'on excepte une très légère baisse en H-3 et remontée en O-18 au tout premier instant de la crue (ruissellement superficiel local ?) et d'une légère bouffée au centre de la crue (ruissellement dans le karst dénoyé ?), les teneurs en H-3 et O-18 n'ont pratiquement pas varié, traduisant ainsi la mobilisation d'eau préexistant dans le karst.

V - / SUITE DE L'ETUDE /

L'étude va se poursuivre par l'analyse des paramètres physicochimiques et de leur relation avec les données isotopiques. Ces derniers seront analysés plus en détail avec en particulier l'étude des variations d'un prélèvement à l'autre dans chaque groupe et la corrélation des variations O-18/H-3 afin de faire la part des effets saisonniers et des effets de mélanges pluriannuels.

L'analyse des précipitations et la comparaison avec les séries pluriannuelles de THONON CRG permettra finalement de restituer ces eaux dans leur contexte spatio-temporel.

Enfin l'étude détaillée de crues plus importantes permettra de définir pour les systèmes testés la participation des eaux à transit court et compte tenu des relations définies précédemment d'extrapoler aux autres systèmes.

E. SIWERTZ,
Ingénieur Hydrogéologue.

Tableau 1Numéros d'indice des Sources

2	Source de l'Ain	20	Gyps
3	Arcier	21	Lison
4	Arciet Bergeret	22	Lionne (Abbaye)
5	Arense	23	La Loue
6	Le Dard	24	Montant
7	Bief de Brande	25	Maine
8	Bief Rouge	26	Montepile
9	Bleue de Cussance	27	Noire Cussance
10	Bleue de Malbuisson	28	Orain (Glantine)
11	Bief Poutot	29	Pontet
12	Chatagna (Moulin de Vaulx)	30	Puits de Brême
13	Chanveroche	31	Pont de l'Huant (Capucin)
14	Dessoubre	32	Plaimont
15	Doubs	33	Cussance (Les Planches)
16	La Dou (Torrent)	34	Sarrasine
17	La Doye	35	Serrières
18	Enragée	36	La Tenaille
19	Fontaine Plaisir	37	Theusseret
		38	Flumen
		39	Le Verneau

Tableau 2 Classement des teneurs en tritium en fonction de l'écart par rapport à la moyenne (échantillon commun)

σ	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2
1/77		31 18, 22, 24	12 10, 15	5 34, 6	5 23, 21, 14 25, 35, 20	16, 39, 3	37, 33	28	
2/77		22 18, 31, 24	15, 10	23, 5, 21 34, 14, 20 12	25, 35 6, 39	16, 3	33, 37	28	
11/78		31 24, 22	15, 21, 18	39, 34, 10 23, 6, 35 12	5, 20, 25	33, 14 3	37, 16	28	

Tableau 3 Classement des teneurs en tritium en fonction de l'écart par rapport à la moyenne (échantillon total)

	- 2,5	- 1,5	- 1	- 0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5
177	31	8, 24, 26 12, 22, 18	10, 15	34, 6, 7, 5	19, 23, 21 14, 29, 30 25, 11, 35, 20	3, 39, 16,	9, 13, 37, 33	28		
2/77	22, 2, 18	24, 26, 31	23, 8, 10, 15	5, 21, 32 34, 12, 14 20, 29 36	25, 35, 30 11, 6	3, 16, 4, 19 7, 13, 9, 39	27, 33 37	28		17
11/68	31	24, 15, 2 22	39, 18, 21	32, 10, 32 34	6, 35, 5 20 25	33, 14, 17 27 3	4, 37	16, 28		

