



**UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES  
POUR LE CHAUFFAGE PAR PAC  
DU GROUPE D'IMMEUBLES "Caravelle" à BRON (69)**

**Etude de faisabilité  
hydrogéologique et technique  
Compte rendu des travaux de forage**

**R.31706.RHA/4S/90**

**Novembre 1990**

**par M. MARTELAT  
avec la collaboration de P. BEAUDUC**

UTILISATION DES EAUX SOUTERRAINES POUR LE CHAUFFAGE  
PAR PAC DU GROUPE D'IMMEUBLES "CARAVELLE" à BRON (69)

■ ■ ■ ■ ■

Etude de faisabilité hydrogéologique et technique  
Compte rendu des travaux de forage

par M. MARTELAT  
avec la collaboration de P. BEAUDUC

R. 31.706 RHA/4S/90

Novembre 1990

## R E S U M E

Les études et travaux présentés dans ce rapport ont pour objet le chauffage du groupe d'immeubles Caravelle, route de Genas à BRON, au moyen d'une pompe à chaleur sur eau de nappe, en relève de chaudière.

Dans ce cadre, INDUSTRIELEC Rhône-Alpes/Centre Est, Maître d'Ouvrage, a confié à l'Agence Rhône-Alpes du BRGM l'étude de faisabilité du dispositif d'exploitation de la nappe et la Maîtrise d'oeuvre des travaux de forage.

L'exploitation de la PAC est prévue avec un débit de 130 m<sup>3</sup>/h sur la durée de la saison de chauffe, soit six mois environ.

Cet ensemble immobilier se situe sur le couloir fluvioglaciaire de Décines, où l'aquifère est très perméable, mais relativement profond et de puissance réduite (une dizaine de mètres).

Les simulations sur modèle mathématique KOUROS ont permis d'optimiser la configuration géométrique du dispositif en fonction des critères hydrogéologiques, économiques et des contraintes inhérentes au site.

Avec le dispositif retenu, le recyclage thermique, au bout de six mois, est nul.

Les forages ont été réalisés suivant la technique BENOTO ; ils permettent l'exploitation prévue, dans les conditions suivantes :

- ♦ Débit d'exploitation = 130 m<sup>3</sup>/h
- ♦ Rabattement à l'exhaure = 0,60
- ♦ Surcharge à la réinjection = 1,45 m

L'eau d'exhaure est du type bicarbonatée calcique, très dure et incrustante, mais ne contient aucun élément en excès ou indésirable par rapport aux seuils de potabilité.

Elle s'avère, d'autre part, stable et neutre et ne révèle pas d'indices susceptibles de laisser craindre un colmatage, une corrosion ou un vieillissement prématuré des ouvrages.

---

<b><u>Interlocuteurs</u></b>	: INDUSTELEC Rhône-Alpes	.....	J.M. BAROU
	Entreprise CINQUIN	.....	C. POTET
<b><u>Responsables du projet</u></b>	: Auteur du rapport	.....	M. MARTELAT
	Suivi des travaux	.....	P. BEAUDUC
<b><u>Dessin</u></b>	.....	.....	J.F. RIEUX
<b><u>Secrétariat</u></b>	.....	.....	P. LINAGE

---

Outre le résumé, ce rapport contient :

17 pages de texte, 3 figures et 4 annexes

# S O M M A I R E

	<u>PAGES</u>
<b>1 - <u>PRESENTATION DU PROJET</u></b>	<b>1</b>
1.1. - MODALITES ADMINISTRATIVES - OBJET DES TRAVAUX	1
1.2. - SITUATION	1
1.3. - CONDITIONS D'EXPLOITATION	1
<b>2 - <u>CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</u></b>	<b>2</b>
2.1. - CADRE GEOLOGIQUE	2
2.2. - CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES	2
2.3. - DONNEES HYDROGEOLOGIQUES - FORAGES DE REFERENCE	2
2.4. - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFERE	3
2.5. - PIEZOMETRIE	3
2.5.1. - <u>Données piézométriques</u>	3
2.5.2. - <u>Direction et gradient d'écoulement</u>	3
2.5.3. - <u>Niveaux caractéristiques</u>	4
<b>3 - <u>INCIDENCE DES EXPLOITATIONS AUX ABORDS DU SITE</u></b>	<b>4</b>
<b>4 - <u>CONCEPTION DU DISPOSITIF D'EXPLOITATION</u></b>	<b>4</b>
4.1. - CONFIGURATION DU DISPOSITIF	4
4.2. - ETUDE DES RECYCLAGES THERMIQUES	5
4.2.1. - Techniques mises en oeuvre	5
4.2.2. - Données prises en compte	5
4.2.3. - Présentation des résultats	6

	<u>PAGES</u>
<b>5 - <u>TRAVAUX DE FORAGE</u></b>	<b>7</b>
5.1. - MISE EN OEUVRE	7
5.2. - PLANNING DES TRAVAUX	7
5.2.1. - <u>Forage d'exhaure</u>	7
5.2.2. - <u>Forage de rejet</u>	7
5.2.3. - <u>Travaux de finition</u>	8
5.3. - IMPLANTATION, IDENTIFICATION DES OUVRAGES	8
5.4. - COUPES GEOLOGIQUES ET TECHNIQUES	9
5.5. - ANALYSES GRANULOMETRIQUES	9
5.6. - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES FORAGES	10
5.6.1. - <u>Présentation des résultats</u>	10
5.6.2. - <u>Commentaires</u>	10
5.6.3. - <u>Conditions d'exploitation</u>	11
<b>6 - <u>QUALITE DE L'EAU</u></b>	<b>11</b>
6.1. - ANALYSE BACTERIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE	11
6.2. - CORROSIVITE	12
6.3. - POUVOIR COLMATANT	12
6.4. - TEMPERATURE	13
<b>7 - <u>CONSIGNES D'EXPLOITATION, DE SURVEILLANCE ET D'ENTRETIEN</u></b>	<b>13</b>
7.1. - CONDITIONS DE REJETS	13
7.2. - CONTROLE ET SURVEILLANCE	14
7.3. - MESURES DE PREVENTION ET D'ENTRETIEN	15

	<u>PAGES</u>
<b>8 - <u>ASPECTS REGLEMENTAIRES</u></b>	<b>15</b>
<b>8.1. - MODALITES ADMINISTRATIVES - DECLARATIONS</b>	<b>15</b>
<b>8.2. - TAXES ET REDEVANCES A L'AGENCE DE L'EAU</b>	<b>16</b>
<b>9 - <u>CONCLUSIONS</u></b>	<b>17</b>

: : : : :  
: : : : :  
: : : : :  
: : : : :

**LISTE DES FIGURES**

- Figure n° 1 : Carte de situation (échelle 1/25.000)
- Figure n° 2 : Schéma d'implantation des forages (échelle 1/25.000)
- Figure n° 3 : Caractéristiques hydrauliques des forages

**A N N E X E S**

- ANNEXE 1 : Simulations sur modèle mathématique KOUROS  
\* Résultats numériques  
\* Trajectoires des lignes de courant
- ANNEXE 2 : Coupes géologiques et techniques des forages  
\* Forage d'exhaure  
\* Forage de rejet
- ANNEXE 3 : Analyses granulométriques  
\* GR1 de 21,00 à 21,50 m  
\* GR2 de 21,70 à 22,00 m  
\* GR3 de 22,00 à 22,60 m
- ANNEXE 4 : Résultats des analyses chimiques et bactériologiques

## 1 - PRESENTATION DU PROJET

### 1.1. - MODALITES ADMINISTRATIVES - OBJET DES TRAVAUX

Ce projet est conduit par INDUSTRIELEC Rhône-Alpes/Centre-Est, exerçant le rôle de Maître d'Ouvrage. Il a pour objet le chauffage du groupe d'immeubles d'habitations "Caravelle" à BRON (Rhône), au moyen d'une pompe à chaleur sur eau de nappe (PAC) en relève de chaudière.

Dans ce cadre, l'Agence Rhône-Alpes du BRGM a été chargée de l'étude de faisabilité hydrogéologique et technique du dispositif d'exploitation de la nappe et de la maîtrise d'oeuvre des travaux de forage.

### 1.2. - SITUATION (cf. figure n° 1)

Le groupe d'immeubles Caravelle se situe en bordure de la route de Genas, au lieu-dit "La Pagère", sur la commune de BRON.

L'emprise au sol de cet ensemble immobilier est schématisée sur le plan de situation, figure n° 1.

### 1.3. - CONDITIONS D'EXPLOITATION

Le dispositif d'exploitation de la nappe comporte deux forages distincts pour l'exhaure et le rejet de l'eau nécessaire au fonctionnement de la PAC.

Les conditions d'exploitation sont définies comme suit :

- Saison de chauffe : durée six mois environ
- Débit d'alimentation de la PAC : 130 m<sup>3</sup>/h

L'installation de chauffage disposera d'un secours par la chaudière ; il est prévu l'installation d'une seule pompe sur l'ouvrage d'exhaure.

## 2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

### 2.1. - CADRE GEOLOGIQUE

Le projet se situe sur le couloir fluvioglaciaire de Décines, à proximité de sa limite sud-ouest représentée par la colline morainique de Bron. Il s'agit d'une vaste dépression comblée par les matériaux morainiques abandonnés par le glacier würmien lors de son retrait. Ces matériaux, fortement remaniés et étalés par les eaux de fusion, constituent les alluvions fluvioglaciaires. Celles-ci, dont l'épaisseur peut atteindre une trentaine de mètres, reposent soit directement, soit par l'intermédiaire de dépôts glaciaires non remaniés, sur un substratum représenté par les sables plus ou moins grésifiés de la molasse miocène.

### 2.2. - CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUES

Le lessivage des alluvions fluvioglaciaires par les eaux de fonte du glacier leur confère une perméabilité importante et elles sont le siège d'une nappe relativement profonde, qui se raccorde à l'Ouest à celle des alluvions fluviales récentes du Rhône.

Compte-tenu de la profondeur du niveau piézométrique qui atteint une quinzaine de mètres, l'épaisseur de l'aquifère est réduite et inégale ; elle est maximale au centre du couloir et diminue progressivement pour devenir nulle latéralement, à proximité de ses limites.

### 2.3. - DONNEES HYDROGEOLOGIQUES - FORAGES DE REFERENCE

Deux forages de référence encadrent le site concerné et sont reportés sur le plan de situation, figure n° 1.

L'identification de ces ouvrages et les principales données hydrogéologiques qui en résultent, s'établissent comme suit :

<u>Désignation</u> :	Supermarché CASINO "Les Tours de l'Isère"	Société ADEL
<u>Situation</u> :	Rte de Genas à Bron	Les 7 Chemins à Décines
<u>Réalisé en</u> :	1967	1990
<u>Par l'Entreprise</u> :	SONDARALP	CINQUIN
<u>Profondeur totale</u> :	30,00 m	28,00 m
<u>Profondeur substratum</u> :	27,50 m	27,00 m
<u>Profond. niveau piézo</u> :	18,00 m	17,18 m
<u>Puissance de l'aquifère</u>	9,50 m	9,82 m
<u>Débit</u> :	120 m <sup>3</sup> /h	59,5 m <sup>3</sup> /H
<u>Rabatement</u>	1,41 m	1,52 m



Ces données ont permis de dimensionner les ouvrages en projet. Elles montrent cependant que la productivité de l'aquifère peut varier dans une large mesure sur ce secteur.

#### 2.4. - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFERE

L'interprétation des données sus-mentionnées a conduit à évaluer comme suit les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère au droit du site :

- Puissance de l'aquifère H = 10 à 15 m
- Perméabilité de Darcy K =  $2,4 \cdot 10^{-3}$  m/s

#### 2.5. - PIEZOMETRIE

##### 2.5.1. - Données piézométriques

Elles ont été extraites :

- d'une part de la carte piézométrique de l'Est Lyonnais, figurant dans le rapport BRGM n° 73 SGN 199 JAL ;
- d'autre part, des observations recueillies depuis 1976 sur le réseau piézométrique BRGM, mis en place sur le territoire de la Communauté Urbaine de Lyon (COURLY).

