

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES  
Orléans la Source

---

DIRECTION SCIENTIFIQUE

DEPARTEMENT DES SERVICES  
GEOLOGIQUES REGIONAUX

---

Service Géologique Régional  
Provence-Corse

DEPARTEMENT GEOLOGIE

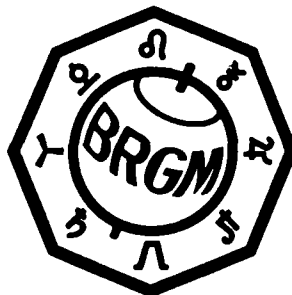
---

Service d'hydrogéologie

PROJET DE CAPTAGE EXPERIMENTAL  
DE LA RESURGENCE SOUS-MARINE DE PORT-MIOU  
(Commune de Cassis - Bouches-du-Rhône)

par

G. DUROZOY et H. PALOC



DS.66.A124

Décembre 1966

## S O M M A I R E

---

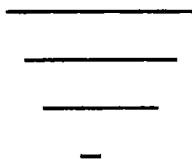
### A. TEXTE

Introduction

1. Rappel des caractères généraux du site de Port-Miou
2. Choix de l'implantation du captage
3. Programme de travaux
4. Conclusion
5. Devis indicatif

### B. FIGURES

1. Esquisse géologique du Massif des Calanques  
(d'après les contours de la carte géologique Marseille au 1/80 000)
2. Galerie de Port-Miou : plan et coupe de la partie explorée.  
Mesures électromagnétiques paramétriques sur le karst de Port-Miou :
3. Mise à la masse à l'aven
4. Méthodes inductives
5. Coupe du puits du Port-Pin, dit "puits des Allemands"
6. Galerie, sondages et puits proposés à partir du fond du puits des Allemands.



## INTRODUCTION

Les sources littorales et sous-marines constituent en plusieurs secteurs des côtes françaises d'importantes ressources potentielles d'eau douce inutilisées, notamment en bordure de plusieurs massifs calcaires des côtes méditerranéennes (Languedoc et Provence). L'exploitation de ces ressources, qui présente un intérêt indéniable pour satisfaire les besoins en eau de ces régions, en croissance rapide, s'est heurtée principalement jusqu'ici à la difficulté du captage.

La mise au point d'une méthode de captage opérant une sélection entre l'eau douce et l'eau salée, en fournissant un moyen pratique d'exploitation d'abondantes ressources en eau actuellement perdues, permettrait donc d'accroître sensiblement le volume des disponibilités en eau dans les régions considérées.

Une expérimentation pratique apparaît comme le meilleur moyen d'éprouver les divers procédés qui ont été théoriquement envisagés mais n'a encore jamais été réalisée en France.

Un champ d'application favorable est la résurgence sous-marine de la calanque de Port-Miou (près de Cassis, Bouches-du-Rhône). L'expérience envisagée sur ce site sera en effet facilitée par l'état d'avancement des connaissances acquises par diverses opérations réalisées au cours des dernières années :

- exploration directe de la partie aval de la rivière souterraine dont la résurgence est l'exutoire, par des plongées en scaphandre autonome (O.F.R.S.)
- étude géologique du site, et prospection géophysique de la rivière souterraine (B.R.G.M.)
- étude du bassin d'alimentation de la résurgence par traçages (B.R.G.M.)
- forage de reconnaissance (en cours - B.R.G.M.)

D'autre part la proximité de l'agglomération marseillaise et le développement touristique de cette partie du littoral méditerranéen y rendent particulièrement intéressante toute tentative d'accroissement des disponibilités en eau douce, et favoriseraient le prolongement de l'expérience par des travaux d'exploitation durables, en cas de succès.

## LEGENDE DE LA FIGURE 1



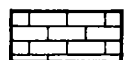
Alluvions



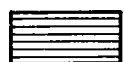
Sannoisien et Stampien  
Calc. lacustres argiles et poudingues



Coniacien et Santonien  
Grès argileux et calc. à Rudistes



Turonien  
Marnes grès et calc. à Rudistes



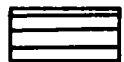
Cénomannien  
Calc. et calc. marneux



Aptien  
Calc. marneux et marnes grises



Urgonien Barrémien  
Calc. compacts, bancs massifs



Hauteriviennien  
Calc. et calc. marneux



Valanginien  
Calc. compacts et calc. marneux



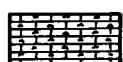
Portlandien  
Dolomies grises et calc. blancs massifs