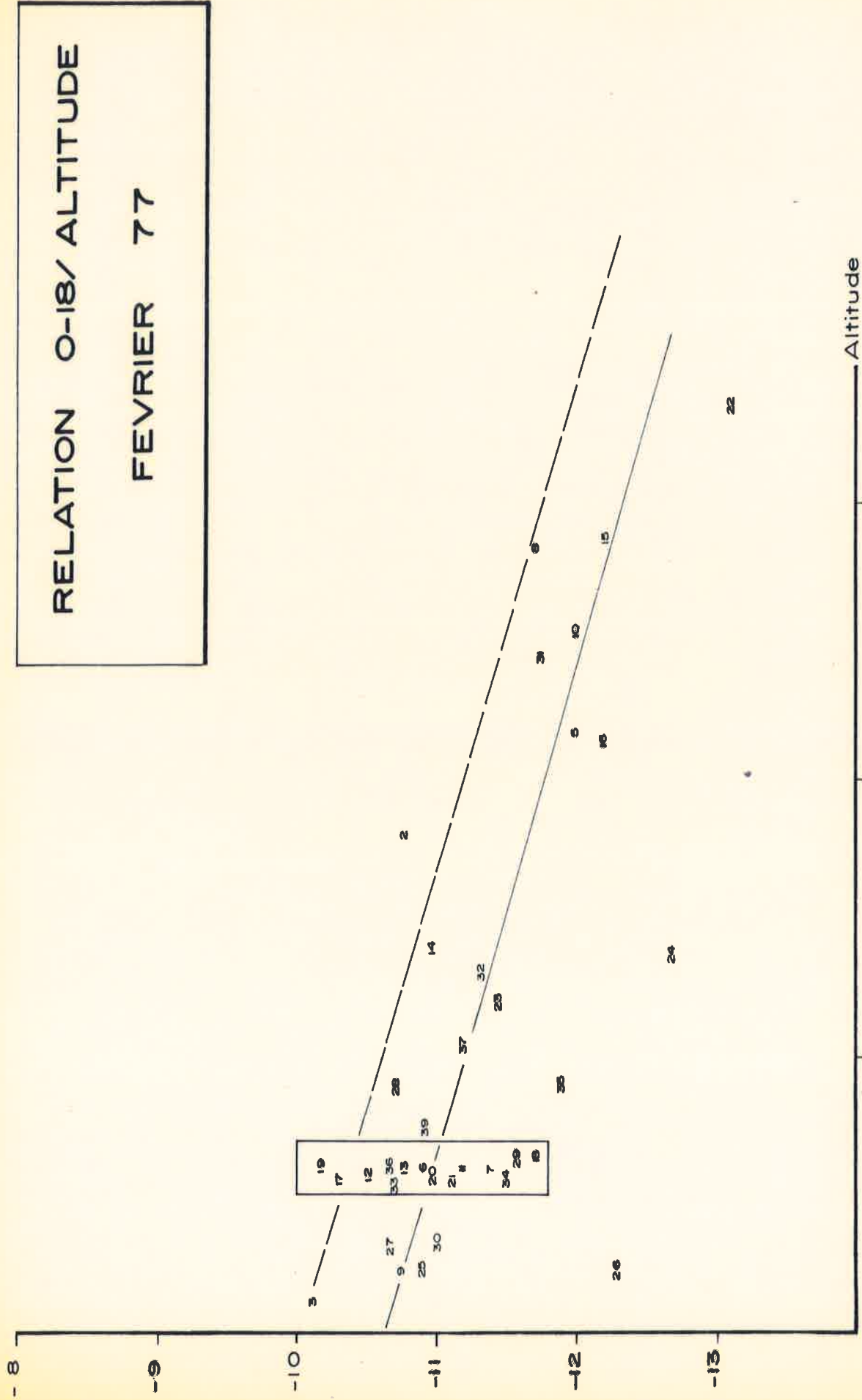
H-3
UT

RELATION O-18/H-3
ECHANTILLON
FEVRIER 77



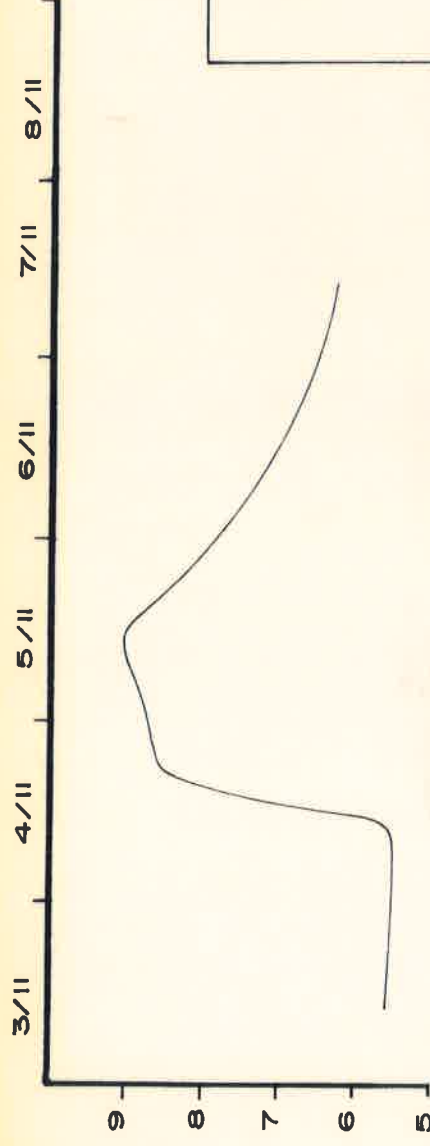
CPGF - 1716

O-18‰ vs SMOW



RELATION O-18/ ALTITUDE
FEVRIER 77

CPGF -1716A -02

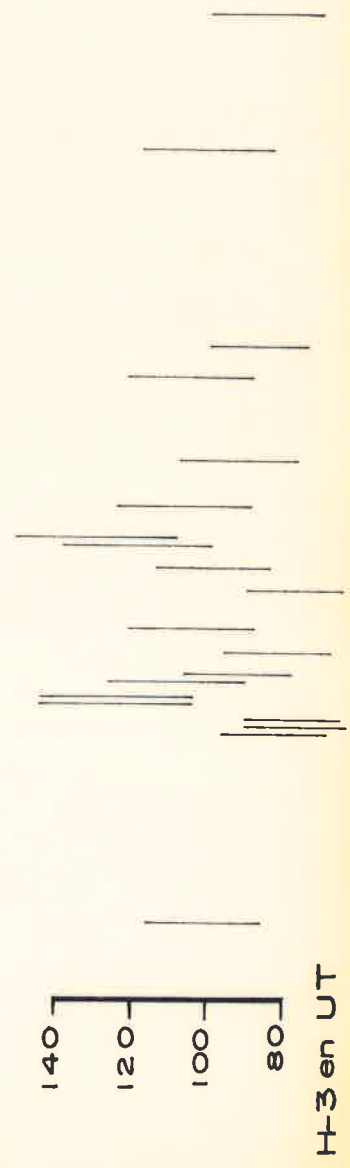


CRUE NOVEMBRE 77
Source du Lison
 Pluie du 4/11 $\left[\begin{array}{l} -5,8\text{‰} \\ 14 \text{ UT} \end{array} \right]$

Debit en m³/s



O-18‰ vs SMOW



H-3 en UT

GEOCHIMIE DES EAUX

Demande de : F. Siwertz (Beaune)