Les piézomètres d'observation les plus proches du site, reportés sur le plan de situation figure n° 1, sont respectivement :

- le piézomètre 698.70.0016, rue Descomberousse à Villeurbanne,
- le piézomètre 698.7T.0009 à Bron Aéroport.

##### 2.5.2. - Direction et gradient d'écoulement

Ils peuvent être évalués comme suit :

- direction d'écoulement :  $\alpha = 314^\circ/\text{Nord}$
- gradient d'écoulement :  $i = 5/1000$

### 2.5.3. - Niveaux caractéristiques

Les niveaux caractéristiques au droit du site sont évalués comme suit :

Niveau caractéristique	Altitude NGF en m (1)	Cote/sol en m	Amplitude (2)
Etiage	172,20	15,20	- 0,70
Niveau le + fréquent	172,90	14,50	0
Hautes eaux décennales	174,70	12,70	+ 1,80

(1) NGF normal

(2) Par rapport au niveau le plus fréquent

## 3 - INCIDENCE DES EXPLOITATIONS AUX ABORDS DU SITE

Les exploitations connues aux abords du site sont celles des forages cités plus haut (cf. § 2.2.), soit :

- Forage du Supermarché CASINO "Les Tours de l'Isère", localisé à 1200 m à l'aval hydraulique du site
- Forages de la Société ADEL localisés à 1500 m à l'amont hydraulique du site.

Compte-tenu de leur régime d'exploitation et de leur éloignement, ces ouvrages ne peuvent avoir d'interférence hydraulique ou thermique significative sur ceux de la PAC "Caravelle".

## 4 - CONCEPTION DU DISPOSITIF D'EXPLOITATION

### 4.1. - CONFIGURATION DU DISPOSITIF

La configuration du dispositif d'exploitation est subordonnée aux conditions hydrogéologiques, aux contraintes inhérentes au site et aux impératifs économiques ; soit, essentiellement :

- la puissance de l'aquifère
- le sens d'écoulement
- l'emplacement des locaux techniques
- la réservation des espaces
- la localisation des réseaux enterrés
- l'accessibilité du matériel de forage
- la longueur du réseau de raccordement à réaliser.

Compte tenu de ces différents critères, deux configurations de base, comportant deux écartements distincts de l'ouvrage de rejet, ont fait l'objet d'une étude comparative, soit au total quatre hypothèses de dispositif :

#### ■ Configuration n° 1

L'ouvrage d'exhaure se situe à proximité de la chaufferie et l'ouvrage de rejet à l'aval hydraulique

#### ■ Configuration n° 2

L'ouvrage d'exhaure se situe en bordure de la route de Genas, où la puissance de l'aquifère est présumée maximale, tandis que l'ouvrage de rejet est implanté à proximité de la chaufferie.

## 4.2. - ETUDE DES RECYCLAGES THERMIQUES

### 4.2.1. - Techniques mises en oeuvre

L'étude des recyclages thermiques fait appel à un modèle de simulation mathématique implanté sur micro-ordinateur BULL MICRAL, avec imprimante et table traçante HEWLETT PACKARD.

Le logiciel KOUROS, utilisé dans cette application, est un modèle bidimensionnel continu, de calcul de trajectoires de lignes de courant, dans un aquifère supposé homogène, continu et isotrope, soumis à l'influence d'un ou plusieurs ouvrages d'exhaure et de rejet.

### 4.2.2. - Données prises en compte

Elles sont rappelées ci-après :

- direction de l'écoulement (par rapport au Nord) :  $\alpha = 314^\circ$
- gradient d'écoulement :  $i = 510^{-3}$
- puissance de l'aquifère :  $H = 15 \text{ m}$
- coefficient de perméabilité de Darcy :  $k = 2,410 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- début d'exploitation :  $Q = 130 \text{ m}^3/\text{h}$

4.2.3. - Présentation des résultats

Les résultats des simulations concernant les différentes hypothèses d'implantation des ouvrages font l'objet de l'annexe 1 et sont récapitulés sur le tableau ci-après :

Configuration du dispositif		Hypothèse		Temps de percée en mois (1)	Taux de recyclage au bout de 6 mois
		n°	Distance séparant les ouvrages		
1	<u>Exhaure</u> : chaufferie	1	50 m	4,1	8,3 ‰
	<u>Rejet</u> : aval hydraulique	2	70 m	-	0 ‰
2	<u>Exhaure</u> : bordure rte de Genas	3	67 m	1,2	38,9 ‰
	<u>Rejet</u> : chaufferie	4	88 m	2,1	27,8 ‰

Observations :

(1) Le temps de percée est le temps au bout duquel intervient la première perturbation thermique à l'ouvrage d'exhaure

Les résultats ont conduit à retenir une configuration de dispositif du type de celle de l'hypothèse 1, avec rejet à une distance d'au moins 70 m à l'aval hydraulique de l'ouvrage d'exhaure.

## 5 - TRAVAUX DE FORAGE

### 5.1. - MISE EN OEUVRE

Les travaux de forage ont été confiés à l'Entreprise CINQUIN de Romanèche Thorins (71) dans le cadre d'un marché de gré à gré, après consultation de sept entreprises régionales.

La technique de foration mise en oeuvre était celle de la méthode Benoto : foration à l'hammer grab et à la soupape en faisant suivre un tubage lourd de soutènement arrimé par une louvoyeuse mécanique.

### 5.2. - PLANNING DES TRAVAUX

Les travaux sur le terrain se sont déroulés du 22/08/1990 au 21/09/1990, suivant les différentes étapes définies ci-après :

#### 5.2.1. - Forage d'exhaure

22/08/90	Amenée de la machine et installation sur le site
22 au 27/08/90	Foration de 0 à 28,20 m
28 au 29/08/90	Equipement de l'ouvrage
29 au 30/08/90	Mise en place de l'électropompe immergée
30 au 3/09/90	Développement de l'ouvrage par surpompage jusqu'à 210 m <sup>3</sup> /h, sur une durée de 24 h, jusqu'à obtention d'une eau claire
4/09/90	Pompages d'essai en paliers de débit sur une durée de 14 h
5/09/90	Démontage de la pompe, cimentation en tête, retrait définitif des tubages de soutènement

#### 5.2.2. - Forage de rejet

6/09/90	Transfert et installation de la machine sur le site
6 au 10/09/90	Foration de 0 à 23 m
10 au 11/09/90	Equipement de l'ouvrage
12/09/90	Mise en place de l'électropompe immergée

- 12 au 13/09/90 Développement de l'ouvrage par surpompage jusqu'à 95 m<sup>3</sup>/h, sur une durée de 16 h 30, jusqu'à obtention d'une eau claire
- 14/09/90 Remontage de la pompe, cimentation en tête, retrait définitif des tubages de soutènement
- 17/09/90 Transfert de la pompe sur l'ouvrage d'exhaure
- 18/09/90 Essai de réinjection sur une durée de 8 h 30

5.2.3. - Travaux de finition

- 19 au 21/09/90 Démontage et repli du matériel et mise en place des regards de visite sur les deux ouvrages.

5.3. - IMPLANTATION ET IDENTIFICATION DES OUVRAGES

La localisation des forages d'exhaure et de rejet, distants de 84 m, est définie sur le schéma d'implantation au 1/1.000<sup>e</sup>, figure n° 2.

L'identification et les données géographiques concernant ces ouvrages s'établissent comme suit :

	Exhaure	Rejet
Numéros BSS	698.7Q.0031	698.7Q.0032
Coordonnées X :	801.112	801.030
Y :	86.305	86.328
Altitude au sol Z :	187,40 m	187,30 m

Observations :

Les coordonnées et les altitudes sont estimées d'après la carte IGN au 1/25.000

#### 5.4. - COUPES GEOLOGIQUES ET TECHNIQUES

Les données géologiques et hydrogéologiques recueillies au cours des travaux ainsi que l'équipement des ouvrages sont synthétisés sur les coupes regroupées à l'annexe 2.

L'examen de ces documents montre une remontée du substratum au droit du forage de rejet qui réduit sensiblement la puissance de l'aquifère à l'aplomb de cet ouvrage.

Les conditions hydrogéologiques se résument comme suit :

Forage	Exhaure	Rejet
Profondeur du substratum	25,20 m	22,00 m
Niveau piézométrique au sol	14,80 m	15,01 m
Puissance de l'aquifère	10,40 m	6,99 m

La puissance relativement faible de l'aquifère a conduit à équiper le forage d'exhaure d'une colonne de captage à fil enroulé, soudé JOHNSON, ouverture 1 mm, pour optimiser le rendement de l'ouvrage.

L'ouvrage de rejet où la hauteur de la tranche absorbante était importante a été équipé d'une colonne en PVC crépinée sur 18 m de longueur.

#### 5.5. - ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Le forage d'exhaure a fait l'objet de trois analyses granulométriques sur la tranche comprise entre 21 et 22,60 m.

Les horizons analysés sont définis sur la coupe correspondante, annexe 2.

Les résultats obtenus sont reportés sur les graphiques regroupés à l'annexe 3. Ils permettent de caractériser comme suit la formation alluviale aquifère :

- les échantillons GR1 et GR3 sont composés d'éléments sablo-graveleux hétérogènes grossiers, représentatifs de l'ensemble de la formation aquifère ;
- l'échantillon GR2 correspond à un horizon de sable fin de 0,30 m d'épaisseur, composé de 80 % d'éléments de granulométrie  $< 80 \mu$ ).

Ces résultats ont conduit à obturer par un film plastique l'horizon de sable fin entre 21,7 à 22,00 m (cf. coupe annexe 2).

## 5.6. - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES FORAGES

### 5.6.1. - Présentation des résultats

L'ensemble des données recueillies à l'issue du développement et des pompages d'essai sur les ouvrages est synthétisé sur le graphique, figure n° 3.

Les résultats obtenus s'établissent comme suit, pour chacun des ouvrages :

#### Forage d'exhaure

La courbe d'exploitation en forage est parfaitement linéaire et le débit critique n'est pas atteint avec le débit maximum de 210 m<sup>3</sup>/h mis en oeuvre.

#### Forage de rejet

Cet ouvrage a fait l'objet de deux essais successifs, soit :

- un pompage de développement où le débit maximum n'excédait pas 95 m<sup>3</sup>/h, le débit critique se situant à 60 m<sup>3</sup>/h environ ;
- un essai de réinjection de l'eau extraite du forage d'exhaure ; on obtient ici une courbe parfaitement linéaire qui traduit l'absence de pertes de charges quadratiques.

### 5.6.2. - Commentaires

- Le forage d'exhaure présente des caractéristiques hydrauliques d'exploitation en pompage largement supérieures à celles de l'ouvrage de rejet. Elles résultent de deux facteurs conjugués :
  - une puissance de l'aquifère sensiblement supérieure (10,40 m au lieu de 6,99 m) ;
  - un rendement hydraulique de la crépine à fil enroulée, largement supérieur à celui de la colonne PVC à fentes.



Ces conditions ne constituent pas un handicap pour l'exploitation de l'ouvrage de rejet. En effet, la réinjection mobilise une épaisseur de réservoir supérieure à celle de l'aquifère.

D'autre part, on a constaté, dans la généralité des cas, que la surcharge à la réinjection dans un ouvrage est toujours supérieure au rabattement en pompage, avec un débit identique.

En définitive, il s'avère que chacun des ouvrages est bien adapté à l'usage auquel il est destiné.

### 5.6.3. - Conditions d'exploitation

Les conditions d'exploitation du dispositif, avec le débit d'exhaure envisagé, s'établissent donc comme suit :

- débit d'exploitation = 130 m<sup>3</sup>/h
- rabattement au forage d'exhaure = 0,60 m
- surcharge à la réinjection = 1,45 m.

## 6 - QUALITE DE L'EAU

### 6.1. - ANALYSE BACTERIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE

L'analyse de l'eau prélevée à l'issue des pompages d'essai a été confiée à l'Institut Pasteur de Lyon. Les résultats obtenus constituent l'annexe 2 et conduisent à caractériser comme suit l'eau souterraine exploitée sur le site.

Elle est du type bicarbonatée calcique, très dure (TH = 46° F) et incrustante ; elle ne contient aucun élément en excès ou indésirable en ce qui concerne les normes de potabilité chimique (fer et manganèse en particulier).

