

ETUDE DES RESSOURCES EN EAUX THERMO-MINERALES
DE LA BOURGOGNE EN BORDURE EST DU MORVAN

Gisement de MAIZIERES à MAGNIEN (21)

Investigation sur l'état du captage et de son
potentiel exploitable

Détermination des caractéristiques du gisement
par J. CORNET*

89 SGN 627 BOU

Août 1989

* avec la collaboration de :

C. REMOND, A. BERTHIAUX, F. IUNDT, G. ROIGNOT,
Ph. LESAGE, R. MILLON, P. LACOMBE et M. LANGEVIN

DOCUMENT NON PUBLIC

Commune de MAGNIEN, Commune d'ARNAY-LE-DUC, Conseil Régional de Bourgogne, Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du territoire, Société Anonyme de la source Galloromaine de Maizières

BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

établissement public
à caractère industriel
et commercial

Siege : Tour Mirabeau
3943, quai André Citroën
75739 Paris cedex 15 France
Tel : (33) 1 45 78 33 33
Telex : ERGM 780258 F
Télécopieur : (33) 1 45 78 34 38 (GR 3)
R.C. 58 B 5614 Paris
SIRET : 56205614900419

Service Géologique Régional
Bourgogne
32 boulevard Maréchal Joffre
(Immeuble Caisse d'Epargne)
21100 Dijon, France
Tel : (33) 80 72 42 31
Télécopieur : (33) 80 72 47 88

MAITRE d'OEUVRE

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES
Service géologique régional
Bourgogne
32 BD Maréchal Joffre
21000 DIJON

MAITRE D'OUVRAGE

Commune de MAGNIEN
avec le cofinancement de :
- Commune d'Arnay-le-Duc
- Conseil Régional de Bourgogne
- Ministère de l'Industrie et de
l'Aménagement du Territoire
- Société Anonyme de la Source
Galloromaine de Maizières

OPERATEUR(S)

BRGM

TITRE DU RAPPORT

Etude des ressources en eaux thermo-minérales de la Bourgogne en bordure est du Morvan
Gisement de Maizières à Magnien (21)
. Investigation sur l'état du captage et de son potentiel exploitable
. Détermination des caractéristiques du gisement

AUTEUR(S)

Chef d'opération : J. CORNET
Rédacteur(s) : J. CORNET
Collaborateur(s) : C. REMOND
F. IUNDT, G. ROIGNOT, Ph LESAGE
R. MILLON, P. LACOMBE et M. LANGEVIN

NUMERO ET DATE DU RAPPORT

numéro BRGM : 89 SGN 627 BOU
date manuscrit : JUIN 1989
date édition : AOUT 1989

-----R E S U M E -----

Marché d'étude

Etude des ressources en eaux thermo-minérales de la Bourgogne en bordure est du Morvan : Gisement de Maizières à MAGNIEN (21).

Problème posé

Etat et potentiel du captage de la source Romaine.
Extension des ressources d'eaux thermales et leur protection.

Objet du rapport

- Investigation sur l'état du captage et de son potentiel exploitable
- Détermination des caractéristiques du gisement, pour développer son exploitation et assurer sa protection.

Région concernée

Bordure est du Morvan, à l'Ouest d'Arnay-le-Duc, dans le voisinage de la source thermale de Maizières (source romaine).

Réalisation

- Diagnostic de l'état du captage de la source Romaine (cf. rapport BRGM NT 89/16 BOU en annexe hors texte) effectué les 7 et 8 Février 1989 par pompages par paliers, puis à débit constant, et par mise à sec pour observation interne.
- Etude hydrogéochimique :
 - * inventaire et identification des différentes eaux souterraines froides banales dans un rayon de 3 à 4 km autour de la source Romaine, en vue de déceler d'éventuelles anomalies de qualité en tant qu'indices de remontée des eaux thermales : 23 points ont été inventoriés :
 - * le 29/11/88 = 3 sources, 2 forages, 14 puits
 - * le 15/03/89 = 3 excavations à la pelle mécanique (à Jouey pour la recherche d'une ancienne venue d'eau minérale) et 1 puits voisin.
 - Ils ont fait l'objet de détermination des paramètres physico-chimiques (conductivité, température, pH, potentiel d'oxydo-réduction) et de prélèvements pour analyser les teneurs en chlorures
 - * identification du fluide thermal par analyses chimiques et isotopiques, avec étude des géothermomètres
 - * examen du suivi de la qualité de l'eau thermale au cours du temps.
- Etude du contexte géologique et structural de la source Romaine, par photogéologie et télédétection pour établir une corrélation entre la fracturation et la circulation des eaux et définir des secteurs favorables pour la recherche d'eaux thermales, (dans un rayon de 2 km autour de la source sauf vers le Nord-Est, 5 km, pour prendre en compte le site de l'ancienne source minérale de Jouey).
- Prospection géochimique des teneurs en gaz des sols (radon) en période sèche du secteur de la source Romaine et de son vis à vis au-delà de l'Arroux sélectionnés par l'étude ci-dessus (soit environ 15 ha) pour déceler les fissures susceptibles de conduire les eaux thermales :
 - * 56 mesures ont été effectuées à ma maille 50x50m, les 09 et 10/02/1989
- Prospection géophysique du secteur de la source Romaine présentant des anomalies de teneurs en Radon (soit environ 6 ha) pour préciser la fracturation en profondeur :
 - * on a réalisé 1100m de profils comportant 48 mesures électromagnétiques VLF (mode inclinaison) et 73 mesures de résistivité électrique.

Résultats

Le captage peu profond (4,60m) et exploité actuellement pour 3 m³/j, peut fournir un débit maximum de 6 m³/h à 16°C, la qualité de l'eau étant exempte de contamination bactériologique et présentant des caractéristiques physico-chimiques d'eau profonde un peu plus prononcées que pour des débits moindres.

Il présente un bon état interne et est alimenté par une seule venue d'eau par le fond rocheux au sein d'une roche granitoïde. Mais les tests de pompage ont montré une relation hydrodynamique avec

les puits A et B adjacents au captage, et dont l'eau est un mélange d'eau thermale et d'eau banale froide contaminée par les nitrates.

Ces résultats incitent à réaliser un ouvrage de captage moderne profond pour obtenir les meilleurs débit et température, et une bonne étanchéité à l'égard des eaux souterraines banales froides et d'un environnement défavorable (proximité de l'hôtel et de son système d'assainissement par drains filtrants enterrés).

Le fluide thermal présente des caractéristiques chimiques spécifiques par rapport aux eaux souterraines banales froides. Il est fortement minéralisé, avec un faciès principalement chloruré et bicarbonaté sodique calcique et potassique.

La teneur importante en lithium indique une température élevée de l'eau en profondeur, impliquant une circulation très profonde. Il présente également des teneurs notables en brome, strontium, bore et des traces de zinc et d'iode.

Il se démarque nettement des eaux banales froides faiblement minéralisées, tandis que les puits A et B adjacents à la source Romaine présentent une minéralisation intermédiaire, mais forte. Parmi certains points d'eau froide de minéralisation moyenne, les indices apparents de l'ancienne source minérale de Jouey témoignent d'un faciès chimique différent du fluide thermal.

Ces résultats, les déterminations isotopiques et l'examen des géothermomètres permettent de dégager un modèle de circulation caractérisé par une eau ancienne (plus de 25-30 ans), d'origine météorique sur le Morvan et ayant circulé à des profondeurs de plusieurs milliers de mètres en atteignant des températures élevées (environ 200°C).

Du point de vue géologique et structural, la source Romaine se situe à la limite orientée N130 à N160 de deux terrains différents : microgranite à l'Est et volcanites à l'Ouest. Les indices de fractures (photofractures) de directions N85 et N135 ne sont pas rares sur le secteur étudié et on note que le site de la source et celui de l'ancienne source minérale de Jouey correspondent à des carrefours de photofractures orientées N150-170, N20 et N60.

Le suivi de la qualité au cours du temps indique d'assez faibles variations dont la périodicité interannuelle devrait être précisée par une fréquence plus élevée des mesures de conductivité et de température.

L'inventaire des points d'eau souterraine et les études et prospections réalisées permettent de classer 3 sites et d'en proposer 2 pour l'implantation de forages profonds de recherche d'eau thermale, en considérant les anomalies de concentration des gaz des sols en Radon, de résistivité électrique des terrains, le contact microgranite-volcanites et les indices de fractures ; ces dernières étant probablement subverticales. Les forages devront viser une profondeur de 150 à 200m.

La présence d'indices possibles de venues d'eau thermale à 125 m de la source Romaine et la structure en fractures multidirectionnelles passant par la source incite à proposer pour celle-là un périmètre de protection de 150m de rayon.

Présentation du rapport

Sommaire	:	1
liste figures, annexes, tableaux	:	1
nombre de pages	:	27
figures	:	7
tableaux	:	3
annexe(s) en brochure	:	7
annexe(s) hors texte	:	1

Mots clefs

Opération Service Public. Hydrogéologie appliquée. Eaux souterraines thermales. Milieu fissuré. Socle hercynien volcano-sédimentaire et éruptif. Diagnostic de captage thermal. Paramètres physico-chimiques. Hydrochimie. Fluide thermal. Eaux souterraines banales froides. Inventaire de points d'eau. Déterminations isotopiques. Origine des eaux thermales. Contexte géologique et structural. Télédétection. Photofractures. Prospection géochimique des gaz des sols. Géophysique. VLF inclinaison. Résistivité électrique. Implantation de forages de recherche. Bassin d'alimentation. Protection. Morvan. Maizières. Magnien. Côte d'Or.

Table des Annexes

- Annexe 1 - Plans de situation
 1.1 - Plan à 1/250.000
 1.2 - Situation de la source thermale de Maizières (Romaine) et des points d'eau froide de référence
- Annexe 2 - Inventaire et identification des eaux souterraines dans le secteur de la source thermale de Maizières
 2.1 - Carte de la qualité globale des eaux souterraines avec esquisse piézométrique
 2.2 - Diagrammes de qualité
 2.3 - Analyses chimiques comparées de la source Romaine, des puits adjacents et des eaux bancales froides
 2.4 - Evolution de la qualité physico-chimique de la source Romaine au cours du temps
- Annexe 3 - Contexte géologique et structural
 3.1 - Carte des indices de fracturation du secteur de Maizières
 3.2 - Etude morpho-structurale par photogéologie et télédétection de la région de Maizières-Jouey
 3.3 - Cadre géologique de la source thermale de Maizières
- Annexe 4 - Prospection géochimique du secteur de la source Romaine et de son vis à vis au-delà de l'Arroux
 4.1 - Méthode de prélèvement des gaz des sols
 4.2 - Résultats des mesures de la teneur en Radon des gaz des sols
 4.3 - Eléments statistiques et choix des tranches d'isoteneurs en radon pour leur représentation cartographique
 4.4 - Carte des isoteneurs des gaz des sols en Radon (isovaleurs en picoCuries par litre)
- Annexe 5 - Prospection géophysique du secteur de la source Romaine
 5.1 - Essais géophysiques avec :
 Fig. 1 - Profils en VLF (échelle 1/2500)
 Fig. 2 - Profils de résistivité (échelle 1/1000)
 Fig. 3 - Position des profils et des anomalies VLF et de résistivité (échelle 1/2500)
 5.2 - Rappel du principe de la prospection électromagnétique VLF
- Annexe 6 - Alimentation et circulation des eaux thermales
 6.1 - Coupe schématique des circulations thermales
 6.2 - Carte régionale schématique du Morvan au dome mantellique de l'Auvergne
- Annexe 7 - Plan récapitulatif
 - des sites de forages de recherche d'eau thermale
 - du projet de périmètre de protection de la source thermale de Maizières
- Annexe Hors texte : Rapport NT 59/16 BOU "Diagnostic de l'état du captage de la source Romaine de Maizières à Magnien (21)."

SOMMAIRE

1 - <u>INTRODUCTION</u>	1
1.1 - MODALITES ADMINISTRATIVES	1
1.2 - EXPOSE DES MOTIFS.....	1
1.3 - OBJET DE L'ETUDE.....	1
1.4 - DOMAINE D'ETUDE	2
2 - <u>INVESTIGATION SUR L'ETAT DU CAPTAGE ET DE SON POTENTIEL EXPLOITABLE</u>	2
3 - <u>ETUDE HYDROGEOCHIMIQUE</u>	3
3.1 - INVENTAIRE ET IDENTIFICATION DES DIFFERENTES VENUES D'EAUX SOUTERRAINES, COMPARAISON DES EAUX BANALES FROIDES ET THERMALES	3
3.1.1 - <u>Consistance des travaux</u>	3
3.1.2 - <u>Présentation des résultats</u>	3
3.1.3 - <u>Commentaires des résultats</u>	5
3.2 - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU FLUIDE THERMAL...	6
3.3 - EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES AU COURS DU TEMPS.....	9
3.4 - ORIGINE DES EAUX THERMALES.....	10
3.5 - TEMPERATURES DES EAUX THERMALES ATTEINTES EN PROFONDEUR	14
4 - <u>ETUDE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL DE LA SOURCE DE MAIZIERES</u>	15
4.1 - SITUATION GEOLOGIQUE DE LA SOURCE DE MAIZIERES	
4.2 - ANALOGIE DE LA SITUATION GEOLOGIQUE DE L'ANCIENNE SOURCE DE JOUEY-HAUT DU MONT.....	15
4.3 - ETUDE DE LA FRACTURATION ET DES VENUES D'EAU DANS LA CARRIERE DE PONT DE COLOMNE.....	16
4.4 - ETUDE DE LA FRACTURATION DE L'ENSEMBLE DU SECTEUR PAR PHOTOGEOLOGIE ET TELEDETECTION	16
4.5 - CRITERES DE CHOIX DES SITES A PROSPECTER ET LOCALISATION.....	16
5 - <u>PROSPECTION GEOCHIMIQUE DES GAZ DES SOLS (RADON)</u>	17
5.1 - PRINCIPE DE LA MESURE	17
5.2 - TRAITEMENT DES RESULTATS	18
5.3 - CONSISTANCE DES TRAVAUX.....	18
5.4 - PRESENTATION DES RESULTATS	19
5.5 - COMMENTAIRES DES RESULTATS	19
6 - <u>PROSPECTION GEOPHYSIQUE</u>	20
6.1 - METHODES UTILISEES.....	20
6.2 - MOYENS MIS EN OEUVRE	21
6.3 - TRAVAUX REALISES	21
6.4 - RESULTATS.....	22
6.5 - COMMENTAIRES DES RESULTATS	23
7 - <u>SITES PROPOSES POUR DES FORAGES DE RECHERCHE D'EAU THERMALE</u>	24

SOMMAIRE (suite)

	<u>Pages</u>
8 - <u>ZONE D'INFLUENCE ET MESURES DE PROTECTION DE LA SOURCE THERMALE DE MAIZIERES.....</u>	24
8.1 - BASSIN D'ALIMENTATION	24
8.2 - ZONE D'INFLUENCE ET PERIMETRE DE PROTECTION DE LA SOURCE ROMAINE.....	25
8.3 - PERIMETRE SANITAIRE D'EMERGENCE.....	25
9 - <u>CONCLUSIONS.....</u>	26

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 - Inventaire et caractéristiques des points d'eau	4
TABLEAU 2 - Paramètres physico-chimiques	4
TABLEAU 3 - Résultats des déterminations isotopiques (Laboratoire du BRGM à Orléans la Source)....	12

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Relation Chlorures-Sodium	7
Figure 2 - Relation Chlorures-Sulfates	7
Figure 3 - Relation Chlorures-Bicarbonates.....	7
Figure 4 - Relation Chlorures-Nitrates.....	7
Figure 5 - Relation Chlorures-Tritium	11
Figure 6 - Relation Chlorures-Oxygène 18.....	11
Figure 7 - Relation Deuterium-Oxygène 18.....	13

Table des Annexes

- Annexe 1 - Plans de situation
 1.1 - Plan à 1/250.000
 1.2 - Situation de la source thermale de Maizières (Romaine)
 et des points d'eau froide de référence
- Annexe 2 - Inventaire et identification des eaux souterraines dans le secteur de la source thermale de Maizières
 2.1 - Carte de la qualité globale des eaux souterraines avec esquisse piézométrique
 2.2 - Diagrammes de qualité
 2.3 - Analyses chimiques comparées de la source Romaine, des puits adjacents et des eaux banales froides
 2.4 - Evolution de la qualité physico-chimique de la source Romaine au cours du temps
- Annexe 3 - Contexte géologique et structural
 3.1 - Carte des indices de fracturation du secteur de Maizières
 3.2 - Etude morpho-structurale par photogéologie et télédétection de la région de Maizières-Jouey
 3.3 - Cadre géologique de la source thermale de Maizières
- Annexe 4 - Prospection géochimique du secteur de la source Romaine et de son vis à vis au-delà de l'Arroux
 4.1 - Méthode de prélèvement des gaz des sols
 4.2 - Résultats des mesures de la teneur en Radon des gaz des sols
 4.3 - Eléments statistiques et choix des tranches d'isoteneurs en radon pour leur représentation cartographique
 4.4 - Carte des isoteneurs des gaz des sols en Radon (isovaleurs en picoCuries par litre)
- Annexe 5 - Prospection géophysique du secteur de la source Romaine
 5.1 - Essais géophysiques avec :
 Fig. 1 - Profils en VLF (échelle 1/2500)
 Fig. 2 - Profils de résistivité (échelle 1/1000)
 Fig. 3 - Position des profils et des anomalies VLF et de résistivité (échelle 1/2500)
 5.2 - Rappel du principe de la prospection électromagnétique VLF
- Annexe 6 - Alimentation et circulation des eaux thermales
 6.1 - Coupe schématique des circulations thermales
 6.2 - Carte régionale schématique du Morvan au dôme mantellique de l'Auvergne
- Annexe 7 - Plan récapitulatif
 - des sites de forages de recherche d'eau thermale
 - du projet de périmètre de protection de la source thermale de Maizières
- Annexe Hors texte : Rapport NT 89/16 BOU "Diagnostic de l'état du captage de la source Romaine de Maizières à Magnien (21)."

1 - INTRODUCTION

1.1 - MODALITES ADMINISTRATIVES

La présente étude a été réalisée par le BRGM, Service géologique régional Bourgogne, à la demande de la commune de Magnien et de la S.A. de la source Gallo-Romaine de Maizières.

1.2 - EXPOSE DES MOTIFS

La commune de MAGNIEN et l'établissement thermal de MAIZIERES, dont la fréquentation est actuellement assez faible (environ 160 curistes/An) envisagent de moderniser les installations et de développer l'activité thermale (jusqu'à environ 800 curistes/An), qui concerne le traitement des divers types de rhumatismes et la psychiatrie externe.

Ce développement qui passe par la reconstruction de l'Etablissement, nécessite une bonne connaissance du gisement d'eaux thermales, pour développer son exploitation tout en le protégeant des risques de pollution et pour que le plan-masse des bâtiments tienne compte des lieux privilégiés de circulation des eaux thermales.

1.3 - OBJET DE L'ETUDE

Une étude préliminaire par test de pompage sommaire sur la source Romaine a montré :

- des caractéristiques chimiques de l'eau thermale la démarquant nettement des eaux banales froides et donnant à la source ses vertus thérapeutiques bien connues
- une minéralisation qui s'est accrue légèrement en pompage
- un débit d'exploitation possible probablement supérieur à l'utilisation actuelle
- mais une protection superficielle du captage le rendant très fragile par rapport à son environnement, si l'on modifie ce débit (risque de pollution bactériologique)

La présente étude a ainsi pour objet :

- une investigation du captage par tests de pompage et examen interne, pour définir son état et les conditions optimales d'exploitation de l'ouvrage et les mesures éventuelles à prendre pour y parvenir
- la détermination des caractéristiques du gisement, des conditions d'alimentation et de circulation des eaux pour la protection du gisement et la recherche de sites favorables à l'exploitation (en vue d'implanter des forages de reconnaissance) à l'aide de :
 - . une étude géochimique du fluide thermal comparé aux eaux banales froides
 - . une étude du contexte géologique structural de la source thermale pour établir une corrélation entre la fracturation et la circulation des eaux, et définir des secteurs favorables pour la recherche d'eaux thermales
 - . une prospection géochimique des gaz des sols (radon) du secteur prioritaire retenu pour déceler les fissures susceptibles de conduire les eaux thermales
 - . une prospection géophysique à l'intérieur de ce dernier pour préciser la fracturation en profondeur
 - . la synthèse des résultats obtenus.

1.4 - DOMAINE d'ETUDE

Le domaine étudié s'étend jusqu'à 2 à 5 km autour de la source Romaine et est axé sur la vallée de l'Arroux.

2 - INVESTIGATION SUR L'ETAT DU CAPTAGE ET DE SON POTENTIEL EXPLOITABLE

Voir en annexe hors texte le rapport NT 89/16 BOU "Diagnostic de l'état du captage de la source Romaine de Maizières à Magnien (21)"

3 - ETUDE HYDROGEOCHIMIQUE

3.1 - INVENTAIRE ET IDENTIFICATION DES DIFFERENTES VENUES D'EAUX SOUTERRAINES, COMPARAISON DES EAUX BANALES FROIDES ET THERMALES

3.1.1 - Consistance des travaux

Cette étude a consisté à inventorier, en liaison avec Monsieur DAUGE de la Mairie de MAGNIEN, les différentes venues d'eaux dans un rayon de 3 à 4 km autour de l'Etablissement thermal de Maizières, susceptibles d'indiquer la remontée d'eaux thermales profondes au sein des aquifères superficiels.

23 points ont ainsi été étudiés sur le territoire des communes de MAGNIEN, JOUEY et VOUDENAY, soit :

- 3 sources et 16 puits le 29/11/88
- 3 excavations à la pelle mécanique réalisées par la Mairie de Jouey pour rechercher une ancienne venue d'eau minérale (1) et
- 1 puits voisin, le 15/03/89.

On a mesuré les caractéristiques géométriques des ouvrages, les profondeurs des niveaux d'eau, les débits éventuels, les paramètres physico-chimiques de l'eau (température, comparée à la température de l'air ambiant, conductivité, pH, Eh ou potentiel d'oxydo-réduction) et analysé les teneurs en chlorures, représentatives de l'eau thermo-minérale de Maizières.

3.1.2 - Présentation des résultats

Les résultats bruts de cet inventaire sont donnés par les deux tableau n°1 et 2 ci-après, sur lesquels figurent également, à titre de comparaison, ceux obtenus simultanément sur le captage de la source Romaine et ses deux ouvrages annexes (puits A et puits B).

(1) source minérale du "Haut de Mont" à Jouey, figurant dans une délibération du Conseil Municipal. Séance extraordinaire du 27/07/1907

TABLEAU N°1: INVENTAIRE ET CARACTÉRISTIQUES DES POINTS D'EAU
TABLEAU N°2: PARAMÈTRES PHYSICO-CHEMIES

TABLEAU N°3: INVENTAIRE ET CARACTÉRISTIQUES DES POINTS D'EAU

N° NSS	TOURNAGE	COMMUNE	LIEU-DIT	PROPRIÉTAIRE	COORDONNÉES LAMBERT			DIAM.	MURIELLE/SOL	PROF/Z SOL	EQUIPEMENT	OBSERVATIONS
					X	Y	Z (EPD)					
525-2X-0002	EURE	JOUHEY	BLONDEY		760	239,61	326	.325	,65	3,65		
525-2X-0003	EURE	JOUHEY	BLONDEY	HOTEL	759,61	239,2	324	.325	,45	5,55		
525-2X-0002	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	HOTEL-THERME	757,20	239,36	325	2	0	12,18		
525-2X-0003	SOURCE	MORNIEN	HAUTZIERES		757,19	239,5	340					
525-2X-0004	PUITS	JOUHEY	BLONDEY	COMMUNE	759,31	239,35	324	1	,65	5,93		
525-2X-0005	PUITS	JOUHEY	BLONDEY	COMMUNE	759,20	239,2	320	1	,65	6,40		
525-2X-0006	PUITS	JOUHEY	BLONDEY	COMMUNE	759,75	239,05	322	1	,5	5,96		
525-2X-0007	PUITS	JOUHEY	BLONDEY	COMMUNE	759,62	239,5	320	1	,5	6,35		
525-2X-0008	PUITS	JOUHEY	BLONDEY	COMMUNE	759,5	239	323	1	,5	6,6		
525-2X-0009	PUITS	MORNIEN	FERME INF.	PARTICULIER	757,47	239,72	327	1,1	,25	3,8		
525-2X-0010	SOURCE	JOUHEY	PONT DE		760,4	240,0	340					
525-2X-0011	SOURCE	JOUHEY	PONT DE		760,51	240,17	338					
525-2X-0012	SOURCE	JOUHEY	PONT DE		760,52	240,2	338					
525-2X-0013	PUITS	JOUHEY	PONT DE	PARTICULIER	760,44	240,25	345	1	,5	3		
525-1X-0017	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	COMMUNE	756,75	237,07	323	1	,45	8		
525-1X-0018	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	PARTICULIER	757	237,76	324	1	,5	3,5		
525-1X-0019	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	PARTICULIER	756,97	237,63	325	1	,55	3,91		
525-1X-0020	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	PARTICULIER	756,98	237,59	324	1	,5	3,2		
525-1X-0021	SOURCE	MORNIEN	HAUTZIERES		756,67	235,35	321					
525-1X-0022	PUITS	MORNIEN	MOUDREIN	PARTICULIER	755,62	236,53	324	1,1	,6	6,5		
525-1X-0023	PUITS	MOUDREIN	SONSAGE	PARTICULIER	755,58	236,48	322	,9	,9	4,7		
525-1X-0024	SOURCE	MOUDREIN	MOUDREIN		755,75	235,65	326					
525-1X-0025	PUITS	MOUDREIN	MOUDREIN	PARTICULIER	756,11	234,95	320	,9	,25	3,75		
525-2X-0004	See RUE	MORNIEN	HAUTZIERES	THERMES	757,29	238,34	325	,75	1,6	3		
525-2X-0009	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	THERMES	757,29	238,34	325	,3	,45	1,54		
525-2X-0010	PUITS	MORNIEN	HAUTZIERES	THERMES	757,29	238,34	325	,3	,5	1,27		

TABLEAU N°2: PARAMÈTRES PHYSICO-CHEMIES

N° NSS	TEMPERATURE	THERM	TEMP	CONDUCTIVITE	PH	EN	ENODP	Cl	DEBIT	MIN/STAT. < EPD >	OBSERVATION
525-2X-0002	,66	6	10,2	463	6,95	,60	157	21,2		325,34	
525-2X-0003	1,05	6	10,9	325	7,31	,42	253	3,55		322,95	
525-2X-0012	2,48	10	11	272	7,56	,205	422	28,41	,05	322,52	
525-2X-0013		10		74	5,92	,214	431	10,6		340	
525-2X-0024	,42	6	11,1	420	7,25	,82	293	45,7		343,58	
525-2X-0035	,23	6	11,2	326	7,27	,83	300	10,6		328,77	
525-2X-0036	,3,5	6	11,4	325	7,45	,116	323	14,2		328,5	
525-2X-0037	,57	7	11,4	328	6,97	,120	337	24,0		323,43	
525-2X-0038	4,22	7	11,2	324	7,19	,120	327	24,8		328,78	
525-2X-0039	3,12	10	11	653	6,95	,163	300	171,4		323,88	
525-2X-0040		10	6,5	249	6,76	,108	405	,7,1		340	
525-2X-0041		10	7,3	195	6,93	,176	393	,8,8		338	
525-2X-0042		10	6,3	183	7,18	,179	356	,8,8		338	
525-2X-0043		10	7,4	65,7	5,94	,240	457	,7,1		345	
525-1X-0017	1,93	6	11,7	365	7,01	,119	326	21,2		327,87	
525-1X-0018	1,51	6	10,1	125	6,75	,153	370	10,6		322,48	
525-1X-0019	3,03	7	11	163	7,03	,150	367	,5,55		321,97	
525-1X-0020	,1	7	8,4	95	6,91	,191	408	-5,35		322,9	
525-1X-0021		6	8,6	94	6,22	,187	400	10,6	,06	331	
525-1X-0022	4,6	6	10,4	349	6,01	,61	270	10,6		329,2	
525-1X-0023	2,71	6	9,5	448	7,19	,154	371	,11,3		329,29	
525-1X-0024		6	9,7	203	7,46	,175	322	,7,1	,4	336	
525-1X-0025	,77	6	9,8	511	7,51	,175	322	,7,1		319,23	
525-2X-0004		10	15,2	6720	6,78	,121	349	3275	1	325	
525-2X-0009	,03	10	9,4	6120	7,43	,205	422	2402,5		324,98	
525-2X-0010	,06	10	10	5930	7,15	,170	395	2377,5		324,94	

Ils ont été reportés sur la carte de la qualité des eaux souterraines annexe 2.1. On a représenté chaque point d'eau par un camembert de couleurs, un secteur angulaire étant attribué à chacun des quatre paramètres (chlorures, conductivité, potentiel d'oxydo-réduction et température), la couleur de chaque secteur variant en fonction de la tranche de valeurs à laquelle appartient la valeur mesurée.

Sur cette carte on a élaboré une esquisse piézométrique permettant de déterminer les directions d'écoulement des eaux souterraines.

Pour mieux distinguer ces eaux, on a tracé différents diagrammes (cf. annexe 2.2) : le diagramme conductivité-température, et ceux représentant la conductivité, la température, le pH et le potentiel d'oxydo-réduction corrigé, en fonction des teneurs en chlorures, qui constituent l'espèce chimique la plus représentative des eaux thermales.

3.1.3 - Commentaires des résultats

Les différents points d'eau se situent dans les vallées de l'Arroux et de ses affluents de rive droite, le ruisseau de Berny et la Suze, ou à leurs abords. Ils s'adressent à la nappe des alluvions de ces cours d'eau et (ou) de l'arène granitique.

La campagne de mesures correspond à des eaux moyennes à basses de la nappe, et à des températures ambiantes légèrement froides.

La profondeur des puits varie de 3 à 12 m par rapport au sol, et on a mesuré des épaisseurs d'eau variant de 0,7 à 9,7m. La profondeur du niveau statique dans ces ouvrages varie de 0,4 à 4,2 m.

L'esquisse piézométrique (isopièzes approchées, en l'absence de nivellation NGF) indique des direction d'écoulement des coteaux granitiques vers les rivières qui drainent la nappe.

On note la nette différenciation chimique entre les eaux thermominérales et les eaux bancales froides. En effet, les premières se caractérisent par des valeurs très élevées de la conductivité et de la teneur en chlorures, légèrement élevées de la température, et assez faibles du potentiel d'oxydo-réduction, le pH étant proche de la neutralité.

Les eaux banales froides présentent des valeurs bien plus faibles de la conductivité et des teneurs en chlorures, un pH plus ou moins agressif, une température plus faible de plusieurs degrés et des valeurs assez voisines pour le potentiel d'oxydo-réduction.

Pour ces dernières on note :

- des températures variant de 6°3 à 11°7
- une conductivité comprise entre 74 et 653 µS/cm ; les 5 valeurs les plus élevées, qui indiquent une minéralisation moyenne, donc plutôt forte pour les eaux circulant dans les terrains granitiques ou en provenant, et peuvent ainsi correspondre à des anomalies en l'absence apparente de pollutions locales, ont été mesurées aux points : 525-2X-39 (653 µS/cm), 525-1X-25 (511 µS/cm), 525-2X-42 (483 µS/cm) 525-1X-23 (448 µS/cm) et 525-2X-34 (420 µS/cm). Parmi ces anomalies le point 525-2X-42 correspondrait au site de l'ancienne source minérale de Jouey
- des teneurs en chlorures rarement supérieures à 30 mg/l, sauf deux valeurs, 171,4 et un moindre degré 49,7 mg/l obtenues respectivement aux points 525-2X-39 et 525-2X-34 figurant déjà dans les anomalies ci-dessus.

Les différentes anomalies rencontrées se situent comme la source Romaine, à des croisements de directions de fracturation NW-SE et NE-SW.

Leur intérêt est cependant limité parce que les conductivités restent faibles par rapport aux eaux thermales. On verra plus loin que la seule retenue comme site à prospector par l'étude structurale, celle de l'ancienne source minérale de Jouey, présente un faciès chimique éloigné de celui de la source Romaine (§ 32).

3.2 - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU FLUIDE THERMAL

L'eau thermale de la source Romaine présente un faciès principalement chloruré et bicarbonaté sodique calcique et potassique avec une minéralisation notable de 7.24 g/l (teneurs en g/l : chlorures 3.1 ; bicarbonates 0.287 ; sodium 1.7 ; calcium 0.31 ; potassium 0.11).