Argovien, Séquanien, Kimméridgien  
Calc. beiges



Callovien  
Calc. Marneux



Bajocien, Bathonien  
Calc. marneux



Contour géologique



Faille ou contact anormal



Pendage des couches

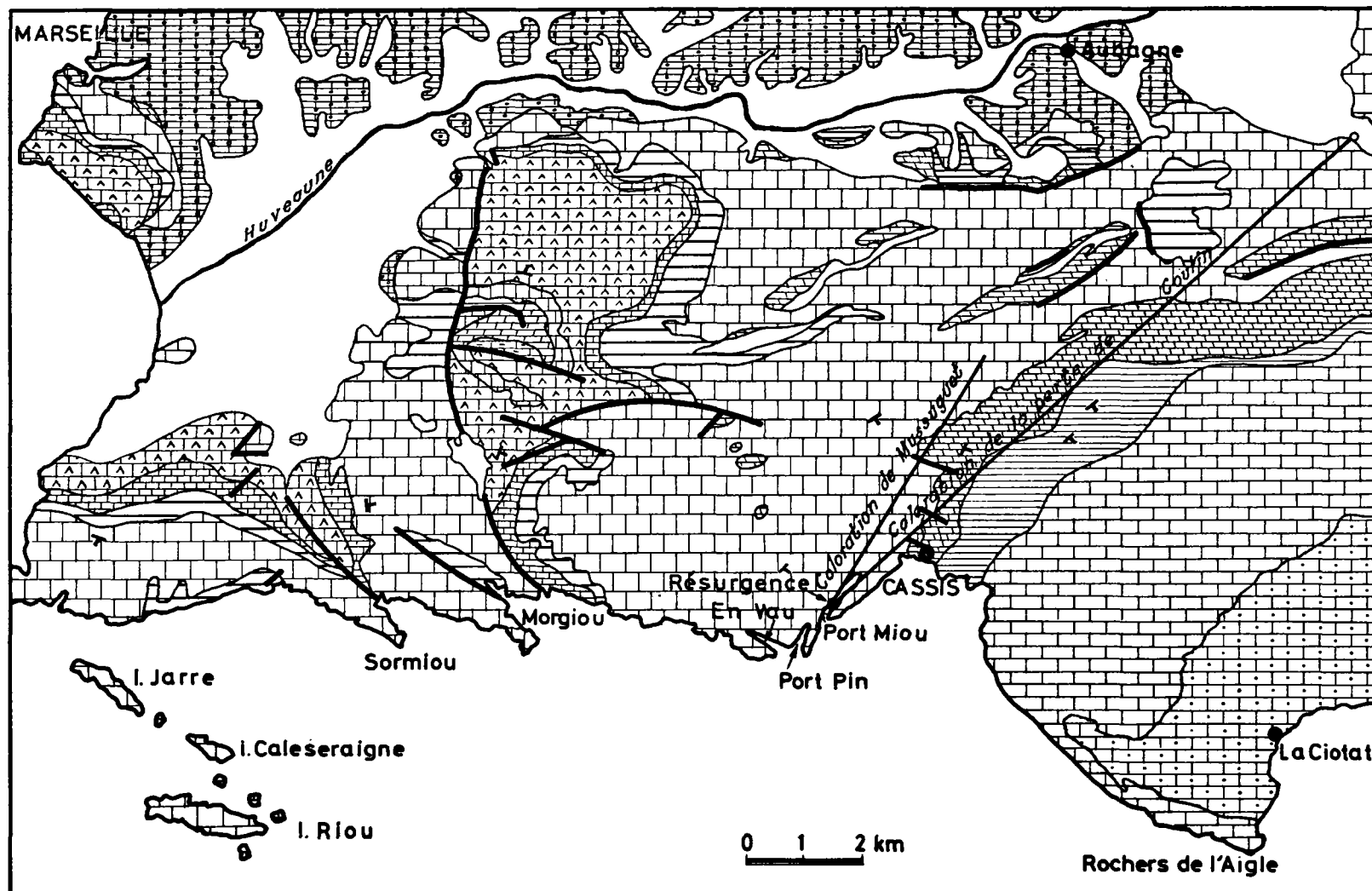


Fig.1- ESQUISSE GEOLOGIQUE DU MASSIF DES CALANQUES.

D'après les contours de la carte géologique Marseille au 1/80000.