Cette eau répond aux critères de potabilité pour la consommation humaine, tant du point de vue bactériologique que chimique, en ce qui concerne les éléments dosés.

## 6.2. - CORROSIVITE

La corrosivité de l'eau est définie par l'index de stabilité de RYSNAR (IR) :

$$IR = 2 \text{ pHs} - \text{pH}$$

Le pHs, ou pH de saturation, dépend des teneurs en carbonates, bicarbonates et calcium, ainsi que du pH, de la température et du résidu sec.

Compte-tenu des données hydrochimiques dont on dispose, on obtient :

$$\text{pHs} = 2,35 + 2,48 + 2,27$$

$$IR = (2 \times 7,1) - 7,90$$

IR = 6,30
-----------

avec :

CO <sub>2</sub>	= 0
HCO <sub>3</sub>	= 356,36 mg/l
Ca	= 172 mg/l
pH	= 7,90
t	= 13,8° C
RS à 110° C	= 574 mg/l

L'index de RYSNAR obtenu correspond à une eau stable et neutre.

## 6.3. - POUVOIR COLMATANT

Vers la fin des pompages d'essai, sur le forage d'exhaure, un essai de percolation sous pression, d'une durée d'une heure, sur un filtre muni d'une membrane de 0,8 µ, a été mis en oeuvre au moyen d'un piquage sur la conduite de refoulement.

L'évolution du débit à travers la membrane est représentée sur le graphique, figure n° 3. Celui-ci traduit une baisse rapide du débit de percolation au début de l'essai qui tend rapidement vers une stabilisation atteinte au bout d'une heure.

A l'issue de l'essai, à l'ouverture du filtre, on constate que les éléments arrêtés par la membrane représentent un volume très faible ( $< 0,1 \text{ cm}^3$ ). Ils sont constitués de limons très fins de couleur beige. On ne détecte pas de présence de sable, ni d'éléments ferrugineux.

L'ensemble de ces données montre que l'eau d'exhaure présente un pouvoir colmatant très faible.

#### 6.4. - TEMPERATURE

La température de l'eau, le 4/09/90, au cours des pompages d'essai en palier de débit jusqu'à  $210 \text{ m}^3/\text{h}$  est demeurée constante à :

$t = 13,8^\circ \text{ C}$
----------------------------

### 7 - CONSIGNES D'EXPLOITATION, DE SURVEILLANCE ET D'ENTRETIEN

#### 7.1. - CONDITIONS DE REJETS

Sauf cas particuliers et imprévisibles (1), les ouvrages de réinjection sont assurés d'une bonne longévité dans la mesure où un minimum de précautions accompagne leur exploitation :

- filtration efficace avant le passage dans l'échangeur de façon à stopper toute particule en suspension ; dans cet objectif, l'installation d'un filtre avec grille de 100 ou 200  $\mu$ , manuel ou autonettoyant, est recommandée ;
- réinjection à l'abri de la lumière et de l'air par déverse plongeante pour éviter le développement d'algues et de bactéries ;
- passage dans un bac largement dimensionné, destiné à provoquer un dégazage maximum de l'eau (cela évite les colmatages par bulles d'air, parfois rencontrés) ;

---

(1) Parmi ces cas, on peut citer le colmatage rapide par développements bactériens, notamment lorsque la nappe ou l'aquifère est pollué par des hydrocarbures ou quand le milieu est favorable à la prolifération de ferrobactéries : milieu réducteur, teneurs excessives de l'eau en Fer, etc.

## 7.2. - CONTROLE ET SURVEILLANCE

Il convient de noter périodiquement :

- le niveau d'eau à l'arrêt et en exploitation dans chacun des ouvrages
- le débit d'exploitation
- la température de l'eau d'exhaure et de rejet
- la totalisation des heures de marche.

Cette surveillance peut être automatisée au moyen de capteurs de niveaux, de sondes de température et d'un débitmètre reliés à un enregistrement multi-pistes.

Une autre solution consiste à transférer directement ces données chez l'exploitant par l'intermédiaire d'une station de télémesure connectée sur une ligne téléphonique (1). Elles sont alors stockées sur micro ordinateur et peuvent faire l'objet de traitement appropriés (elles peuvent être aussi accessibles sur minitel au moyen d'un code confidentiel, par les personnes autorisées).

L'évolution des niveau dans les ouvrages permet de mettre en évidence d'éventuelles anomalies. Celles-ci peuvent avoir deux origines :

- des modifications de l'environnement, la date de l'anomalie permet généralement de cerner la cause, responsable de cette modification (exemple : nouveau pompage, injection de béton) et éventuellement d'entamer une action ;
- un colmatage de l'ouvrage lié au vieillissement ou à une contamination bactérienne.

Les recommandations que l'on peut faire pour prévenir ces désordres sont =

- équipement de qualité et neutre vis à vis de l'eau ;
- développement très soigné des ouvrages à un débit supérieur au débit d'exploitation pour éviter l'entraînement ultérieur de particules fines ;
- absence de lumière ;
- absence d'injection de substances indésirables, notamment corps gras, huiles, graisses.

Une baisse progressive du débit d'exploitation peut être l'indice du développement de dépôts dans le circuit hydraulique de la PAC, en particulier dans l'échangeur.

---

(1) Les stations de ce type sont en voie de banalisation et peuvent être proposées actuellement pour moins de 10.000 F

### 7.3. - MESURES DE PREVENTION ET D'ENTRETIEN

Il conviendra de vérifier au moins deux fois par an la profondeur libre de l'ouvrage de rejet, qui ne doit pas être inférieure à 23,00 m/sol naturel.

En cas d'accumulation de dépôts limoneux à la base de l'ouvrage, ceux-ci peuvent être facilement extraits, sans démontage des installations, au moyen d'une petite pompe portative de surface :

- la colonne d'aspiration, d'une longueur de 25 m environ, est immergée progressivement jusqu'au fond ;
- le pompage est effectué sur une durée de 2 à 3 h 00, jusqu'à l'obtention d'une eau claire.

Dans la généralité des cas, les forages de rejet sont affectés par un vieillissement qui réduit très lentement leurs caractéristiques hydrauliques initiales.

Pour les rétablir, il est recommandé de mettre en oeuvre un pompage de développement dès que la surcharge est supérieure à 25 % de celle obtenue à l'état initial. Cette intervention sera entreprise sur une durée de 24 h 00 en augmentant progressivement le débit d'exhaure jusqu'à 200 m<sup>3</sup>/h environ.

L'application de ces recommandations est généralement suffisante pour assurer la longévité des ouvrages. Si, malgré cela, on notait un vieillissement prématuré, il faut savoir qu'il est possible de le régénérer par des traitements chimiques ou mécaniques appropriés.

## 8 - ASPECTS REGLEMENTAIRES

La réglementation applicable à la réalisation de forages et à l'exploitation des eaux souterraines pour le chauffage par PAC est résumée ci-après.

### 8.1. - MODALITES ADMINISTRATIVES - DECLARATIONS

Au titre du Code Minier, déclaration obligatoire à la Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche (DRIR) de tout ouvrage souterrain dont la profondeur dépasse 10 m (article 131 du Code Minier) (1).

---

(1) Dans le cadre de sa mission, le BRGM s'est chargé de l'accomplissement de cette formalité.

Conformément à la loi du 16 décembre 1964 et à son décret d'application sur les prélèvements n° 73-219 du 23 février 1973 : déclaration au Préfet du Département si l'installation présente une capacité supérieure à 8 m<sup>3</sup>/h et si les eaux prélevées sont destinées à des fins non domestiques (l'exploitation des eaux souterraines pour le chauffage et la climatisation par PAC est assimilée à ce cas).

D'autre part, tout prélèvement dans le milieu naturel doit être déclaré annuellement à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse pour l'établissement de la redevance.

## 8.2. - TAXES ET REDEVANCES A L'AGENCE DE L'EAU

Conformément à la loi n° 64.1245 du 16 décembre 1964 et au décret 14-1, l'Agence de l'Eau perçoit notamment les redevances de prélèvements d'eau en nappe souterraine.

Les taux indiqués ci-dessous s'appliquent au secteur étudié pour les eaux prélevées (et consommées) en nappes phréatiques et en nappes profondes.

Pour les PAC, le coefficient de restitution pris en compte sera celui existant pour le refroidissement des centrales thermiques au fil de l'eau (soit 99,3 %).

A titre indicatif, il était appliqué en 1988 pour les eaux prélevées en 1987 (les taux n'ont pratiquement pas varié en 1989 et 1990) :

- une redevance de prélèvement calculée sur le volume annuel prélevé, au taux de 10,32 F pour 1000 m<sup>3</sup> ;
- une redevance de consommation de 10,32 F pour 1000 m<sup>3</sup> consommés, compte tenu du coefficient de restitution adopté, soit 99,3 %, le volume consommé sera donc égal à 0,7 % du volume prélevé. Le montant de cette taxe étant pratiquement négligeable, elle n'est généralement pas perçue par l'Agence de l'Eau ;
- sur la base d'une exploitation continue durant la saison de chauffe, à 130 m<sup>3</sup>/h (24 h / 24, six mois par an), le montant de la redevance annuelle s'établirait comme suit :

• consommation journalière	3.120 m <sup>3</sup>
• consommation annuelle	561.600 m <sup>3</sup>
• redevance de prélèvement	5.795,71 F
• redevance de consommation	40,56 F

Total des redevances .... 5.836,27 F

## 9 - CONCLUSIONS

Les conditions hydrogéologiques sur le site des immeubles "Caravelle" et les caractéristiques hydrauliques des ouvrages d'exhaure et de rejet réalisés permettent l'exploitation envisagée dans les conditions suivantes :

- Distance entre les forages d'exhaure et de rejet : 84 m
- Débit d'exploitation : 130 m<sup>3</sup>/h
- Rabattement en pompage : 0,60 m
- Surcharge à la réinjection : 1,45 m
- Recyclage thermique au bout de six mois : nul

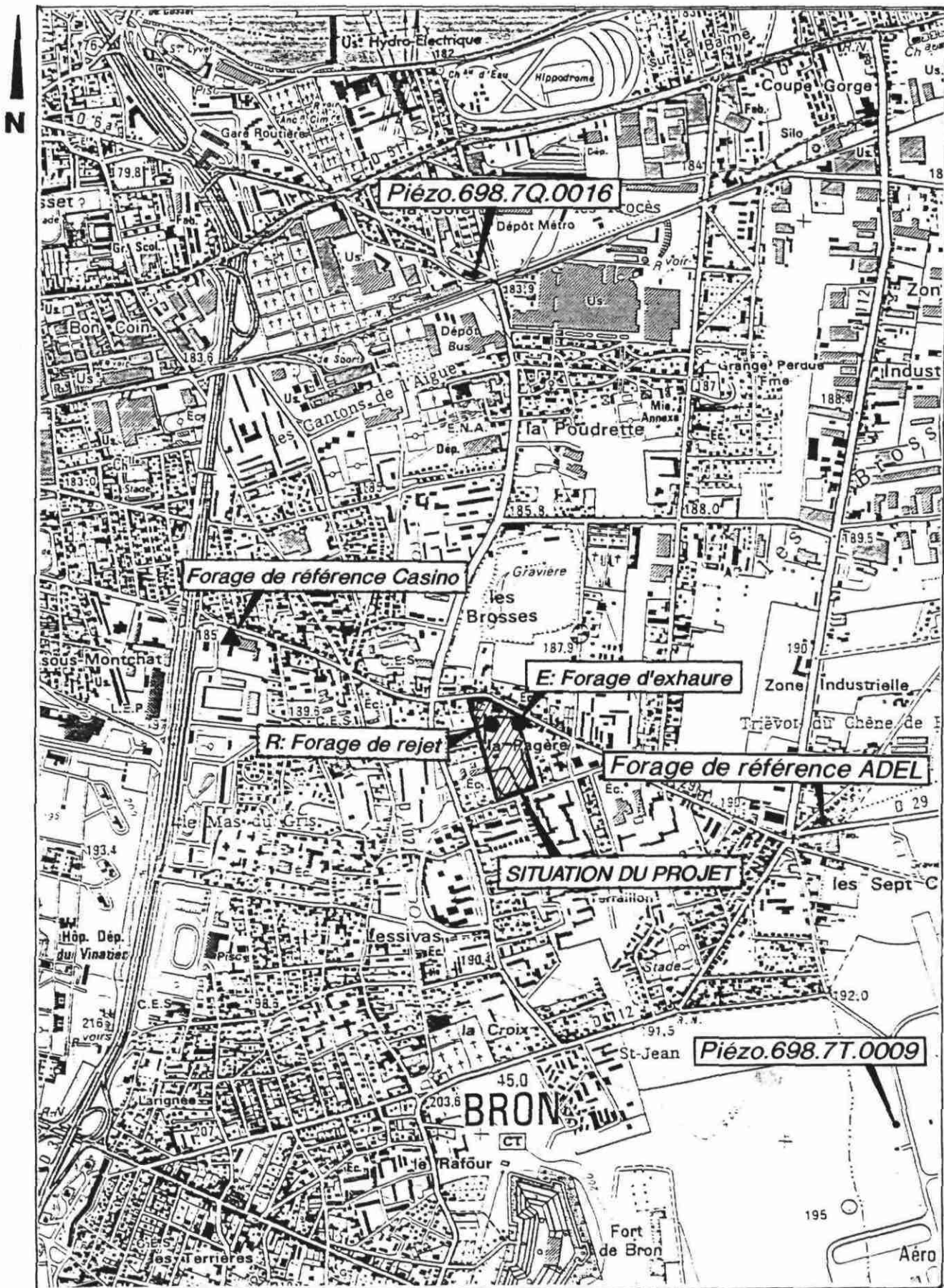
L'eau d'exhaure est du type bicarbonatée calcique, très dure (TH = 46° F) et incrustante. Elle est conforme aux normes de potabilité, tant du point de vue chimique que bactériologique.