Fig.1 RELATION CHLORURES – SODIUM

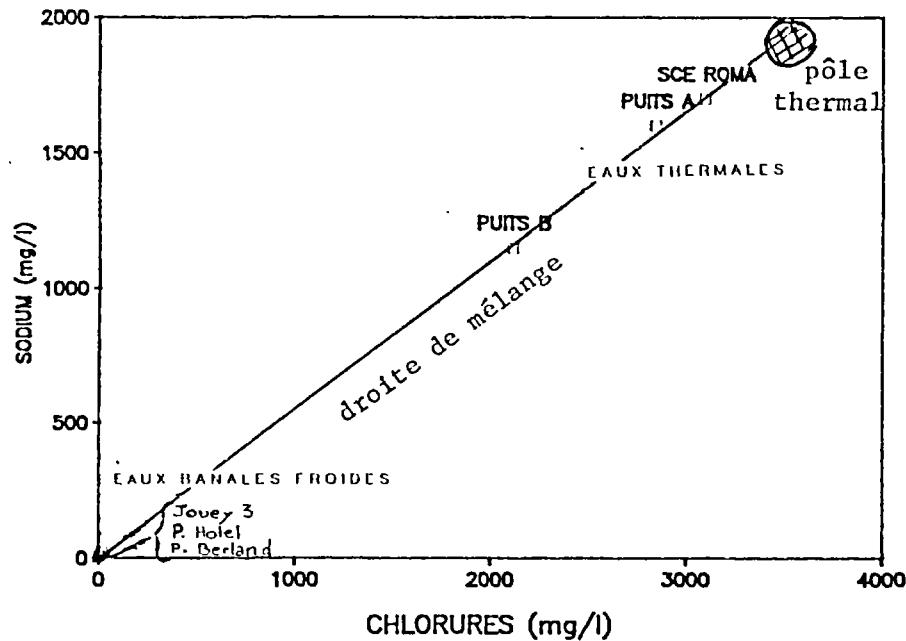


Fig.2 RELATION CHLORURES – SULFATES

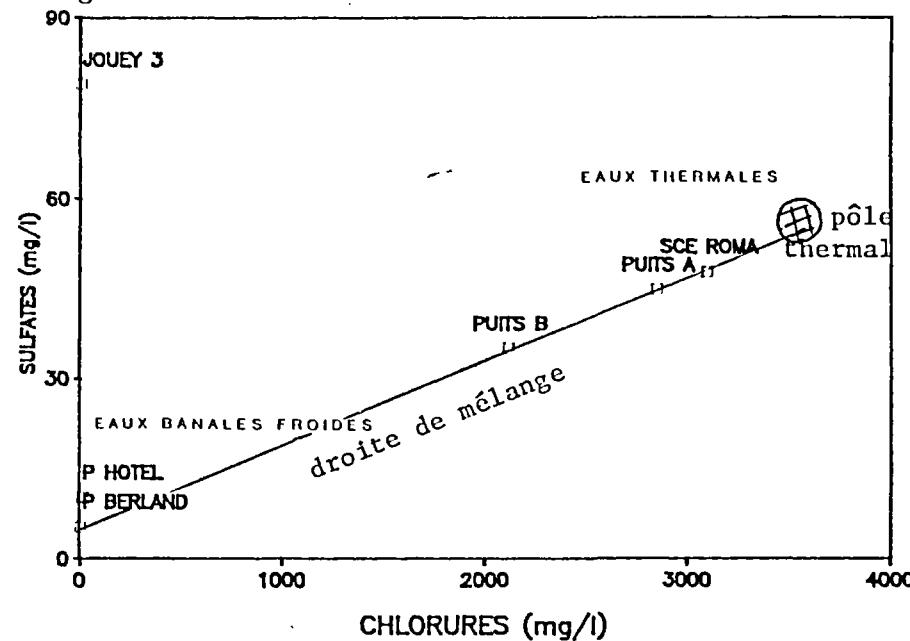


Fig.3 RELATION CHLORURES – BICARBONATES

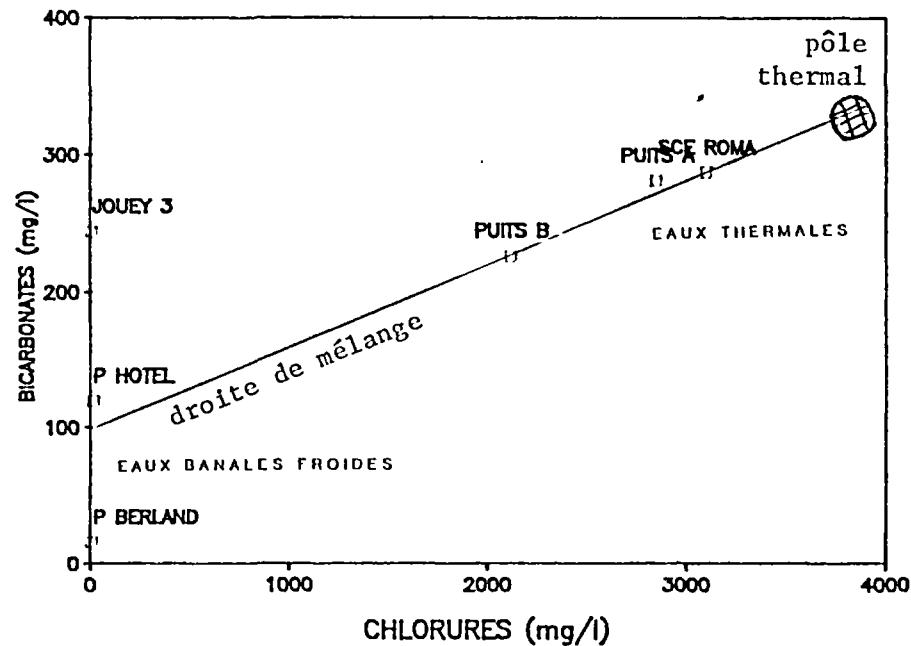
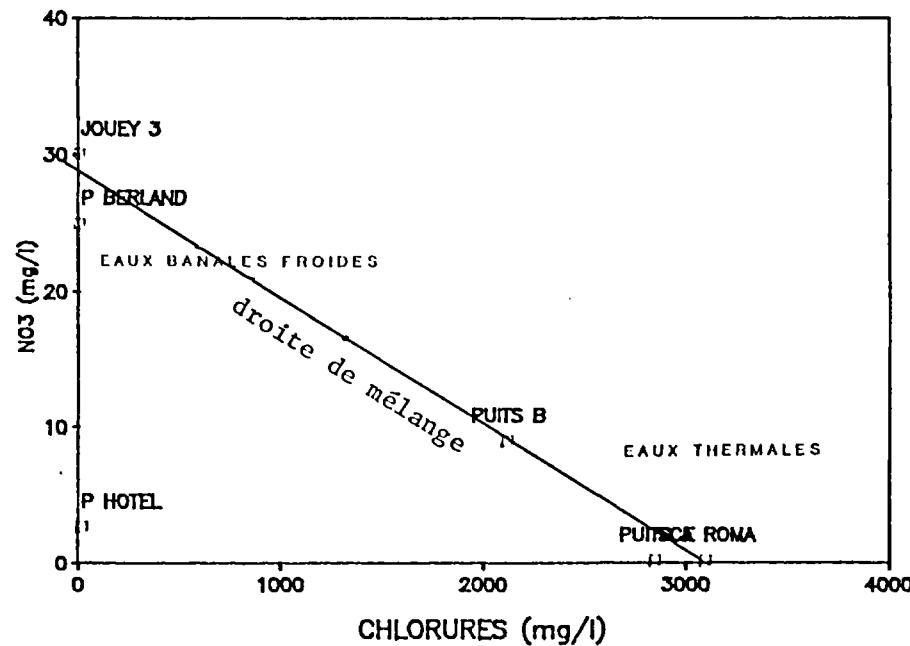


Fig.4 RELATION CHLORURES – NO3



Ces caractéristiques chimiques particulières la distinguent nettement des eaux souterraines banales froides peu profondes très peu minéralisées (moins de 0,4 mg/l) circulant en tête des terrains granitiques fissurés.

On note également une teneur importante en lithium (21,5 mg/l) indiquant une température élevée de l'eau en profondeur, ce qui implique une circulation à grande profondeur.

La source Romaine présente par ailleurs une présence notable de brome (16 mg/l), strontium (13,1 mg/l), bore (3,2 mg/l) et des traces de zinc (81 ppb) et iode (31 ppb).

On observe aussi :

- une teneur de 3,4 mg/l en fluor
- une teneur moyenne en fer (0.18 mg/l) par suite de la faiblesse probable de celle en Oxygène dissout à l'émergence
- une teneur moyenne en sulfates (48 mg/l)
- ainsi qu'une teneur nulle en nitrates, au contraire des eaux banales froides (2,7 et 25.0 mg/l).

Les eaux des puits A et B adjacents à la source Romaine ont une composition voisine de celle-là, avec des minéralisations plus faibles de 5.38 et 3.95 g/l. On y retrouve la présence en teneurs plus faibles des différents éléments caractérisant l'eau thermale et aussi des teneurs en nitrates qui bien que faibles (0.2 et 9 mg/l) attestent d'une contamination et d'un mélange avec les eaux banales froides.

On a représenté successivement par rapport aux chlorures chacune des principales espèces (sodium, bicarbonates, sulfates) ainsi que les nitrates.

Ces diagrammes (fig. 1 à 4 ci-avant) montrent que les différentes eaux analysées -eaux banales froides, eaux des puits A et B, eau thermale- s'alignent sur une droite de mélange, dont le pôle thermal est voisin de la source Romaine.

Les indices apparents de l'ancienne source minérale de Jouey (525-2X-42 = source 3 de Jouey ou Jouey 3) présentent une minéralisation moyenne qui la distingue parmi les eaux banales froides faiblement minéralisées. Elle apparaît comme une eau froide de type bicarbonaté calcique et magnésien, soit un faciès chimique différent de la source thermale Romaine comme le souligne le diagramme de l'annexe 2.3 feuillets 2 et 3.

3.3 - EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES AU COURS DU TEMPS

Les résultats du suivi semestriel au cours du temps (année 1950, et période 1961-1988) de la qualité chimique (température, conductivité, alcalinité, bicarbonates, sulfates, chlorures) par le laboratoire de contrôle (Institut d'Hydrologie de Biologie de Bourgogne) :

- * ont été reportés sur tableaux et graphiques, avec les résultats des données de référence (cf. annexe 2.4 feuillets n° 1 à 3), à savoir :
 - de l'analyse de Mai 1933 liée à l'avis favorable de l'Ingénieur des Mines du 22/07/1947 pour la reprise de l'exploitation
 - de l'analyse de l'Arrêté Ministériel d'Autorisation (A.M.A) du 05/02/1890, pour mémoire par suite des modifications des conditions de captage intervenues depuis (cf. Procès Verbal de l'Ingénieur des Mines du 27/04/1931)
- * et fait l'objet d'une analyse statistique (annexe 2.4 feillet n°1).

La comparaison des valeurs moyennes, avec leur coefficient de variation, aux données de référence donne :

	valeur moyenne	coefficient de variation %	valeur Mai 1933	valeur A.M.A.
température (d°C)	15°4	3.9	(15°5) ⁽¹⁾	10°
conductivité (µS/cm)	8210	13.1	(8138) ⁽¹⁾	(4358) ⁽²⁾
alcalinité (d°F)	45°3	3.3	45°9	42
bicarbonates (mg/l)	276,2	3.3	279,9	256
sulfates (mg/l)	42,0	33.3	55	15,4
chlorures (mg/l)	3529,4	9.4	4151,8	2123,8

(1) mesures in situ du 23/03/1932

(2) valeur reconstituée au prorata des minéralisations totales par comparaison à l'analyse de Mai 1933.

Les coefficients de variation par rapport aux valeurs moyennes sont inférieurs à 15%, sauf pour les teneurs en sulfates.

Les graphiques montrent que :

- l'amplitude de variation des paramètres encadre les valeurs de Mai 1933
- un mode de variation complexe, pluriannuel, restant à préciser par une fréquence de mesures plus élevée.

La comparaison de la qualité globale sur diagrammes spécifiques (cf. annexe 2.4 feuillet n°5) montre que la qualité actuelle (analyses BRGM des 29/06/1988 et 08/02/1989) est proche celle de Mai 1933.

3.4 - ORIGINE DES EAUX THERMALES

Les déterminations isotopiques confirment la distinction des eaux souterraines thermales et des banales froides (cf. ci-après tableau 3 ; et fig. 5 et 6 : diagrammes chlorures-Oxygène 18 et chlorures-Tritium).

Tritium

Les teneurs en Tritium (isotope radioactif naturel de l'hydrogène) atteignent actuellement en 1989, dans les eaux de surface 22 à 25 UT (Unité Tritium).

Les eaux banales froides étudiées ici ont des teneurs voisines de 30 UT et sont en relation avec des infiltrations de l'année 1988.

Les teneurs en Tritium de la source Romaine sont très faibles ce qui laisse supposer des temps de circulation longs (supérieurs à 25-30 ans) dans le sous-sol expliquant la diminution progressive des teneurs initiales en Tritium. Cependant ces teneurs ne sont pas nulles et indiquent un léger mélange avec des eaux moins anciennes que les eaux thermales, ce que confirme l'examen des diagrammes chlorures-Tritium surtout et chlorures-Oxygène 18.

Fig. 5 RELATION CHLORURES - TRITIUM

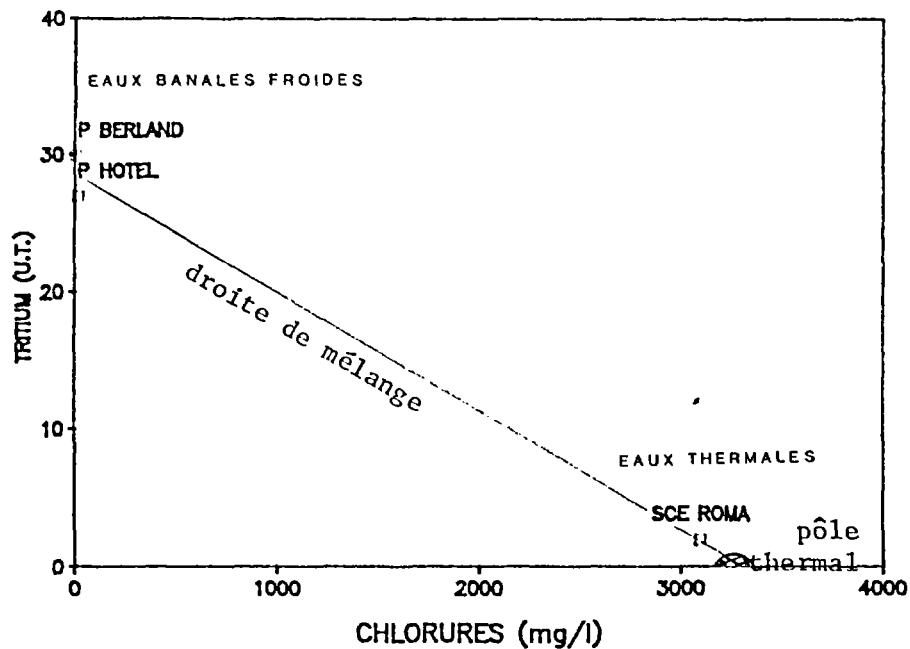
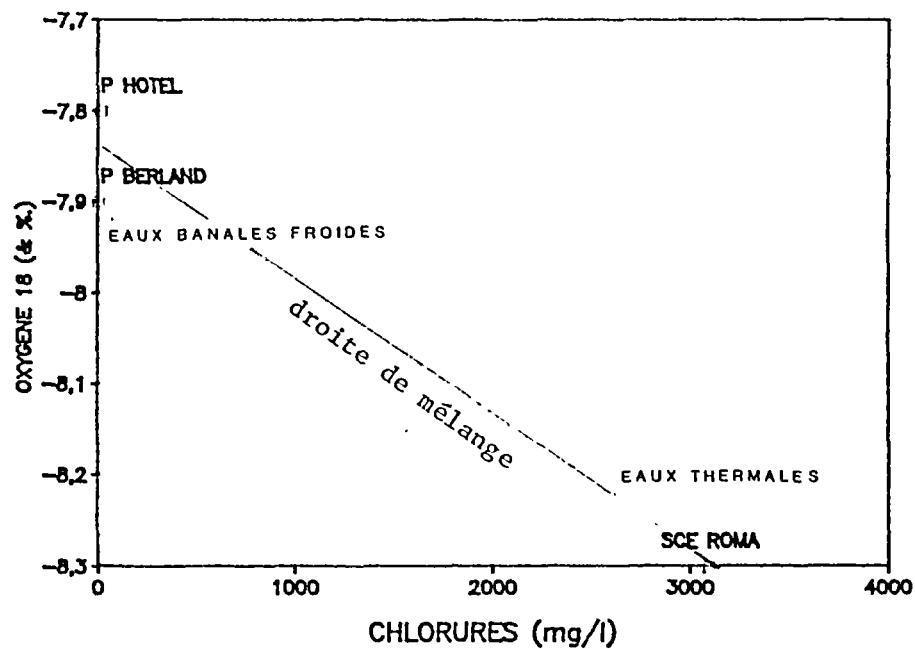


Fig. 6 RELATION CHLORURES - OXYGENE 18



Deuterium et Oxygène 18

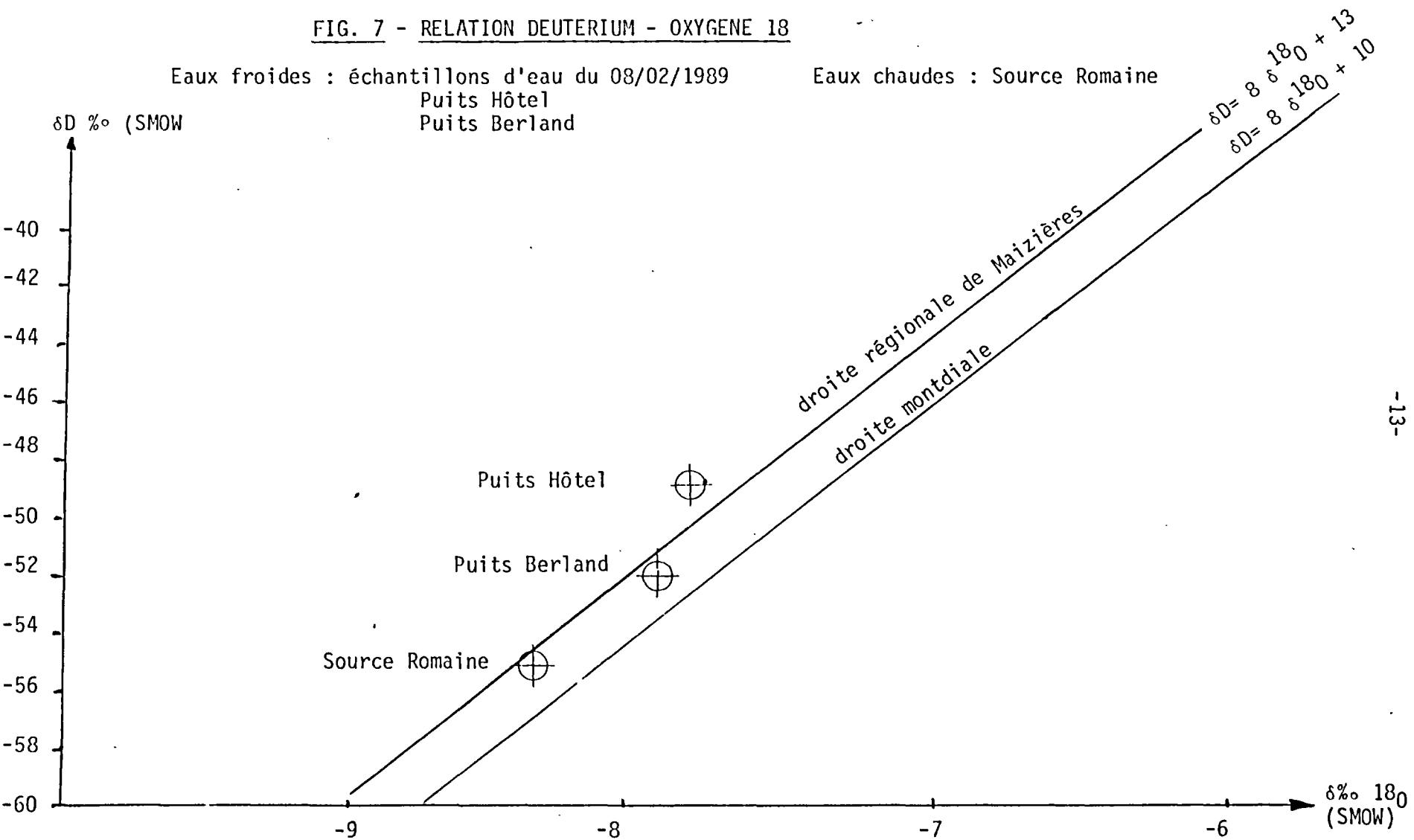
Les valeurs des déficits de teneurs en Oxygène 18 (isotope stable) et Deuterium (isotope stable de l'hydrogène), par rapport à celles du standard océanique (SMOW), des eaux froides et thermales de Maizières se placent bien le long d'une même droite régionale et voisine de la droite mondiale $\text{SD} = \delta^{18}\text{O} + 10$ (figure 7).

Les déficits de teneurs en Oxygène 18 et Deuterium, plus élevés pour l'eau thermale, indiquerait pour celle-là une aire d'alimentation de 150 à 200m plus élevée que celle des eaux froides locales, et donc à l'Ouest de Maizières vers l'intérieur du Morvan (au plus près en direction de la crête topographique du bassin de la Suze/secteur de Liernais, à une dizaine de kilomètres de l'Etablissement thermal).

Tableau 3 - Résultats des déterminations isotopiques (Laboratoire du BRGM à Orléans la Source)

Eaux souterraines	Isotopes	U.T.	$\delta\text{D}\%$. vs SMOW	$\delta^{18}\text{O}\%$. vs SMOW
banales froides (arène granitique)	Puits Hôtel	27 ± 2	$- 48,8 \pm 0,5$	$- 7,8 \pm 0,1$
	Puits Berland	30 ± 3	$- 52,0 \pm 0,5$	$- 7,9 \pm 0,1$
thermales	Source Romaine	2 ± 1	$- 55,2 \pm 0,5$	$- 8,3 \pm 0,1$

FIG. 7 - RELATION DEUTERIUM - OXYGENE 18



3.5 - TEMPERATURES DES EAUX THERMALES ATTEINTES EN PROFONDEUR

La concentration de certaines espèces chimiques dissoutes ou les rapports des concentrations d'espèces chimiques entre elles, sont l'image de conditions d'équilibre, elles-mêmes en relation avec la température atteinte par l'eau dans le sous-sol.

Les géothermomètres chimiques classiques SiO_2 , Na-Li, Na-K, Na-K-Ca et Na-K-Ca-Mg appliqués aux eaux thermales et froides banales étudiées indiquent les températures suivantes :

	SiO_2	Na-Li	Na-K	Na-K-Ca	Na-K-Ca-Mg
eau thermale : source Romaine	19°C avec calcédoine 69°C avec quartz	296°C	182°C	174°C	158°C
eau banale froide : puits Hôtel	2°C avec calcédoine	0°C	295°C	49°C	49°C

Les teneurs en lithium (Li) de la source Romaine sont importantes alors qu'elles sont nulles dans les eaux banales froides et témoignent d'une acquisition en profondeur de la composition chimique de cette eau thermale.

Na-Li révèle une température profonde de près de 300°C tandis que Na-K, Na-K-Ca, et Na-K-Ca-Mg indiquent de l'ordre de 170°C.

Les teneurs en silice déterminent une température de 69°C à l'équilibre avec le quartz.

Ces différentes températures profondes calculées s'expliquent par les modifications chimiques subies par l'eau au cours de sa remontée vers la surface : perte de silice par précipitation due au refroidissement, mise en solution du calcium (Ca) à plus basse température.

Mais il apparaît indiscutablement que la minéralisation de l'eau a été acquise à haute température, et donc à grande profondeur (de l'ordre de plusieurs milliers de mètres).

L'échauffement de l'eau en profondeur se produirait par convection en liaison avec la proximité du dôme mantellique de l'Auvergne (cf. annexe 6.2)

4 - ETUDE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL DE LA SOURCE THERMALE DE MAIZIERES

4.1 - SITUATION GEOLOGIQUE DE LA SOURCE DE MAIZIERES (cf. carte annexe 3.1)

La source thermale de Maizières (source Romaine) jaillit dans la vallée de l'Arroux, au bas du versant de la rive droite mais hors du lit majeur de la rivière. La carte géologique de la France à 1/80.000, feuille de Château-Chinon, indique que Maizières est sur le socle hercynien, juste à la limite de deux terrains différents, constitués de roches volcaniques fines à l'Ouest (tufs de trachy-andésites) et de roches granitiques à l'Est (microgranites). L'orientation de cette limite ou "éponte" de nappe d'épanchement microgranitique est N 130 à N 160 (N 160° E).

La carte de l'annexe 3.3 donne une vue d'ensemble de la géologie du bassin versant de la Suze et de la rive gauche de l'Arroux entre Blangey et Voudenay-le-Château, à l'intérieur duquel se situe la source thermale.

4.2 - ANALOGIE DE LA SITUATION GEOLOGIQUE DE L'ANCIENNE SOURCE DE JOUEY - HAUT DU MONT

Selon une information de M. le Maire de Jouey se référant à d'anciennes délibérations du Conseil Municipal (1), une source, "de la même sorte que celle de Maizières", sourdait à Haut du Mont/Pont de Colombe sur la rive opposée à celle de la grande carrière d'Arnay le Duc et les recherches à la pelle mécanique par cette municipalité le 15/03/89 ont effectivement rencontré des indices d'une eau de minéralisation plus élevée que les eaux froides voisines, mais de nature différente de celle de la source Romaine. Or la feuille "Beaune" de la carte à 1/80.000 indique que le site est, comme à Maizières, en bas de versant, hors du lit majeur et au contact des tufs et des microgranites.

(1) source minérale du "Haut du Mont" à Jouey figurant dans une délibération du Conseil Municipal. Séance extraordinaire du 27/07/1907

4.3 - ETUDE DE LA FRACTURATION ET DES VENUES D'EAU DANS LA CARRIERE DE PONT DE COLOMNE

L'étude de la fracturation est nécessaire en matière de recherche d'eau dans le socle car celui-ci n'est perméable et donc aquifère que parce qu'il est fracturé et plus ou moins altéré au niveau de ces fractures. Les zones broyées qui accompagnent certains accidents sont particulièrement intéressantes à localiser car elles augmentent la capacité aquifère du socle.

La carrière de Pont de Colomne a été examinée dans cette optique. La roche est granitique. Les failles et les diaclases sont le plus souvent orientées N 135 et N 85, puis N 105. Deux autres familles de fractures, moins fréquentes, sont orientées N 20 et N 160. C'est dans le champ de fractures N 85 à N 135 que l'on trouve à la fois des failles accompagnées de zones broyées et des venues d'eau.

4.4 - ETUDE DE LA FRACTURATION DE L'ENSEMBLE DU SECTEUR PAR PHOTOGEOLOGIE ET TELEDETECTION

L'étude réalisée sur photographies aériennes et images satellitaires est présentée en annexe 3.2. Les indices de fracturation sont reportés sur la carte annexe 3.1. Ils sont nombreux et multidirectionnels. Ils peuvent correspondre à des failles, des diaclases, des zones broyées, des intrusions filonniennes, etc.

On constate, d'une part, que les directions N 85 à N 135 ne sont pas rares et d'autre part, que les sites de Maizières et Pont de Colomne sont tous deux dans une zone d'intersection d'indices de fractures orientés N 150-170, N 20 et N 60. De plus, à Pont de Colomne, les familles N 60-80 et N 90-110 sont bien représentées.

4.5 - CRITERES DE CHOIX DES SITES A PROSPECTER ET LOCALISATION

Les sites qui paraissent susceptibles d'être favorables à la découverte de ressources en eau dans le socle seraient donc à rechercher d'abord dans les zones d'hétérogénéité induites par le contact entre tufs et granites, et par l'intersection de champs de fractures multidirectionnels. Les directions représentées à Maizières et Pont de Colomne et celles des venues d'eau de la carrière d'Arnay le Duc sont à considérer a priori comme intéressantes.

Ainsi la prospection peut avoir les objectifs suivants, dans l'ordre de priorité :

- 1) Valorisation du site de Maizières par sondage profond (secteurs de prospection I et Ib, commune de Maizières)
- 2) Exploration du site de Pont de Colombe (secteurs II, commune de Jouey et IIb, commune d'Arnay le Duc)
- 3) Exploration des sites de Blangey-Bas (secteurs III et IV, commune de Jouey).

5 - PROSPECTION GEOCHIMIQUE DES GAZ DES SOLS (RADON)

(cf. situation annexe 4.1)

5.1 - PRINCIPE DE LA MESURE

Le dosage du radon, émanant du sous-sol, mis au point pour la recherche d'Uranium, est nouvellement utilisé par le BRGM pour la recherche d'eau thermo-minérale ou froide douce dans les milieux granitiques.

La détection géochimique du gaz Radon, qui est un émetteur très énergétique, s'effectue avec des méthodes d'analyse particulièrement sensibles.

Ce gaz rare, de période relativement courte (3, 8 jours), doit sa mobilité au mouvement de l'eau dans le sous-sol.

La présence de failles actives augmente la perméabilité du sous-sol et facilite la migration du radon. On pourra donc visualiser les zones plus conductrices de radon en prélevant des échantillons de la phase gazeuse du sol et en établissant des cartes d'isoconcentration. La technique de prélèvement est figurée ci-après à l'annexe 4.2, et la mesure de radon effectuée dans des chambres de scintillation, et les teneurs en Radon sont ensuite recalculées.

5.2 - TRAITEMENT DES RESULTATS

Un traitement informatique des teneurs mesurées permet de visualiser et de synthétiser les informations recueillies sous la forme d'une carte couleur.

Cette procédure, entièrement automatisée, se déroule en exécutant les phases suivantes : numérisation, saisie des données et traitement.

Numérisation :

- les informations (routes, rivières, localités, courbes de niveau...) permettant de se repérer sur la carte, sont saisies sur une table à numériser et stockées dans des fichiers auxquels on associe une épaisseur et un type de trait, ainsi qu'une couleur,
- le numéro et la position des prélèvements sont saisis de manière identique sur la table à numériser.

Saisie des données :

Les données (teneurs mesurées) sont introduites en conversationnel, elles sont associées à un numéro de prélèvement.

Traitements graphiques :

Ce traitement consiste à superposer :

- le fond de carte digitalisé
- la position et les numéros des prélèvements,
- les courbes d'isoteneurs obtenues par interpolation.

Le logiciel LUCAS est mis en oeuvre pour réaliser ce traitement.

5.3 - CONSISTANCE DES TRAVAUX

On a effectué 56 points de mesure en période sèche, les 09 et 10/02/89. Ces points ont été d'abord disposés sur l'ensemble des secteurs retenus par l'étude du contexte géologique structural (secteurs I et Ib, cf. § 4.5) selon une maille de 50x50m.

Les prélèvements ont été analysés au fur et à mesure, après un temps d'absorption de 3 à 8h. Les teneurs en Radon mesurées sont exprimées en picoCuries/litre (pCi/l).

5.4 - PRESENTATION DES RESULTATS

Un tableau de mesures et une carte en couleur des isoteneurs des sols en radon sont présentés dans les annexes 4.3 et 4.4. Sur cette carte, l'implantation des points de mesure est figurée par des croix.

Les teneurs les plus élevées peuvent correspondre à des lieux de plus forte fissuration et de circulation d'eau plus importantes et seront a priori plus favorables à l'implantation d'un forage profond de recherche d'eau thermale.

5.5 - COMMENTAIRES DES RESULTATS (cf. annexes 4 et 5)

On note sur la carte de l'annexe 4.4 deux zones d'anomalies correspondant à des teneurs en radon supérieures à 1500 picoCuries/litre (par rapport à un bruit de fond inférieur à 500 pCi/l), se manifestant au sein du microgranite :

- zone principale de la source romaine et des bâtiments du Parc thermal marquée par les points de mesures n°5 (2968 pCi/l), 1 (2202 pCi/l), 11 (2005 pCi/l), 3 (1503 pCi/l), 2 (1453 pCi/l) et 7 (1087 pCi/l)
- zone secondaire, à environ 100m au Nord-Est marquée par le seul point n°13 (2053 pCi/l).

La première est encadrée par le contact microgranite-volcanites et par une photofracture (indice de fracture repéré par photogéologie et télédétection) N 150.

La seconde est proche d'une photofracture N170.

Ces zones ont des axes d'allongement orientés respectivement N110 et N120. Elles ne présentent apparemment pas de dissymétrie qui serait en relation avec une inclinaison des fractures. Ces dernières seraient probablement subverticales.

6 - PROSPECTION GEOPHYSIQUE

La reconnaissance géophysique avait pour objet :

- d'identifier la fracturation des terrains en profondeur, susceptible d'être liée aux venues d'eau thermale et pouvant se traduire sur le paramètre de conductivité électrique des terrains,
- afin de pouvoir comparer les résultats aux indices obtenus en surface (photofractures, anomalies de teneurs en radon des gaz des sols).

Elle a porté sur le secteur I, de la source Romaine, en rive droite de l'Arroux, correspondant à des terrains microgranitiques passant par faille, au Sud-Ouest, à des volcanites.

6.1 - METHODES UTILISEES

On a mis en oeuvre deux méthodes de prospection faisant appel au paramètre conductivité électrique des terrains, en mesurant ses variations le long de profils recouvrant les indices de surface d'orientation principale nord-ouest/sud-est :

- Méthode électromagnétique VLF (Very Low Frequency)/mode inclinaison :
 - . utilisant les ondes électromagnétiques de très basses fréquences (envoyées à travers l'écorce terrestre vers les sous-marins) des émetteurs F.U.O, 15,1 KHz (Chateauroux) et le cas échéant G.B.Z (Ecosse)
 - . et permettant une profondeur d'investigation des 40 premiers mètres du sous-sol
 - . le principe étant de mesurer les variations de l'inclinaison du champ magnétique dû aux terrains conducteurs, ou angle d'inclinaison sur l'horizontale du grand axe de l'ellipse de polarisation du conducteur (cf. détails annexe 5.2), les valeurs maximales fournissant des anomalies attribuables à un passage fissuré ou altéré
 - . la méthode étant bien adaptée pour détecter le passage d'accidents subverticaux.