## 1. RAPPEL DES CARACTERES GENERAUX DU SITE DE PORT-MIOU

### 1.1. SITUATION

La source principale de PORT-MIOU (X : 867,29 - Y : 113,87 - feuille au 1/50 000 Aubagne 7) est située sur la rive Nord de la Calanque du même nom à deux kilomètres environ au Sud-Ouest de Cassis dans le département des Bouches-du-Rhône (fig. 1). On y accède par un chemin de terre partant de Cassis par la départementale 41 A, ou par bateau.

### 1.2. HISTORIQUE

Dès 1725 le Comte de Marsigli signalait ("Histoire physique de la mer", Amsterdam p. 13 et pl. V), dans la calanque de Port-Miou, une puissante source sous-marine, "débouché d'un fleuve souterrain" venant de la Sainte-Baume et du plan de Cuges (à 15-20 km au Nord-Ouest) ou du bassin à Embucqs de GEMENOS (v. p. 91).

Depuis deux siècles, cette indication a été reproduite et amplifiée par les plus savants auteurs. On ajoutait que la force de l'eau repoussait les sondes, les corps flottants, les barques et même les navires. Et on songeait à capter cette onde douce.

Toutefois, la "Grande Statistique des Bouches-du-Rhône" (Marseille, 1821-1829, 4 vol. in 4°) n'avait point répété les dires de Marsigli, sur ce fameux problème de Port-Miou. La description minéralogique et géologique du Var par le comte de Villeneuve-Flayosc (Paris 1856, p. 465) le posa à nouveau ; et son texte fut reproduit par DAUBREE (Eaux Sout., T. 1, p. 317), le dictionnaire Joanne de la France (p. 3625), etc..

E.A. MARTEL, chargé par le Ministère de l'Agriculture, d'étudier les possibilités d'un captage sous-marin, procéda en 1906-1907 à de nombreuses analyses et conclut qu'il ne s'agissait pas d'une source, mais au contraire d'une pénétration d'eau de mer, les différences de salinité observées pouvant s'expliquer par de petites infiltrations d'eau douce locales (cf. E.A. MARTEL "La France Ignorée" 1933 p. 93-108).

En 1908, FOURNIER à son tour déclarait que la source de Port-Miou ne se trouvait pas à l'intérieur de la calanque mais à 300 m en pleine mer au large de la pointe Cacao, soit à 1 200 m du point précisé par les pêcheurs : en effet, en 1925, l'alpiniste Maurice PAILLON aurait observé du rivage, un très fort bouillonnement en ce point, d'où il concluait en définitive à l'hypothèse d'un fonctionnement saisonnier. L'existence de cette résurgence reste à contrôler.

Enfin les observations faites par P. GALLOCHER en 1946 et les lèxes plongées de reconnaissance réalisées en 1953 par les spéléologues du Clan d'Eole des Eclaireurs de France (Dossier B.R.G.M. 1222 et additif 2963) firent définitivement la preuve qu'une rivière souterraine sortait dans la calanque de Port-Miou. Seule restait à démontrer la pérennité de cette rivière.

### 1.3. DESCRIPTION HYDROGEOLOGIQUE

La galerie de Port-Miou appartient au réseau karstique développé dans les épais calcaires de faciès urgonien de la région de Cassis (fig. 1). Ces calcaires de faible pendage forment une série reposant à l'Ouest sur le Néocomien et s'enfouissant à l'Est sous l'Ap-tien marneux du vallon de Cassis. Une faille ayant abaissé le compartiment sud du massif, rien ne s'oppose à la circulation des eaux en direction de la mer. Mais le niveau de base commandant ce creusement a varié au cours des âges. Lors de la régression pré-flandrienne, des galeries horizontales se sont développées à différentes hauteurs, les plus basses se situant probablement dans cette zone littorale émergée par suite du recul des eaux, soit -45 mètres au dessous du niveau actuel de la mer.

Lors de la transgression flandrienne, les eaux marines ont dû envahir ces galeries en commençant par les plus basses, et les eaux douces issues du massif n'ont pu s'écouler qu'en empruntant successivement des galeries de plus en plus élevées.

.../...