D'autre part, on ne relève pas d'indice permettant de redouter un colmatage ou une corrosion, ni un vieillissement prématuré des ouvrages.

Il conviendra cependant d'exercer une surveillance attentive et continue des ouvrages pour éviter le développement de désordres préjudiciables à la pérennité de l'exploitation.

CARTE DE SITUATION

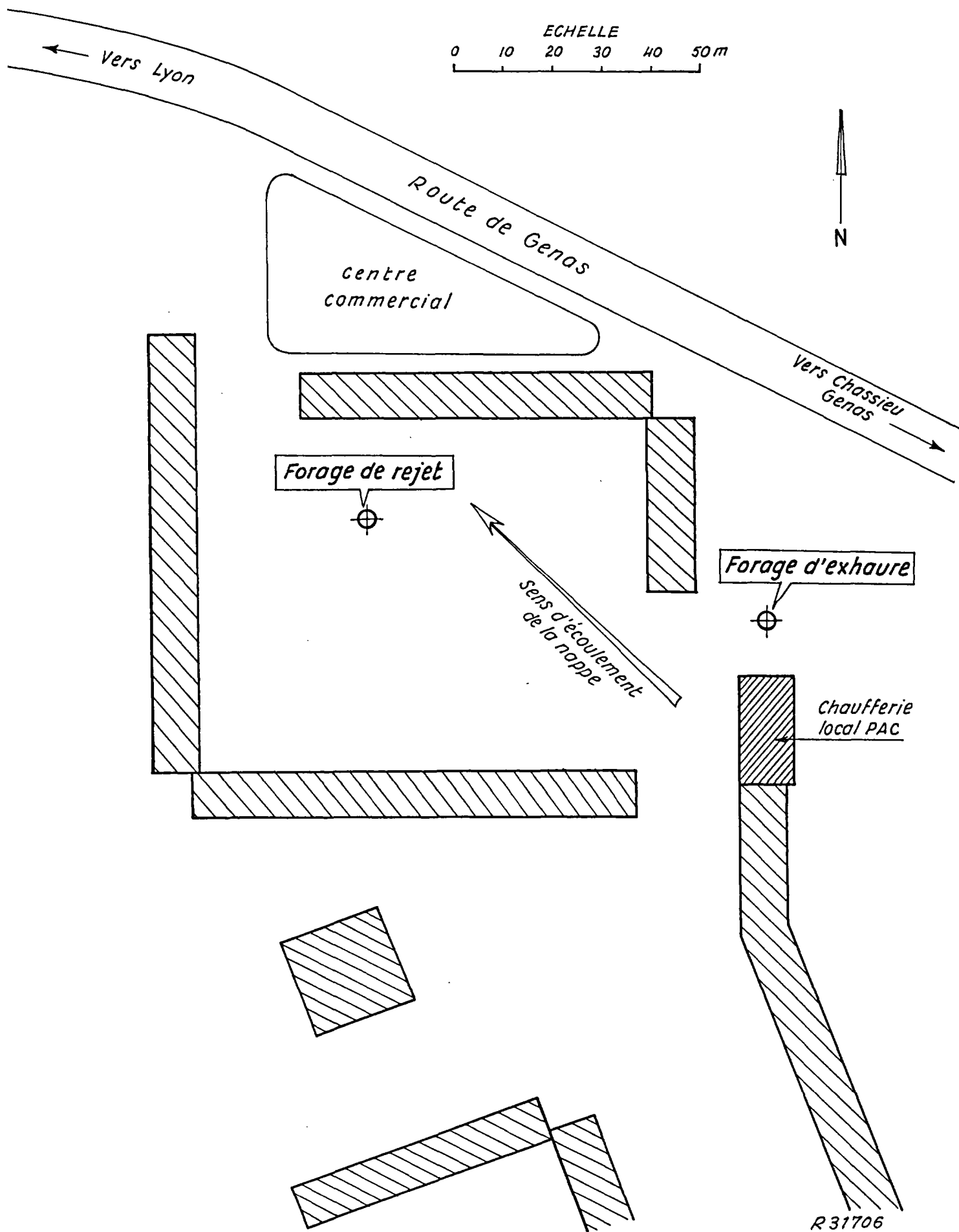
Echelle 1/ 25 000





PAC CARAVELLE BRON

**SCHEMA D'IMPLANTATION DES FORAGES**



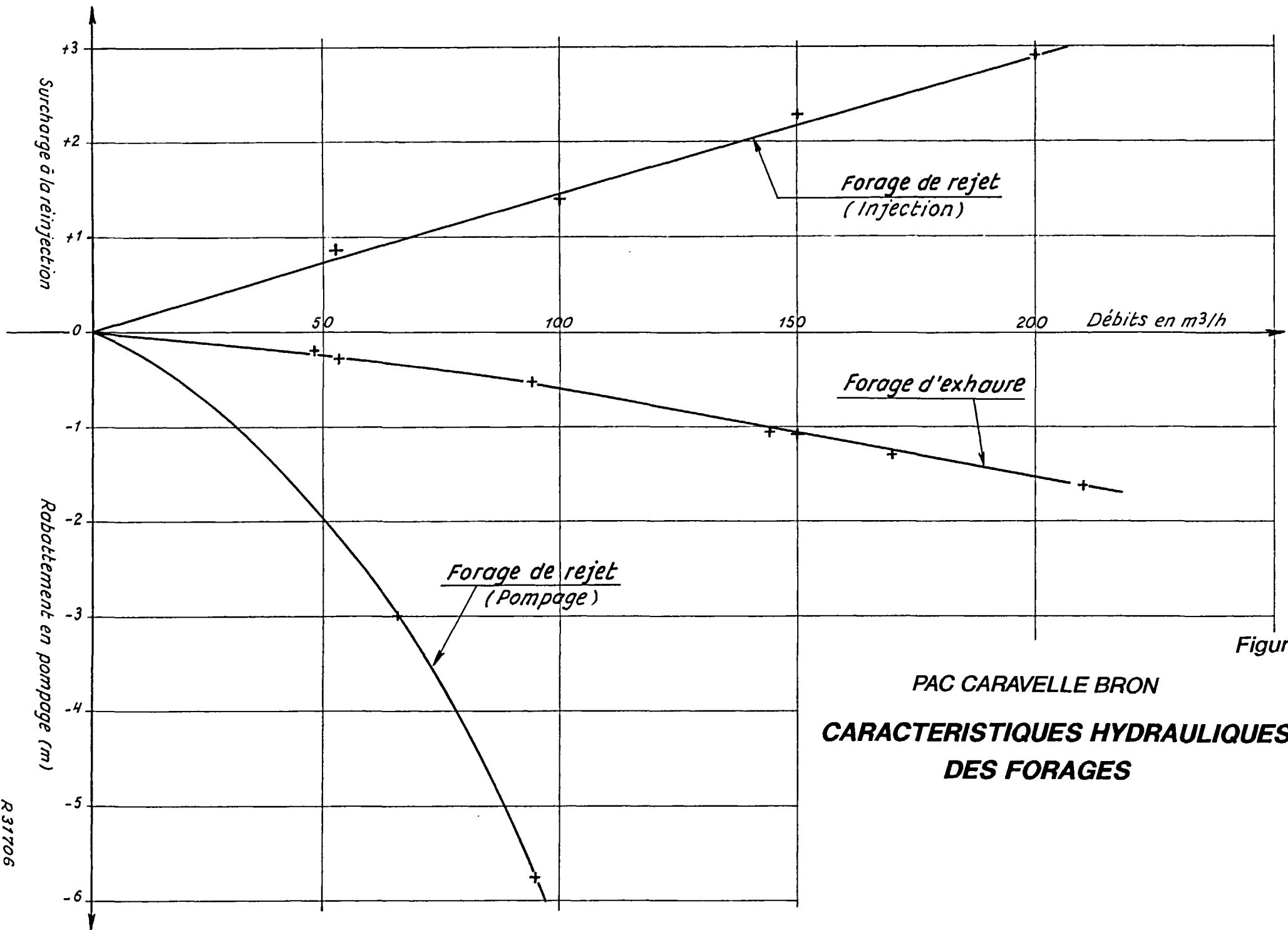
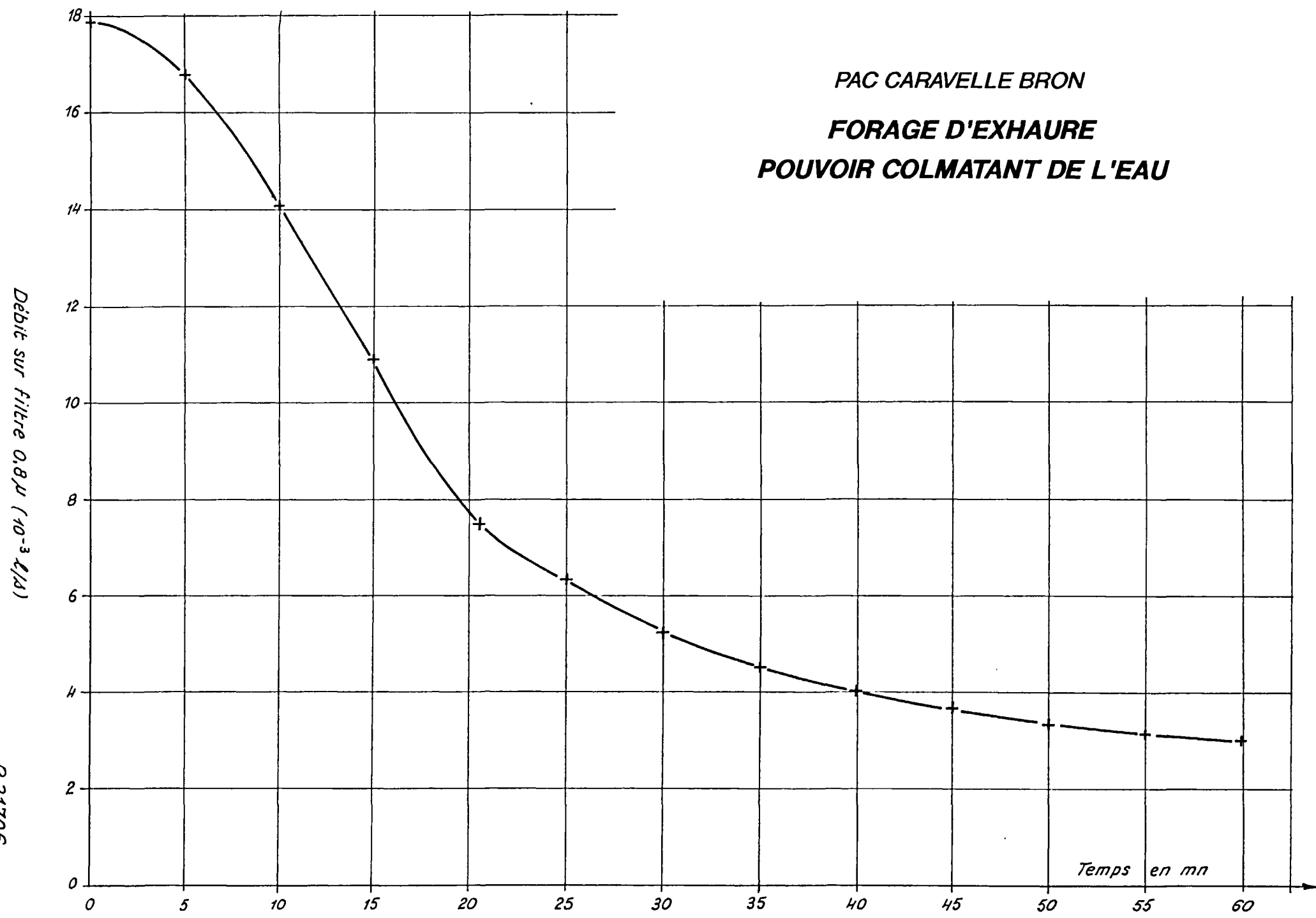