- Méthode des mesures de résistivité, par trainé électrique :

- . utilisant le dispositif rectangle avec deux électrodes d'injection de courant A et B de longueur constante, les mesures de résistivité étant effectuées entre deux électrodes de réception M et N de longueur constante ;
- . le principe de la méthode étant de fournir les variations de faciès géo-électrique : plus les résistivités mesurées sont élevées plus elles se rapprochent de celle du microgranite sain (1000 à 2000 ohm-m et plus) ; à l'inverse plus elles sont faibles (et ce sont les anomalies que l'on recherche), et plus le microgranite est conducteur donc fissuré ou fracturé ou plus l'épaisseur de son altération est importante
- . on a réglé la profondeur d'investigation (distance $\frac{AB}{2}$) vers 350m, pour encadrer largement la profondeur de pénétration souhaitable pour un forage d'eau thermale en terrains cristallins fissurés (150 à 200m) pour obtenir les meilleurs débit et température.

6.2 - MOYENS MIS EN OEUVRE

Personnel : 1 géophysicien

2 manoeuvres

Matériel : 1 appareil SYSCAL VLF BRGM

1 résistivimètre SYSCAL R2 et matériel annexe

1 véhicule

6.3 - TRAVAUX REALISES

Les opérations se sont déroulées sur le terrain les 05/05/89 et 17/05/89.

Mesures VLF

Trois profils parallèles au chemin départemental D17K ont été réalisés pour recouper le contact microgranite-volcanites, les photofractures et les deux zones d'anomalies de teneurs en Radon :

Profil P1 : entre le chemin départemental et l'Arroux, sur 160 m avec 9 mesures (pas de 20m), à l'aide de l'émetteur F.U.O.

Profil P3 : à 8m au Nord-Ouest du bâtiment situé derrière l'Etablissement thermal, sur 110m avec mesures au pas de 10m, en utilisant à la fois les émetteurs F.U.O (12 mesures) et G.B.Z. (12 mesures).

Profil P4 : à 30 m au Nord-Ouest de P3, sur 140m avec 15 mesures (pas de 10m), à l'aide de l'émetteur F.U.O

soit au total 410m de profils et 48 mesures.

Un autre profil (P5) a également été effectué à 80m au Nord-Ouest de P4.

Mesures de résistivité

Les profils P1 et P3, présentant des anomalies VLF et encadrant bien la source Romaine et les deux zones d'anomalies de teneurs en Radon, ont été repris en mesures de résistivité, et élargis, soit des longueurs de :

P1 : 260m, avec 27 mesures (pas de 10m)

P3 : 200m, avec 21 mesures (pas de 10m).

Un profil complémentaire P2 a été mis en oeuvre entre P1 et P3, à 15m au Sud-Est de la source Romaine, sur une longueur de :

P2 : 240m, avec 25 mesures (pas de 10m)

soit au total 700m de profils, avec 73 mesures.

6.4 - RESULTATS

Les résultats sont détaillés à l'annexe 5.1, avec :

- les mesures des profils VLF sur la Fig. 1
- les mesures des profils de résistivité sur la fig. 2
- l'implantation des profils, et des anomalies obtenues, sur la carte de la fig. 3, sur laquelle on a reporté également les photofractures, les anomalies Radon et le contact microgranite-volcanites.

On note sur chaque profil les anomalies suivantes, du Sud/Sud-Ouest au Nord/Nord-Est :

- Profil P1 : - une anomalie VLF au droit du contact du microgranite et des volcanites
- puis à 15m et 110m au Nord/Nord-Est respectivement deux anomalies de résistivité principales, la première au droit de la source Romaine, la deuxième au-delà du portail d'entrée du parc thermal
- Profil P2 : - une anomalie de résistivité principale à 15m à l'Est de la source Romaine
- une anomalie de résistivité secondaire au-delà du portail d'entrée
- Profil P3 : - une anomalie de résistivité secondaire, superposée à une anomalie VLF, d'origine artificielle (conducteur métallique), à proximité des bâtiments
- une anomalie de résistivité principale, en face du portail d'entrée
- Profil P4 : - une anomalie VLF au droit du contact microgranite-volcanites.

(pour mémoire Profil 5, de prospection VLF : absence d'anomalie)

6.5 - COMMENTAIRES DES RESULTATS

On note les relations suivantes entre les anomalies de résistivité (faibles résistivités relatives) et VLF d'une part, la photofracturation, le contact microgranite-volcanites et les zones d'anomalies de teneurs en Radon d'autre part :

Anomalies VLF :

Les anomalies VLF des profils P1 et P4, ainsi que l'anomalie de résistivité sud (secondaire) de P3, soulignent le contact microgranite-volcanites.

Anomalies de résistivité :

- Trois anomalies principales, des profils P1 (Sud), P2 (Sud) et P3 (Nord), s'alignent suivant une direction d'orientation voisine de :
 - . l'axe de la zone principale d'anomalie des teneurs en Radon, qu'elle recoupe à quelques mètres du point de mesure Radon n°1, mais s'éloigne à 20m au Nord du point de mesure Radon n°5

- . la photofracture la plus proche.
- L'anomalie nord (secondaire) du profil P2 prolonge une photofracture proche du point de mesure Radon n° 13, et passe à 20m au Sud de celui-là.
- L'anomalie principale nord de P1 serait plutôt due à un épaississement de sédiments argileux, colluviaux, recouvrant le socle.

7 - SITES PROPOSES POUR DES FORAGES DE RECHERCHE D'EAU THERMALE

La synthèse des études et prospections réalisées (contexte géologique et structural, prospections géochimique et géophysique), indique trois sites possibles pour implanter des ouvrages de reconnaissance, classés par ordre de priorité selon l'importance des indices observés :

- n°1 = sur le point de mesure Radon n°1, ou à proximité est :
en effet, ce point de teneur importante en radon est proche du croisement de l'axe de la zone principale d'anomalie des teneurs en radon et d'un alignement d'anomalies principales de résistivité
- n°2 = sur le point de mesure Radon n°5 :
ce point correspond à la teneur maximale en radon mesurée et est proche d'une anomalie principale de résistivité
- n°3 = sur le point de mesure Radon n°11, ou à proximité ouest :
ce point correspond à une teneur importante en Radon, et est proche d'une photofracture.

8 - ZONE D'INFLUENCE ET MESURES DE PROTECTION DE LA SOURCE THERMALE DE MAIZIERES

8.1 - BASSIN D'ALIMENTATION

La zone d'alimentation météorique de la source thermale de Maizières est éloignée d'au moins une dizaine de kilomètres de la station thermale, en direction de l'intérieur du Morvan, vers le

Nord-Ouest. Les eaux s'infiltrent par les fissures du socle hercynien jusqu'à de grandes profondeurs (plusieurs milliers de mètres) avant de remonter en surface en se refroidissant, après un temps de circulation important, de plus de 25-30 ans. Le modèle de circulation proposé est donné par le schéma de l'annexe 6.1.

8.2 - ZONE D'INFLUENCE ET PERIMETRE DE PROTECTION DE LA SOURCE ROMAINE

Dans le secteur de la source Romaine, on a noté des indices possibles de venues d'eau thermale sous forme de teneurs plus élevées (anomalies) des sols en gaz Radon en certains points (points de mesures n°5, 13, 11), dont le plus éloigné (n°13) se situe à 125m au Nord-Est de la source. Par ailleurs on note l'absence de tels indices en bordure rive droite de l'Arroux, et au-delà de cette rivière.

Le périmètre de protection de la source devrait tenir compte :

- de ces résultats
- de la structure de la zone entourant la source, en noeud de failles avec des indices de fractures (photofractures) dans plusieurs directions, indiquant une zone d'influence circulaire centrée sur la source Romaine.

Il devrait donc avoir un rayon d'environ 150m, tout en s'arrêtant à la berge de l'Arroux.

On rappelle que le périmètre de protection est fixé par D.I.P. (déclaration d'intérêt public) pour protéger les sources thermales de la réalisation incontrôlée de forages dont l'exploitation serait susceptible d'altérer leur débit, en soumettant ceux-là à l'autorisation de l'Administration.

8.3 - PERIMETRE SANITAIRE D'EMERGENCE

La source thermale est dépourvue de périmètre sanitaire d'émergence. Ce périmètre, le plus souvent de plusieurs dizaines de mètres de rayon autour des sources thermales, vise à protéger celles-là des infiltrations au droit des bâtiments et réseaux sanitaires. Il est déterminé sur demande par l'Administration qui fixe son étendue nécessaire et les contraintes afférentes.

9 - CONCLUSIONS

Le captage de la source Romaine peu profond (4,60m), et exploité actuellement pour 3 m³/j peut fournir un débit maximum de 6 m³/H à 16°C, la qualité de l'eau restant alors dépourvue de contamination bactériologique, et présentant des caractéristiques physico-chimiques d'eau profonde un peu plus prononcées.

Il présente un bon état interne, mais est en relation hydrodynamique avec ses deux puits annexes dont l'eau est un mélange d'eau thermale et d'eau banale froide contaminée par les nitrates.

Ces résultats incitent à réaliser un captage moderne profond pour obtenir les meilleures débit et température, et une bonne étanchéité à l'égard d'eaux souterraines banales froides circulant près de l'hôtel et de son système d'assainissement par drains filtrants enterrés.

L'eau thermale de la source Romaine présente un faciès principalement chloruré et bicarbonaté sodique calcique et potassique avec une minéralisation notable de 7.24 g/l. Sa teneur importante en lithium indique une température élevée de l'eau en profondeur, ce qui implique une circulation très profonde.

Le modèle de circulation serait caractérisé par une ancienne (plus de 25-30 ans), d'origine météorique sur le Morvan et ayant circulé à des profondeurs de plusieurs milliers de mètres où elle a atteint des températures élevées (environ 200°C). L'échauffement de l'eau se produirait par convection en liaison avec la proximité du dôme mantellique de l'Auvergne.

Le suivi de la qualité de la source Romaine au cours du temps indique pour ses caractéristiques physico-chimiques d'assez faibles variations, dont la périodicité, pluriannuelle, devrait être précisée par une fréquence plus élevée de mesures, tout au moins de la conductivité et de la température.

L'inventaire des points d'eau souterraine, les études et prospections réalisées permettent de classer 3 sites et d'en proposer 2 pour

l'implantation de forages profonds de recherche d'eau thermale, en considérant les anomalies de concentration des gaz des sols en radon, de résistivité électrique des terrains, le contact microgranite-volcanites et les indices de fractures vues par photogéologie et télédétection. Ces dernières sont probablement subverticales. Les forages devront viser une profondeur de 150 à 200m.

La présence d'indices possibles de venues d'eau thermale à 125m de la source Romaine et la structure en fractures multidirectionnelles passant par la source incite à proposer pour celle-là un périmètre de protection de 150m de rayon.

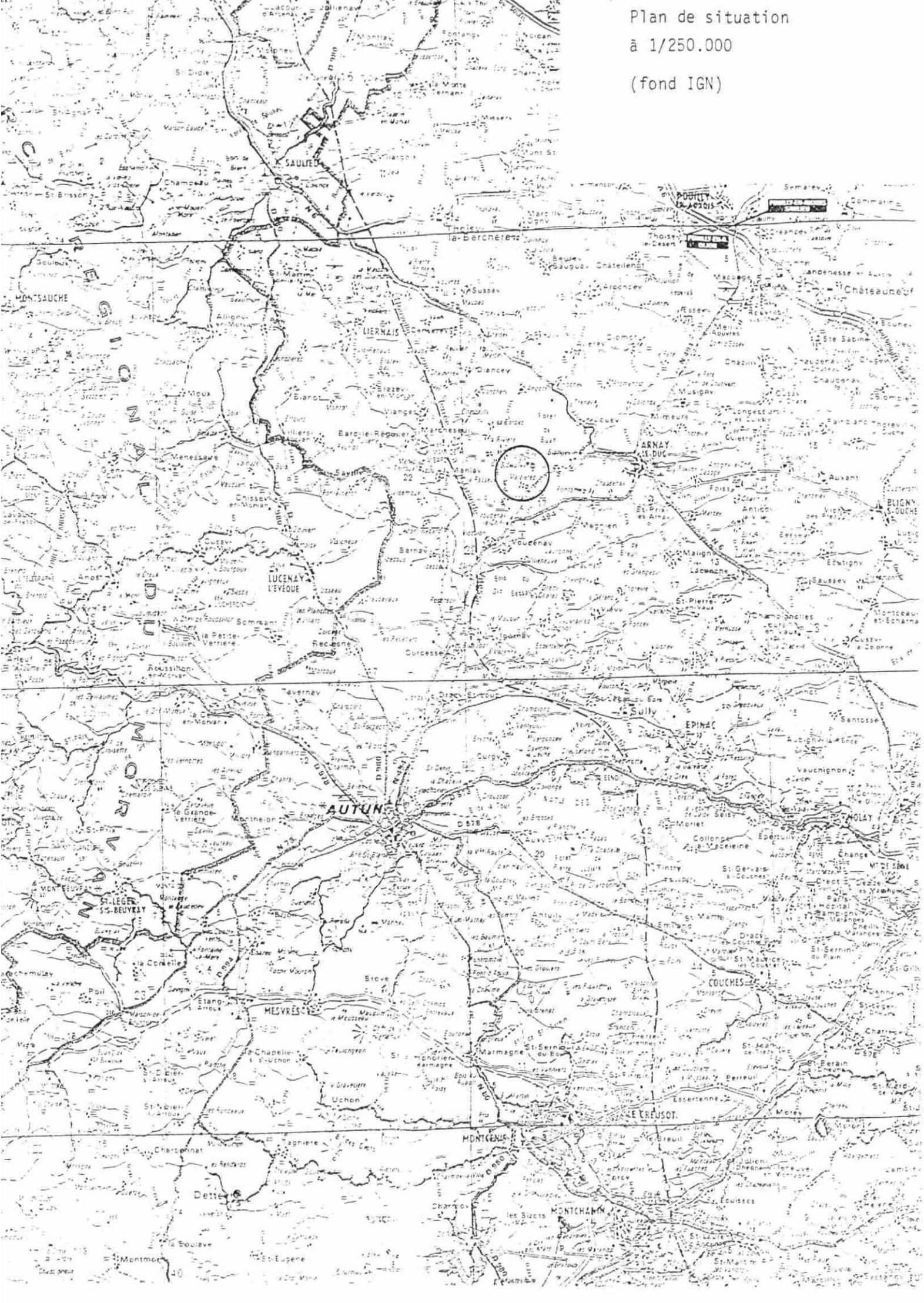
Table des Annexes

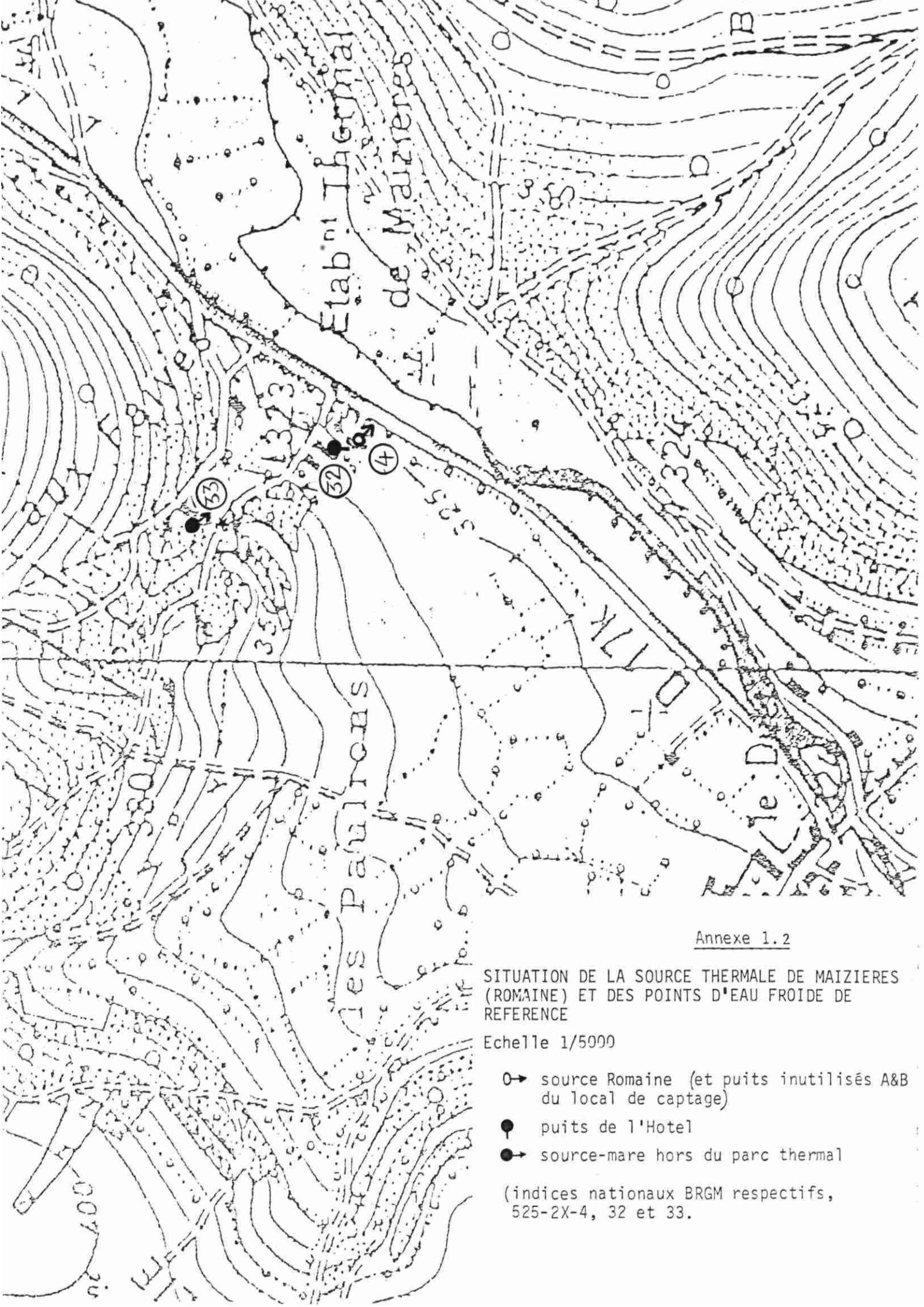
- Annexe 1 - Plans de situation
1.1 - Plan à 1/250.000
1.2 - Situation de la source thermale de Maizières (Romaine)
et des points d'eau froide de référence
- Annexe 2 - Inventaire et identification des eaux souterraines dans le secteur de la source thermale de Maizières
2.1 - Carte de la qualité globale des eaux souterraines avec esquisse piézométrique
2.2 - Diagrammes de qualité :
. feuillet n°1 = conductivité-température
. feuillet n°2 = conductivité-chlorures et température-chlorures
. feuillet n°3 = pH-chlorures et Eh-chlorures
2.3 - Analyses chimiques comparées de la source Romaine, des puits adjacents et des eaux banales froides
2.4 - Evolution de la qualité physico-chimique de la source Romaine au cours du temps
- Annexe 3 - Contexte géologique et structural
3.1 - Carte des indices de fracturation du secteur de Maizières
3.2 - Etude morpho-structurale par télédétection de la région de Maizières-Jouey
3.3 - Cadre géologique de la source thermale de Maizières
- Annexe 4 - Prospection géochimique du secteur de la source Romaine et de son vis à vis au-delà de l'Arroux
4.1 - Méthode de prélèvement des gaz des sols
4.2 - Résultats des mesures de la teneur en Radon des gaz des sols
4.3 - Eléments statistiques et choix des tranches d'isoteneurs en radon pour leur représentation cartographique
4.4 - Carte des isoteneurs des gaz des sols en Radon (isovaleurs en picoCuries par litre)
- Annexe 5 - Prospection géophysique du secteur de la source Romaine
5.1 - Essais géophysiques avec :
Fig. 1 - Profils en VLF (échelle 1/2500)
Fig. 2 - Profils de résistivité (échelle 1/1000)
Fig. 3 - Position des profils et des anomalies VLF et de résistivité
5.2 - Rappel du principe de la prospection électromagnétique VLF
- Annexe 6 - Alimentation et circulation des eaux thermales
6.1 - Coupe schématique des circulations thermales
6.2 - Carte régionale schématique du Morvan au dôme mantellique de l'Auvergne
- Annexe 7 - Plan récapitulatif
- des sites de forages de recherche d'eau thermale
- du projet de périmètres de protection de la source thermale de Maizières

ANNEXE 1

PLANS DE SITUATION

Plan de situation
à 1/250.000
(fond IGN)





Annexe 1.2

SITUATION DE LA SOURCE THERMALE DE MAIZIERES
(ROMAINE) ET DES POINTS D'EAU FROIDE DE
REFERENCE

Echelle 1/5000

○ → source Romaine (et puits inutilisés A&B
du local de captage)

● → puits de l'Hotel

● → source-mare hors du parc thermal

(indices nationaux BRGM respectifs,
525-2X-4, 32 et 33.)

ANNEXE 2

Inventaire et identification des eaux souterraines dans le secteur de la source thermale de Maizières

- 2.1 - Carte de la qualité globale des eaux souterraines avec
esquisse piézométrique
- 2.2 - Diagrammes de qualité
- 2.3 - Analyses chimiques comparées de la source Romaine, des
puits adjacents et des eaux bancales froides
- 2.4 - Evolution de la qualité physico-chimique de la source
Romaine au cours du temps

ANNEXE 2.1

Carte de la qualité globale des eaux souterraines
avec esquisse piézométrique (eaux moyennes à basses, le 29/11/1988)

521-1 : N° de la carte topo. Indice BSS

21 : N° BSS (525-1X-0021) des ouvrages souterrains

Points d'eau

- Eaux thermales (ascendantes)



4 captage de la source thermale de Maizières (Romaine)
4A, 4B puits A et B annexes

- Eaux banales froides

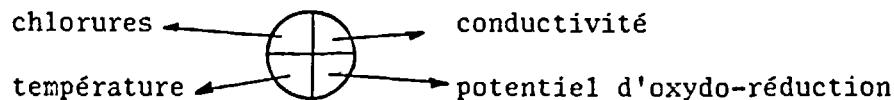


 source



puits

Qualité globale



	bleu clair	bleu foncé	vert	jaune	rouge
Chlorures (mg/l)	< 25	25 à 50	50 à 200	200 à 1000	> 1000
Conductivité (µS/cm à 20°C)	< 100	100 à 250	250 à 500	500 à 1000	> 1000
Température (d°C)	< 10	10 à 12	12 à 15	15 à 20	> 20
Potentiel d'Oxydo- réduction corrigé (mV)	> 400	400 à 300	300 à 200	200 à 100	< 100

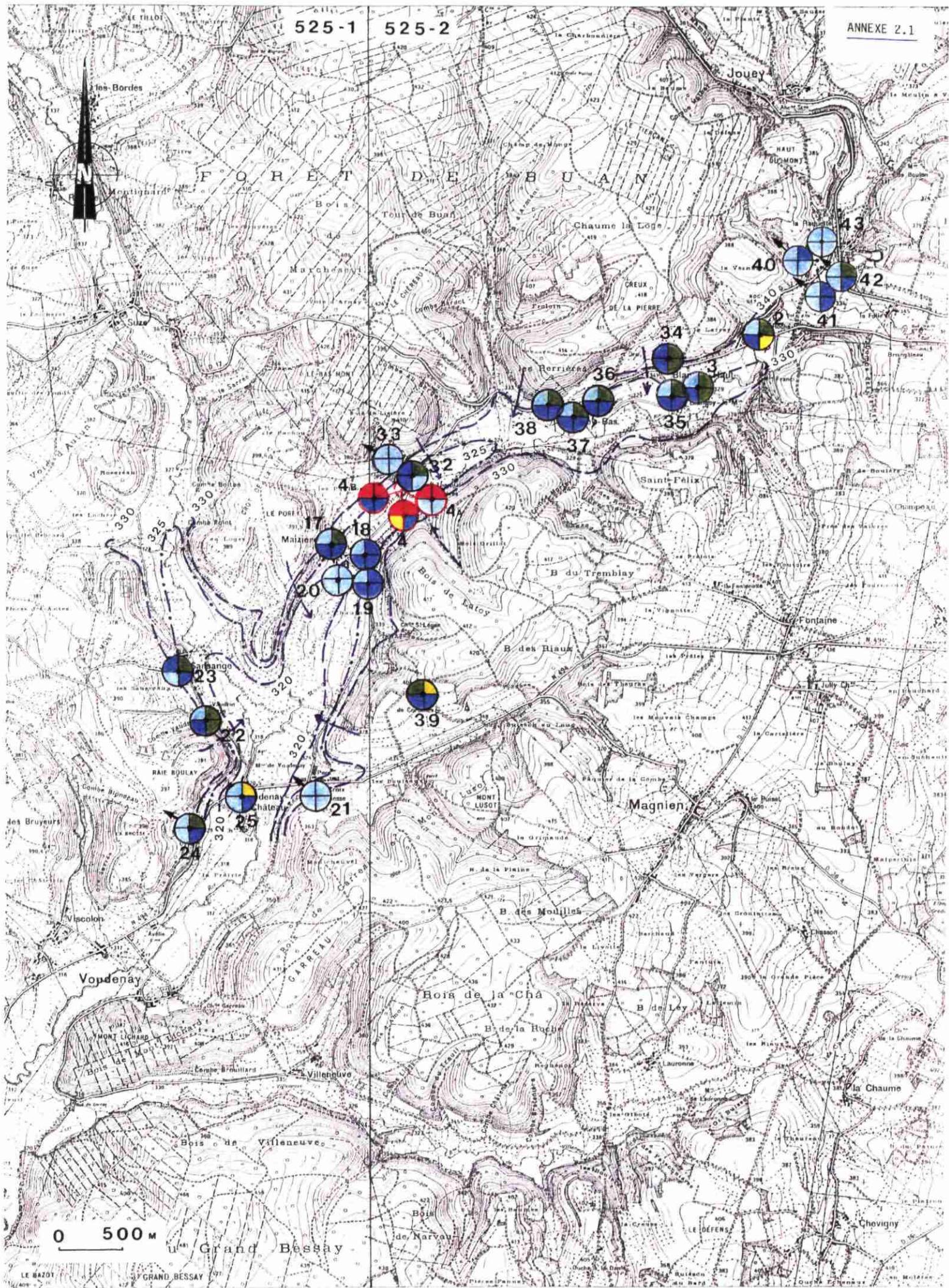
Esquisse piézométrique

Eaux froides (bleu)

325 - $\frac{1}{\downarrow}$ -
Eaux thermales (rouge)

320

courbes isopièzes (NGF)
approchées et direction
d'écoulement

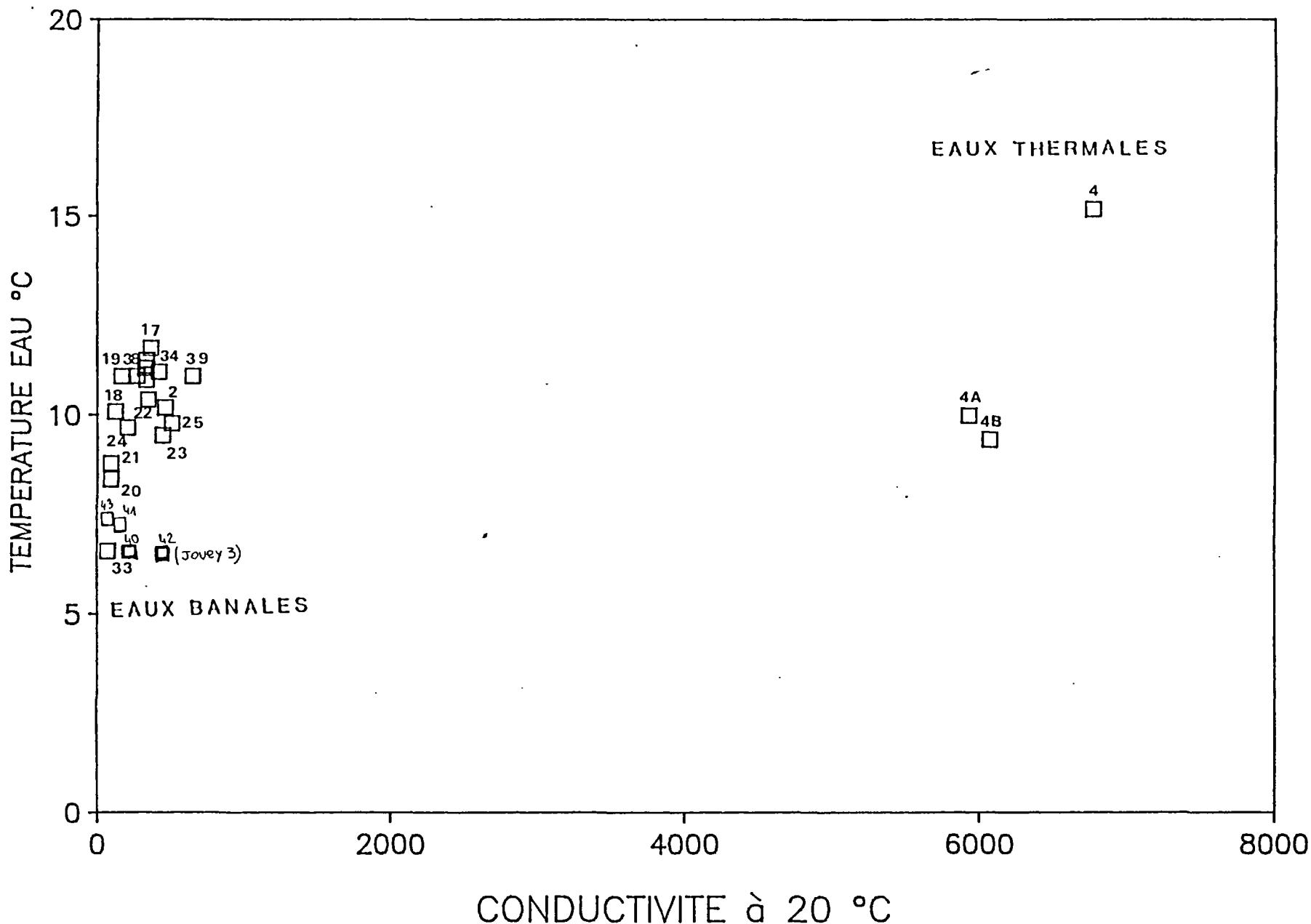


ANNEXE 2.2

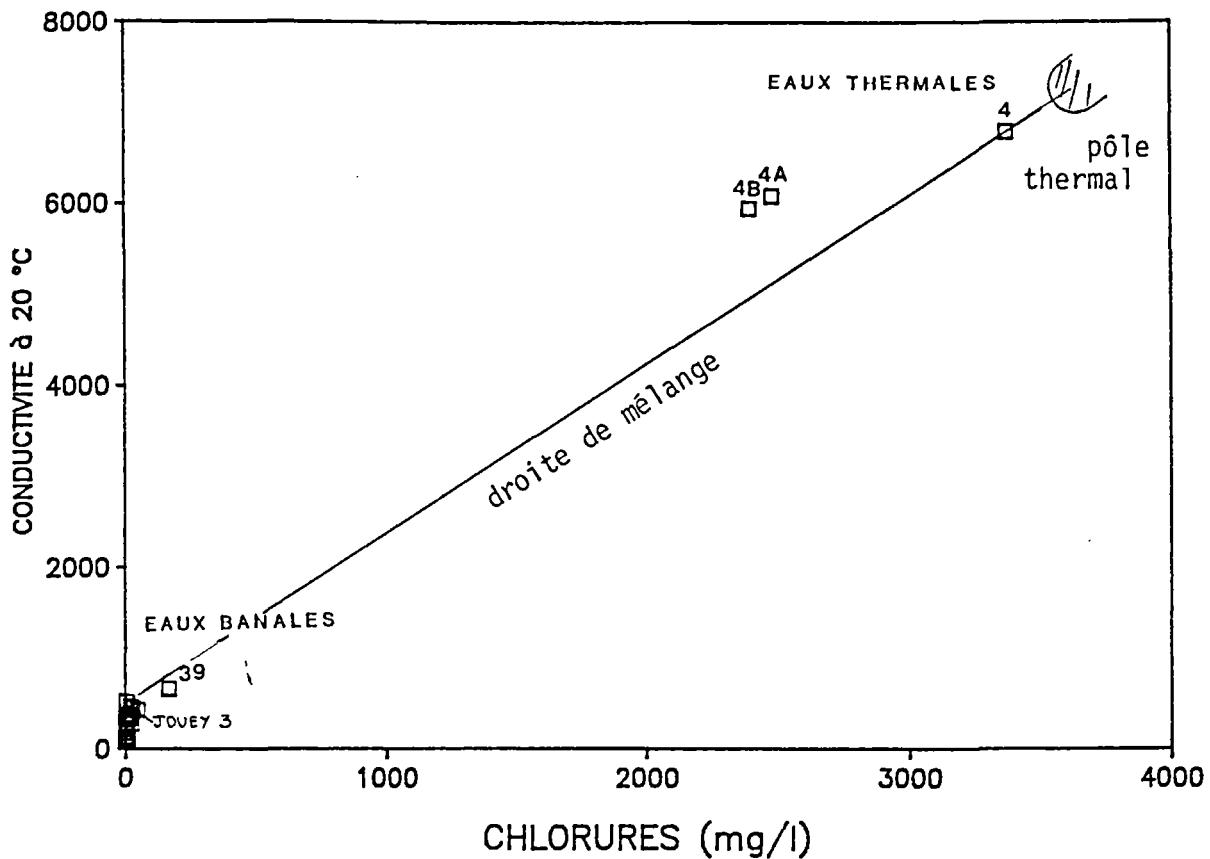
Diagrammes de qualité :