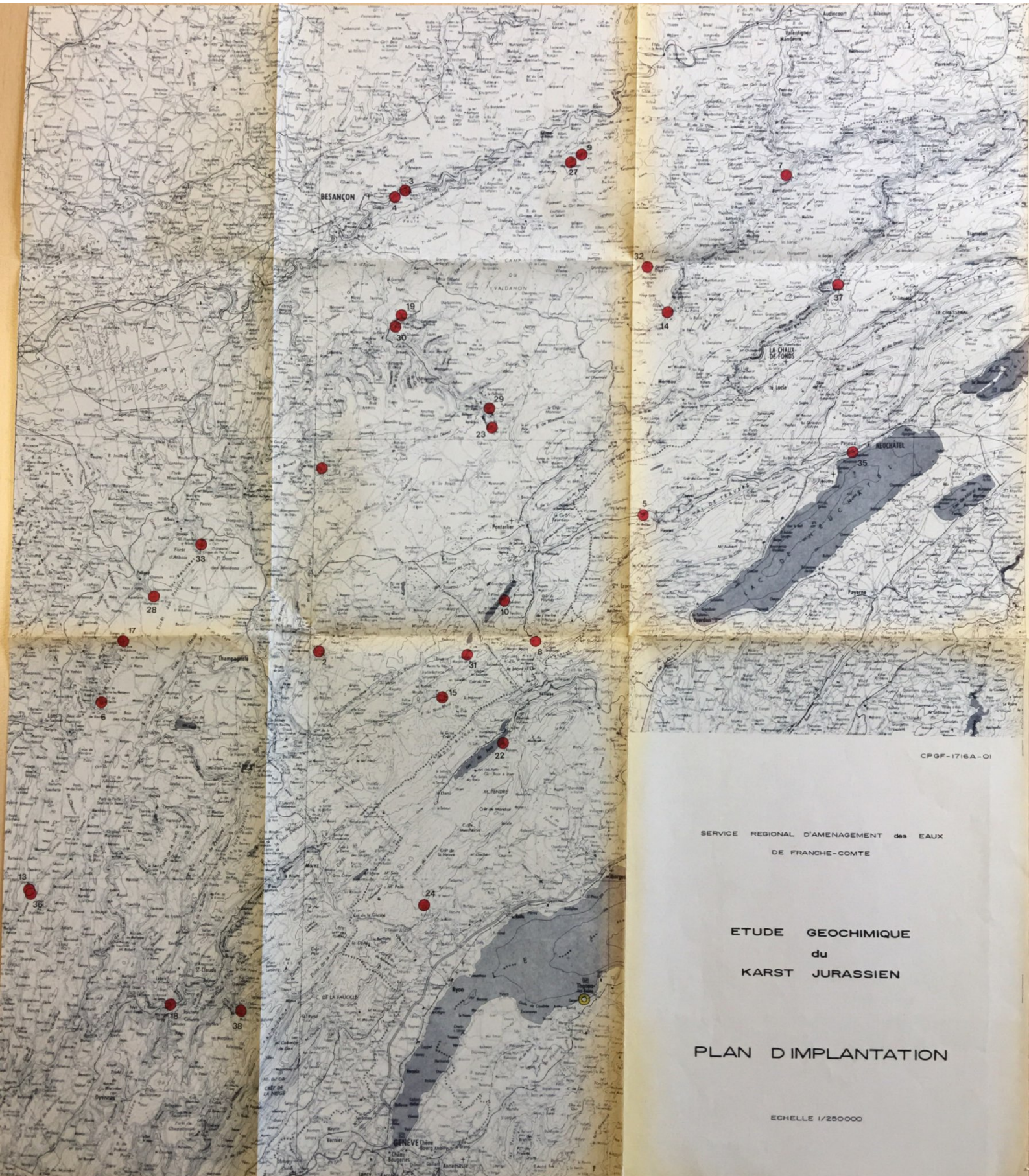
Reçu le : _____

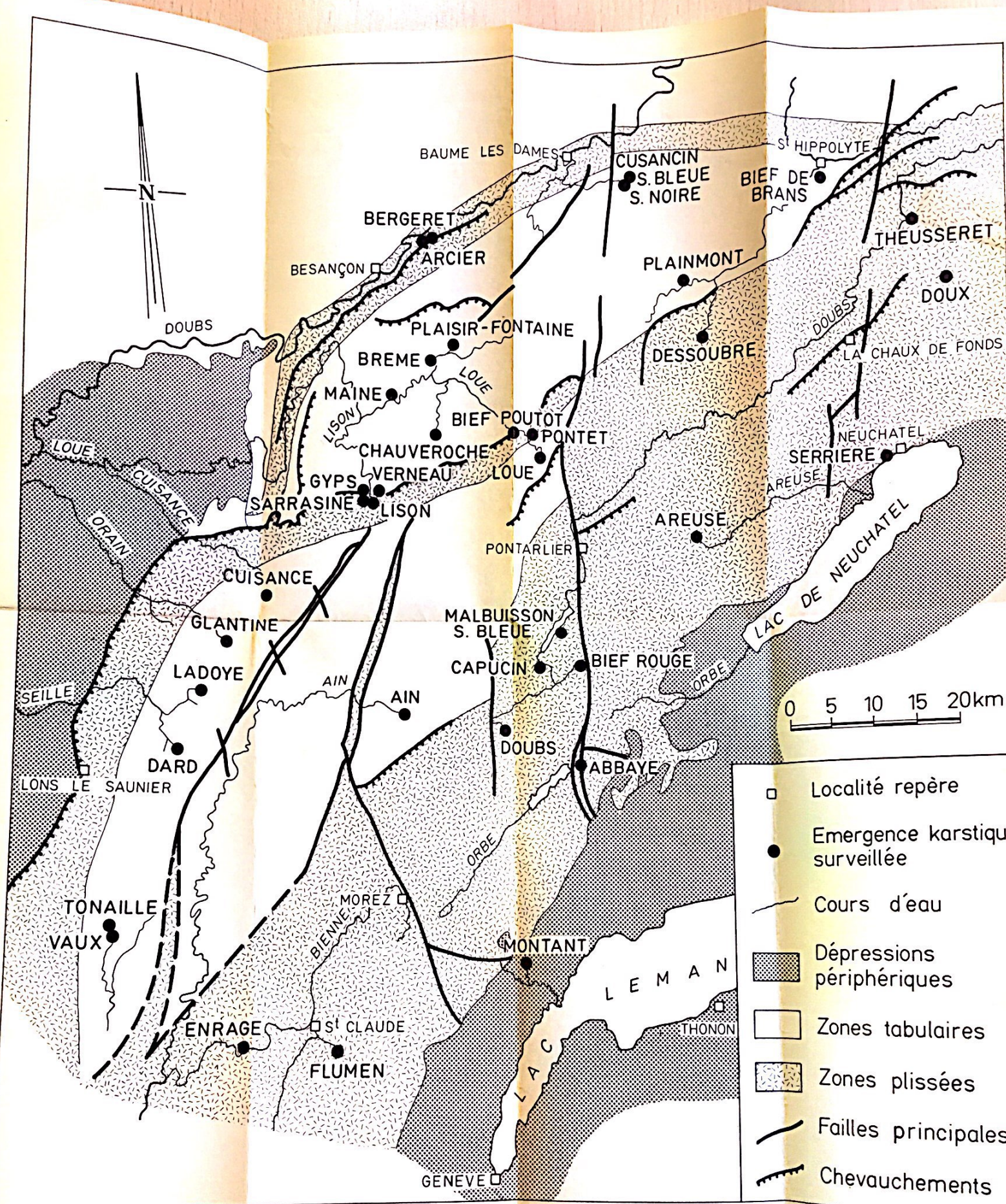
Réponse le : Mars 1979

Analyste : B. Chassaigne Aclouin

Repérage Date et lieu de prélèvement	T °C	pH	ρ Ω.cm	Résidu sec		O ₂ mg/l	CO ₂ mg/l	SiO ₂ mg/l	CATIONS en :							Σ ⁺	ANIONS en :						Σ ⁻					
				à 110 °C	à 500 °C				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Sr	Mn		Al	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ mg/l		NO ₂ ⁻	PO ₄ ⁻			
26/10/78 CH 1799								6,28	99,8	2,15	9,02	0,79					5,572	19,2	38,5	207,4		8,12				5,321		
Puits de Chenove								7,90	115,0	1,73	6,41	1,86					6,209	26,9	31,5	230,8		10,08				5,916		
Puits de Saulon								7,90	139,5	2,24	19,8	3,17					8,090	56,7	51,5	283,0		8,52				7,917		
Puits de Nassannay								6,04	85,8	4,03	6,32	2,06					4,943	14,5	25,5	239,1		0,78				4,914		
Lac Kir ExuToni																												
									CATIONS en :							Σ ⁺	ANIONS en :						Σ ⁻					

Observations :





- Localité repère
- Emergence karstique surveillée
- Cours d'eau
- ▨ Dépressions périphériques
- ▩ Zones tabulaires
- ▧ Zones plissées
- Failles principales
- - - Chevauchements