Figure 3

PAC CARAVELLE BRON

**CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES  
DES FORAGES**

**PAC CARAVELLE BRON**  
**FORAGE D'EXHAURE**  
**POUVOIR COLMATANT DE L'EAU**



Débit sur filtre 0,8 μ (10<sup>-3</sup> l/s)

Temps en mn

R 31706

Figure 4

A N N E X E I

Simulations sur modèle mathématique KOUROS :

\* Résultats numériques

\* Trajectoires des lignes de courant

-----  
Modélisation KOUROS

du : 24/07/1990

à : 17 h 18  
-----

ETUDE : PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 1 REJET A **50m**  
DIRECTION D'ECOULEMENT / NORD : 314  
AXE DES X / NORD : 134  
PERMEABILITE EN M/S : .0024  
GRADIENT D'ECOULEMENT : .005  
EPAISSEUR MOYENNE DE LA NAPPE : 15  
-----

FORAGE DE POMPAGE NUMERO : 1

NOM ..... = POMPAGE 1

DEBIT m3/h ... = -130

X ..... = 227

Y ..... = 106  
-----

FORAGE DE REJET NUMERO : 2

NOM ..... = REJET 2

DEBIT m3/h ... = 130

X ..... = 177

Y ..... = 107  
-----

-----  
----- TEMPS DES RECYCLAGES LIGNE A LIGNE DE COURANT -----  
-----

Recyclage de 2 vers 1 = 4.1 mois

Recyclage de 2 vers 1 = 5.1 mois

Recyclage de 2 vers 1 = 5.7 mois  
-----

-----  
-- TAUX EN % DES RECYCLAGES A SIX MOIS ET PERMANENTSNT --  
-----

Recyclage à six mois de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 8.3

Recyclage permanent de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 8.3  
-----

-----  
Modélisation KOUROS

du : 24/07/1990

à : 17 h 41  
-----

ETUDE : PAC CARAVELLE A BRON, (69) HYP 2 REJET A **70m**  
DIRECTION D'ECOULEMENT / NORD : 314  
AXE DES X / NORD : 134  
PERMEABILITE EN M/S : .0024  
GRADIENT D'ECOULEMENT : .005  
EPAISSEUR MOYENNE DE LA NAPPE : 15  
-----

FORAGE DE POMPAGE NUMERO : 1

NOM ..... = POMPAGE 1

DEBIT m3/h ... = -130

X ..... = 227

Y ..... = 106  
-----

FORAGE DE REJET NUMERO : 2

NOM ..... = REJET 2

DEBIT m3/h ... = 130

X ..... = 157

Y ..... = 107  
-----

-----  
----- TEMPS DES RECYCLAGES LIGNE A LIGNE DE COURANT -----  
-----

-----  
Modélisation KOUROS  
du : 31/07/1990  
à : 15 h 52  
-----

ETUDE : PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 3 REJET A 67m  
DIRECTION D'ECOULEMENT / NORD : 314  
AXE DES X / NORD : 134  
PERMEABILITE EN M/S : .0024  
GRADIENT D'ECOULEMENT : .005  
EPAISSEUR MOYENNE DE LA NAPPE : 15

-----  
FORAGE DE POMPAGE NUMERO : 1  
NOM ..... = POMPAGE 1  
DEBIT m3/h ... = -130  
X ..... = 190  
Y ..... = 163

FORAGE DE REJET NUMERO : 2  
NOM ..... = REJET 2  
DEBIT m3/h ... = 130  
X ..... = 227  
Y ..... = 106

-----  
----- TEMPS DES RECYCLAGES LIGNE A LIGNE DE COURANT -----  
-----

Recyclage de 2 vers 1 = 2.2 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.9 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.7 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.5 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.4 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.3 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.3 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.2 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.2 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.3 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.4 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 1.7 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.5 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 3.3 mois

-----  
-- TAUX EN % DES RECYCLAGES A SIX MOIS ET PERMANENTSNT --  
-----

Recyclage à six mois de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 38.9  
Recyclage permanent de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 38.9

-----  
Modélisation KOUROS  
du : 31/07/1990  
à : 14 h 59  
-----

ETUDE : PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 4 REJET A 88m  
DIRECTION D'ECOULEMENT / NORD : 314  
AXE DES X / NORD : 134  
PERMEABILITE EN M/S : .0024  
GRADIENT D'ECOULEMENT : .005  
EPAISSEUR MOYENNE DE LA NAPPE : 15  
-----

FORAGE DE POMPAGE NUMERO : 1  
NOM ..... = POMPAGE 1  
DEBIT m3/h ... = -130  
X ..... = 190  
Y ..... = 163

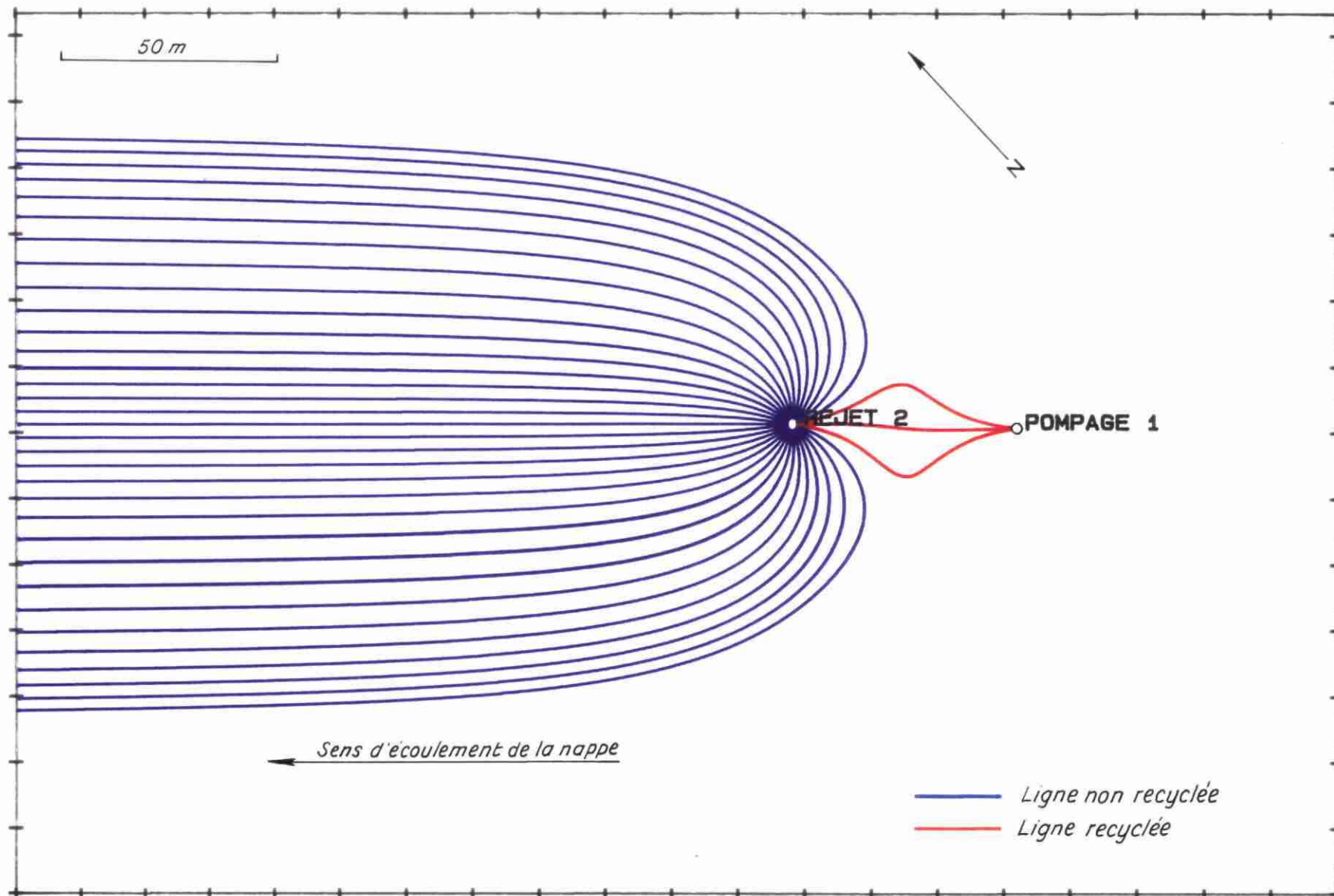
FORAGE DE REJET NUMERO : 2  
NOM ..... = REJET 2  
DEBIT m3/h ... = 130  
X ..... = 240  
Y ..... = 90  
-----

-----  
----- TEMPS DES RECYCLAGES LIGNE A LIGNE DE COURANT -----  
-----

Recyclage de 2 vers 1 = 3.1 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.6 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.4 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.3 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.2 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.1 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.1 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.1 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 2.3 mois  
Recyclage de 2 vers 1 = 3.0 mois  
-----