- feuillet n°1 : conductivité-température
- feuillet n°2 : conductivité-chlorures et températures-chlorures
- feuillet n°3 : pH-chlorures et Eh-chlorures

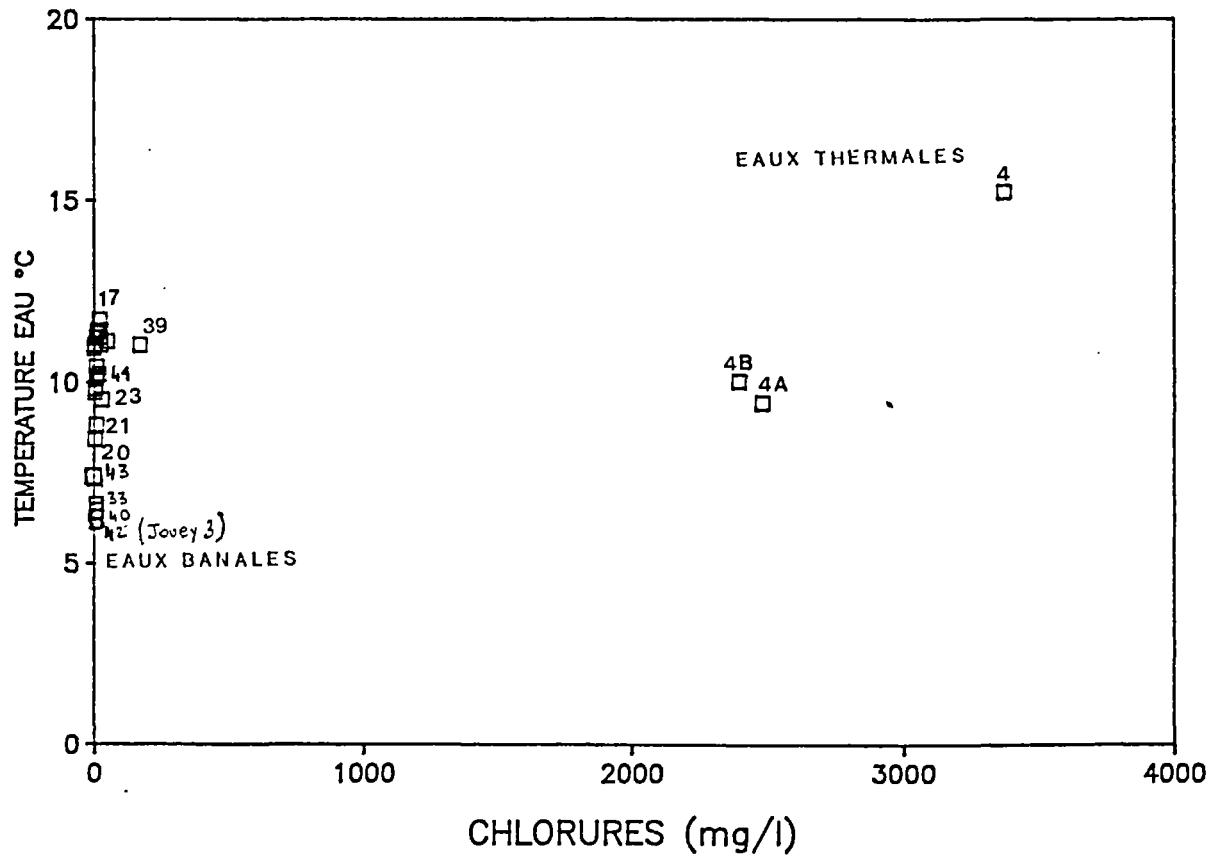
RELATION CONDUCTIVITE – TEMPERATURES



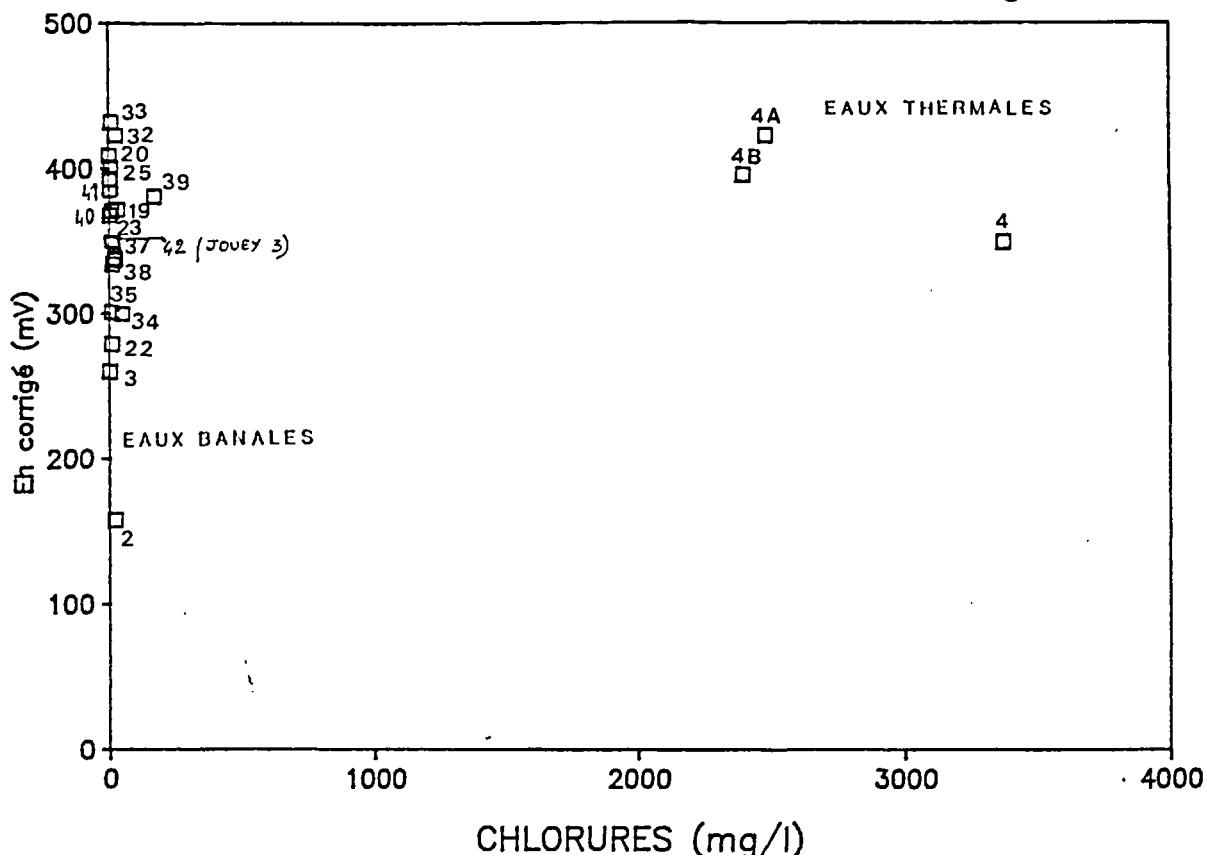
RELATION CHLORURES – CONDUCTIVITE



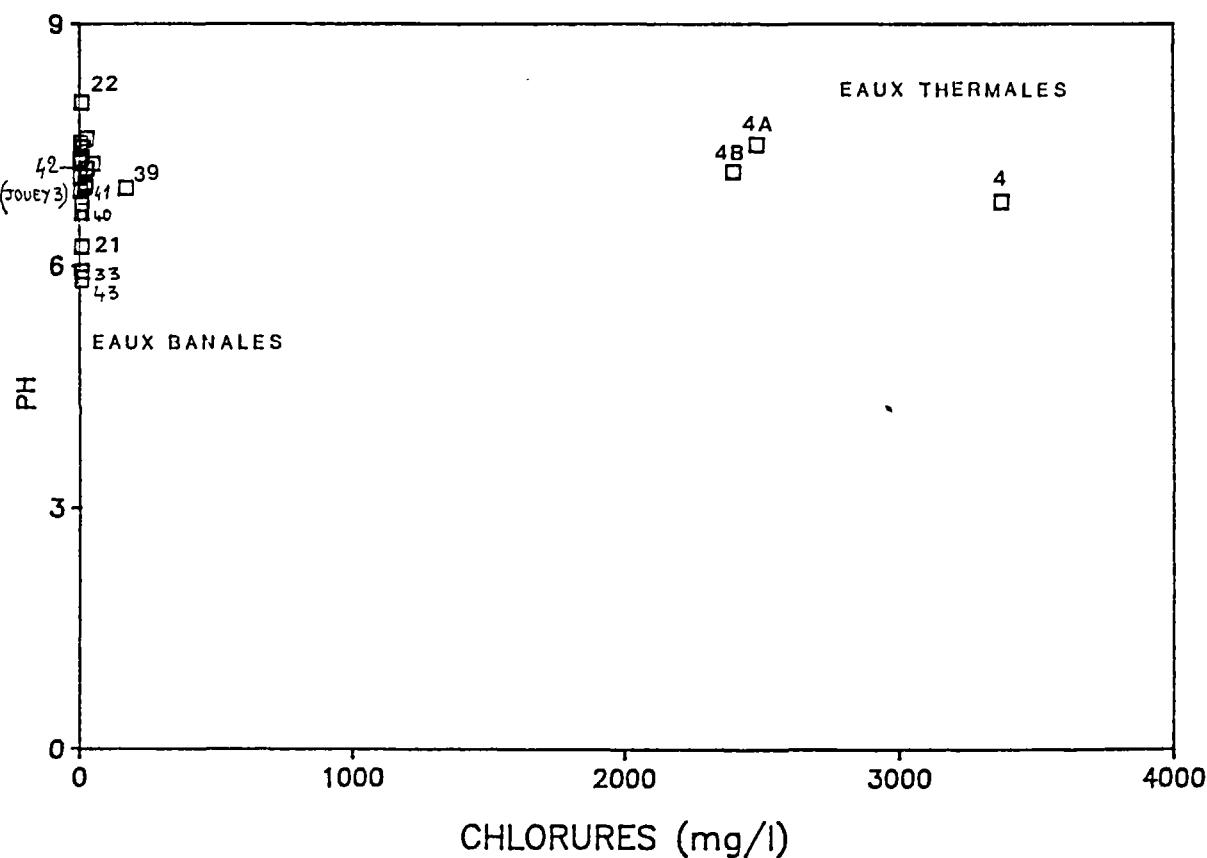
RELATION CHLORURES – TEMPERATURES



RELATION CHLORURES - Eh corrigé



RELATION CHLORURES - PH



ANNEXE 2.3

Analyses chimiques comparées de la source Romaine (SR),
des puits adjacents (A et B) et des eaux banales froides
(puits Hôtel et Berland)

(échantillons prélevés le 08/02/1989)

ainsi que des indices de l'ancienne source minérale de
Jouey/Haut du Mont - Pont de Colomne
(Jouey 3, échantillon prélevé le 15/03/1989)

- feuillets n° 1 et 2 : résultats bruts
- feuillets n° 2 et 3 : Diagrammes d'analyses comparatifs

Refer.	Ech.	No	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CL	SO ₄	NOS	NH4	F	PO ₄	SIO ₂	AL	FE
Refer.	Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	PPB
		BINF	0.2	0.2	0.1	0.3	6.	6.	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	20.
		BSUP	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.	10000.	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.

A	0001	275.0	11.5	1600.0	98.0	281.	<5.	2850.0	45.0	0.2	<0.1	3.6	<0.1	23.0	<0.1	<20.
B	0002	210.0	9.0	1150.0	76.0	226.	<5.	2120.0	35.0	9.0	<0.1	3.0	<0.1	23.0	<0.1	28.
SR	0003	310.0	13.3	1700.0	110.0	287.	<5.	3100.0	48.0	<0.2	0.5	3.4	<0.1	23.0	<0.1	180.
F. BEFLAND	0004	10.5	2.0	6.0	3.0	16.	<5.	8.5	5.3	25.0	<0.1	0.5	<0.1	18.0	0.1	180.
P. HOTEL	0005	31.0	2.5	20.5	4.5	120.	<5.	21.0	10.2	2.7	<0.1	1.2	<0.1	14.0	<0.1	<20.

Refer.	Ech.	No	NOS	MN	CD	CU	CN	B	CR	CO	H1	SR	AG	BA	LI	BR	I
Refer.	Ech.	UNIT	MG/L	PPB	PPB	PPB	PPB	MG/L	PPB	PPB	PPB	MG/L	PPB	MG/L	PPB	MG/L	PPB
		BINF	0.01	5.	5.	20.	5.	0.02	20.	20.	20.	0.01	5.	0.01	0.1	0.1	2.
		BSUP	10000.00	10000.	10000.	10000.	10000.	1000.00	10000.	10000.	10000.	10000.00	10000.	10000.00	10000.00	10000.	

A	0001	<0.01	78.	<5.	<20.	36.	2.80	<20.	<20.	<20.	11.20	<5.	0.21	13.4	13.2	29.
B	0002	<0.01	9.	<5.	<20.	<5.	2.10	<20.	<20.	<20.	8.50	<5.	0.14	13.8	9.1	15.
SR	0003	<0.01	1300.	<5.	<20.	81.	3.20	<20.	<20.	<20.	13.10	<5.	0.19	21.5	16.0	31.
F. BEFLAND	0004	<0.01	<5.	<5.	<20.	113.	<0.02	<20.	<20.	<20.	0.08	<5.	1.50	<0.1	<0.1	<2.
P. HOTEL	0005	<0.01	<5.	<5.	<20.	<5.	<0.02	<20.	<20.	<20.	0.24	<5.	1.11	<0.1	<0.1	<2.

† EDITION EN MILLIEQUIVALENTS/LITRE †

NMGA	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CL	SO ₄	NOS	NH4	NOS	F	PO ₄	B	SR
0001	13.72	0.95	69.56	2.51	-4.61	0.00	-80.37	-0.34	0.00	0.00	0.00	-0.19	0.00	-0.26	0.28
0002	10.48	0.74	50.00	1.94	-3.70	0.00	-59.73	-0.73	-0.15	0.00	0.00	-0.16	0.00	-0.19	0.19
0003	15.47	1.09	73.91	2.81	-4.70	0.00	-87.42	-1.00	0.00	0.03	0.00	-0.18	0.00	-0.30	0.30
0004	0.52	0.16	0.26	0.08	-0.26	0.00	-0.24	-0.11	-0.40	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
0005	1.55	0.21	0.89	0.12	-1.97	0.00	-0.59	-0.21	-0.04	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.01

† EDITION DE LA BALANCE IONIQUE †

NMGA	ANIONS	CATIONS	DIFFERENCE
0001	-86.36	86.99	0.73 %
0002	-64.71	63.36	2.14 %
0003	-93.60	93.62	0.02 %
0004	-1.04	1.03	1.35 %
0005	-2.68	2.76	4.10 %

INSTITUT D'HYDROLOGIE ET DE BIOLOGIE
DE BOURGOGNE

14, Avenue Victor Hugo 21000 DIJON

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE de 1^{re} CATÉGORIE

DE

TÉLÉPHONE 80.43.55.07

C. C. P. DIJON 34-88 E

Analyse N° ... 25 491

ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE

effectuée pour le compte de :

B.R.G.M.

DIJON 21000

Eau destinée à :

Origine de l'échantillon JOUEY 3 : indices d'une ancienne source minérale à Jouey, lieu-dit Haut du Mont / Pont de Colombe

Prélèvement du 15/3/89 à h. effectué par M. B.R.G.M. en présence de

parvenu au laboratoire le 15/3/89

Conditions atmosphériques : température extérieure, sécheresse, basses eaux, orages, pluies persistantes, crues.

Renseignements complémentaires :

A. — EXAMEN SUR EAU BRUTE :

Examen sur place	Examen au laboratoire	
	mg/l	mé/l
Aspect	LEGEREMENT LOUCHE	
Turbidité	2,5 FTU	
Couleur	VERDATRE	
Odeur	NULLE	
Savouer	NH ₃ H ₂	
Température (°C)	7,43	
pH	2 262	
Résistivité à 20° (ohm x cm)		
	mg/l	mé/l
Anhydride carbonique libre [CO ₂] ...	4,4	
Matière organique (en O) ...	7,5	
	mg/l	mé/l
Matières en suspension totales (mg/l) ...		
Passage sur marbre :		
	Avant	Après
Alcalinité SO ₄ H ₂ N/10	40	40
pH	7,43	7,84

	en degrés français	en mé/l
Dureté totale	29,5	5,9
Alcalinité à la phénolphthaleïne	0	0
ou Méthylorange	20	4

CATIONS

	mg/l de	mé/l		mg/l de	mé/l
Calcium	85	Ca	4,2	Carbonates	CO ₃
Magnésium	20,4	Mg	1,7	Bicarbonates	HCO ₃
Azote ammoniacal	0,53	NH ₄	0,02	Sulfates	SO ₄
Sodium	8	Na	0,34	Chlorures	Cl
Potassium	2,95	K	0,07	Azote nitrique	NO ₃
Fer	1,38	Fe	0,04	Azote nitréux	NO ₂
Manganèse	0,078	Mn		Silicates	SiO ₃
Aluminium ^{eu filtrée}	0,031	Al		Phosphates	P ₂ O ₅
Somme			6,37	Somme	6,36

$$\text{Rappel : } 1 \text{ mè} = 1 \text{ milliéquivalent} = \frac{\text{Masse d'un ion}}{\text{Electrovalence de cet ion}} = \frac{1}{1.000}$$

1 degré français = 0,2 mè.

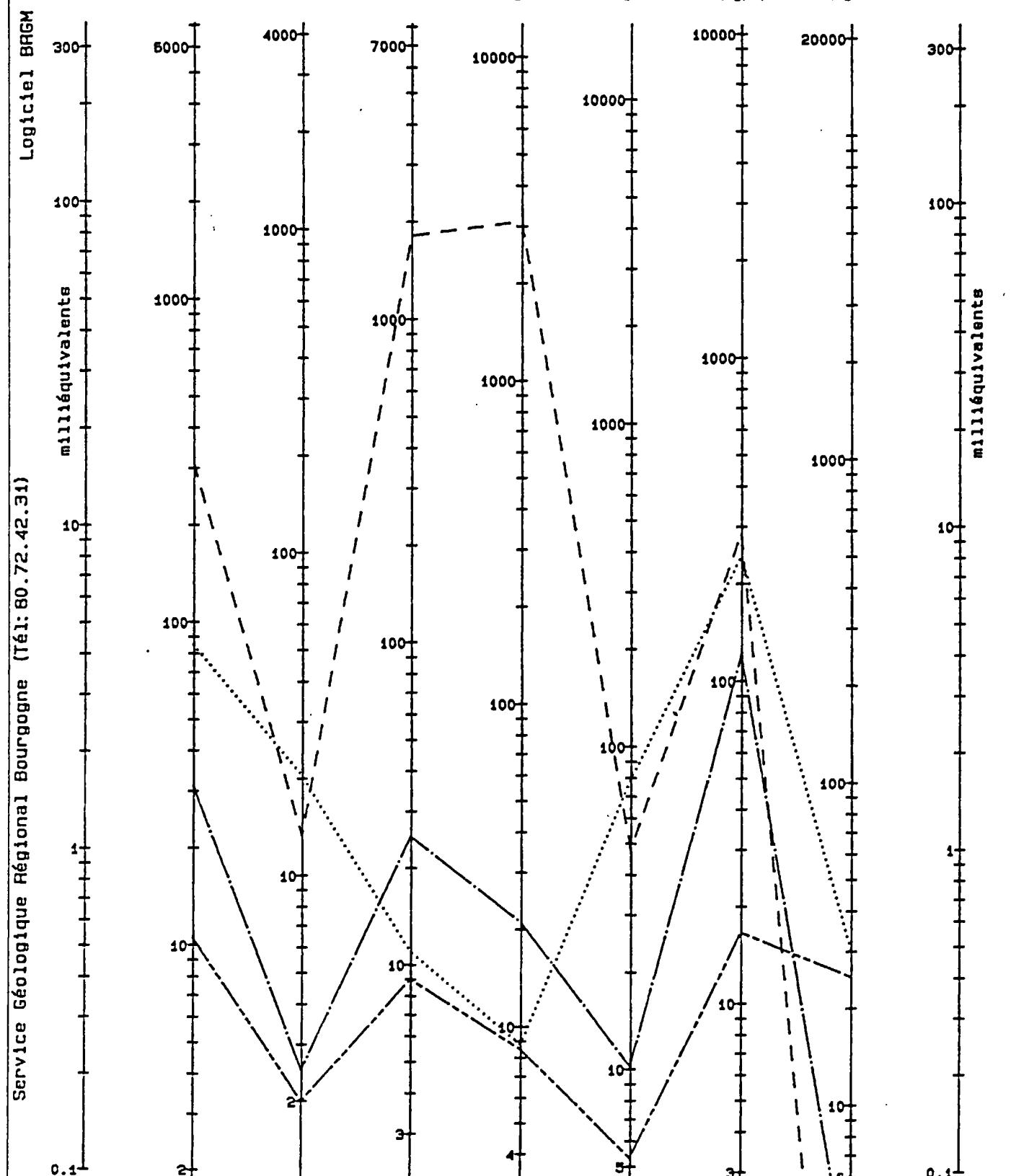
ALUMINIUM en mg/l sur eau brute : 5,950

CONCLUSIONS

DIJON le 30/03/89
Le Directeur du Laboratoire

N° classement	Désignation	Figuré	pH	Cond. ($\mu\text{si}/\text{cm}$)	Erreur balance (%)	
0525-2X-0004	ROMAIN	-----	7.2	8620	0.3	
0525-2X-0032	PHOTEL	-----	7.6	292	1.4	
0525-2X-0033	P BERL	-----	7.5	116	2.5	
0525-2X-0042	JOUEYS	.....	7.2	483		

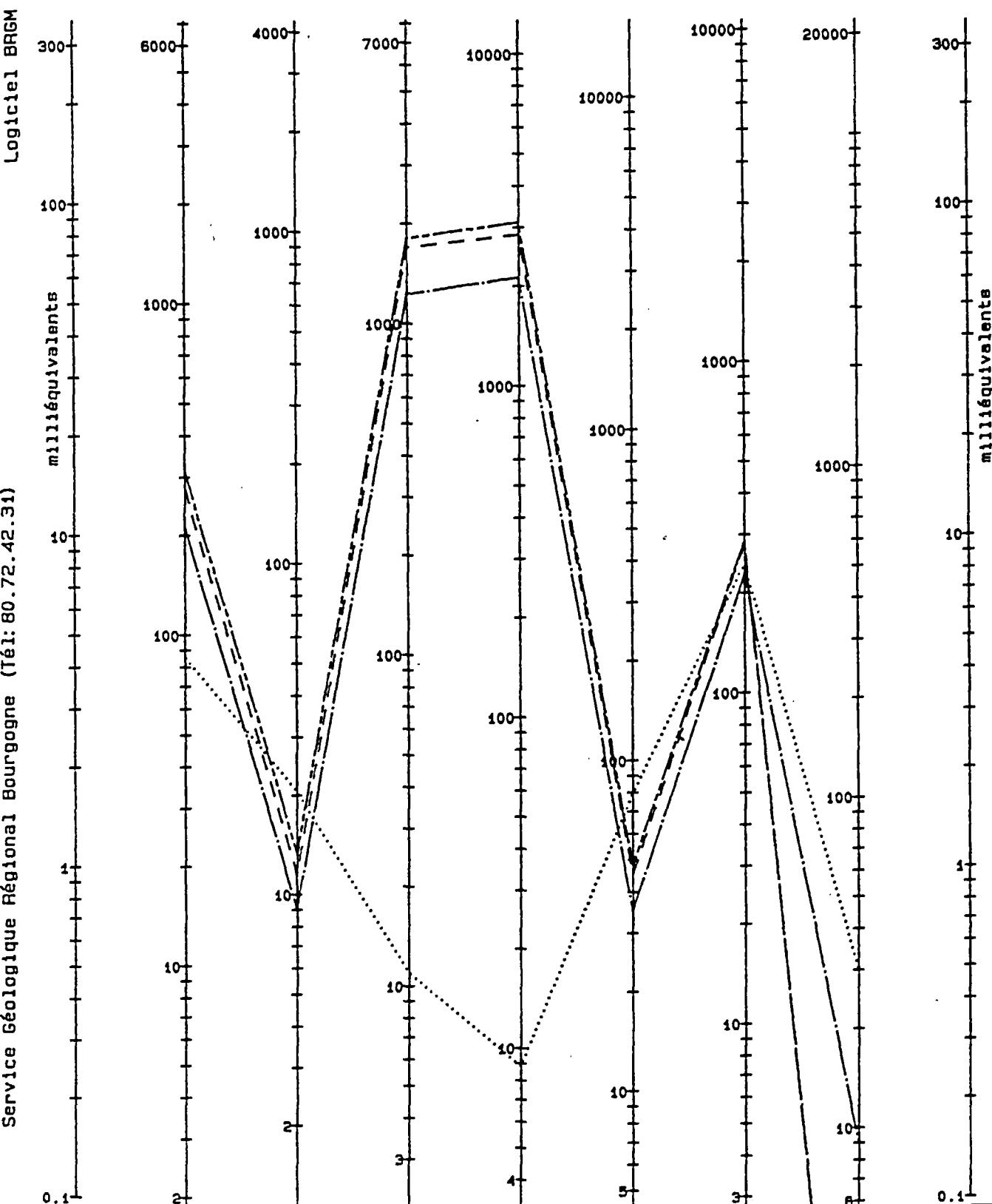
**DIAGRAMME
D'ANALYSES D'EAU
'SCHOELLER BERKALOFF'**



N° classement	Désignation	Figuré	pH	Cond. ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Erreur balance (%)	
0525-2A-0004	PUITSA	---	7.4	6070	1.1	
0525-2B-0004	PUITSB	—	7.1	5930	1.8	
0525-2X-0004	ROMAIN	- - -	7.2	8620	0.3	
0525-2X-0042	JOUHEY3	.....	7.2	483		

**DIAGRAMME
D'ANALYSES D'EAU
'SCHOELLER BERKALOFF'**

Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (mg/l)	NO_3^- (mg/l)
----------------------------	----------------------------	--------------------------------------	-------------------------	------------------------------	---	---------------------------



ANNEXE 2.4

Evolution de la qualité physico-chimique de la source Romaine au cours du temps (période 1950-1989) d'après les analyses du laboratoire de contrôle (1)

- feuillet n°1 : tableau récapitulatif des données, avec analyse statistique et rappel des données de référence
- feuillet n°2 : graphiques représentant l'évolution de la température, de la conductivité, de l'alcalinité et des teneurs en bicarbonates
- feuillet n°3 : graphiques représentant l'évolution des teneurs en sulfates et chlorures
- feuillet n°4 : tableau récapitulatif des analyses hydrochimiques de Mai 1933 et du 05/02/1890 (analyses de base de A.M.A.)
- feuillet n°5 : diagramme d'analyses de la source Romaine au cours du temps

(1) Institut d'Hydrologie et de Biologie de Bourgogne,
14 Avenue Victor Hugo - 21000 DIJON

EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES AU COURS DU TEMPS.
TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES

ANNEE	MOIS	T° EAU	COND.	ALCALINITE	HCO3-	SO4-	Cl-
		(°C)	(µS/cm)	(d° F)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
50	8	15	7440				
61	9	16	10173	47,8	291,53	55	4248
70	5		9705	45	274,5	45	3727
82	6	15,6	9259	46,4	263	57,5	3550
85	9	15	7774	46,4	263,04	49,5	3105
86	6	15	8228	46,4	263,04	31,5	3730
86	9	14,5	7936	42,8	261,6	48	3372
87	5	15	7936	45	274,5	39,5	3649
87	9	15,8	7462	42,8	261	20	3363
88	5	16,5	7462	45	274,5	17	3550
88	8	15	6329	45	274,5	57	3005
MINIMUM		14,5	6329	42,8	261	17	3005
MAXIMUM		16,5	10173	47,8	291,53	57,5	4248
ECARTS TYPES		,60	1078,82	1,51	9,09	14,00	333,49
MOYENNES		15,44	8209,73	45,26	276,15	42,00	3529,40
COEFF. VARIATION (%)		3,87	13,15	3,33	3,29	33,34	9,45
NOMBRES DE VALEURS		10	11	10	10	10	10

RAFFEL DES DONNEES DE REFERENCE

ANNEE	MOIS	T° EAU	COND.	ALCALINITE	HCO3-	SO4-	Cl-
		(°C)	(µS/cm)	(d° F)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
MAI 33 (1)		(15°5) (2)	(8138) (2)	45,9	277,5	55	4151,8
A.M.A. (3)		: 10	: (4358) (4)	42	256	15,4	2123,8

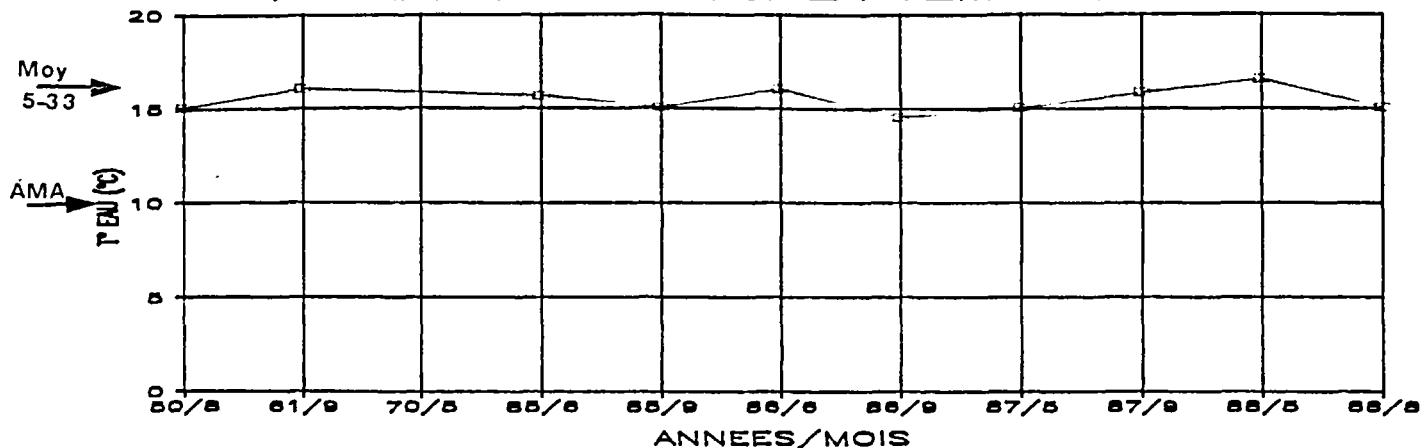
(1) Analyse liée à l'avis favorable des mines du 22/07/1947 pour la reprise de l'exploitation.

(2) Mesures in situ du 23/03/1982.

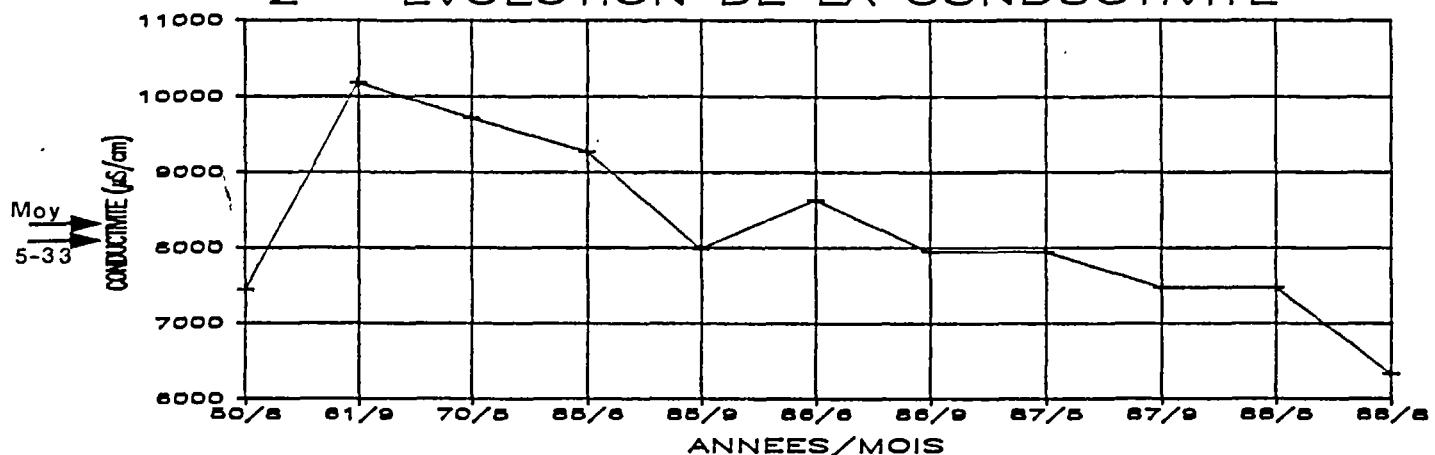
(3) Arrêté Ministériel d'Autorisation du 5/02/1950.

(4) Valeur reconstituée au prorata des minéralisations totales, par comparaison à l'analyse de Mai 1933.