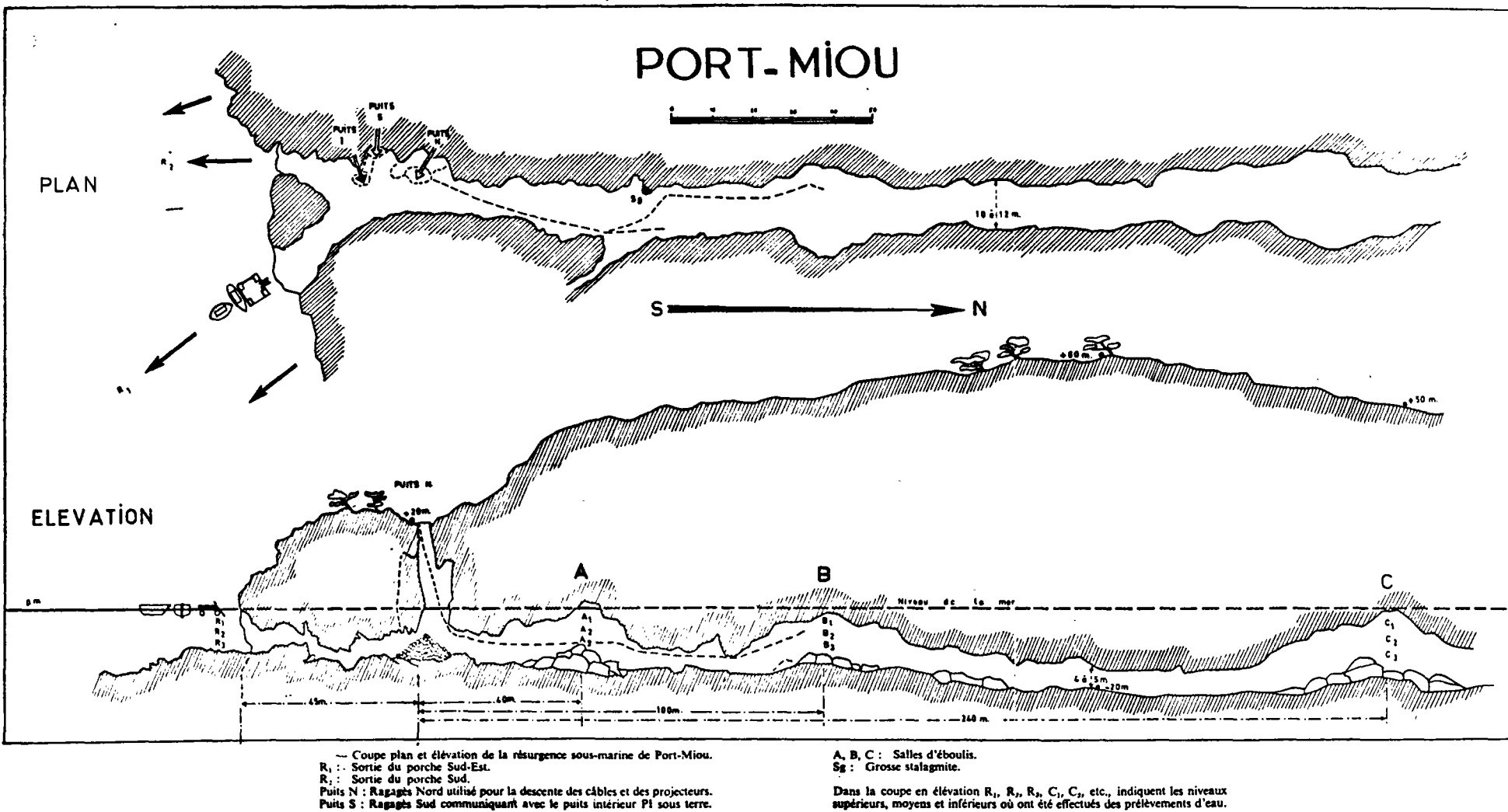


Fig.2- Galerie de PORT-MIOU. Plan et coupe de la partie explorée. (d'après les relevés de l'C.F.R.S.)



Les caractéristiques hydrogéologiques du site de Port-Miou ont été précisées grâce à une série de recherches dont on rappellera succinctement ici la nature et les résultats.

1.3.1. RECONNAISSANCE DIRECTE DU CONDUIT PAR SCAPHANDRE AUTONOME

La galerie de Port-Miou a été explorée en 1956 sur près de 300 m par les plongeurs de l'Office Français de Recherches Sous-Marines, (O.F.R.S.) en même temps que la résurgence de Cassis. Ces recherches ont montré qu'à Port-Miou on avait affaire à une galerie unique rectiligne horizontale (fig. 2) calée à la cote de -20 mètres. L'étude de la salinité des eaux révèle une forte pénétration d'eau de mer dans le conduit jusqu'à une grande distance du rivage.