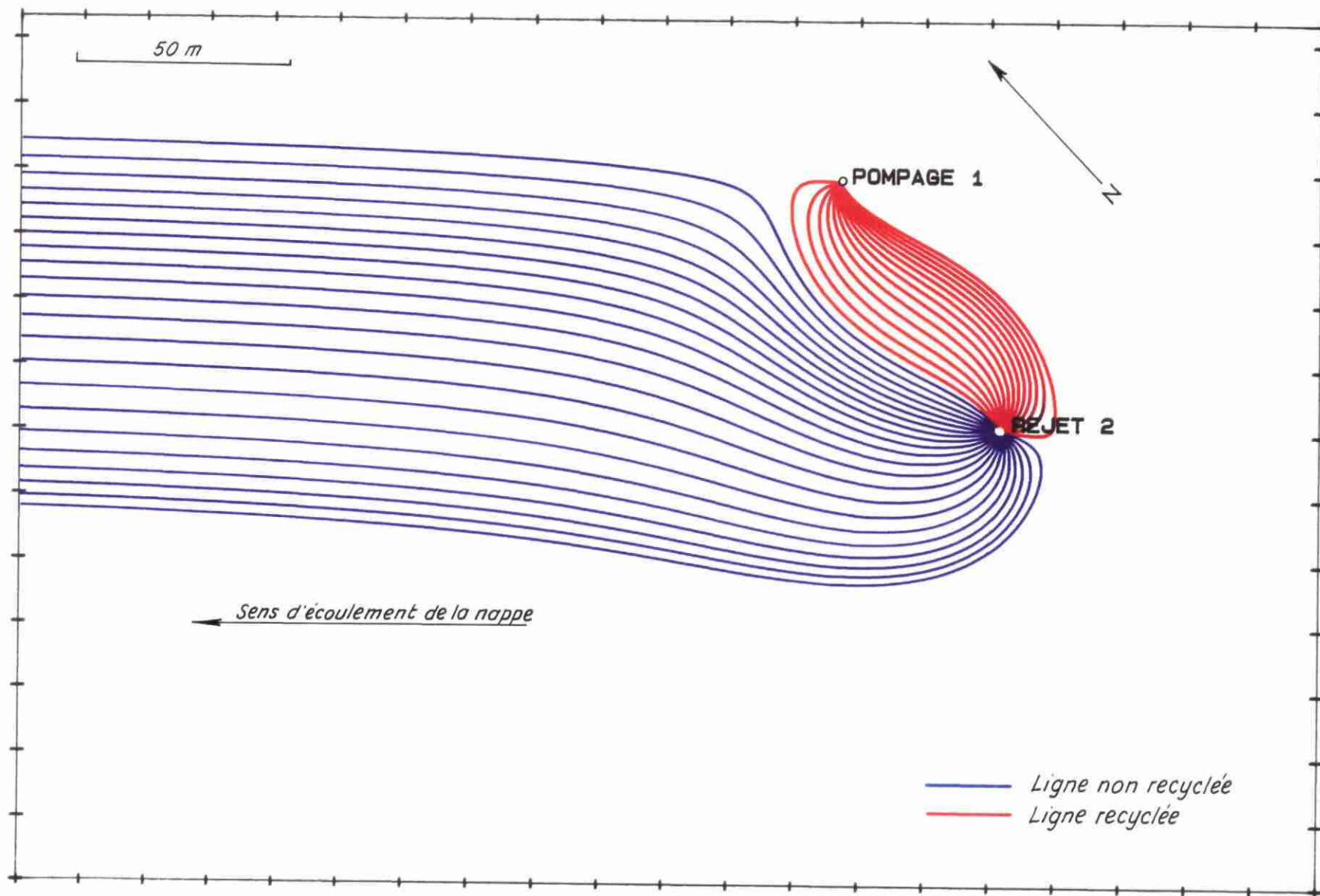
-----  
-- TAUX EN % DES RECYCLAGES A SIX MOIS ET PERMANENTSNT --  
-----

Recyclage à six mois de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 27.8  
Recyclage permanent de REJET 2 vers POMPAGE 1 = 27.8



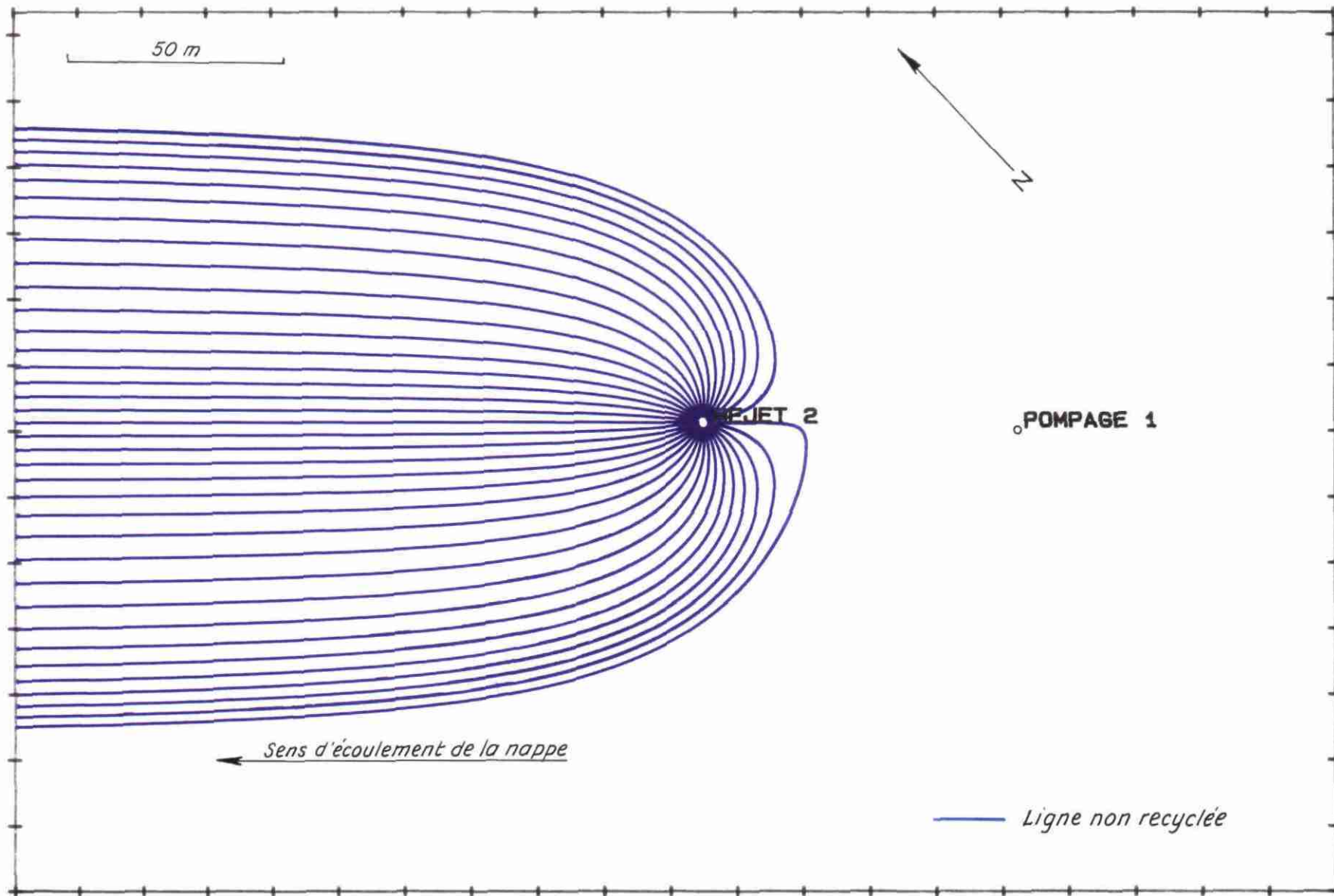
PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 1 REJET A 50m





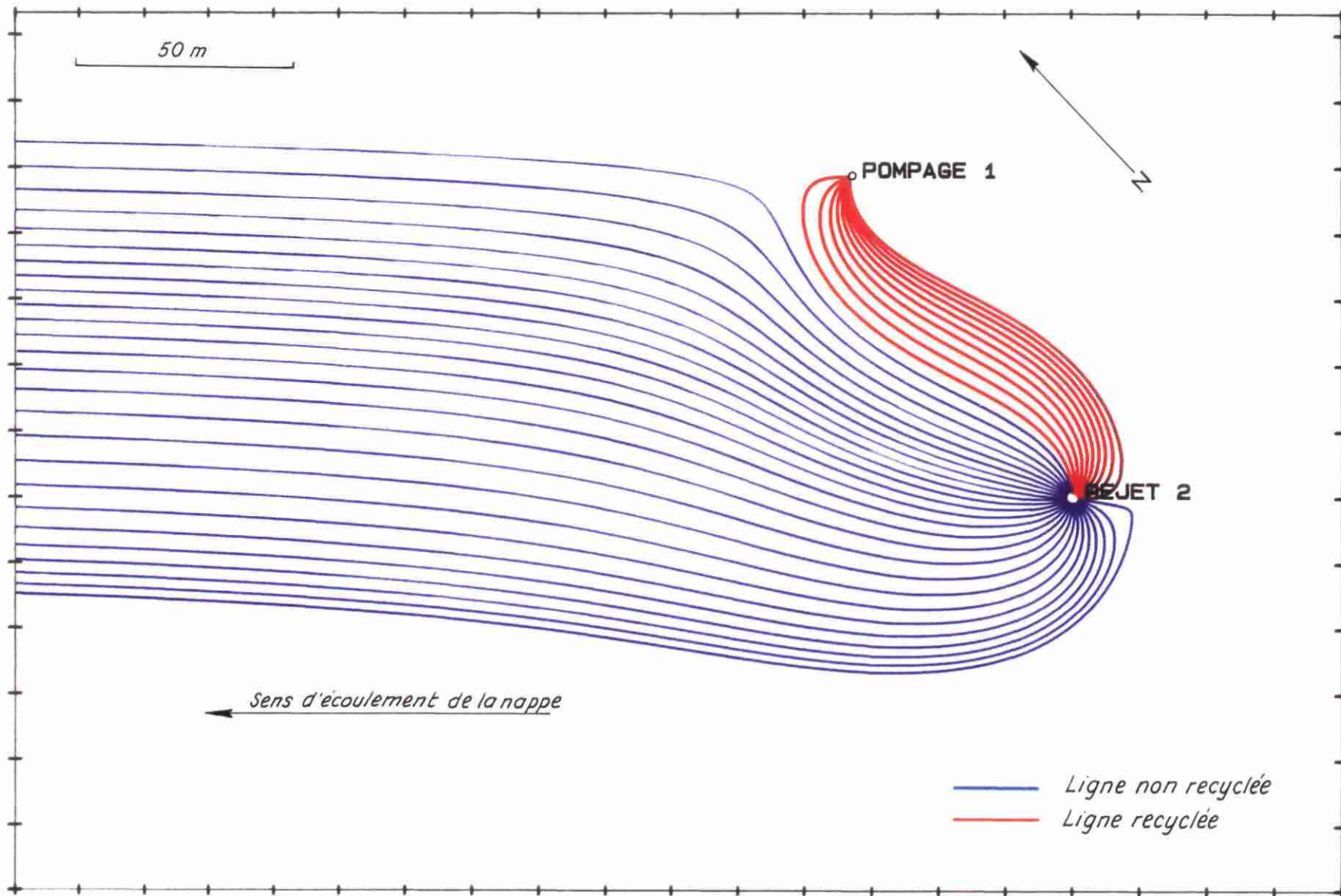
R31706

PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 3 REJET A 67m



R 31706

PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 2 REJET A 70m



PAC CARAVELLE A BRON (69) HYP 4 REJET A 88m

R31706

**A N N E X E    I I**

**Coupes géologiques et techniques des forages :**

\* Forage d'exhaure

\* Forage de rejet

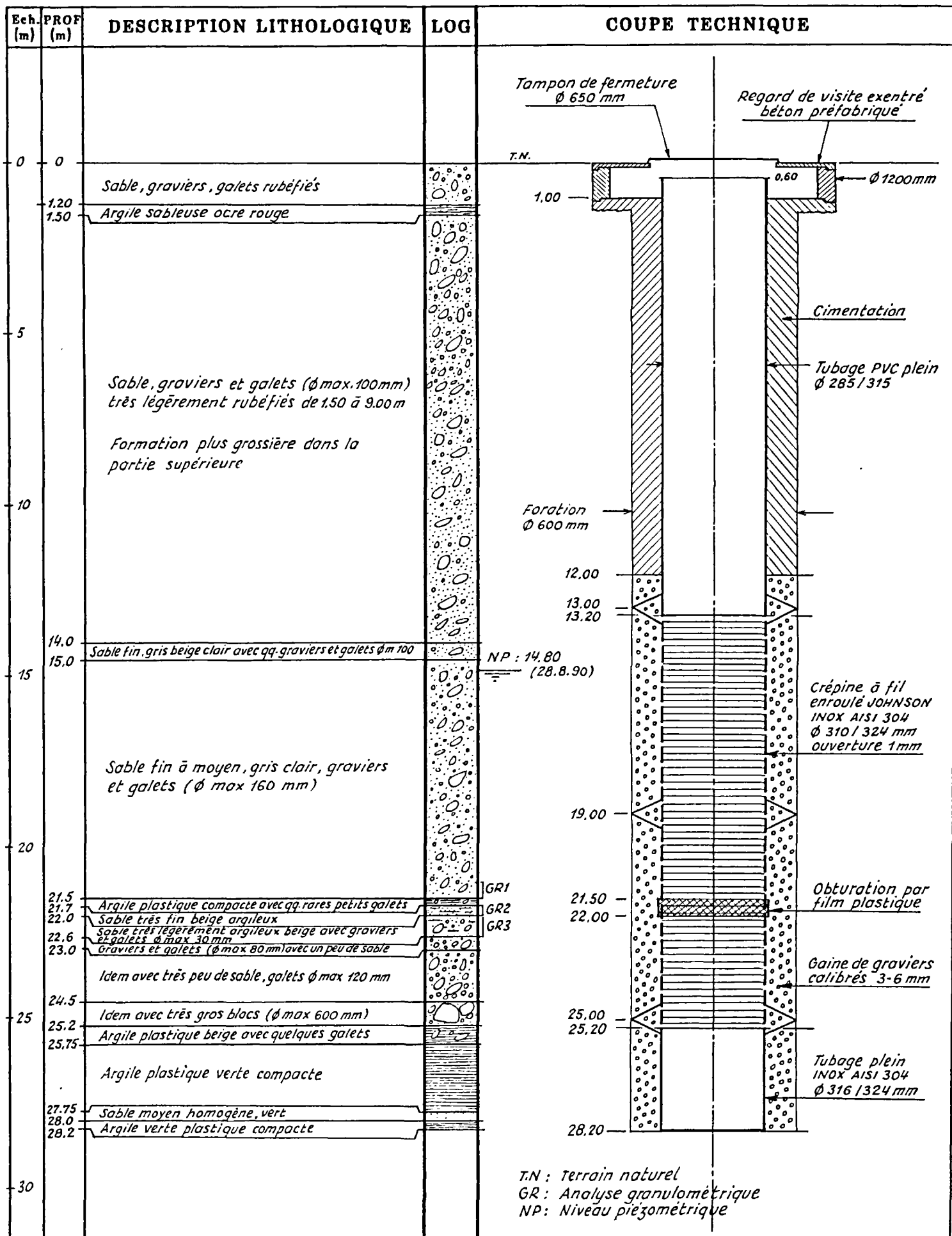


**BRGM**  
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES

Projet : : PAC CARAVELLE  
Désignation : FORAGE D'EXHAURE  
Commune : BRON (69)  
Maitre d'oeuvre : INDUSTRIELEC RHONE-ALPES