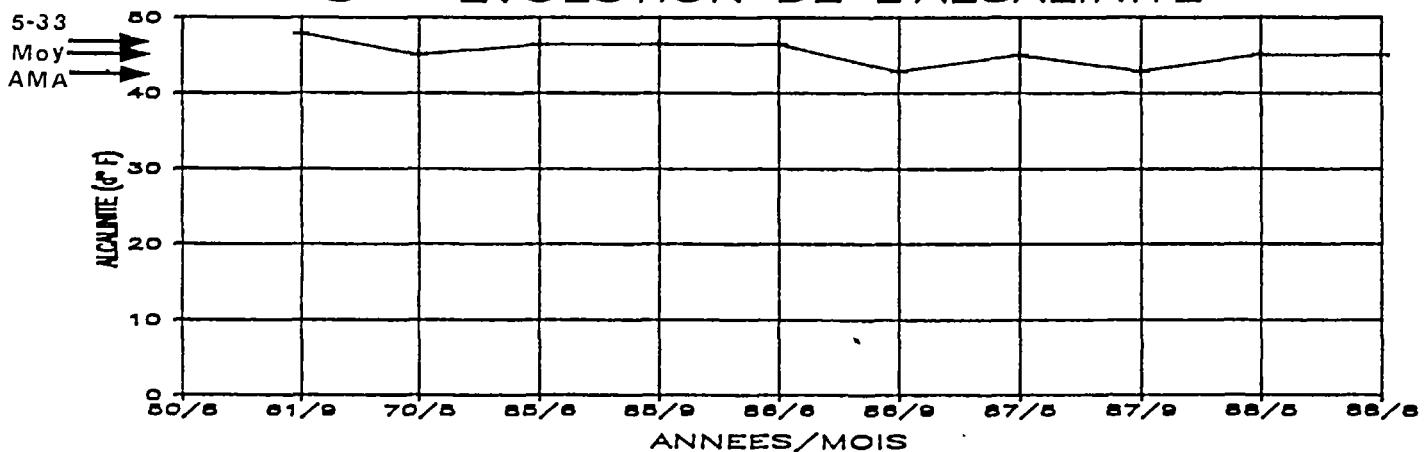
1 — EVOLUTION DE LA TEMPERATURE



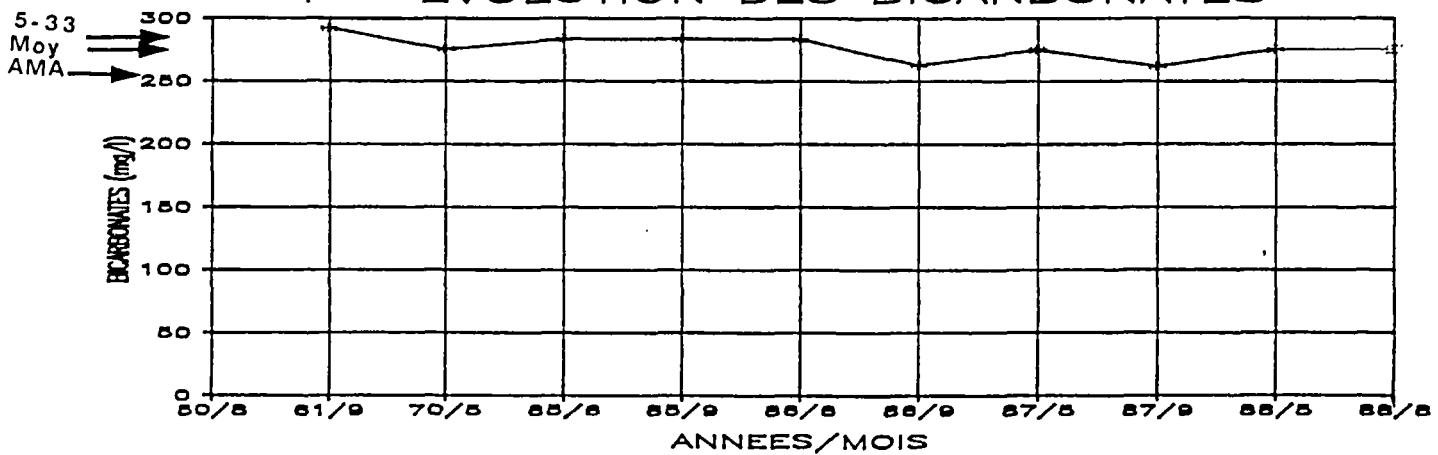
2 — EVOLUTION DE LA CONDUCTIVITE



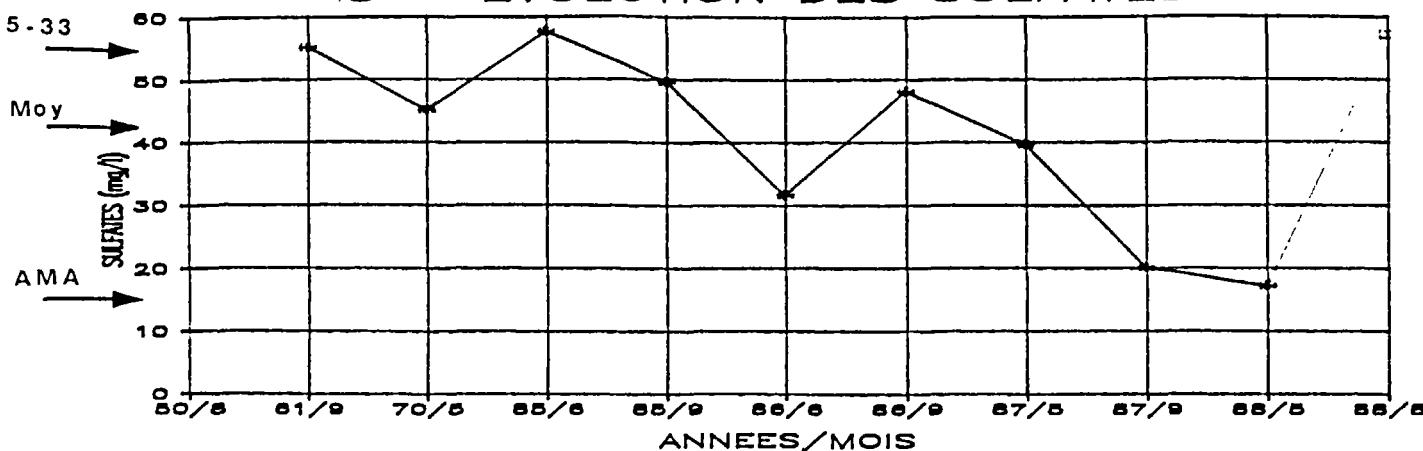
3 — EVOLUTION DE L'ALCALINITE



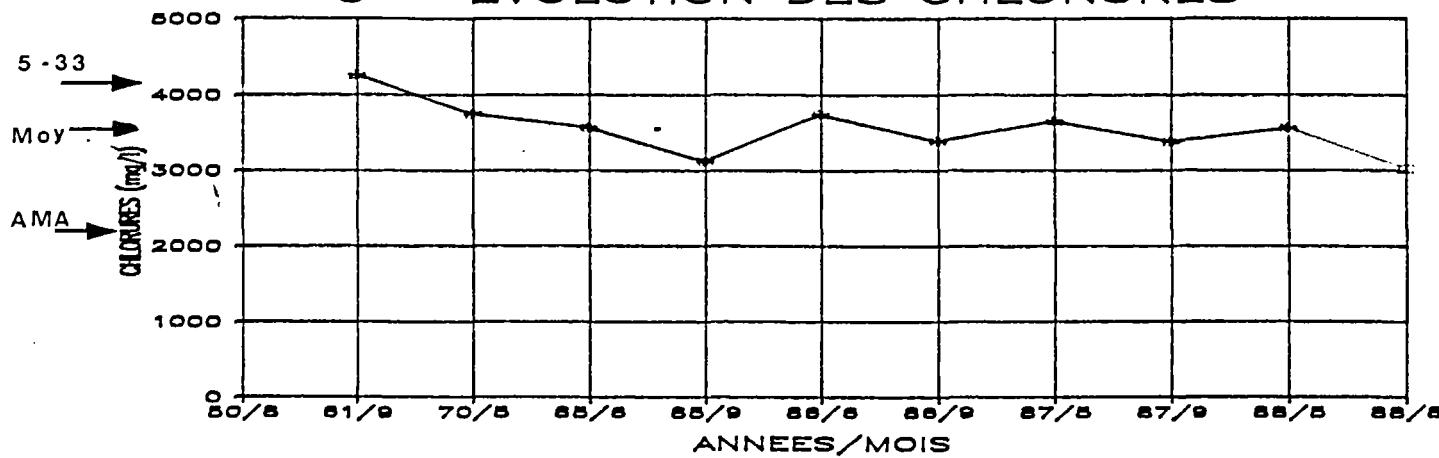
4 — EVOLUTION DES BICARBONATES



5 - EVOLUTION DES SULFATES



6 - EVOLUTION DES CHLORURES



TABLEAUX RECAPITULATIF DES ANALYSES HYDROCHIMIQUES DE MAI 1933 ET DU 05/02/1890.

2 - ANALYSE BASE DE A.M.A. DU 05/02/1890

(et figurant dans la bulletin de l'académie de médecine du 31/12/1890).

1 - SOURCE ROMAINE DE MAIZIERE. ANALYSE DE MAI 1933.

CATIONS		ANIONS	
	mg/l	me/l	
:Li+	24,4	3,52	:HCO3-
:Na+	2150	93,48	:Cl-
:K+	119,9	3,07	:SO4-
:Mg++	20,9	1,72	:SiO3--
:Ca++	420,5	21,03	:
:Fe++	1,1	:	:
:TOTAL	2736,8	122,86	:TOTAL
			4518,1
			123,68
MINERALISATION TOTALE: 7,254 g/l			

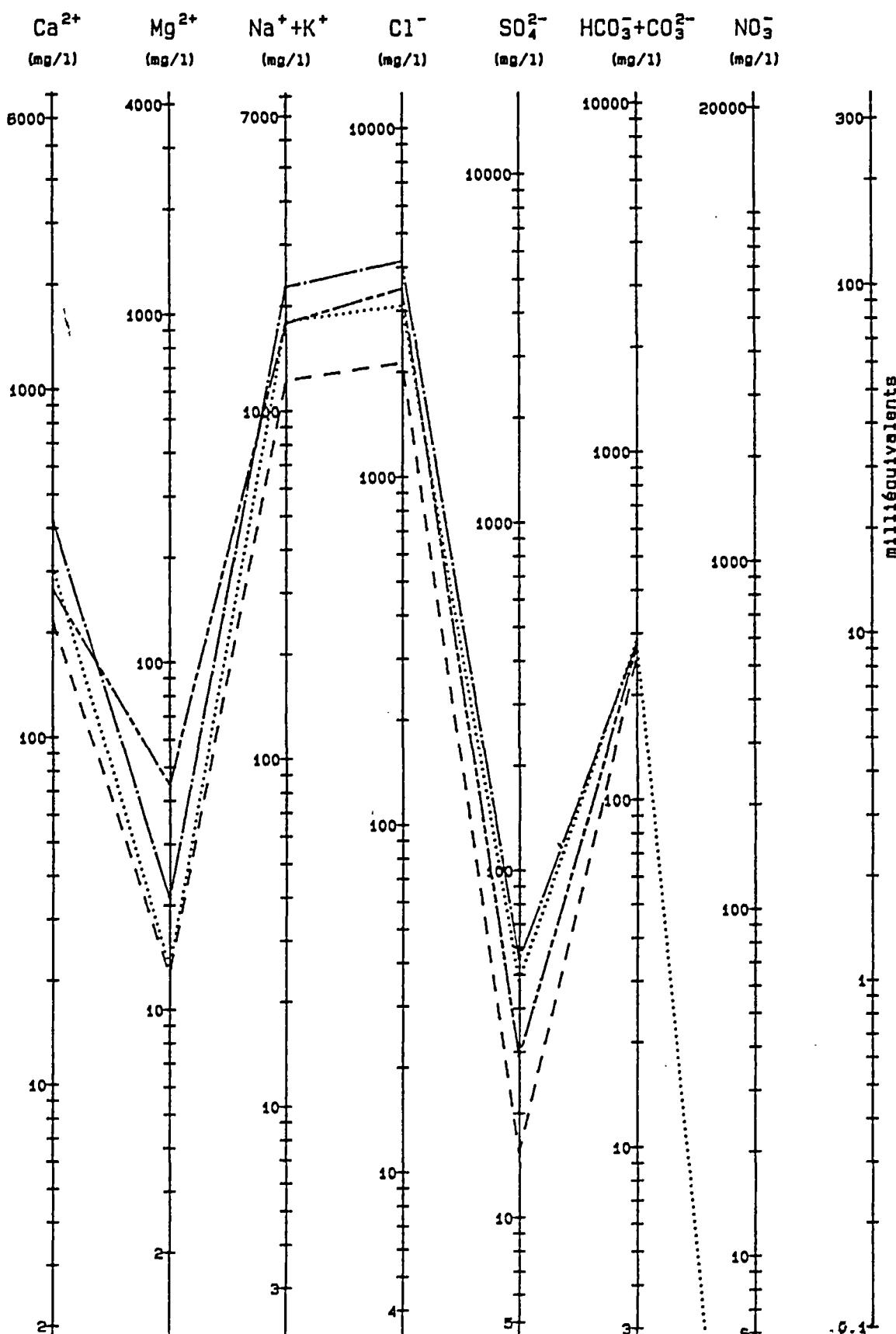
CATIONS		ANIONS	
	mg/l	me/l	
:Li+	11,3	1,63	:HCO3-
:Na+	1090,38	47,41	:Cl-
:K+	133,22	3,42	:SO4--
:Mg++	12,61	1,04	:
:Ca++	215,69	10,78	:
:Fe++	4,52	,16	:
:TOTAL	1467,72	64,44	:TOTAL
			2395,19
			123,68
:SiO2	26		
MINERALISATION TOTALE: 3,889 g/l			

DATES	Désignation	Figuré	pH	Cond. ($\mu\text{si}/\text{cm}$)	Erreur balance (%)	
5-02-1890	ROMAIM	-----				
05-1933	ROMAIN	---				
29-06-1988	ROMAIN	- - - -				
8-02-1989	ROMAIM	.....	7.2	8620	0.3	

**DIAGRAMME
D'ANALYSES D'EAU
'SCHOELLER BERKALOFF'**

Logiciel BRGM

Service Géologique Régional Bourgogne (Tél: 80.72.42.31)



ANNEXE 3

CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

3.1 - Carte des indices de fracturation du secteur de Maizières

3.2 - Etude morpho-structurale par photogéologie et télédétection de la région de Maizières-Jouey

3.3 - Cadre géologique de la source thermale de Maizières

GIEMENT THERMOMINERAL DE MAIZIERES A MAGNIEN (21)

LEGENDE

CARTE DES INDICES DE FRACTURATION ET DES SITES A PROSPECTER

Fond topographique extrait de la carte IGN 2924 ouest, Arnay le Duc à 1/25.000 (feuille "Arnay le Duc" à 1/50.000)

- Indices de fractures repérés par télédétection
(failles, diaclases, zones broyées, etc...)

 - linéaments relevés sur photos aériennes
 - linéaments relevés sur images satellites

Contours de la carte géologique à 1/80.000
(limites très approximatives)

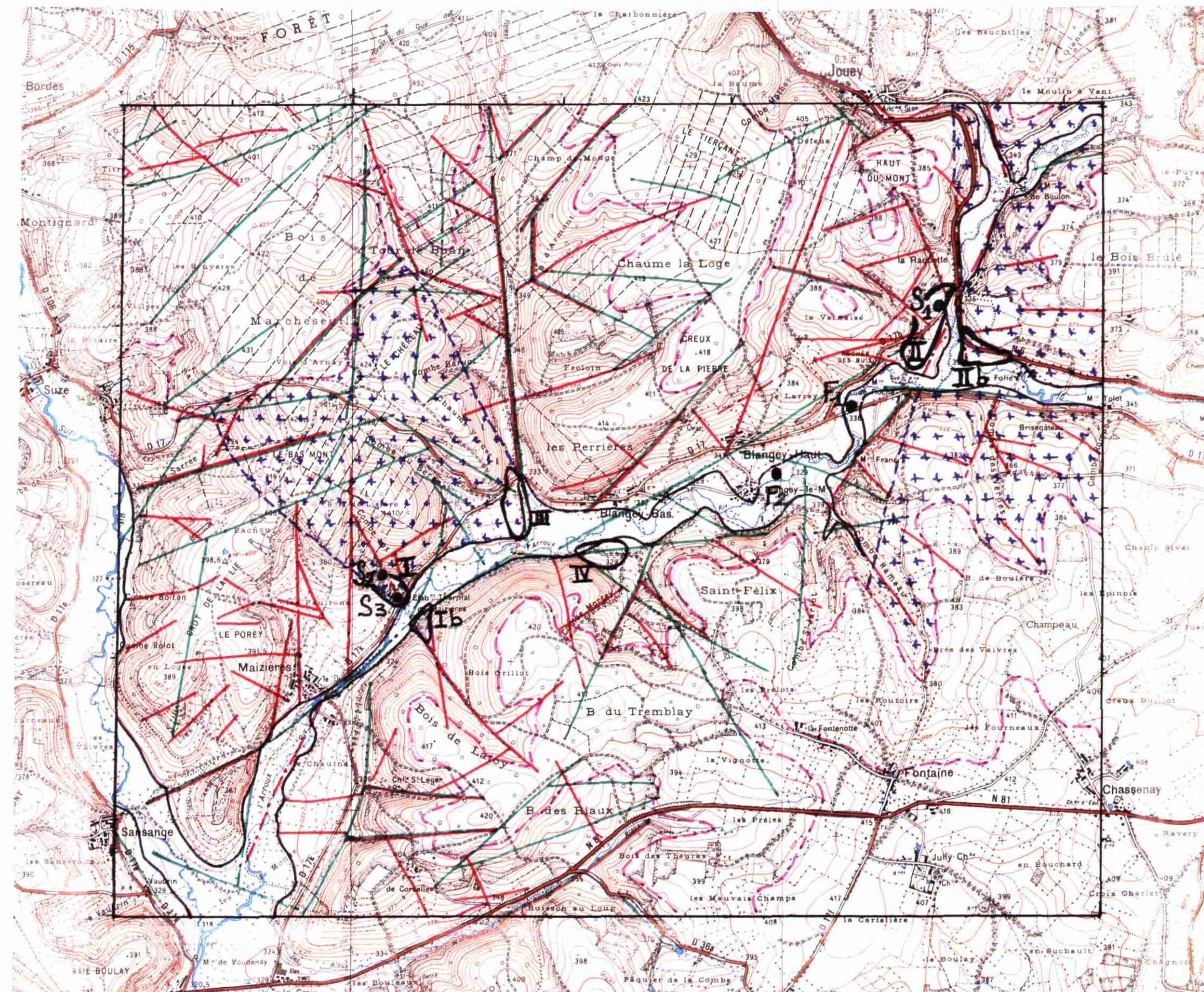
 - contour de la couverture sédimentaire du socle hercynien
 - limite entre granites et microgranites d'une part et tufs trachyandésitiques d'autre part
 - [Legend] granites et microgranites

Contours géologiques levés par télédétection

 - limite des alluvions récentes

Sources et forages

 - S1 ancienne source minérale de Jouey
(indice BSS ou d'archivage BRGM 525-2X-0042)
 - S2 source-mare de Maizières
(Indice d'archivage BRGM 525-2X-0033)
 - S3 source thermale (Romaine) de Maizières
(Indice d'archivage BRGM 525-2X-0004)
 - F1,F2 forages de recherche d'eau
(Indices d'archivage BRGM 525-2X-0002 et 525-2X-0003)



ETUDE MORPHO-STRUCTURALE PAR TELEDETECTION DE LA REGION DE
MAIZIERES-JOUHEY

par C. REMOND et M. BERTIAUX

1 - OBJECTIF

Dans le but d'accroître la capacité de l'établissement thermal de Maizières, l'outil télédétection intervient dans l'arsenal des techniques mises en oeuvre (cartographie, géophysique, campagne radon...) pour définir le programme de forages le plus efficient possible.

\

2 - SECTEUR D'ETUDE

D'une surface d'environ 25 km² il englobe le site de Maizières et celui d'une ancienne source minérale à Jouey qui aurait présenté quelques similitudes avec celle de Maizières (selon les informations recueillies sur place). L'ensemble se trouve à l'Ouest d'Arnay-le-Duc sur le territoire de la feuille IGN Epinac les Mines à 1/50.000.

3 - MODE OPERATOIRE

Pour réaliser cette étude, on dispose :

- d'un jeu de photographies aériennes à 1/25.000 IGN de 1963
- des données satellitaires "Thematic Mapper" 197-27 du 19/06/1984 corrigées géométriquement et présentées sous 3 formes :
 - . une image en composition colorée standard des canaux 4,5 et 2 couvrant la Bourgogne orientale
 - . un extrait d'image en composition colorée des canaux 4,5 et 2 radiométriquement amélioré, à 1/250.000 et 1/100.000
 - . un extrait d'image en composition colorée des canaux 4,5 et 2 à 1/50.000 présenté au format de la feuille régulière Epinac les Mines
- des données satellitaires "Thematic Mapper" 212-27 du 07/09/1980. Images d'une composition colorée des canaux 7/5 (rouge), 7 (vert), 4 (bleu) à 1/250.000.

Tous ces documents ont été analysés par la méthode classique de la photo-interprétation. L'interprétation porte essentiellement sur les linéaments tracés sur des critères morphologiques en ce qui concerne les photos aériennes observées sous stéréoscope et radiométriques en ce qui concerne les images satellitaires.

L'interprétation de chacun de ces documents a été compilée sur un fond topographique à 1/25.000.

4 - PRESENTATION DES RESULTATS

Toutes les observations sont donc réunies sur la carte de l'annexe 3.1.

5 - RESULTATS

Le document synthétique met en évidence 4 familles directionnelles principales de linéaments :

- une famille sub-méridienne à N 20 (ou N20°E) exprimée par des linéaments bien marqués tantôt sur les photos, tantôt sur les images, tantôt sur les deux types de documents
- une famille N 60 à N 70, représentée par des linéaments généralement de grande extension qui semblent contrôler, tout au moins en partie, le cours de l'Arroux
- une famille N 120 - N 150 représentée par des segments généralement plus courts variabillement exprimés dans la topographie
- une famille N 80 à N 100 relativement moins exprimée, aussi bien sur les photos que sur les images satellitaires.

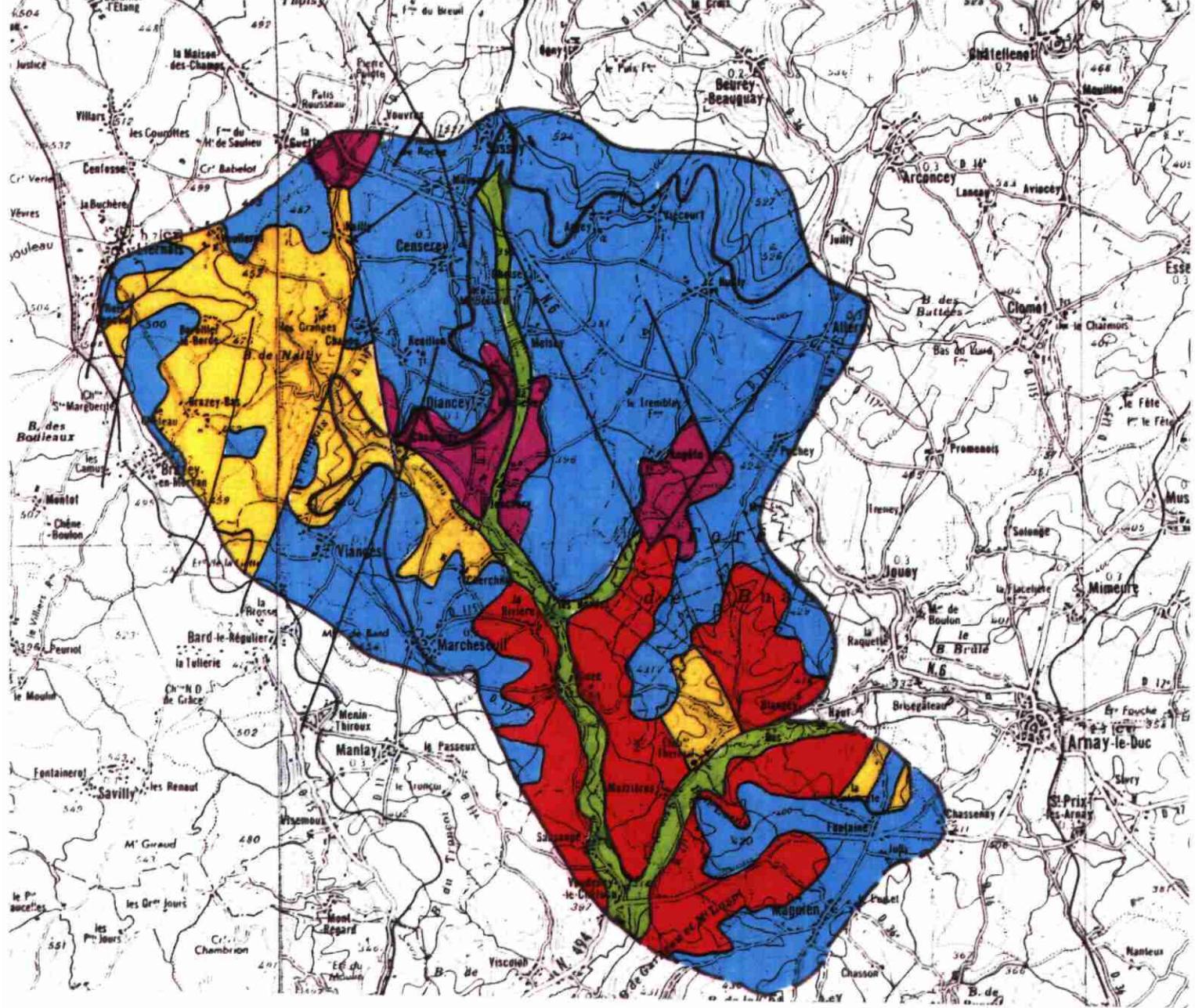
La source captée de Maizières se trouve dans un petit talweg affluent de la rive droite de l'Arroux. Elle est sur une anomalie linéaire de type fracture orientée N 150, à proximité d'une intersection entre plusieurs autres discontinuités de même type orientées N 20, N 60, N 175.

Le site de l'ancienne source minérale du Haut du Mont à Jouey se trouve en bas de pente, dans une zone de confluence de deux talwags affluents du ruisseau du Gué Berny. Ce point est à proximité de l'intersection de trois discontinuités orientées N 155, N 25 ET N 175 et sur le prolongement de trois discontinuités N 110, N 90 et N 60 observées sur les images satellitaires.

La situation de ces deux sources dans le réseau linéamentaire, présentent une certaine analogie :

- position topographique en bas de versant
- proximité de l'intersection de discontinuités d'orientations : N150, N 20, N 175
- proximité d'une discontinuité N 60, exprimée particulièrement sur les images satellitaires.

Cette situation amène à proposer un certain nombre de sites se trouvant dans des positions analogues et qui pourraient présenter des cibles prioritaires pour la prospection de ressources en eau de ce secteur. Ces sites se trouvent tous en bas de versant, aux abords immédiats de la discontinuité majeure d'orientation N 60 qui semble contrôler le cours de l'Arroux et à l'intersection de plusieurs accidents orientés comme à Maizières et Jouey. Les cibles sont numérotées de & à 4 dans l'ordre de priorité.



CADRE GEOLOGIQUE DE LA SOURCE THERMALE DE MAIZIERES
(fond IGN à 1/100.000^e)

ANNEXE 3.3

LEGENDE

Alluvions



Alluvions quaternaires



Indices de failles
(d'après la minute de la carte géologique de Dijon à 1/250.000)

Terrains sédimentaires



Trias et Infracambriens



Bassin versant de la Suze et de la rive gauche de l'Arroux, entre Blangey et Voudenay-le-Château



Source thermale de Maizières

Socle hercynien



volcanite



granite et gneiss



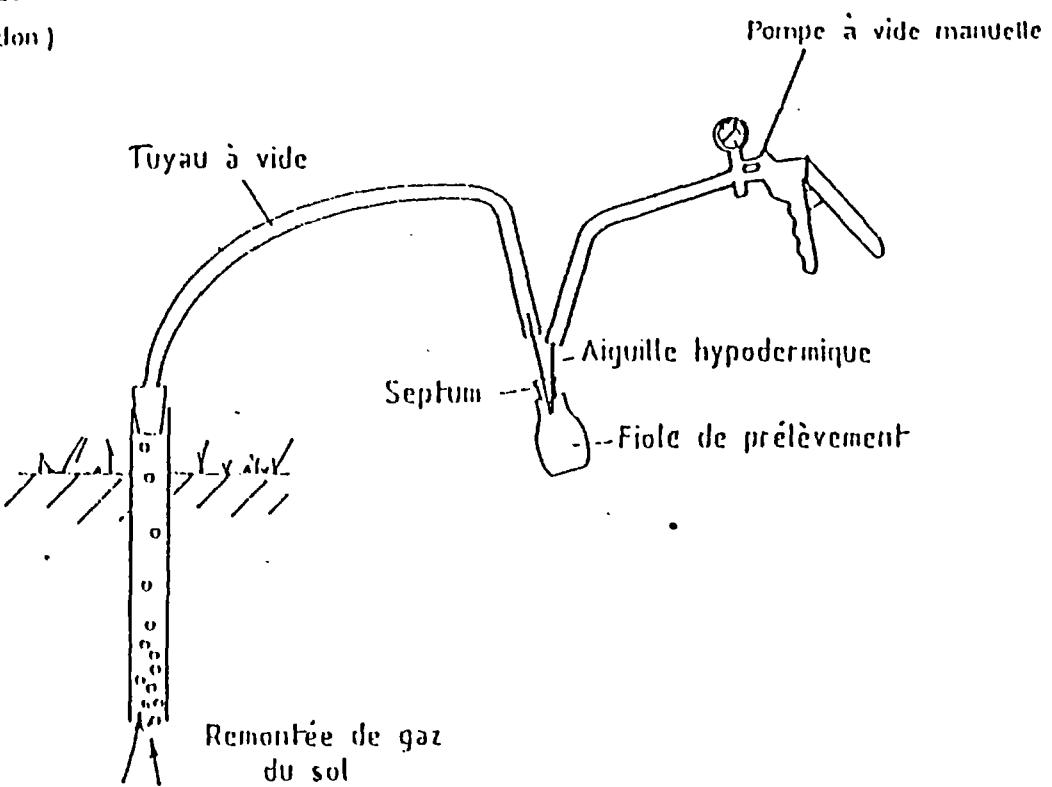
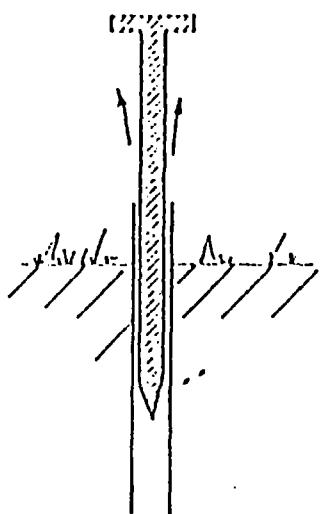
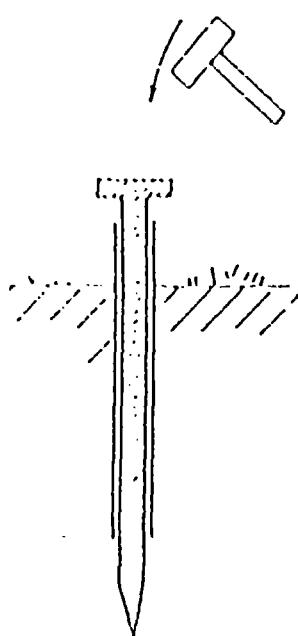
microgranite

ANNEXE 4

PROSPECTION GEOCHIMIQUE DU SECTEUR DE LA SOURCE ROMAINE ET DE SON VIS-A-VIS AU-DELA DE L'ARROUX

- 4.1 - Méthode de prélèvement des gaz des sols
- 4.2 - Résultats des mesures de la teneur en Radon des gaz des sols
- 4.3 - Eléments statistiques et choix des tranches d'isoteneurs en radon pour leur représentation cartographique
- 4.4 - Carte des isoteneurs des gaz des sols en Radon (isovaleurs en picoCuries par litre)

METHODE DE PRELEVEMENT DES GAZ DES SOLS
(Mesures de Radon)