Annexe II

N° NATIONAL: 698 7Q 0031  
COMMENCE LE: 22.08.90  
TERMINE LE: 4.09.90



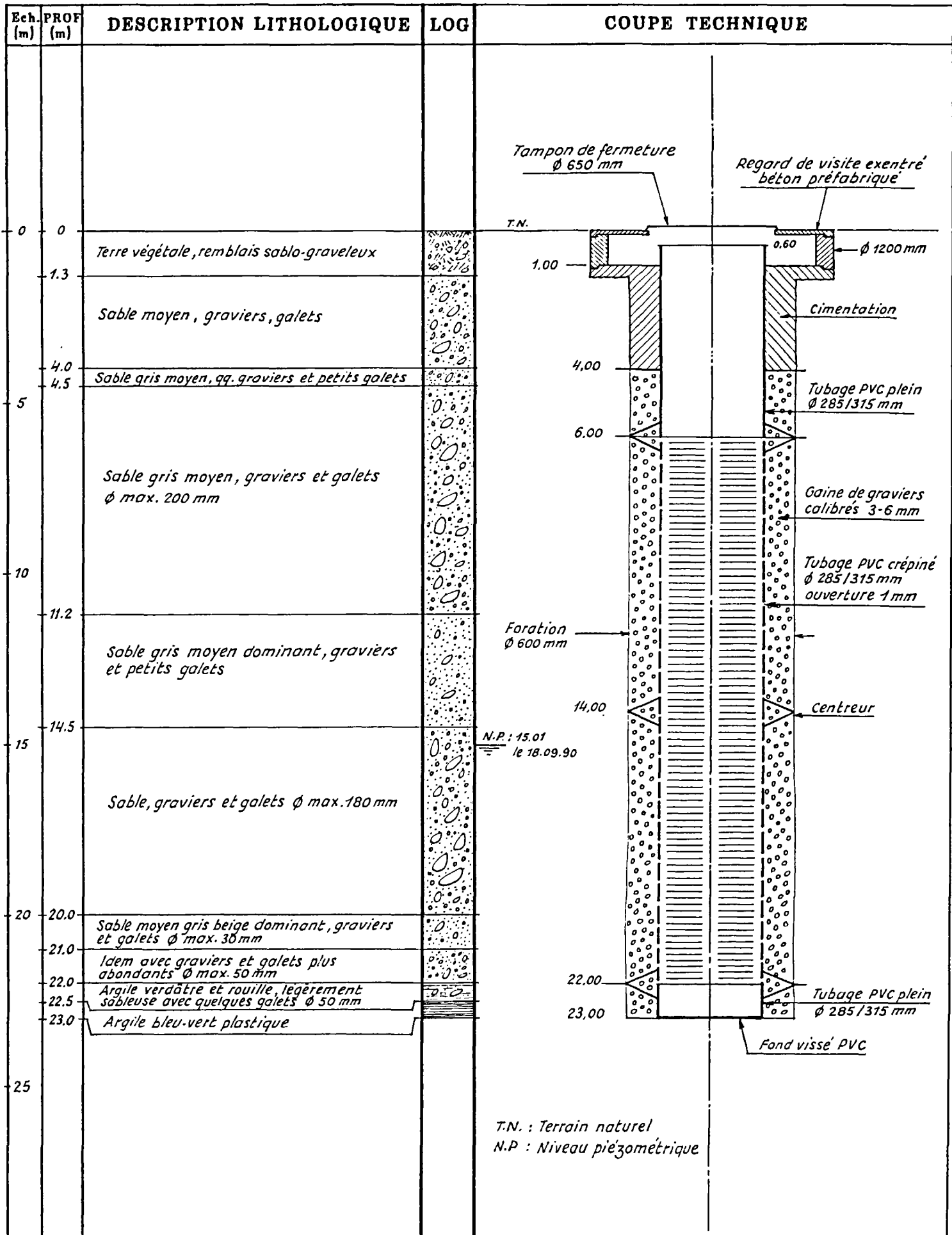


**BRGM**  
L'ORGANISME AU SERVICE DE LA TERRE

Projet : PAC CARAVELLE  
Designation : FORAGE DE REJET  
Commune : BRON  
Maitre d oeuvre : INDUSTRIELEC RHÔNE-ALPES

Annexe II

N° NATIONAL: 698 7Q 0032  
COMMENCE LE: 6.09.90  
TERMINE LE: 20.09.90



T.N. : Terrain naturel  
N.P. : Niveau piézométrique

A N N E X E      I I I

Analyses granulométriques :

\* GR1 de 21,00 à 21,50 m

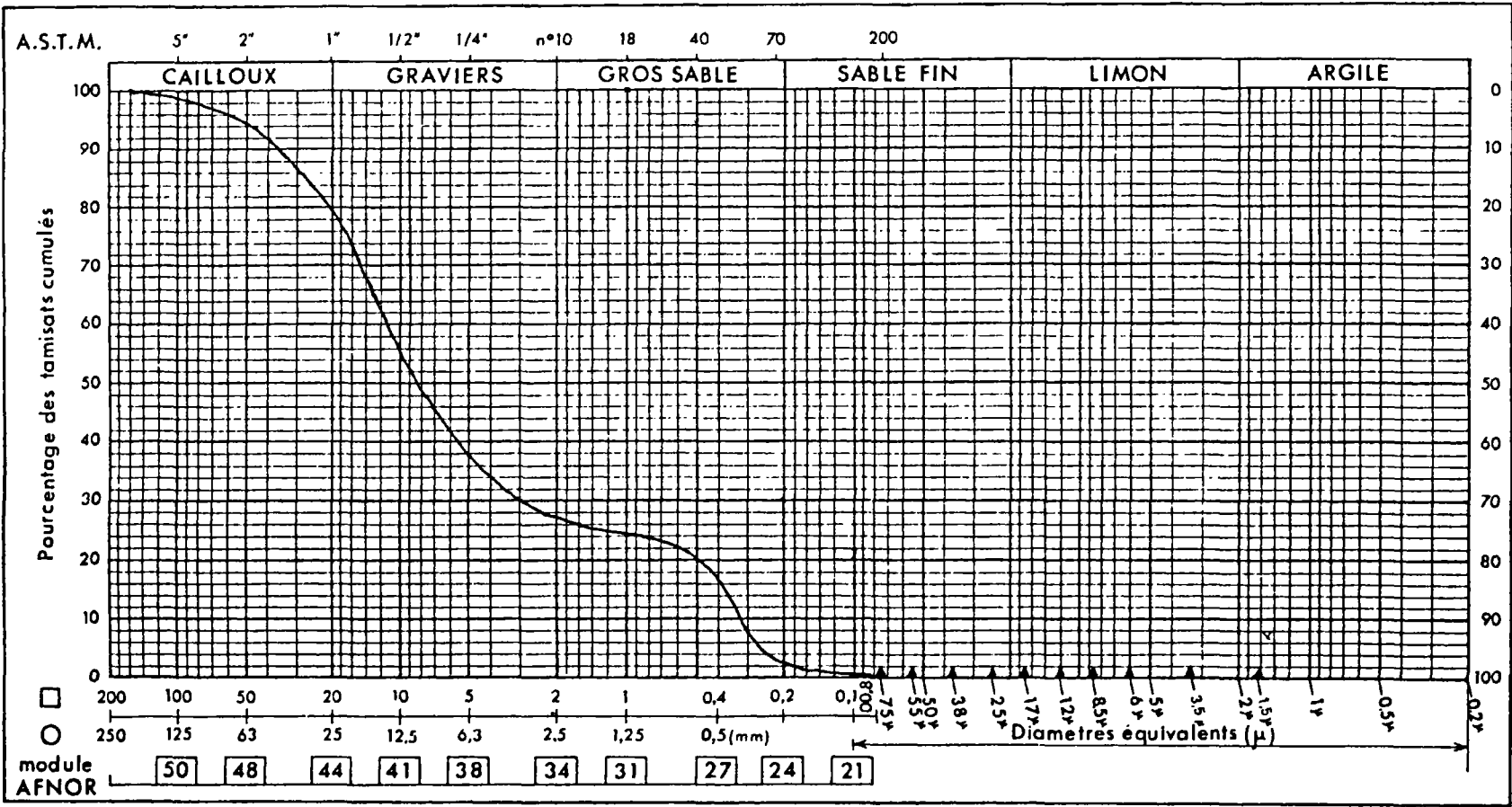
\* GR2 de 21,70 à 22,00 m

\* GR3 de 22,00 à 22,60 m



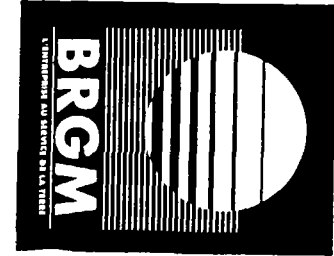
**ETUDE : PAC CARAVELLE**  
**SONDAGE OU PUIS : Coptage**  
**PROFONDEUR : 21 à 21,5 m**  
**IDENTIFICATION :**

Référence :				
Identification				
W nat				
$\gamma_d$ :				
$W_p$ :				
$W_p$ :				
$I_p$ :				
Cl. terrassement				