Mise en place
de la canne de prélevement

Extraction
de la tige centrale

Prélèvement

** MAGNEN / MAIZIERES (COTE D'OR) **

PROSPECTION DU GAZ RADON DANS LES SOLS

X ET Y = COORDONNEES CENTIMETRIQUES DES POINTS DE PRELEVEMENT

No = NUMERO DE L'ECHANTILLON

rCi/l = TENEUR EN RADON EXPRIMEE EN micro Curies par litre

X	Y	No	rCi/l
11.757740	11.029340	1	2202
11.142700	12.080060	2	1453
9.754365	10.403200	3	1503
7.670135	9.835700	4	735
9.283844	12.315180	5	2968
8.331177	14.241490	6	85
7.328808	11.620530	7	1087
5.367673	11.360270	8	221
6.9246828	13.509780	9	10
12.131370	9.363568	10	343
13.416230	12.021030	11	2005
12.902310	13.597220	12	118
12.333550	15.130510	13	2053
11.416860	17.331630	14	797
9.436541	16.990140	15	1011
5.764769	17.460350	16	314
7.911810	15.937640	17	1110
6.266668	15.546410	18	535
3.365623	16.808050	19	1008
4.307922	17.460840	20	347
4.404366	15.255330	21	317
4.585323	13.221020	22	1025
14.054390	16.221010	23	527
14.484790	14.054920	24	329
10.137110	14.613240	25	108
10.003620	13.990610	26	1775
19.023840	7.600857	27	849
21.896670	6.706541	28	357
25.230720	3.426065	29	187
24.321540	5.161941	30	1123
22.537010	4.213585	31	355
23.521640	6.725278	32	610
20.090250	5.905923	33	141
20.594530	6.069441	34	145
20.431790	9.742931	35	25
22.332190	9.016921	36	391
22.070930	10.068070	37	707
17.922150	5.170232	38	640
20.051490	11.406340	39	608
21.334290	12.205730	40	407
21.204350	15.154810	41	316
16.210020	11.237060	42	436
18.970250	13.100570	43	680
20.619260	15.420890	44	198
18.572400	15.487730	45	789
16.954660	14.685170	46	678
17.147920	13.338470	47	26
15.446970	12.461400	48	5
18.421750	9.314446	49	1251
17.002500	9.225410	50	282
16.245550	9.651369	51	8
15.581250	10.980590	52	40
14.335160	10.005450	53	271
15.006060	8.147095	54	16
15.470320	6.402300	55	6
17.566010	7.130455	56	299

ANNEXE 4.3

ELEMENTS STATISTIQUES ET CHOIX DES TRANCHES D'ISOTENEURS EN RADON POUR LEUR REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

Nombre d'échantillons : 56

Minimum : 5 pCi/l

Maximum : 2968 pCi/l

Moyenne : 637 pCi/l

Ecart type : 619

Seuil anomal > 91 % : 1457

Moyenne anomale : 214

Final solution: 1.0 g NaCl + 0.2% lactose + 0.5 mg insulin

Population fluctuante : 37,5 % des points (21 points)
(> bruit fond et < seuil 91%)

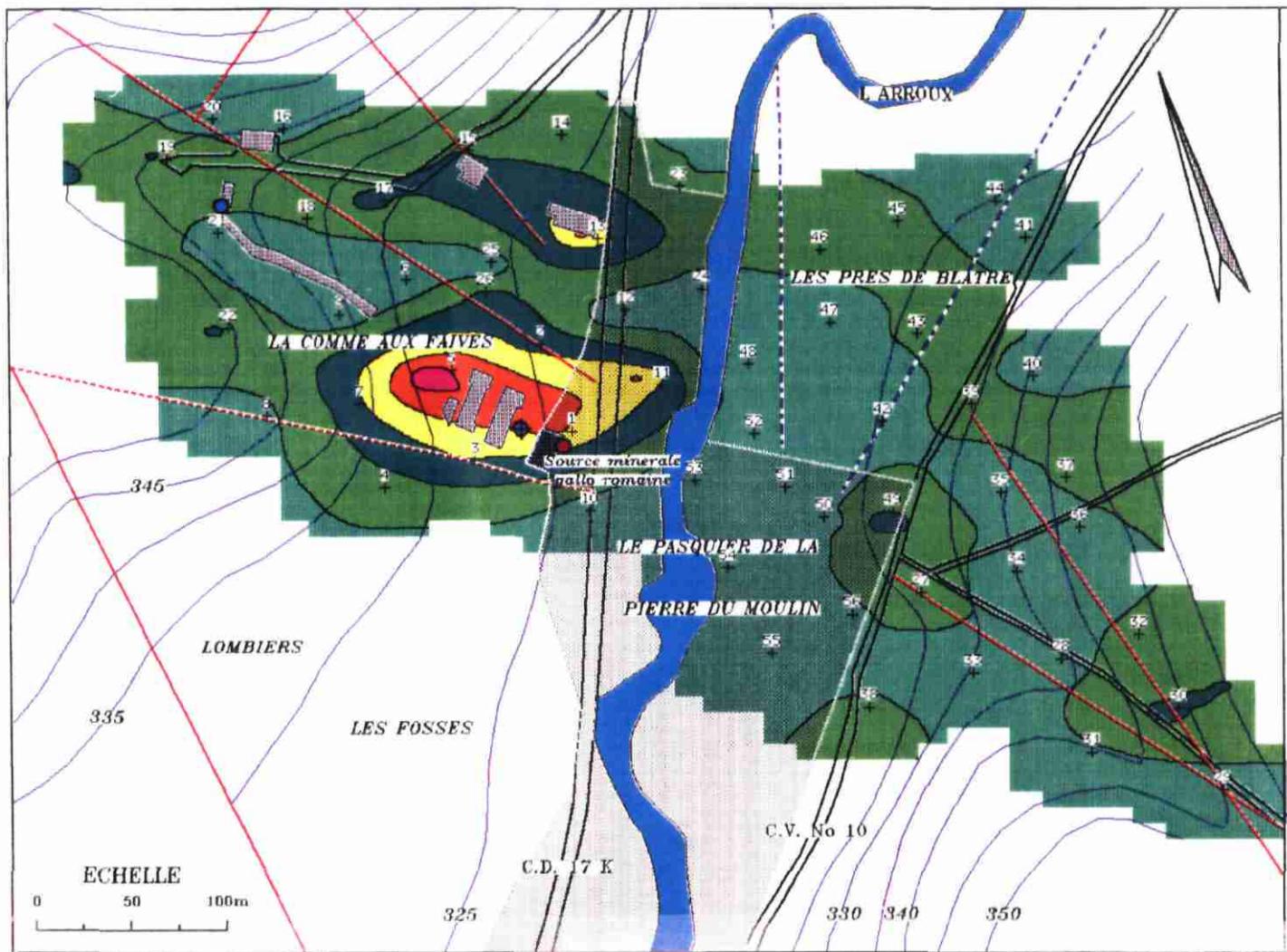
Population résiduelle : 53,6% des points (30 points)
(< bruit de fond)

Les coupures de la carte ont été choisies en fonction de ces données statistiques :

couleurs { < 500 pCi/l. = bruit de fond
 500 à 1000 " } population
 1000 à 1500 " } fluctuante

seuil anomal

couleurs { 1500 à 2000 " }
chaudes { 2000 à 2500 " } population anomale
 >2500 " "



MAGNIEN / MAIZIERES

(COTE D OR)

PROSPECTION DU GAZ RADON DANS LES SOLS

CONCENTRATION Rn

(pCi/l)

SUP. A	2500
2000 - 2500	
1500 - 2000	
1000 - 1500	
500 - 1000	
INF. A	500
ZONE INDEFINIE	

LEGENDE

+⁵⁶ Point de mesure radon

— Lineament vu sur photo aérienne

- - - Lineament vu sur photo satellite

----- Limite Sud-Ouest des granitoïdes
(tufs, trachy-andésites au delà)

[■] Bâtiments

● Puits

Source romaine

Source froide

Local de la source romaine

[■] Terrains communaux (MAGNIEN)

Annexe 5

Prospection géophysique du secteur de la source Romaine

5.1 - Essais géophysiques avec :

Fig. 1 - Profils en VLF (échelle 1/2500)

Fig. 2 - Profils de résistivité (échelle 1/1000)

Fig. 3 - Position des profils et des anomalies VLF et
de résistivité (échelle 1/2500)

5.2 - Rappel du principe de la prospection
électromagnétique VLF



Essais géophysiques autour de la source
thermominérale de Maizières (Côte d'Or)

Ph. LESAGE et R. MILLON

89 GPH 029

Mai 1989

1. INTRODUCTION

A la demande du Service géologique régional Bourgogne, des essais géophysiques ont été réalisés autour de l'établissement thermal de Maizières (Côte d'Or). Il s'agissait de mettre en évidence une fracturation liée à la venue d'eau thermale et pouvant se traduire sur le paramètre résistivité.

C'est pourquoi nous avons utilisé des méthodes géophysiques faisant appel à ce paramètre :

- dans un premier temps, des mesures EM-VLF (en mode inclinaison) (R. Millon, 5/05/89) ;
- dans une deuxième étape, des mesures de résistivité (dispositif rectangle) (Ph. Lesage, assisté de 2 stagiaires du SGR, 17/05/89).

Les profils géophysiques (fig. 3) ont été implantés pour passer sur les points anomaux "Radon" détectés lors d'une récente série de mesures d'émanométrie faite par le SGR Bourgogne.

2. LEVE EM-VLF (fig. 1)

Plusieurs profils ont été levés, en utilisant les émetteurs FUO 15,1 kHz (Chateauroux) et/ou GBZ (Ecosse).

L'avantage du premier (FUO) était d'avoir moins d'influence de la part des conduites d'eau ou électriques, trop bien couplées avec l'émetteur GBZ, comme le montre le profil 3 : on y voit que l'anomalie créée par un conducteur artificiel à hauteur du regard est bien plus marquée avec GBZ.

La figure 3 montre la position des anomalies VLF mises en évidence (cercle rouge) : elles s'alignent grossièrement le long de la limite des parcelles 107 et 108 et leur prolongement ; cet alignement correspondrait à peu près au contact du granite.

On notera qu'un 5ème profil a été fait 80 m au Nord-Ouest du profil 4 mais il n'a pas enregistré d'anomalie : il n'a pas été poussé assez loin au Sud-Ouest pour recouper l'alignement précité et nous ne l'avons pas reporté.

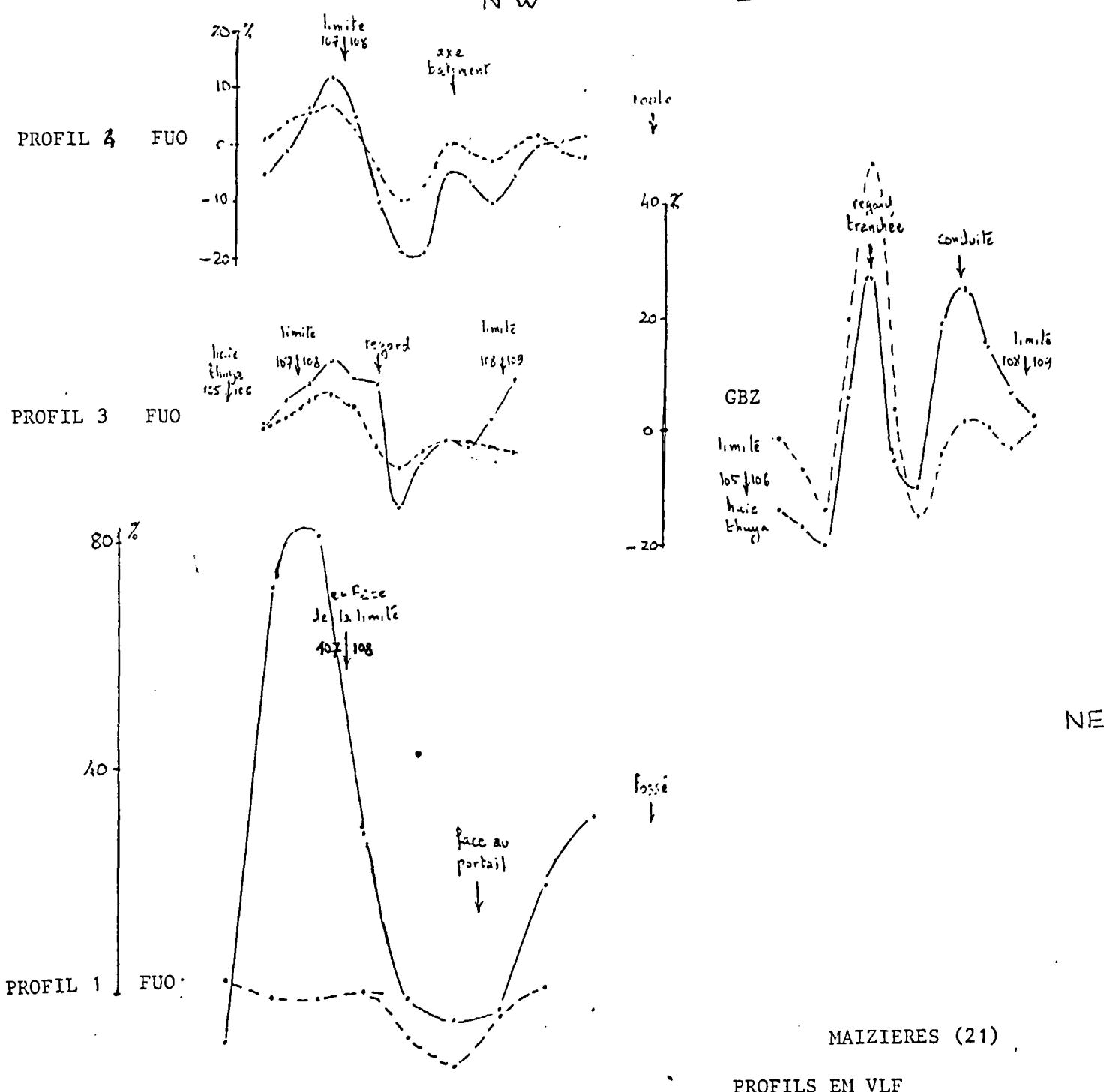


Fig.1

LEGENDE

Courbe de l'angle d'inclinaison sur l'horizontale
du grand axe de l'ellipse de polarisation
du terrain conducteur

Courbe de sa dérivée lissée

SE

échelle 1/2.500

S 35° W

N 35° E

ALIGNEMENT
SAPINS

UNITE
CHAMP

ALIGNEMENT
ARBES - SAPINS

P. 3

HAIE
/ UNITE PRE VOISIN

DR HIES

Balmeur

HANGAR
VOISIN

CANALISATION

P. 2

CAPITALE

GRILLE BASE

3-

P. 1

MAIZIERES (21)

PROFILS DE RESISTIVITE
DISPOSITIF RECTANGLE
AB = 700 m
MN = 20 m
pas = 10 m

AXE de PENTREE
de la STATION

V petit canal

Echelle 1/1.000

Fig. 2

Fig. 2

3. LEVE DE RESISTIVITE (fig. 2)

La ligne d'injection, longue de 700 m, a été placée en bordure de la route, en suivant le profil 1 : c'est avec cette même ligne que les profils 1, 2 et 3 ont été levés au pas de 10 m.

On note plusieurs anomalies conductrices assez larges, dont la plus importante (une trentaine de mètres de largeur, avec un contraste de résistivité de 2) se situe à hauteur du captage actuel. Nous les avons symbolisées par une barrette bleue sur la figure 3.

On remarquera une assez bonne correspondance entre les anomalies VLF et résistivité trouvées ; cependant, un examen plus poussé montre que la situation n'est pas simple : au vu des résultats obtenus par les deux méthodes, il semble que l'on ait :

- un alignement N.NW-S.SE d'anomalies conductrices (sur les 3 profils), ~~parallèle~~ et proche d'un axé de fracturation vu en photogéologie (à noter que l'anomalie sur le profil 3 (parcelle 116) avait été détectée en VLF et attribuée à une conduite d'adduction d'eau) ;
- un deuxième alignement NW-SE, sur les profils 1 et 2 (pts radon 12-24), traduisant probablement un épaississement de sédiments argileux issus du petit talweg au Nord-Ouest ;
- un troisième alignement W.NW-E.SE, passant par les anomalies VLF des profils 3 et 4 et les anomalies conductrices des profils 2 (captage) et 3. Ce dernier alignement pourrait traduire le passage du contact (faillé ?) du granite.

CONCLUSION

La présence de conducteurs artificiels autour de l'établissement thermal n'a pas permis au VLF d'être pleinement efficace ; la résistivité, moins sensible à ces conducteurs parasites, a pu, en général, lever le doute. L'ensemble des deux méthodes a mis en évidence des alignements d'anomalies conductives qui ont pu être rattachées à une photofracture au contact du granite ou à une surépaisseur de sédiments argileux.

Bien que ces alignements soient dus à des causes très proches de la surface, l'information obtenue servira pour l'implantation d'un forage de 200 m de long.

MAGNIEN / MAIZIERES
(COTE D OR)

PLAN DE POSITION DES PROFILS EN VLF ET DE RESISTIVITE ET DES ANOMALIES

- P1 ━━━━ profil
○ anomalie VLF
━ anomaly de résistivité

Rappel :

CONCENTRATION RD

(pCi/l)

+⁸⁶ Point de mesure radon

— Lineament vu sur photo aérienne

SUP. A	2500
	2000 - 2500
	1500 - 2000
	1000 - 1500
	500 - 1000
INF. A	500
ZONE INDEFINIE	

----- Lineament vu sur photo satellite
..... Limite Sud et Ouest des granitoïdes
(tufs, trachy-andésites au delà)

■ Batiments Ⓢ Puits

Source romaine Source froide

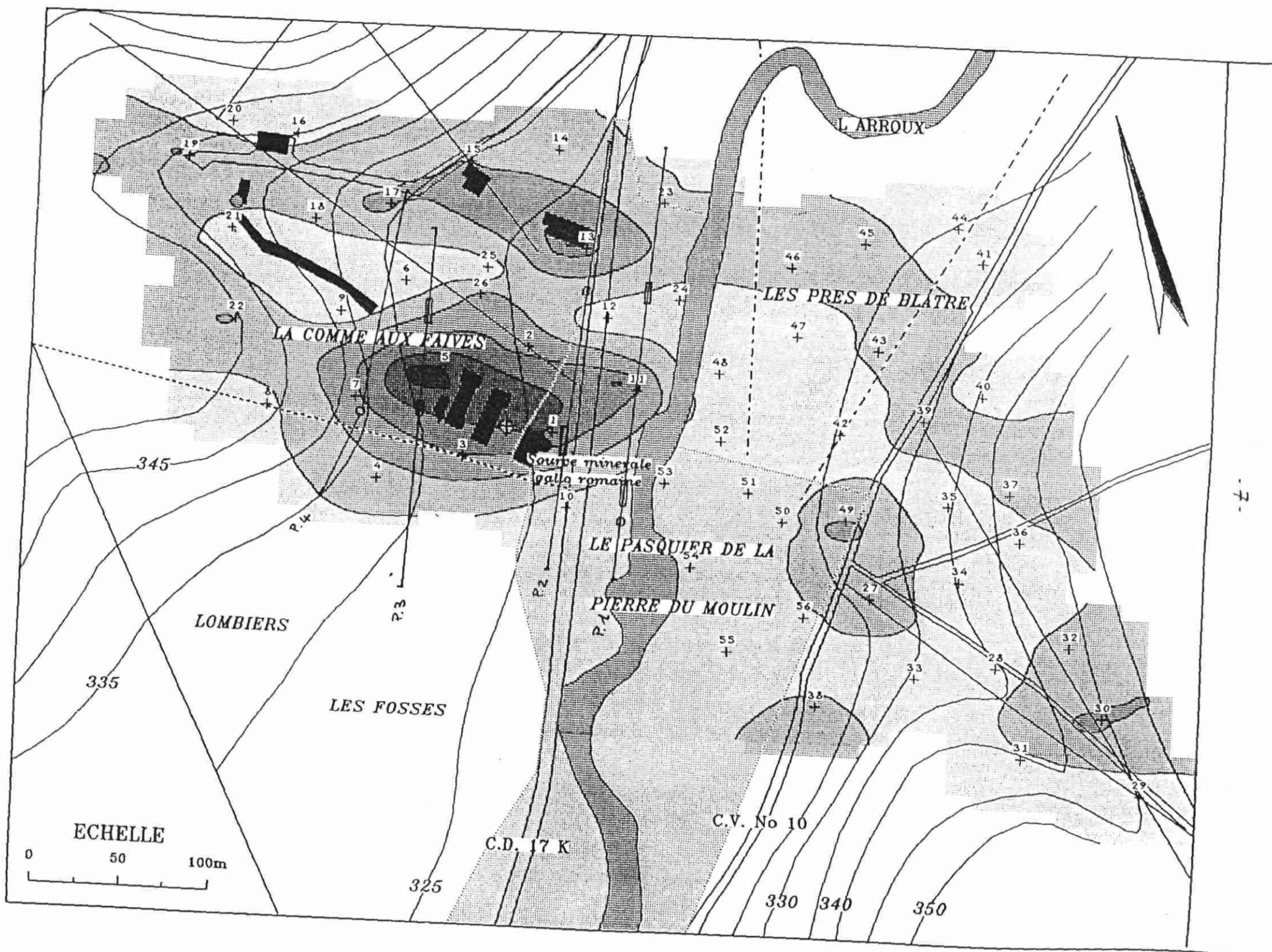
● ●

ECHELLE

1 : 2500

Local de la source romaine

□ Terrains communaux (MAGNIEN)



ANNEXE 5.2

Rappel du principe de la prospection électromagnétique VLF

RAPPEL DU PRINCIPE DE LA PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE VLF

La méthode EM-VLF utilise des ondes électromagnétiques émises par des stations radio très puissantes (300 à 1000 kw) souvent éloignées (plusieurs milliers de kilomètres). La fréquence radio très basse (15 à 25 KHz) est une fréquence géophysique élevée, ce qui explique que la profondeur d'investigation est réputée ne pas dépasser généralement 40m ; en revanche, cette méthode présente l'avantage de disposer d'un émetteur lointain, donc d'opérer en ondes "planes".

L'emploi de la méthode est effectué selon 2 modes :

- le mode inclinaison (ou mode magnétique) réalisant des mesures de l'inclinaison du grand axe de l'ellipse de polarisation et de l'ellipticité, selon des profils perpendiculaires à la direction de l'émetteur ;
- le mode résistivité avec mesures de la résistivité apparente pour la fréquence de la station et du déphasage, selon des profils parallèles à la direction de l'émetteur.

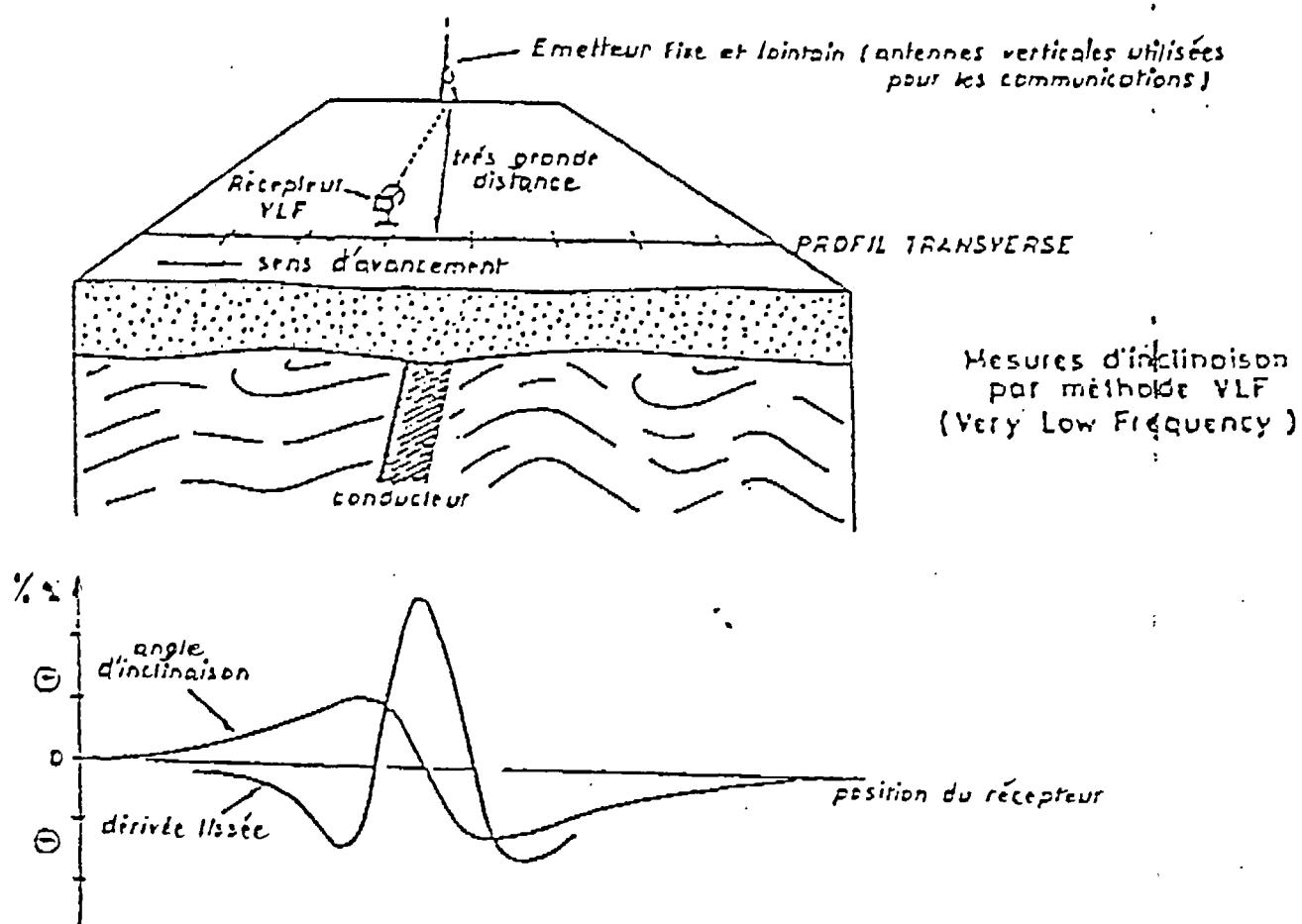
La figure jointe montre l'allure d'une anomalie de l'inclinaison du champ obtenue sur une structure conductrice verticale ; l'anomalie d'ellipticité aurait une forme identique. La structure conductrice se trouve à l'aplomb du point d'inflexion qui n'est pas toujours facile à localiser ; aussi fait-on subir à cette courbe à la fois une dérivation, qui transforme le point d'inflexion en un maximum, et un lissage. L'interprétation est essentiellement qualitative.

Les profils de résistivités VLF sont identiques à ceux obtenus par courant continu.

Direction des fractures

Seuls les émetteurs situés dans la direction des fractures peuvent être utilisés en mode inclinaison : la réponse maximale est obtenue si les conducteurs sont en direction de l'émetteur.

Fig. 1 - Mise en oeuvre et anomalie VLF mode inclinaison



Annexe 6

Alimentation et circulation des eaux thermales

6.1 - Coupe schématique des circulations thermales

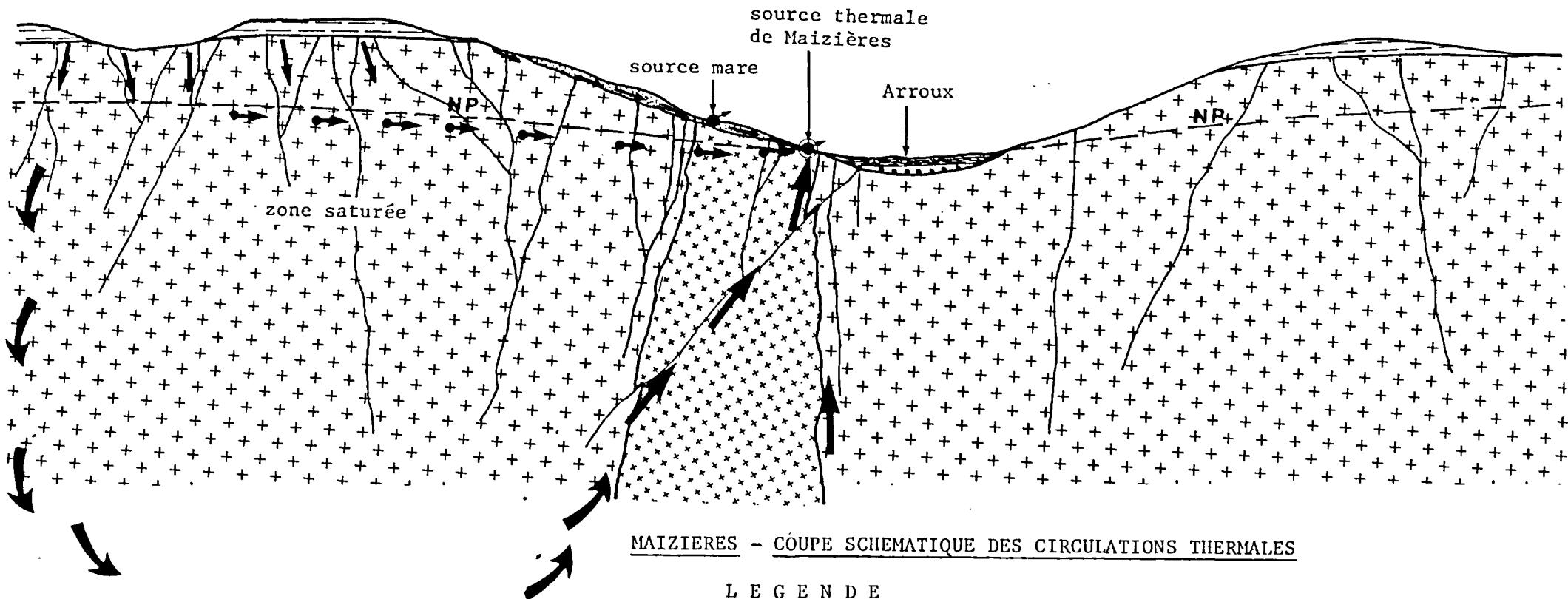
6.2 - Carte régionale schématique du Morvan au dôme
mantellique de l'Auvergne

NW

SE

MORVAN

vers Terre Plaine ➔

Alluvions

alluvions quaternaires

Terrains sédimentaires

Trias et Infracrétias

Socle hercynien

Volcanite, granite et gneiss

Microgranite

Réseau de fractures (failles, diaclases, zones broyées)

infiltrations

NP

niveau piézométrique

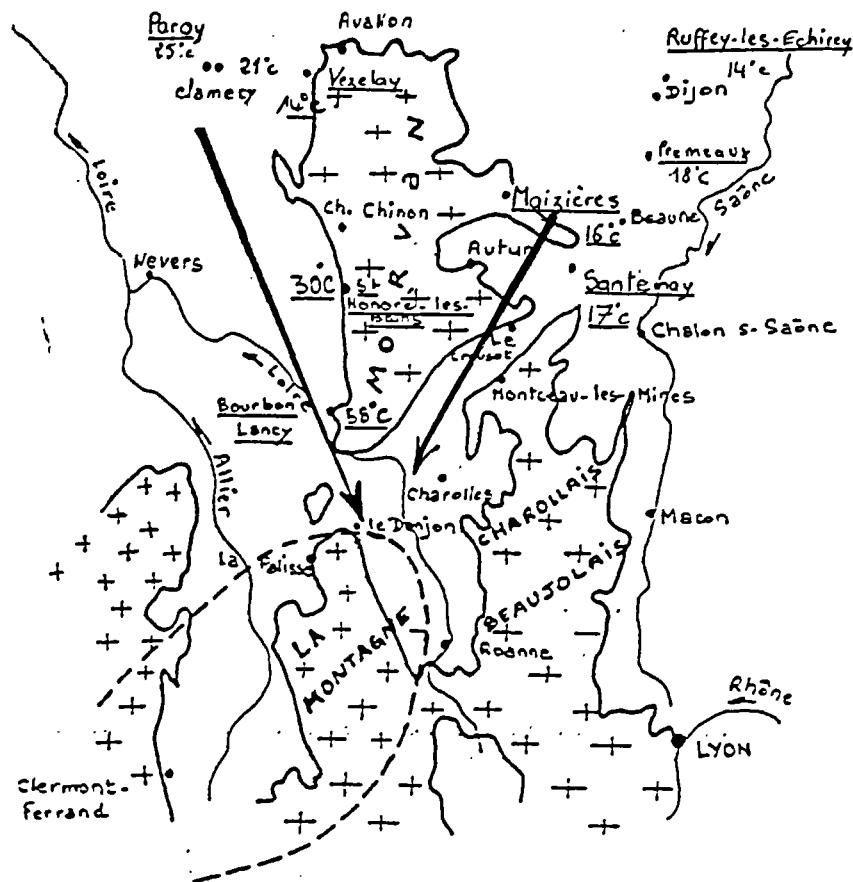
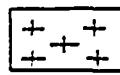
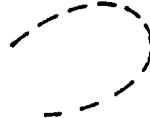
circulation des eaux froides

circulation des eaux froides (dans arène)

circulation des eaux thermales (supposée)

CARTE REGIONALE SCHEMATIQUE DU MORVAN
AU DOME MANTELLIQUE DE L'AUVERGNE

(1/2.000.000)

LEGENDEterrains cristallins et
volcano-sédimentairesgradient de température
croissant des eaux souterraines

dôme mantellique de l'Auvergne

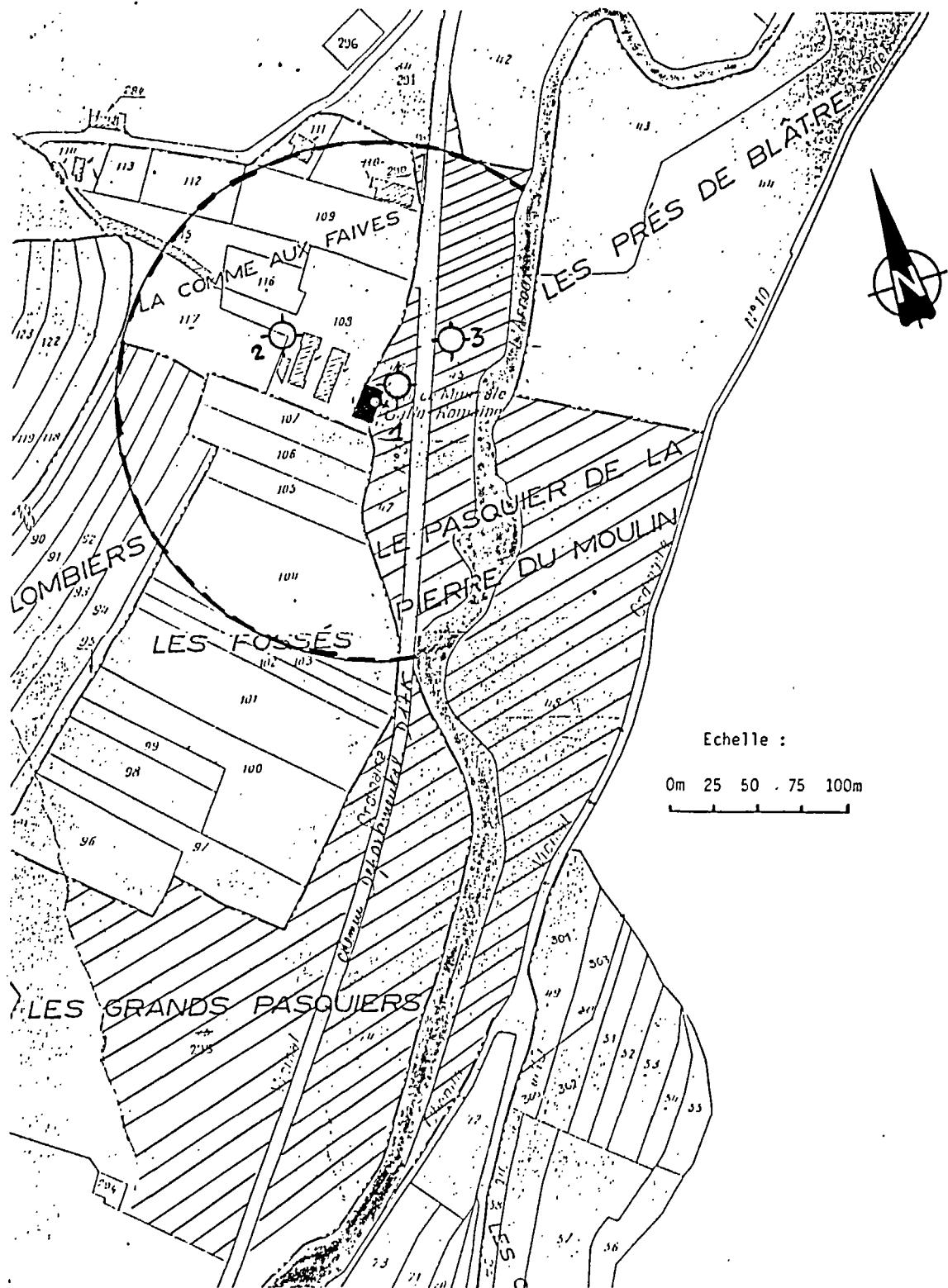
Annexe 7

Plan récapitulatif

- des sites de forages de recherche d'eau thermale
- du projet de périmètre de protection de la source thermale de Maizières

PLAN RÉCAPITULATIF

-  1 - DES SITES DE FORAGES DE RECHERCHE D'EAU THERMALE (AVEC ORDRE DE PRIORITÉ)
 -  C - DU PROJET DE PÉRIMÈTRE DE PROTECTION POUR LA SOURCE
 -  - TERRAINS COMMUNAUX





DIAGNOSTIC DE L'ETAT DU CAPTAGE
DE LA SOURCE ROMAINE DE MAIZIERES
A MAGNIEN (21) *

PAR J. CORNET
G. ROIGNOT

NT 89/16 BOU

JUIN 1989

* Annexe hors texte au rapport 89 SGN 627 BOU.
Etude des ressources en eaux thermo-minérales de la Bourgogne
en bordure est du Morvan. Gisement de Maizières à Magnien (21)

Commune de Magnien, Commune d'Arnay-le-Duc, Conseil Régional de Bourgogne, Société Anonyme de la source Galloromaine de Maizières.

BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

établissement public
à caractère industriel
et commercial

Siège : Tour Mirabeau
39-43, quai André-Citroën
75739 Paris cedex 15, France
Tél. : (33) 1 45 78 33 33
Telex : BRGM 780258 F
Télécopieur : (33) 1 45 78 34 38 (GR 3)
R.C. 58 B 5614 Paris
SIRET : 56205614900418

Service Géologique Régional
Bourgogne
32 boulevard Maréchal-Joffre
(Immeuble Caisse d'Epargne)
21100 Dijon, France
Tél. : (33) 80 72 42 31
Télécopieur : (33) 80 72 47 88

- 1 -

DIAGNOSTIC DE L'ETAT DU CAPTAGE
DE LA SOURCE ROMAINE DE MAIZIERES
A MAGNIEN (21)

NT/89/16/BOU par J. CORNET

RESUME

En vue du développement de l'activité de l'Etablissement thermal de Maizières, la commune de MAGNIEN et la Société Anonyme de la source Gallo-Romaine de Maizières ont demandé au B.R.G.M., Service géologique régional Bourgogne, d'effectuer un diagnostic du captage de la source thermale.

Le diagnostic de l'état du captage peu profond (4,60 m) a été effectué les 07 et 08/02/1989 :

- par pompages par paliers (3,750 ; 5,200 et 6,750 m³/h),
- puis au débit constant de 6 m³/h,
- à l'aide d'une pompe immergée capable de 20 m³/h,
- et par mise à sec pour l'observation interne de l'ouvrage.

L'examen de l'intérieur du captage mis à sec indique un bon état apparent du cuvelage en béton lisse, puis en pierres jointées coiffant une excavation dans la roche granitoïde. Au fond de celle-là l'émergence de la source thermale se fait par une large fissure unique. Cette fissure est d'orientation Nord - Nord-Ouest/Sud - Sud-Est, comme la direction de fracturation vue par ailleurs sur photos aériennes (au contact granite-microgranite) .

Les pompages ont montré que l'ouvrage pourrait fournir un débit maximum de 6 m³/h à 16°1 C, la qualité de l'eau restant dépourvue de contamination bactériologique et offrant, par rapport à des débits moindres, des caractéristiques physico-chimiques un peu plus prononcées d'eau profonde (température et conductivité plus élevées).

Cependant, le test a montré une relation hydrodynamique avec les puits A et B adjacents au captage et dont l'eau est un mélange d'eau thermale et d'eau banale froide contaminée par les nitrates.

Ces résultats incitent à réaliser un ouvrage de captage moderne :

- profond pour obtenir les meilleurs débit et température,
- bien étanche à l'égard des eaux souterraines banales froides et d'un environnement défavorable (proximité de l'hôtel et de son système d'assainissement par drains filtrants enterrés).

L'implantation de ce forage pourra être effectuée à partir des résultats de l'étude géologique et structurale et des prospections géochimique et géophysique réalisées par ailleurs.

TABLE DES MATIERES

1 - <u>INTRODUCTION</u>	6
2 - <u>STRATEGIE</u>	6
3 - <u>MATERIEL ET METHODES</u>	7
3.1 - POMPAGES PAR PALIERS DE DEBIT.....	7
3.2 - LE POMPAGE A DEBIT CONSTANT.....	8
3.3 - OBSERVATIONS DANS LE CAPTAGE MIS A SEC PAR POMPAGE....	8
4 - <u>DATES D'INTERVENTION ET DEBITS TESTES</u>	8
5 - <u>RESULTATS</u>	9
5.1 - POMPAGES PAR PALIERS.....	9
5.1.1 - Descente du niveau d'eau.....	9
5.1.2 - Remontée.....	10
5.1.3 - Paramètres physico-chimiques.....	10
5.1.4 - Analyses bactériologiques.....	10
5.2 - POMPAGE A DEBIT CONSTANT.....	10
5.2.1 - Descente du niveau d'eau.....	10
5.2.2 - Remontée.....	10
5.2.3 - Paramètres physico-chimiques.....	11
5.2.4 - Analyses physico-chimiques.....	11
5.2.5 - Analyses bactériologiques.....	11
5.3 - EXAMEN INTERNE DU CAPTAGE.....	12

6 - <u>INTERPRETATION DES RESULTATS</u>	12
6.1 - POMPAGES PAR PALIERS.....	12
6.1.1 - Descente du niveau d'eau.....	12
6.1.2 - Remontée du niveau d'eau.....	13
6.1.3 - Paramètres physico-chimiques.....	13
6.1.4 - Qualité bactériologique.....	13
6.2 - POMPAGE CONTINU A DEBIT CONSTANT.....	14
6.2.1 - Rabattement du niveau d'eau.....	14
6.2.2 - Remontée du niveau d'eau.....	14
6.2.3 - Paramètres physico-chimiques.....	14
6.2.4 - Qualité bactériologique.....	14
6.2.5 - Qualité physico-chimique.....	14
6.3 - ETAT DU CAPTAGE.....	16
7 - <u>CONCLUSION</u>	16

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 - Plans de situation :

. annexe 1.1 : Plan de situation à 1/250 000.....	18
. annexe 1.2 : Plan de situation à 1/25 000.....	19
. annexe 1.3 : Situation de la source Maizières et des points d'eau froide à 1/5 000.....	20

ANNEXE 2 - Coupe du captage de la source Romaine.....

22

ANNEXE 3 - Tests de pompages sur la source Romaine les 07 et
08/02/1989 :

. annexe 3.1 : Paliers du 07/02/1989 : listing et courbes de descente et de remontée du niveau d'eau.....	24
. annexe 3.2 : Pompage à débit constant du 08/02/1989 listing et courbes de descente et de remontée du niveau d'eau.....	26
. annexe 3.3 : Tableaux récapitulatifs des mesures des paramètres physico-chimiques.....	28
. annexe 3.4 : Résultats des analyses bactériolo- giques de la source Romaine.....	29
. annexe 3.5 : Résultats de l'analyse chimique de la source Romaine en fin de pompage le 08/02/89, comparés à ceux des puits A et B adjacents au captage, et des eaux banales froides proches (puits de l'Hotel, puits de M. BERLAND)	36
<u>ANNEXE 4 - Observation du captage mis à sec par pompage.....</u>	37

1 - INTRODUCTION

La commune de MAGNIEN et la Société Anonyme de la Source Gallo-Romaine de Maizières envisagent de moderniser les installations de l'Etablissement thermal de Maizières et de développer l'activité thermale, qui concerne le traitement des divers types de rhumatismes et la psychiatrie moderne.

Ce développement nécessite une bonne connaissance du potentiel de la source thermale, et un débit d'eau thermale de 4 m³/h environ dans un premier temps, alors que l'utilisation actuelle est limitée à 3 m³/j. Ces organismes ont donc demandé au B.R.G.M., Service géologique régional Bourgogne, de réaliser un diagnostic de l'état du captage pour définir ses conditions optimales d'exploitation et les mesures éventuelles à prendre pour y parvenir.

2 - STRATEGIE

Le diagnostic a été effectué sur le captage par :

- pompages en paliers de débit pour permettre une première évaluation du débit optimal d'exploitation, avec suivi de la qualité et de l'incidence sur les deux puits A et B annexes au captage,
- pompage à débit constant à la valeur ainsi retenue, avec suivi de la qualité, et comparaison de celle-là à celle des eaux bancales froides,
- examen de visu des parois et du fond du captage après mise à sec.

3 - MATERIEL ET METHODES

Une intervention préliminaire effectuée le 29/06/1988 (1) avait montré la nécessité d'utiliser pour ce diagnostic une pompe :

- susceptible de ne pas désamorcer tant que le niveau de l'eau n'a pas atteint le fond du captage (profond de 4,60 m par rapport au capot vitré),
- capable d'exploiter jusqu'à 20 m³/h afin de tester le débit maximum de 300 l/mn obtenu le 23/04/1931. (2)

C'est ce qui a été réalisé, à l'aide d'une pompe immergée électrique FLIGHT.

3.1 - POMPAGES PAR PALIERS DE DEBIT

Les pompages par paliers de débit ont été effectués pendant une journée, en mesurant :

- en continu :
 - . la descente des niveaux d'eau dans le captage et les deux ouvrages annexes (puits A, puits B),
 - . puis la remontée du niveau dans le captage après l'arrêt de la pompe,
- en discontinu, avant pompage (état initial) et à la fin de chaque palier :
 - . les paramètres physico-chimiques (température, conductivité, potentiel d'oxydo-réduction, pH, et oxygène dissout, le cas échéant) par détermination in situ à l'aide d'appareils de mesure spécifiques, avant pompage et à la fin de chaque palier,

(1) Rapport B.R.G.M. NT/88/20/BOU, août 1988

(2) Procès verbal de l'Ingénieur des Mines, en date du 27/04/1931

. et de la qualité bactériologique, par prélèvement d'un échantillon d'eau et analyse, à la fin de chaque palier.

3.2 - LE POMPAGE A DEBIT CONSTANT

Il a été effectué au débit retenu après les paliers ci-dessus, pendant 8 h 20, en mesurant :

- la descente et la remontée des niveaux d'eau comme ci-dessus,
- l'évolution des paramètres physico-chimiques (en début, milieu et vers la fin du pompage), ainsi que les paramètres des eaux souterraines banales froides proches, pour comparaison,
- et la qualité physico-chimique complète (éléments majeurs, traces) et bactériologique en fin de pompage, qui a été comparée à celle des puits adjacents A et B et des eaux souterraines banales froides analysées en même temps.

3.3 - OBSERVATIONS DANS LE CAPTAGE MIS A SEC PAR POMPAGE

La descente d'un opérateur dans le captage a permis de reconnaître l'état du cuvelage, de rechercher les fissures des parois rocheuses et repérer les conditions d'émergence de l'eau thermale.

4 - DATES D'INTERVENTION ET DEBITS TESTES

- On a réalisé les trois paliers de débit croissants et enchaînés suivants, le 07/02/1989 :
 - . 3,750 m³/h de 10 h 15 à 12 h 30,
 - . 5,200 m³/h de 12 h 30 à 14 h 15,
 - . 6,750 m³/h de 14 h 15 à 15 h 30,

. avec le suivi de la remontée après l'arrêt de la pompe de
15 h 30 à 17 h 00.

- puis le 08/02/1989 un pompage au débit optimal d'exploitation choisi à partir des résultats ci-dessus :

. soit un pompage à 6 m³/h environ de 9 h 10 à 17 h 30,

. avec le suivi de la remontée après l'arrêt de la pompe, de
17 h 30 à 18 h 30,

- suivi par la mise à sec de l'ouvrage le même jour au débit maximum de 16,340 m³/h, pendant le temps nécessaire aux observations internes.

5 - RESULTATS

5.1 - POMPAGES PAR PALIERS

5.1.1 - Descente du niveau d'eau (cf. annexe 3.1)

Les rabattements de niveau suivants (en mètres), pseudo-stabilisés, ont été obtenus après 1 h 30 de pompage dans chaque palier :

<u>Débit</u>	<u>Captage</u>	<u>Puits A</u>	<u>Puits B</u>	<u>Débit spécifique</u>
3,750 m ³ /h	1,35 m	0,02 m	0,01 m	2,77 m ³ /h/m
5,200 m ³ /h	2,58 m	0,09 m	0,03 m	2,02 m ³ /h/m
6,750 m ³ /h	3,11 m	0,13 m	0,02 m	2,17 m ³ /h/m

Le rabattement de 3,11 m dans le captage correspond à un niveau d'eau au fond de l'ouvrage.

La crépine de la pompe initialement placée à 4,10 m de profondeur, a dû être déplacée en fond de captage (4,60 m) 15 minutes après le début du troisième palier, pour éviter son dénoyement.

5.1.2 - Remontée (cf. annexe 3.1)

La remontée du niveau de l'eau dans le captage s'est révélée point trop lente. En effet, les rabattements résiduels sont faibles :

- 26 cm après 20 minutes,
- 10 cm après 30 minutes,
- 8 cm après 40 minutes,
- 7 cm après 1 h 30

5.1.3 - Paramètres physico-chimiques

Cf. annexe 3.3.

5.1.4 - Analyses bactériologiques (cf. annexe 3.4)

Chacun des prélevements d'eau indique une absence de Coliformes (totaux, thermotolérants), Streptocoques fécaux et Clostridium sulfitoréducteurs.

5.2. - POMPAGE A DEBIT CONSTANT

5.2.1 - Descente du niveau d'eau (cf. annexe 3.2)

On a pompé à environ 6 m³/h pendant 8 h 20, à rabattement constant de 3,11 m (niveau d'eau à 4,60 m au fond du captage), soit un débit spécifique de 1,94 m³/h/m.

Les puits A et B ont été influencés, avec des rabattements respectifs de 0.28 et 0.02 m.

5.2.2 - Remontée (cf. annexe 3.2)

La remontée du niveau d'eau s'est effectuée à une vitesse un peu plus faible qu'à la fin des pompages par paliers. En effet, les rabattements résiduels, faibles, sont de :

- 30 cm après 20 minutes,
- 23 cm après 30 minutes,
- 19 cm après 1 heure.

Sur les puits A et B, les rabattements résiduels respectifs étaient de 24 et 2 cm après 50 minutes.

5.2.3 - Paramètres physico-chimiques

Les paramètres mesurés au début et à la fin du pompage ont été comparés à ceux obtenus le même jour sur des eaux banales froides proches (puits de l'Hôtel, source-mare et puits de la Cave de M. BERLAND) (cf. annexe 3.3).

5.2.4 - Analyses physico-chimiques

Les analyses ont également porté le même jour sur les puits adjacents A et B, banales proches (puits Hôtel et de M. BERLAND).

Les éléments analysés sont :

- les termes de la balance ionique : .

. cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Sr^{2+} , B^{3+} ,

. anions : HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , F^- , PO_4^{3-} ,

- et les autres éléments suivants :

. Al, SiO_2 , Fe, Mn, Cd, Cu, Zn, Cr, Co, Ni, Ag, Ba, Li, Br, I.

Les résultats sont donnés à l'annexe 3.5.

5.2.5 - Analyses bactériologiques (cf. annexe 3.4)

On note également tant à l'état initial, que vers la fin du pompage, l'absence de Coliformes, Streptocoques et Clostridium sulfito-réducteurs.

5.3 - EXAMEN INTERNE DU CAPTAGE

Le captage est constitué :

- par un cuvelage en béton lisse de 0 à 1,9 m environ,
- puis en pierres jointoyées de 1,9 à 3,6 m,
- coiffant une excavation à paroi nue profonde de 1 m dans la roche granitoïde s'évasant puis se rétrécissant.

On n'observe pas d'altération du cuvelage recouvert d'une patine ferrugineuse.

Dans la paroi rocheuse on n'observe pas de fissure.

Au fond, au sein de la roche recouverte d'une patine rouille comme le cuvelage, une venue d'eau unique émerge par fissure inclinée de 1 m de large sur 0,40 m d'ouverture. Ce boyau qui paraît se poursuivre en profondeur en se rétrécissant, a une direction Nord - Nord-Ouest/Sud - Sud-Est, correspondant à la direction de fracturation observée par ailleurs sur photos aériennes (contact granite-microgranite).

6 - INTERPRETATION DES RESULTATS

6.1 - POMPAGES PAR PALIERS

6.1.1 - Descente du niveau d'eau

Le débit spécifique décroît du premier au deuxième palier, mais remonte au troisième palier lorsque le niveau d'eau a atteint le fond du captage.

Cela indique que le débit de la venue d'eau thermale s'améliore par décharge de la colonne d'eau dans le captage. Il y aurait alors intérêt à approfondir notamment le captage, ou, mieux, faire un nouvel ouvrage profond, bien isolé des eaux souterraines banales (de l'arène granitique) afin d'obtenir un meilleur débit par pompage.

Les deux puits annexes ont réagi aux pompages, bien qu'assez faiblement (puits A) à très faiblement (puits B), les rabattements croissant avec les débits pompés.

Ils sont donc en relation hydrodynamique avec le captage.

6.1.2 - Remontée du niveau d'eau

La remontée s'effectue à une vitesse relativement rapide qui indique que les débits pompés sont compatibles avec les potentialités du captage.

\

6.1.3 - Paramètres physico-chimiques

Les mesures de l'état initial effectuées à la surface de l'eau montrent :

- une influence de l'air ambiant (température, oxygène dissous),
- une éventuelle influence des eaux superficielles (conductivité moins élevée qu'en pompage).

Les mesures en pompage montrent une amélioration progressive des conditions de captage de l'eau thermale du 1er au 3ème palier : augmentation légère de la température (0,2° C), de la conductivité (3%), le potentiel d'oxydo-réduction conservant des valeurs faibles, et le pH restant voisin de la neutralité.

6.1.4 - Qualité bactériologique

Chacun des prélèvements, à l'état initial et à la fin de chaque palier, indique une eau exempte de contamination.

On vérifie donc que l'exploitation à un niveau dynamique en fond de captage n'apporte pas de perturbation.

6.2 - POMPAGE CONTINU A DEBIT CONSTANT

6.2.1 - Rabattement du niveau d'eau

Le rabattement maintenu en fond de captage pendant 8 h 20 n'a pas nécessité de diminution du débit de la pompe. Le débit de 6 m³/h testé est donc bien le débit optimal d'exploitation du captage.

Les deux puits annexes A et B ont encore réagi au pompage, et sont bien en relation hydrodynamique avec le captage.

6.2.2 - Remontée du niveau d'eau

La remontée du niveau de l'eau, point trop lente, indique que ce débit est compatible avec les possibilités de la ressource.

6.2.3 - Paramètres physico-chimiques

Les mesures montrent par rapport à celles effectuées vers la fin des pompages par paliers, une nouvelle amélioration des conditions de captage de l'eau thermale : augmentation supplémentaire de la température (0°5), ainsi que de la conductivité (près de 7%), le potentiel d'oxydo-réduction diminuant, et le pH restant voisin de la neutralité.

Les mesures faites sur les eaux banales voisines indiquent des valeurs non comparables : températures nettement plus faibles d'au moins 6° C, conductivités très faibles, pH neutre à légèrement basique.

6.2.4 - Qualité bactériologique

Chaque prélèvement indique une eau exempte de contamination. Il n'y a donc pas d'inconvénient du point de vue bactériologique à exploiter la source au débit ci-dessus.

6.2.5 - Qualité physico-chimique

L'analyse d'eau effectuée vers la fin du pompage confirme les résultats obtenus lors d'un court test de pompage le 29/06/1988.

L'eau thermale de la source Romaine présente un faciès principalement chloruré et bicarbonaté, sodique, calcique et potassique, avec une minéralisation notable, de 7,24 g/l.

Sa teneur en lithium est importante (21,5 mg/l), indiquant une température élevée de l'eau en profondeur, et donc une circulation à grande profondeur.

On confirme également :

- l'absence de nitrates,
- une teneur moyenne en fer (0,18 mg/l) par suite de la faiblesse probable de l'oxygène dissout à l'émergence,
- une teneur importante en manganèse (1,3 mg/l),
- une eau fluorée (3,4 mg/l),
- une teneur moyenne en sulfates (48 mg/l).

La recherche d'autres éléments, qui n'avait pas été effectuée le 29/06/1988,

indique la présence notable de Brome (16 mg/l), Strontium (13,1 mg/l), Bore (3,2 mg/l) et de traces de zinc (81 ppb) et iodé (31 ppb).

La source Romaine se distingue nettement des eaux souterraines banales froides, très peu minéralisées (moins de 0,4 mg/l).

Les eaux des puits A et B, de température voisine de la source thermale (1), ont une composition voisine de celle-là, avec des minéralisations plus faibles de 5,38 et 3,95 g/l respectivement; à la différence de la source Romaine, elles présentent des teneurs en nitrates, certes faibles, (0,2 et 9 mg/l), mais indiquant une contamination et un mélange avec des eaux banales souterraines froides.

(1) Rapport BRGM NT 88/20 BOU Août 1988

6.3 - ETAT DU CAPTAGE

Le captage présente un bon état interne apparent. La source thermale est bien individualisée à l'intérieur d'un boyau naturel assez large, dont on ne voit que l'embouchure.

7 - CONCLUSION

Le test de pompage effectué montre que la source thermale de Maizières pourrait fournir un débit de 6 m³/h, en l'état actuel du captage, et qu'en rabattant ainsi le niveau d'eau au fond de l'ouvrage, on obtient une eau thermale présentant des caractéristiques physico-chimiques plus prononcées (température et conductivité plus élevées).

Cependant, il est prudent de ne pas solliciter l'ouvrage à ce débit :

- à cause de sa faible profondeur, qui le rend a priori vulnérable à un environnement défavorable (proximité de l'hôtel et de son système d'assainissement par drains filtrants enterrés),
- ce que corrobore la relation hydrodynamique observée ci-dessus du captage en pompage avec les puits A et B, adjacents à l'ouvrage, et de moindre profondeur, dont l'eau est un mélange d'eau thermale et d'eau banale froide contaminée par les nitrates.

Ces résultats incitent à réaliser un ouvrage de captage moderne :

- profond pour obtenir les meilleurs débit et température possibles,
- bien étanche à l'égard des eaux souterraines banales froides.

L'implantation de ce forage pourra être effectuée à partir des résultats de l'étude géologique et structurale et des prospections géochimique et géophysique réalisées par ailleurs.

ANNEXE 1

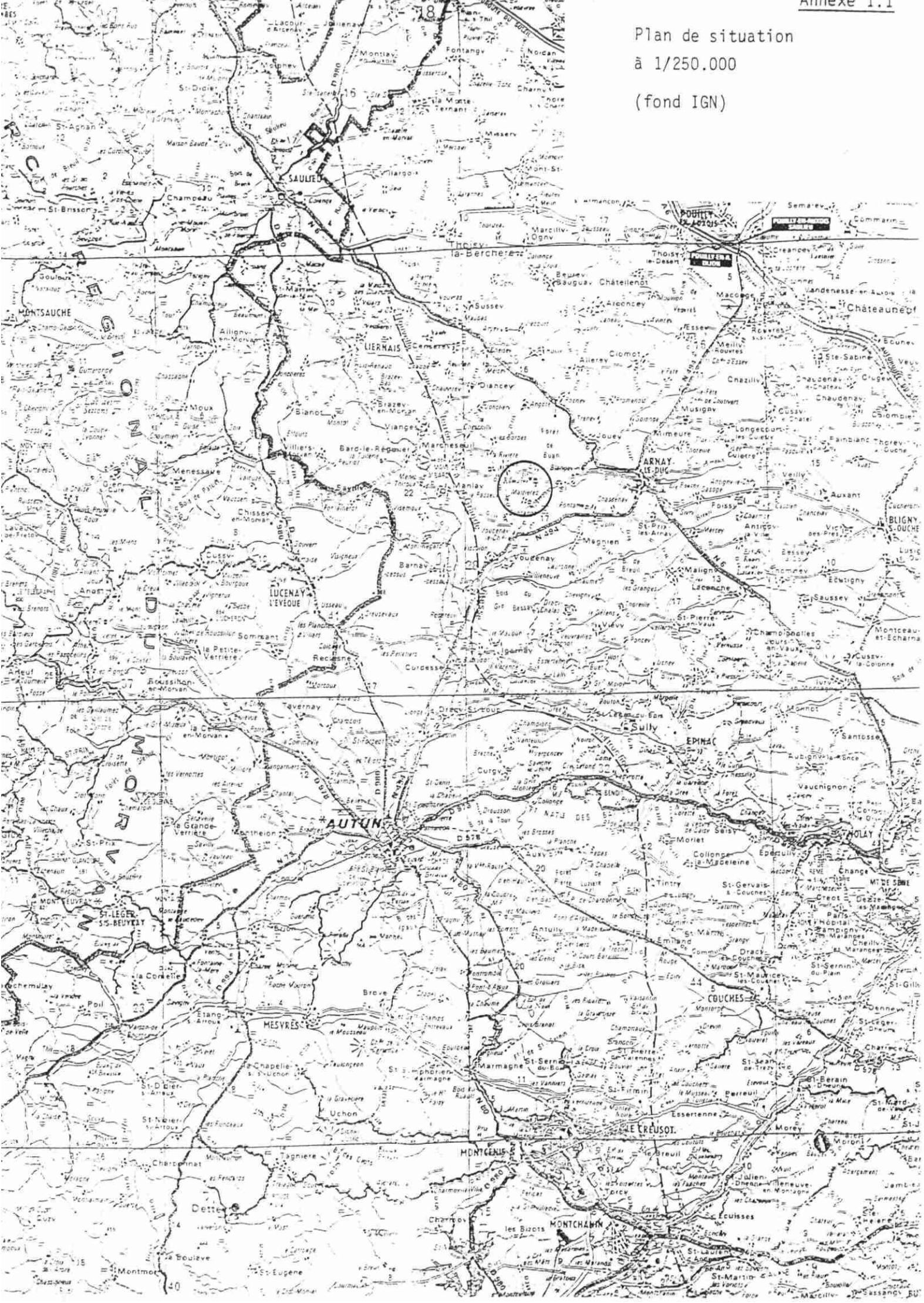
PLANS DE SITUATION

- Annexe 1.1 - Plan de situation à 1/250 000
- Annexe 1.2 - Plan de situation à 1/25 000
- Annexe 1.3 - Situation de la source Maizières et des points d'eau froide à 1/5 000

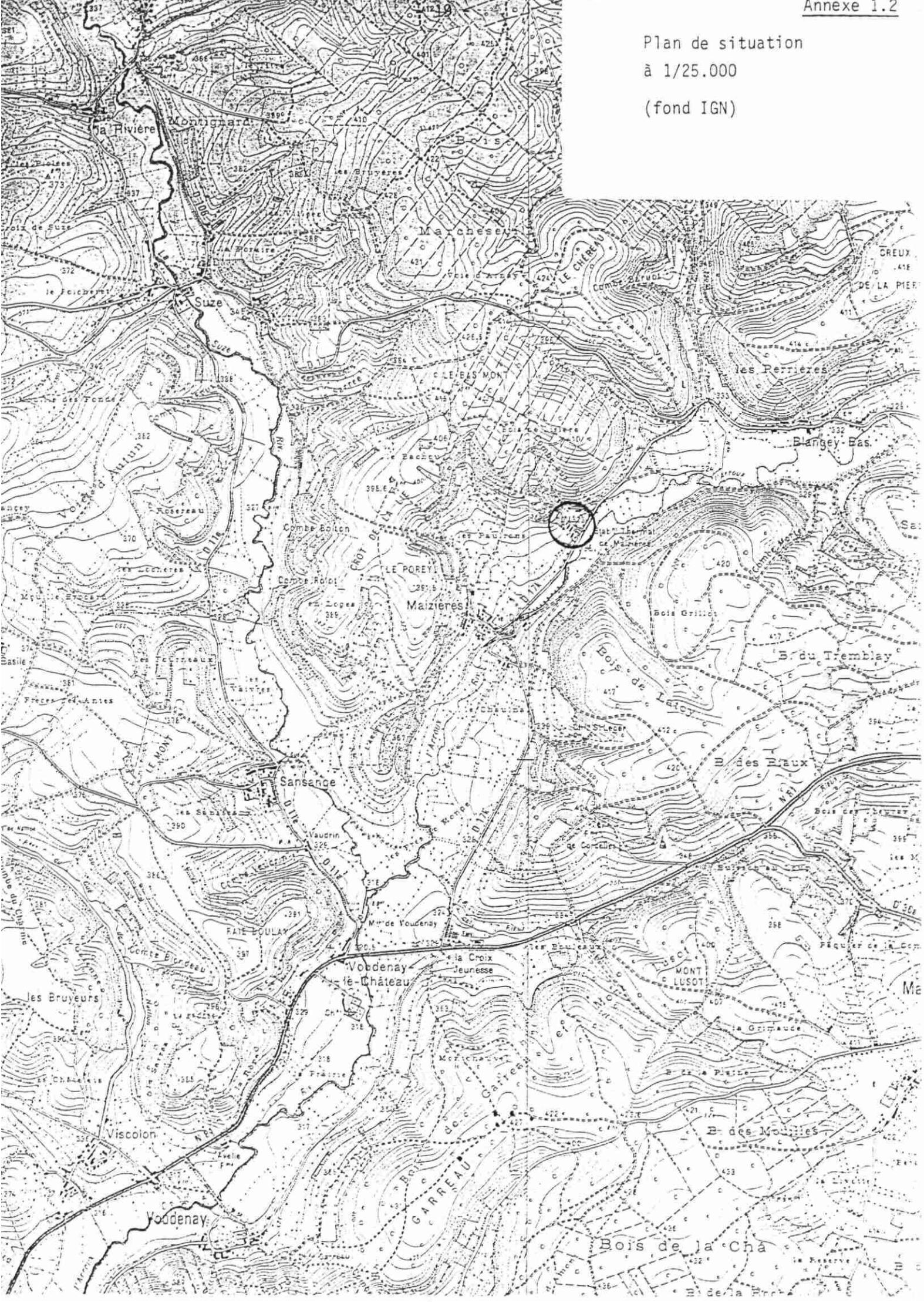
Plan de situation

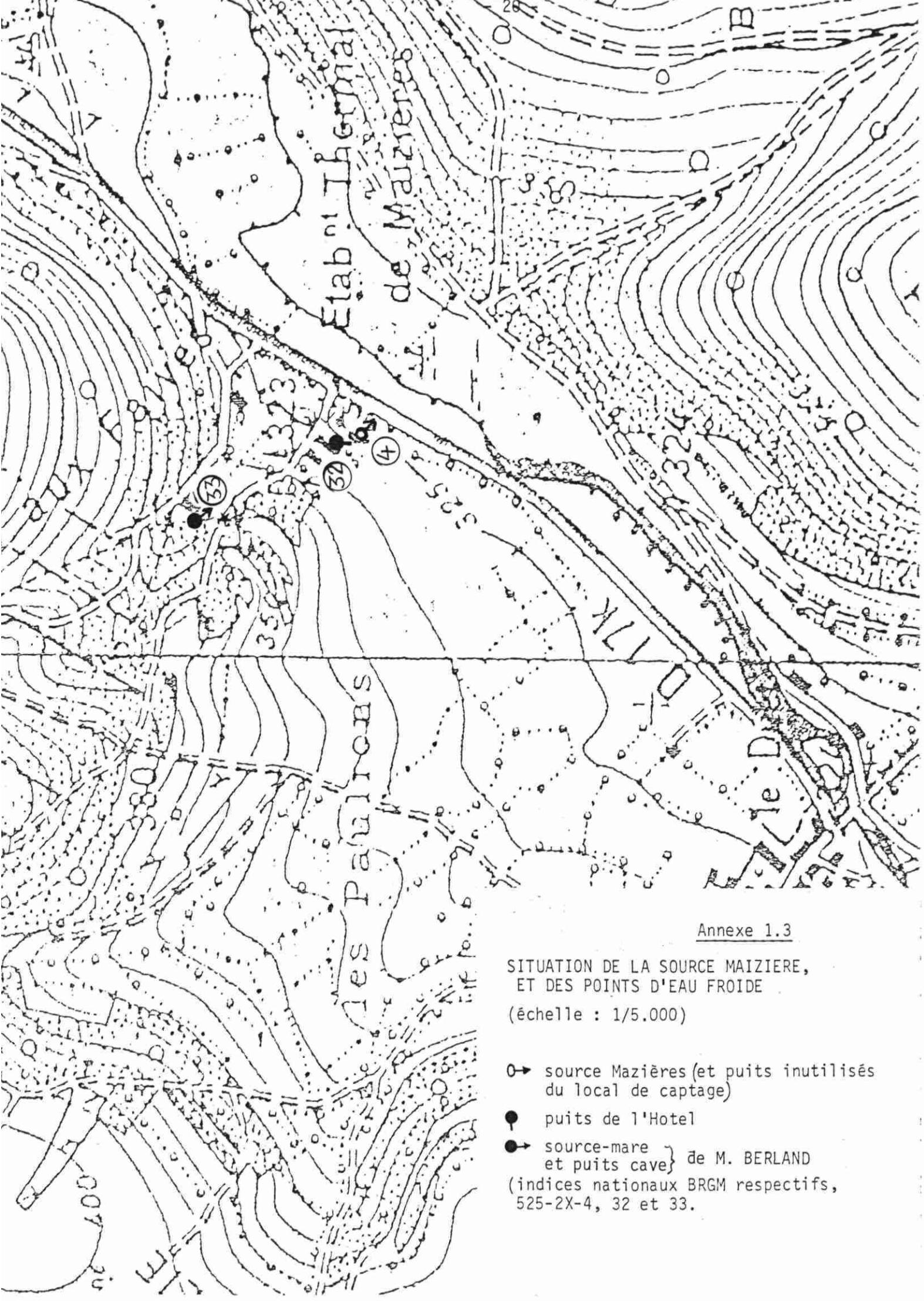
à 1/250.000

(fond IGN)



Plan de situation
à 1/25.000
(fond IGN)





Annexe 1.3

SITUATION DE LA SOURCE MAIZIERE,
ET DES POINTS D'EAU FROIDE
(échelle : 1/5.000)

- → source Mazières (et puits inutilisés du local de captage)
- → puits de l'Hotel
- → source-mare et puits cave} de M. BERLAND
(indices nationaux BRGM respectifs, 525-2X-4, 32 et 33.)