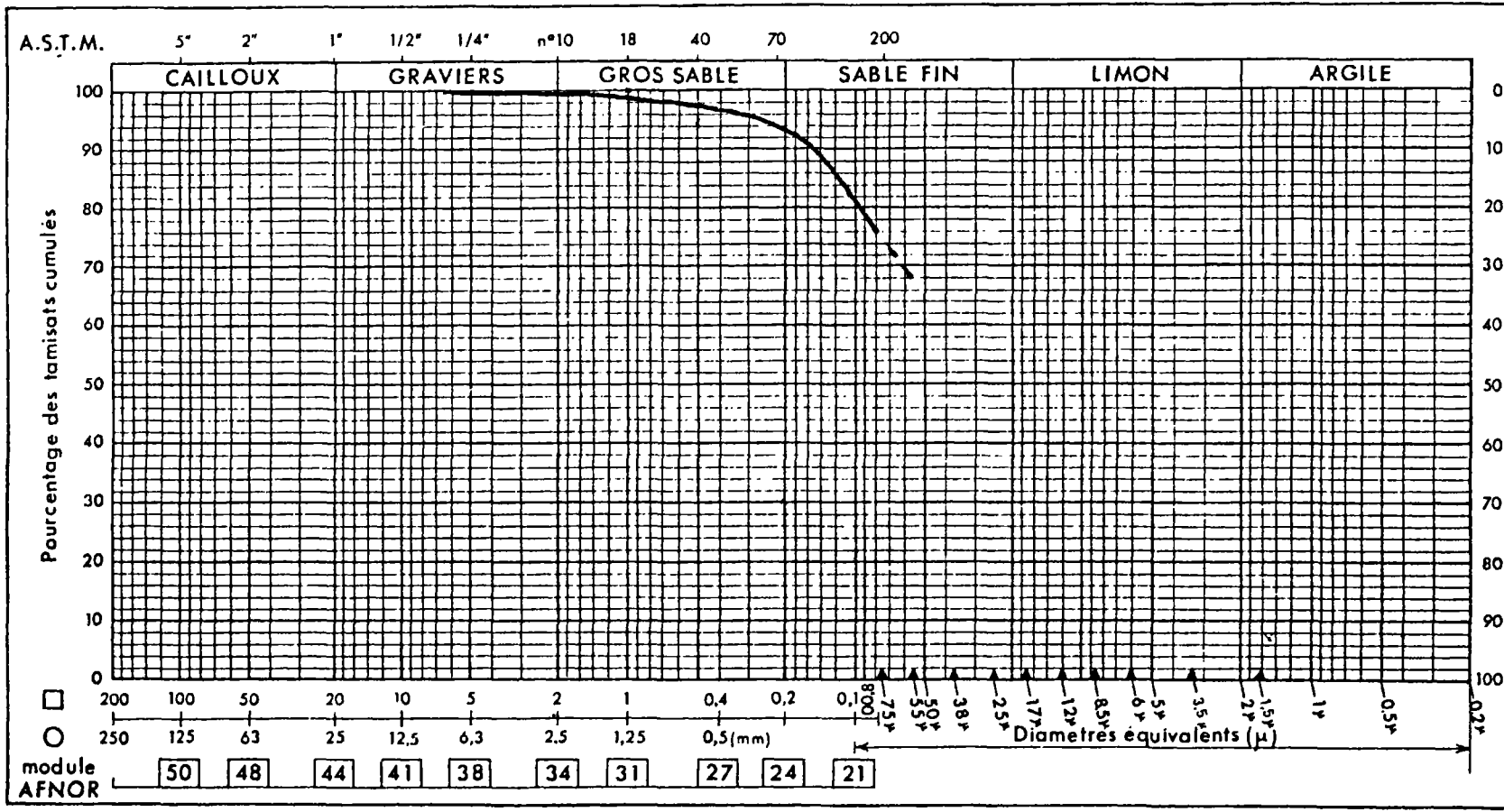
**ANALYSE GRANULOMETRIQUE (GRT)**





**ETUDE : PAC CARAVELLE**  
**SONDAGE OU PUIS : Captage**  
**PROFONDEUR : 21.7 à 22.0 m**  
**IDENTIFICATION :**

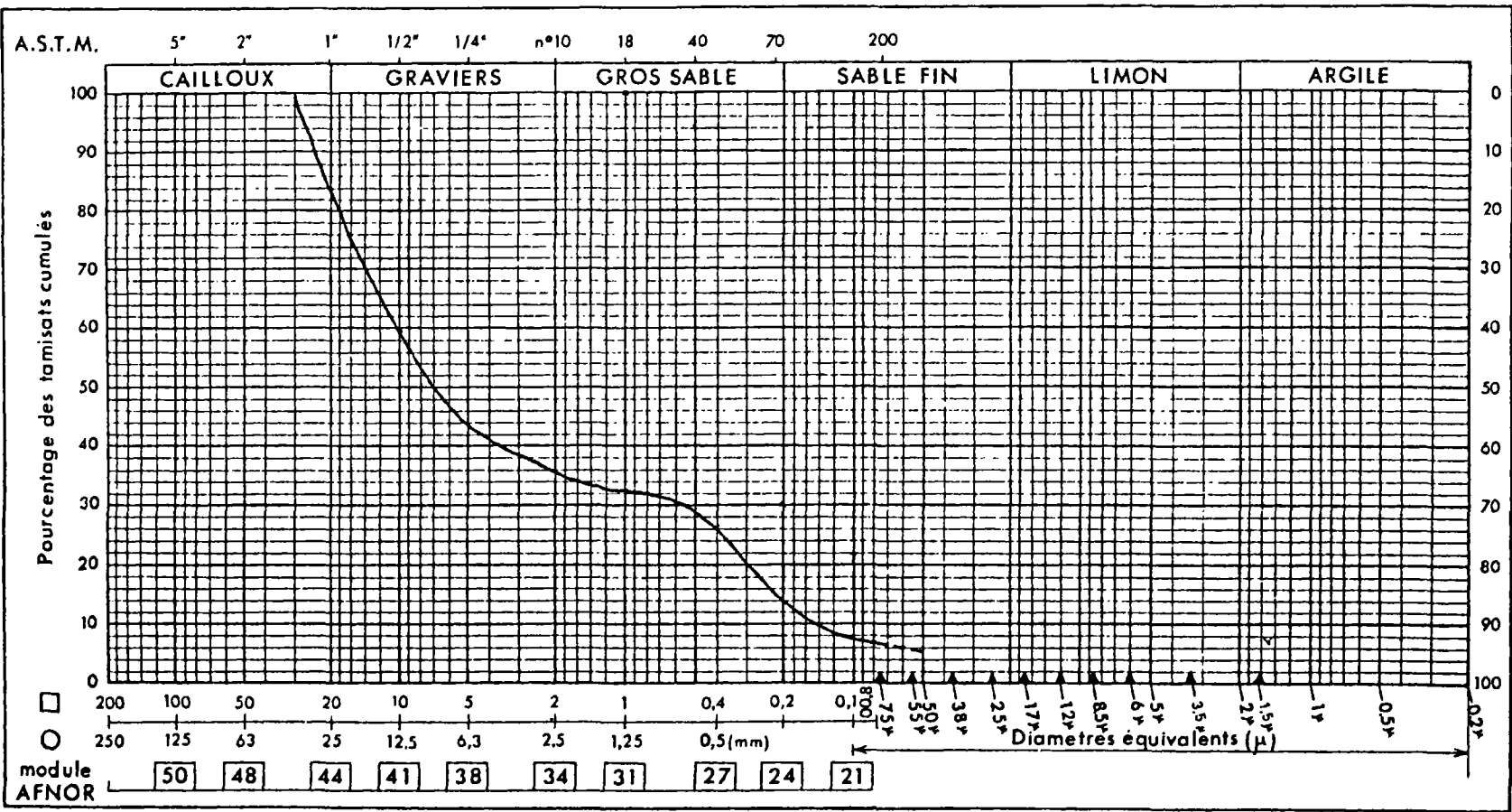
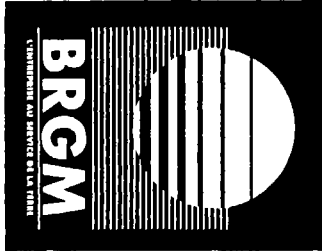
Référence :				
Identification				
W nat				
$\gamma_d$ :				
$W_p$ :				
$W_p$ :				
$I_p$ :				
Cl. terrassement				



**ANALYSE GRANULOMETRIQUE (GR2)**

**ETUDE : PAC CARAVELLE**  
**SONDAGE OU PUIS : Captage**  
**PROFONDEUR : 22 à 22,6 m**  
**IDENTIFICATION :**

Référence :				
Identification				
W nat				
$\gamma_d$ :				
$W_f$ :				
$W_p$ :				
$I_p$ :				
Cl. terrassement				



**ANALYSE GRANULOMETRIQUE (GR3)**

**A N N E X E    I V**

**Résultats des analyses chimique et bactériologique**

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

\*\*\*\*\*

N° DEMANDE : 900904132  
N° bon de commande : 8

éditée le: 18.09.90

ORIGINE : Eau à usage technique  
Forage pour PAC  
Immeuble CARAVELLE Route de Genas  
COMMUNE : Bron  
DEPARTEMENT : 69

PRELEVEMENT : Effectué le : 4.09.90  
Par : M. Martelat  
Circonstances atmos. : Temps sec ensoleillé

\*\*\*\*\*

ANALYSE D'UNE EAU CONDITIONNEE AVANT SOUTIRAGE

Analyse bactériologique complète (B3)

Bactéries aérobies 22°C 72 H ( NF T90-402) .....	91	par ml
Bactéries aérobies 37°C 24H (NF T 90-401) .....	96	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
Anaérobies sulfito-réductrices (spores)NF T90-417	0	/ 20 ml

Caractéristiques physiques

Odeur .....	NEANT	.
Saveur .....	NON DETER.	.
Couleur .....	< 5	° standards
Turbidité .....	0,40	N.T.U.
pH à 20°C au laboratoire .....	7,90	.
Résistivité à 20 °C .....	1455	Ohms-cm
Conductivité à 20°C .....	688	uS/cm

Analyse des gaz

Anhydride carbonique libre .....	45,5	mg/l CO2
Hydrogène sulfuré (test colorimétrique) .....	NEANT	-
Oxygène dissous .....	8,8	mg/l O2
Chlore résiduel total .....	0	mg/l Cl2

Agressivité au marbre

pH avant essai au marbre .....	7,90	.
TAC avant essai au marbre .....	5,84	mEq/l
TAC avant essai au marbre .....	163,52	mg/l CaO
pH après essai au marbre .....	7,15	.
TAC après essai au marbre .....	5,73	mEq/l
TAC après essai au marbre .....	160,44	mg/l CaO

Caractéristiques générales

Résidu sec à 110°C .....	574	mg/l
Résidu sec à 550°C .....	413	mg/l
Oxydabilité au KMnO4 en milieu acide NF T 90-050..	0,35	mg/l O2
Carbone organique total (C.O.T.) NF T 90-102 .....	0,9	mg/l C
TH : Titre Hydrotimétrique ou dureté totale.....	46	° français
TAC : Titre alcalimétrique complet .....	5,84	mEq/l
TA : Titre alcalimétrique .....	0	mEq/l

Composition ionique : Cations

Calcium .....	172	mg/l Ca++
.....	8,6	mEq/l Ca++
Magnésium .....	7,2	mg/l Mg++
.....	0,59212	mEq/l Mg++
Sodium .....	23,5	mg/l Na+
.....	1,02	mEq/l Na+
Potassium .....	3,3	mg/l K+
.....	0,08441	mEq/l K+
Ammonium .....	< 0,10	mg/l NH4+
.....	-	mEq/l NH4+
Total cations :	10,30	mEq/l

Carbonates .....	0	mg/l CO3=
.....	0	mEq/l CO3=
Bicarbonates .....	356,36	mg/l HCO3-
.....	5,84	mEq/l HCO3-
Chlorures .....	53	mg/l Cl-
.....	1,49	mEq/l Cl-
Sulfates .....	62	mg/l SO4--
.....	1,29	mEq/l SO4--
Nitrates .....	48	mg/l NO3-
.....	0,77424	mEq/l NO3-
Nitrites .....	< 0,02	mg/l NO2-
.....	-	mEq/l NO2-
Orthophosphates .....	< 0,05	mg/l PO4
.....	-	mEq/l PO4
Silice soluble .....	10,3	mg/l SiO2
.....	0,17201	mEq/l HSiO3
	<b>Total anions :</b>	<b>9,57 mEq/l</b>
<b>Balance ionique ---&gt;Cations :</b>	<b>10,30</b>	<b>Anions : 9,57 mEq/l</b>

**Métaux**


---

Fer .....	< 0,10	mg/l Fe
Manganèse .....	< 0,05	mg/l Mn
Aluminium .....	< 0,010	mg/l Al
Cuivre .....	< 0,05	mg/l Cu
Zinc .....	< 0,05	mg/l Zn
Argent .....	< 0,001	mg/l Ag

**Divers**


---

Fluorures NF T90-004 .....	0,05	mg/l F-
Phosphore Total NF T90-023 .....	< 0,10	mg/l P

Eau potable du point de vue bactériologique et chimique en ce qui concerne les paramètres analysés.

Décret n°89-3 du 3 janvier 1989 (eaux destinées à la consommation humaine)  
Eau incrustante.

Directeur du laboratoire  
Dr Ch. Geoffroy