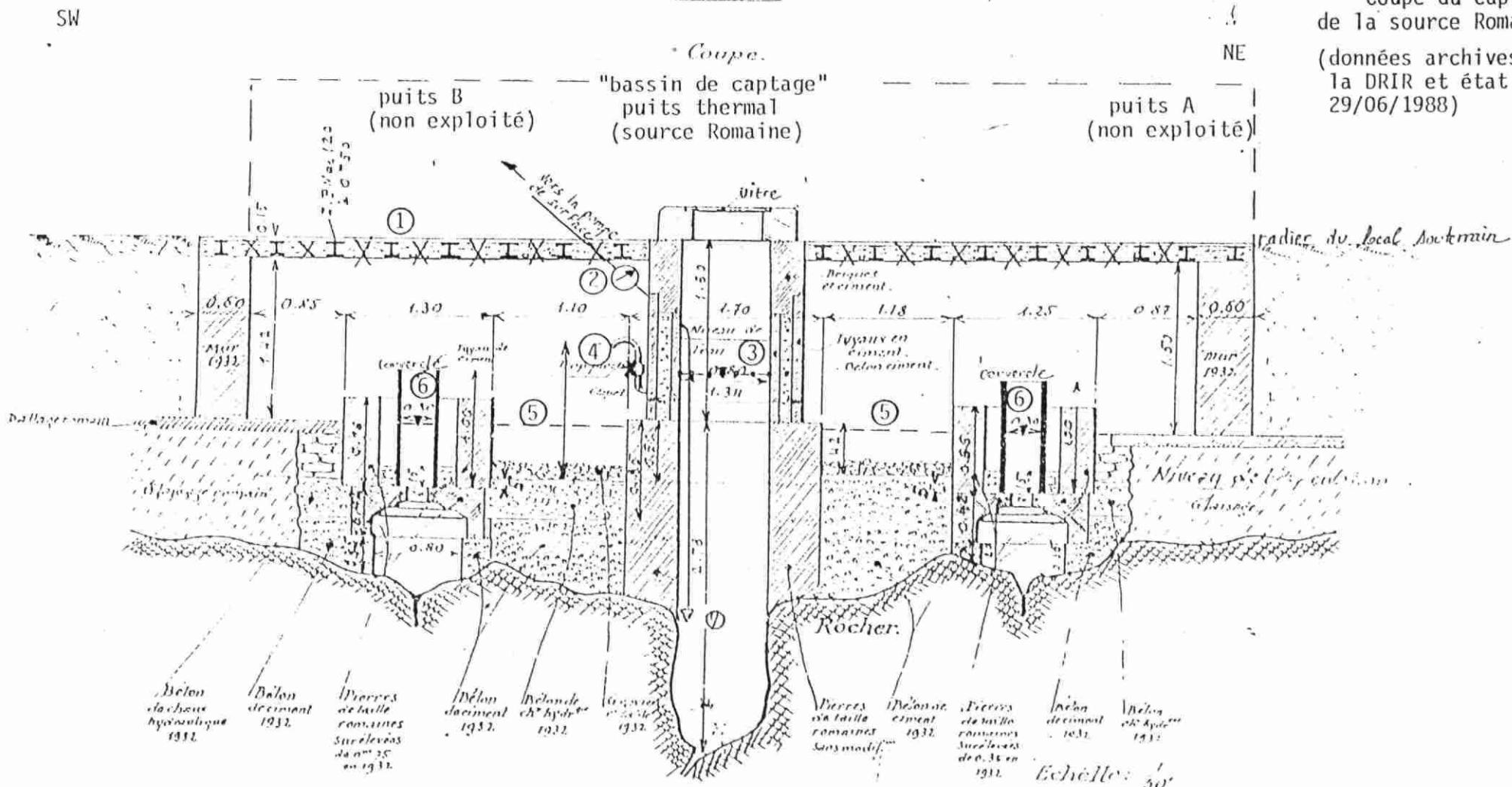
ANNEXE 2

COUPE DU CAPTAGE DE LA SOURCE ROMAINE

(données archives de la D.R.I.R. et état au 29/06/1988)

Source de Maizières.

Annexe 2



- (1) X X X suppression du radier du local souterrain au droit du "bassin de captage"
- (2) compteur volumétrique sur l'aspiration de la pompe
- (3) niveau statique, le 29/06/1988 avant test de pompage
- (4) robinet sur la sortie actuelle du trop plein
- (5) radier du "bassin de captage"
- (6) niveaux statiques des puits A et B
- (7) position de la crêpine de la pompe d'exploitation

Arnay-le-Duc 30-12-1932.

L'Ingénieur.

L. GILLON

ANNEXE 3

TESTS DE POMPAGES SUR LA SOURCE ROMAINE LES 07 ET 08/02/1989

- Annexe 3.1 - Paliers du 07/02/1989 (2 feuillets) : listing et courbes de descente et de remontée du niveau d'eau
- \ - Annexe 3.2 - Pompage à débit constant du 08/02/1989 (2 feuillets)
listing et courbes de descente et de remontée du niveau d'eau
- Annexe 3.3 - Tableaux récapitulatifs des mesures des paramètres physico-chimiques
- Annexe 3.4 - Résultats des analyses bactériologiques de la source Romaine
- Annexe 3.5 - Résultats de l'analyse chimique de la source Romaine en fin de pompage le 08/02/1989, comparés à ceux :
 - . des puits A et B adjacents au captage,
 - . des eaux bancales froides proches (puits de l'Hôtel, puits de M. BERLAND)

LE FUTS ROMA TESTE L' AQUIFERE: SOCLE
 DIAMETRE DU FUTS ROMA : 800. mm
 RAYON D'OBSERVATION : 0.40 m
 NIVEAU HYDROSTATIQUE INITIAL : 1.49 m

PALIER NO: 1 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
2	3.00	3.00	0.260	3.750	0.00
3	4.00	4.00	0.290	3.750	0.00
4	5.00	5.00	0.380	3.750	0.00
5	9.00	9.00	0.690	3.750	0.00
6	10.00	10.00	0.730	3.750	0.00
7	15.00	15.00	0.920	3.750	0.00
8	20.00	20.00	1.070	3.750	0.00
9	25.00	25.00	1.070	3.750	0.00
10	30.00	30.00	1.190	3.750	0.00
11	40.00	40.00	1.200	3.750	0.00
12	50.00	50.00	1.330	3.750	0.00
13	60.00	60.00	1.440	3.750	0.00
14	75.00	75.00	1.330	3.750	0.00
15	89.00	89.00	1.350	3.750	0.00
16	130.00	130.00	1.510	5.200	0.00
17	150.00	150.00	1.810	5.200	0.00
18	160.00	160.00	2.130	5.200	0.00
19	180.00	180.00	2.160	5.200	0.00
20	220.00	220.00	2.270	5.200	0.00
21	240.00	240.00	2.580	6.750	0.00
22	250.00	250.00	3.110	6.140	0.00
23	250.00	250.00	3.110	6.140	0.00
24	310.00	310.00	3.110	6.140	0.00

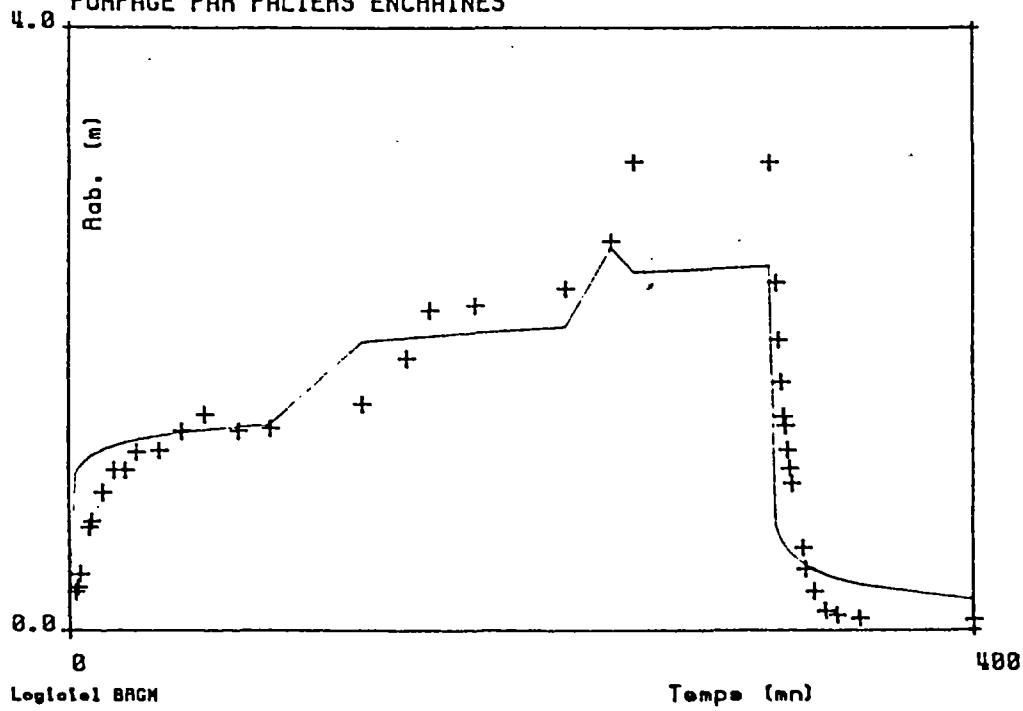
PALIER NO: 1 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
25	0.00	310.00	3.110	0.000	0.00
26	3.00	313.00	2.310	0.000	104.33
27	4.00	314.00	1.930	0.000	78.50
28	5.00	315.00	1.650	0.000	63.00
29	6.00	316.00	1.420	0.000	52.67
30	7.00	317.00	1.360	0.000	45.29
31	8.00	318.00	1.200	0.000	39.75
32	9.00	319.00	1.080	0.000	35.44
33	10.00	320.00	0.980	0.000	32.00
34	15.00	325.00	0.550	0.000	21.67
35	16.00	326.00	0.410	0.000	20.38
36	20.00	330.00	0.260	0.000	16.50
37	25.00	335.00	0.130	0.000	13.40
38	30.00	340.00	0.100	0.000	11.33
39	40.00	350.00	0.080	0.000	8.75
40	90.00	400.00	0.070	0.000	4.44

BILAN PAR PALIER

Num.	Temps Pal. Cumulé (MN.)	Durée Descente (MN.)	Durée Remontée (MN.)	Rabat. Mini. (M.)	Rabat. Maxi. (M.)	Débit Moyen (M3/H)	Débit Maxi. (M3/H)	Nbre Mesures
1	400.00	310.00	90.00	0.000	3.110	4.79	6.75	40

ESSAI DE POMPAGE SUR LE CAPTAGE DES THERMES DE MAZIERE
POMPAGE PAR PALIERS ENCHAINES



Programme
ISAPE

Numéro du pompage
PALIERS

PUITS
ROMA

Méthode utilisée
FRACTURE VERTICALE UNIQUE
 $T_x/T_y = 1$.
 $X_F = 100. m$

$$T = 8.50E-04 \text{ m}^2/\text{s}$$

Nom du fichier: MAIZIERE Pompage numéro: 525-2X-0004 Feuillet 1

LE PUITS ROMA TESTE L' AQUIFERE: SOCLE
 DIAMETRE DU PUITS ROMA : 800. mm
 RAYON D'OBSERVATION : 0.85 m
 NIVEAU HYDROSTATIQUE INITIAL : 1.50 m

PALIER NO: 1 COURBE DE DESCENTE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
2	0.30	0.30	3.100	16.300	0.00
3	6.00	6.00	3.100	16.300	0.00
4	14.00	14.00	3.100	7.010	0.00
5	35.00	35.00	3.100	6.750	0.00
6	55.00	55.00	3.100	6.140	0.00
7	75.00	75.00	3.100	6.140	0.00
8	110.00	110.00	3.100	6.070	0.00
9	230.00	230.00	3.100	5.860	0.00
10	290.00	290.00	3.100	5.670	0.00
11	310.00	310.00	3.100	6.130	0.00
12	340.00	340.00	3.100	6.000	0.00

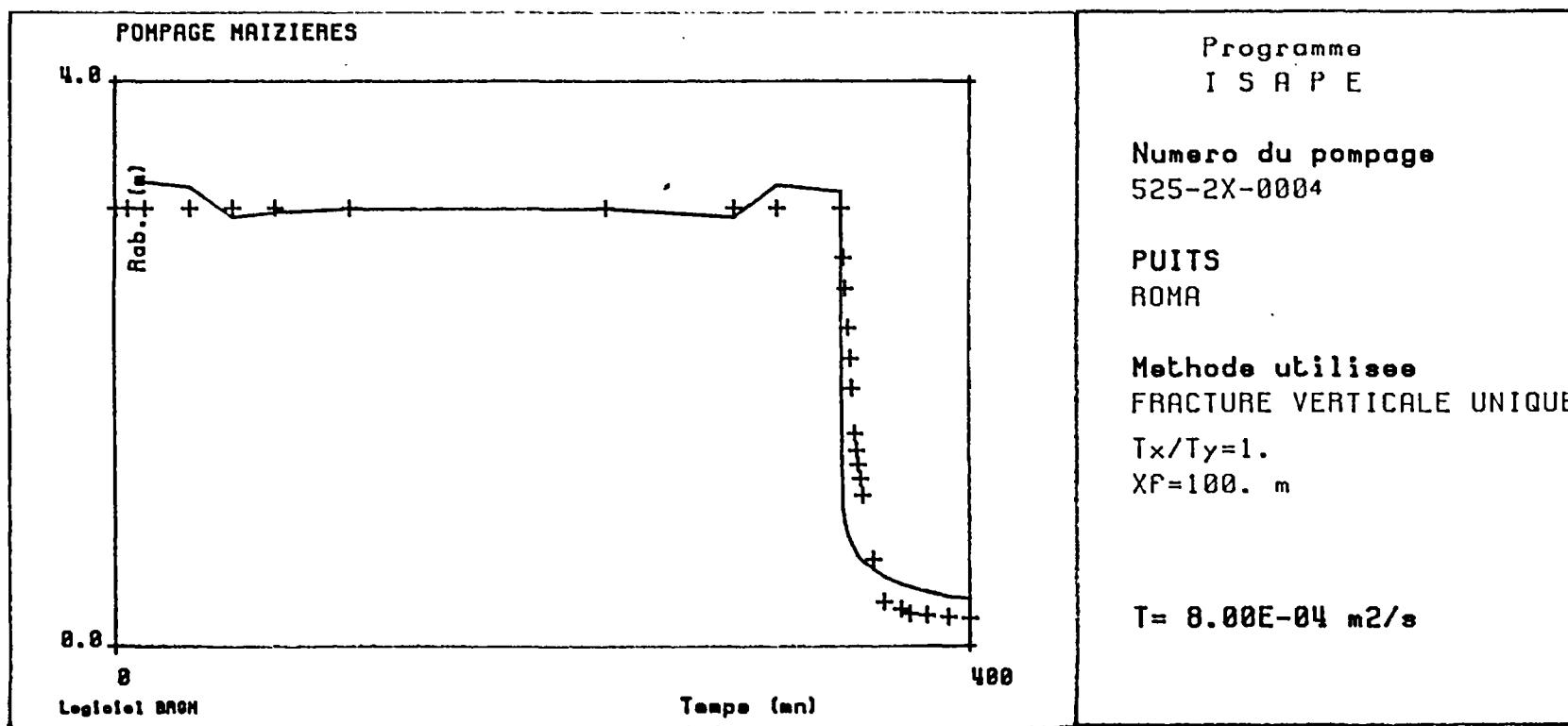
PALIER NO: 1 COURBE DE REMONTEE

N	TEMPS (MN.)	TEMPS CUM. (MN.)	RABAT. (M.)	DEBIT (M3/H)	1+TP/TR
13	0.00	340.00	3.100	0.000	0.00
14	1.00	341.00	2.750	0.000	341.00
15	2.00	342.00	2.530	0.000	171.00
16	3.30	343.30	2.250	0.000	104.03
17	4.30	344.30	2.030	0.000	80.07
18	5.10	345.10	1.820	0.000	67.67
19	6.40	346.40	1.500	0.000	54.13
20	7.30	347.30	1.380	0.000	47.58
21	8.00	348.00	1.280	0.000	43.50
22	9.10	349.10	1.180	0.000	38.36
23	10.00	350.00	1.060	0.000	35.00
24	15.00	355.00	0.600	0.000	23.67
25	20.00	360.00	0.300	0.000	18.00
26	28.00	368.00	0.250	0.000	13.14
27	32.00	372.00	0.220	0.000	11.63
28	40.00	380.00	0.210	0.000	9.50
29	50.00	390.00	0.200	0.000	7.80
30	60.00	400.00	0.190	0.000	6.67

BILAN PAR PALIER

Num. Pal.	Temps Cumulé (MN.)	Durée Descente (MN.)	Durée Remontée (MN.)	Rabat. Mini. (M.)	Rabat. Maxi. (M.)	Débit Moyen (M3/H)	Débit Maxi. (M3/H)	Nbre Mesures
1	400.00	340.00	60.00	0.000	3.100	6.53	16.30	30

Nombre total de mesures pour les 1 paliers: 30



TABLEAUX RECAPITULATIFS DES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES REALISEES LES 7 ET 8 FEVRIER 1989

1 - MESURES EFFECTUEES SUR LA SOURCE ROMAINE (THERMES)

POMPAGES PAR PALIERS	T° EAU °C	CONDUCTIVITE µS/cm	O2 mg/l	O2 %	Eh mV (1)	pH	Eh corrigé mV
Etat 0	9.5	4410	4.4	45	0	6.91	217
Palier 1	15.4	7820			7	6.78	224
Palier 2	15.5	7990			11	6.83	228
Palier 3	15.6	8090			34	6.94	251

POMPAGE DE LONGUE DUREE	T° EAU °C	CONDUCTIVITE µS/cm	O2 mg/l	O2 %	Eh mV (1)	pH	Eh corrigé mV
Début	15.5	8240			57	6.82	214
Fin	16.1	8620			13	7.23	230

2 - MESURES EFFECTUEES SUR AUTRES POINTS D'EAU

REFERENCE DES POINTS D'EAU	T° EAU °C	CONDUCTIVITE µS/cm	O2 mg/l	O2 %	Eh mV (1)	pH	Eh corrigé mV
Puits Hotel	9.9	292			-5	7.66	212
Source Mare	4.9	51			64	7.24	281
Puits cave de M. BERLAND	8.2	116			74	7.54	291

(1) électrode de référence au KCl 3m

T° température en degrés Centigrades

C conductivité en milliSiemens/cm ramené à 20°C

Eh potentiel d'oxydo-réduction en millivolts

O2 teneur en Oxygène dissous en mg/l et en %

ANNEXE 3.4

RESULTATS DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES
DE LA SOURCE ROMAINE

	<u>Date</u>	<u>Heure</u>
Echantillon SR0 : état initial avant palier..	le 07/02/1989	9 h 00
Echantillon SR1 : état final 1er palier.....	le 07/02/1989	11 h 44
Echantillon SR2 : état final 2ème palier.....	le 07/02/1989	14 h 00
Echantillon SR3 : état final 3ème palier.....	le 07/02/1989	15 h 30
Echantillon SR4 : état avant pompage à débit constant.....	le 08/02/1989	9 h 00
Echantillon SR5 : état à la fin du pompage à débit constant.....	le 08/02/1989	17 h 20

Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72722500 - Téléx PASTLYO 380697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux : eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 : ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213050

éditée le: 27.02.89

* bon de commande : 23

ORIGINE : Divers - Eau
SRO

COMMUNE : Maizieres les Bains

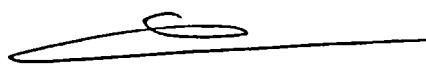
PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	10	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	> 1 000	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417	0	par 100 ml

eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffrey
Directeur du laboratoire



Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72722500 - Téléx PASTLYO 380697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux: eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1,2,3,4,5,6,7: ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213059 éditée le: 27.02.89
N° bon de commande : 23

ORIGINE : Divers - Eau
SR1
COMMUNE : Maizières les Bains

PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	2	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	4	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417	0	par 100 ml

Eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire

Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72 72 25 00 - Télex PASTLYO 380 697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux : eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1,2,3,4,5,6,7:ressources naturelles,eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213060 éditée le: 27.02.89
1° bon de commande : 23

ORIGINE : Divers - Eau
SR2
COMMUNE : Maizières les Bains

PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401) 0 par ml
 Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402) 6 par ml
 Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414) 0 par 100 ml
 Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414) 0 par 100 ml
 Streptocoques fécaux (NF T90-416) 0 par 100 ml
 Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417 0 par 100 ml

au potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire

Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72722500 - Téléx PASTLYO 380697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux: eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1,2,3,4,5,6,7: ressources naturelles, eaux de rejets, industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213061
1° bon de commande : 23

éditée le: 27.02.89

ORIGINE : Divers - Eau
SR3
COMMUNE : Maizières les Bains

PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	0	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	8	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417	0	par 100 ml

Eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire



Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72722500 - Téléx PASTLYO 380697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux: eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1,2,3,4,5,6,7: ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213062
1^{er} bon de commande : 23

éditée le: 27.02.89

ORIGINE : Divers - Eau
SR4
COMMUNE : Maizieres les Bains

PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	2	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	4	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417	0	par 100 ml

Eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire



Institut Pasteur de Lyon

Laboratoire d'Hygiène Appliquée à l'Homme et à son Environnement

Reconnu d'utilité publique (décret du 22 juin 1903)

Avenue Tony Garnier - 69007 LYON

Tél. 72722500 - Télex PASTLYO 380697 F - C.C.P. Lyon 330.13 G

FEUILLE DE RESULTATS

PAGE 1

B.R.G.M.
43 boulevard du 11 novembre
B. P. 6083
69604 VILLEURBANNE

Section : Microbiologie des eaux

Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère des affaires sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux : eaux d'alimentation, eaux minérales, eaux de baignade, eaux usées...

Laboratoire agréé par le Ministère de l'environnement pour les agréments de type 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 : ressources naturelles, eaux de rejets industriels et urbains

N° DEMANDE : 890213063
1^{er} bon de commande : 23

éditée le: 27.02.89

ORIGINE : Divers - Eau
SR5
COMMUNE : Maizieres les Bains

PRELEVEMENT : Effectué le : 0.00.00

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU D'ALIMENTATION

Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401)	0	par ml
Bactéries aérobies 20°C 72 H (NF T90-402)	0	par ml
Coliformes totaux à 37°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Coliformes thermotolérants 44°C (NF T90-414)	0	par 100 ml
Streptocoques fécaux (NF T90-416)	0	par 100 ml
Clostridium sulfito-réducteur (spores) NF T90-417	0	par 100 ml

Eau potable du point de vue bactériologique pour les paramètres analysés
Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)

Dr Ch. Geoffray
Directeur du laboratoire



Analyses chimiques comparées :
 . de la source Romaine SR le 08/02/1989 en fin de pompage à 6,5 m³/h
 . avec les puits adjacents A et B et les eaux bancales froides proches
 (puits de l'hôtel et puits de M. BERLAND)

Refer.	Ech.	No	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CL	SO ₄	N0 ₃	NH ₄	F	PO ₄	SiO ₂	AL	FE
Refer.	Ech.	UNIT	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	PPB
		BINF	0.2	0.2	0.1	0.3	6.	6.	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	20.
		BSUP	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.	10000.	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.

A	0001	275.0	11.5	1600.0	98.0	281.	<6.	2850.0	45.0	0.2	<0.1	3.6	<0.1	23.0	<0.1	<20.
B	0002	210.0	9.0	1150.0	76.0	226.	<6.	2120.0	35.0	9.0	<0.1	3.0	<0.1	23.0	<0.1	<20.
SR	0003	310.0	13.3	1700.0	110.0	267.	<6.	3100.0	48.0	<0.2	0.5	3.4	<0.1	23.0	<0.1	180.
P. BERLAND	0004	10.5	2.0	6.0	3.0	16.	<6.	8.5	5.3	25.0	<0.1	0.5	<0.1	18.0	0.1	180.
P. HOTEL	0005	31.0	2.5	20.5	4.5	120.	<6.	21.0	10.2	2.7	<0.1	1.2	<0.1	14.0	<0.1	<20.

Refer.	Ech.	No	NO ₂	MN	CD	CU	ZN	B	CR	CO	NL	SR	AG	EA	LI	ER	I
Refer.	Ech.	UNIT	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
		BINF	<0.01	0.01	5.	5.	20.	5.	0.02	20.	20.	0.01	5.	0.01	0.1	0.1	2.
		BSUP	10000.00	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	10000.	1000.

A	0001	<0.01	78.	<5.	<20.	36.	2.80	<20.	<20.	<20.	11.20	<5.	0.21	18.4	13.2	29.
B	0002	<0.01	9.	<5.	<20.	45.	2.10	<20.	<20.	<20.	8.50	<5.	0.14	13.8	9.1	15.
SR	0003	<0.01	1300.	<5.	<20.	81.	3.20	<20.	<20.	<20.	18.10	<5.	0.19	21.5	16.0	31.
P. BERLAND	0004	<0.01	<5.	<5.	<20.	113.	<0.02	<20.	<20.	<20.	0.08	<5.	1.50	<0.1	<0.1	<20.
P. HOTEL	0005	<0.01	<5.	<5.	<20.	<5.	<0.02	<20.	<20.	<20.	0.24	<5.	1.11	<0.1	<0.1	<20.

 * EDITION EN MILLIEQUIVALENTS/LITRE *

NMGA	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CL	SO ₄	N0 ₃	NH ₄	N0 ₂	F	PO ₄	E	SR
0001	13.72	0.95	69.56	2.51	-4.61	0.00	-80.37	-0.94	0.00	0.00	0.00	-0.19	0.00	-0.26	0.26
0002	10.48	0.74	50.00	1.94	-3.70	0.00	-59.78	-0.73	-0.15	0.00	0.00	-0.16	0.00	-0.19	0.19
0003	15.47	1.09	73.91	2.81	-4.70	0.00	-87.42	-1.00	0.00	0.03	0.00	-0.18	0.00	-0.30	0.30
0004	0.52	0.16	0.26	0.08	-0.26	0.00	-0.24	-0.11	-0.40	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00
0005	1.55	0.21	0.89	0.12	-1.97	0.00	-0.59	-0.21	-0.04	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.01

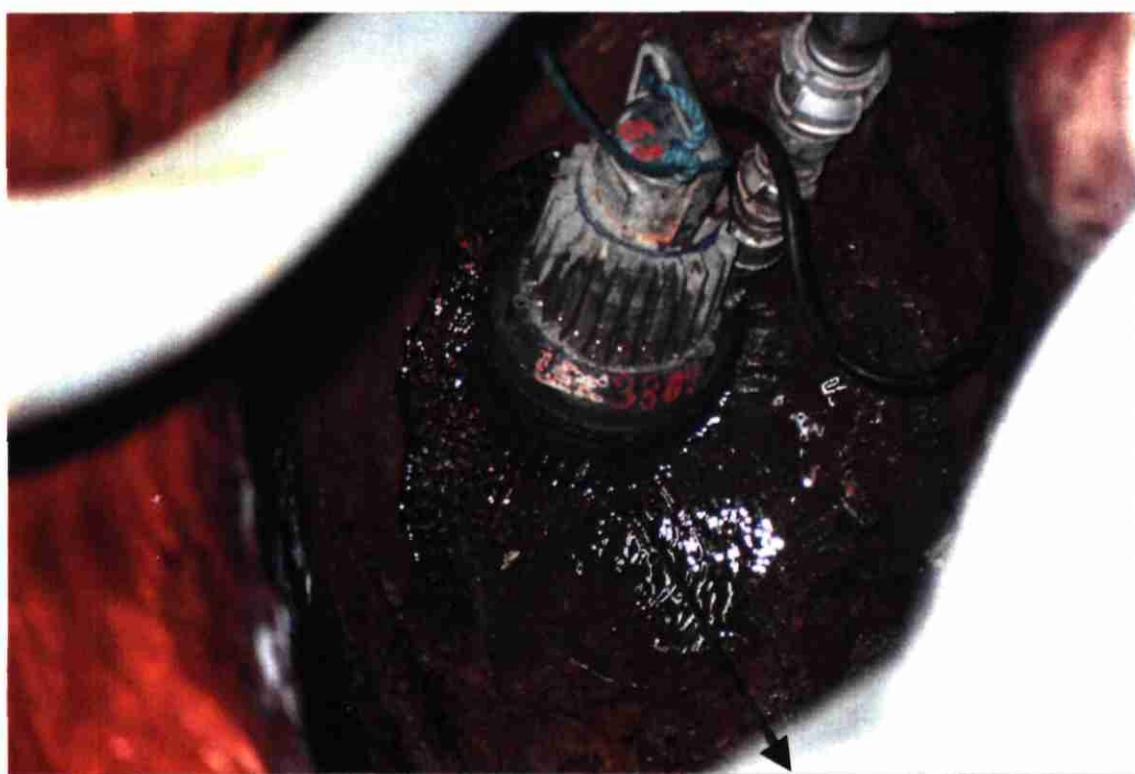
 * EDITION DE LA BALANCE IONIQUE *

NMGA	ANIONS	CATIONS	DIFFERENCE
0001	-86.36	86.99	0.73 %
0002	-64.71	63.36	2.14 %
0003	-93.60	93.62	0.02 %
0004	-1.04	1.03	1.35 %
0005	-2.88	2.76	4.10 %

ANNEXE 4

OBSERVATION DU CAPTAGE MIS A SEC PAR POMPAGE

OBSERVATION DU CAPTAGE MIS A SEC PAR POMPAGE



→ Conduit naturel d'arrivée de la source thermale au fond du captage