1.3.2. RECONNAISSANCE INDIRECTE DU CONDUIT PAR METHODE GEOPHYSIQUE

Elle résulte de la mise en oeuvre par le B.R.G.M. des méthodes de prospection électrique et électro-magnétique. La galerie de Port-Miou pouvait être assimilée à un conducteur cylindrique rectiligne accessible à l'une de ses extrémités - par un aven regard très proche du débouché du conduit dans la calanque - et encaissé dans un massif électriquement résistant (calcaires urgoniens, 4 000 ohm/m). La surface topographique dans le périmètre intéressé par la reconnaissance, est celle d'un plateau s'élevant en pente régulière vers l'arrière pays, avec toutefois quelques ondulations au delà notamment de la partie reconnue en scaphandre, l'épaisseur du terrain au dessus du réseau variant de 30 à 80 mètres.

Diverses méthodes purent là être mises en oeuvre.

.../...

# MESURES ELECTROMAGNETIQUES PARAMETRIQUES SUR LE KARST DE PORT-MIOU

Fig. 3 - MISE A LA MASSE A L'AVEN

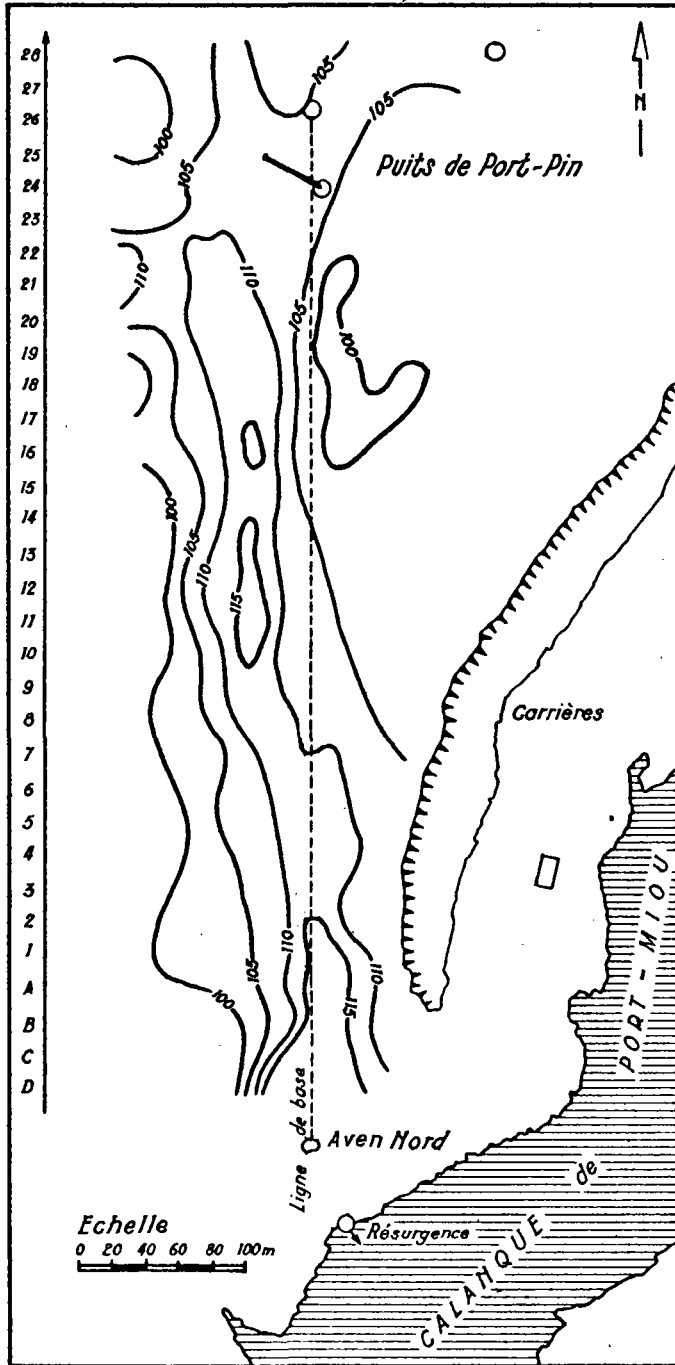
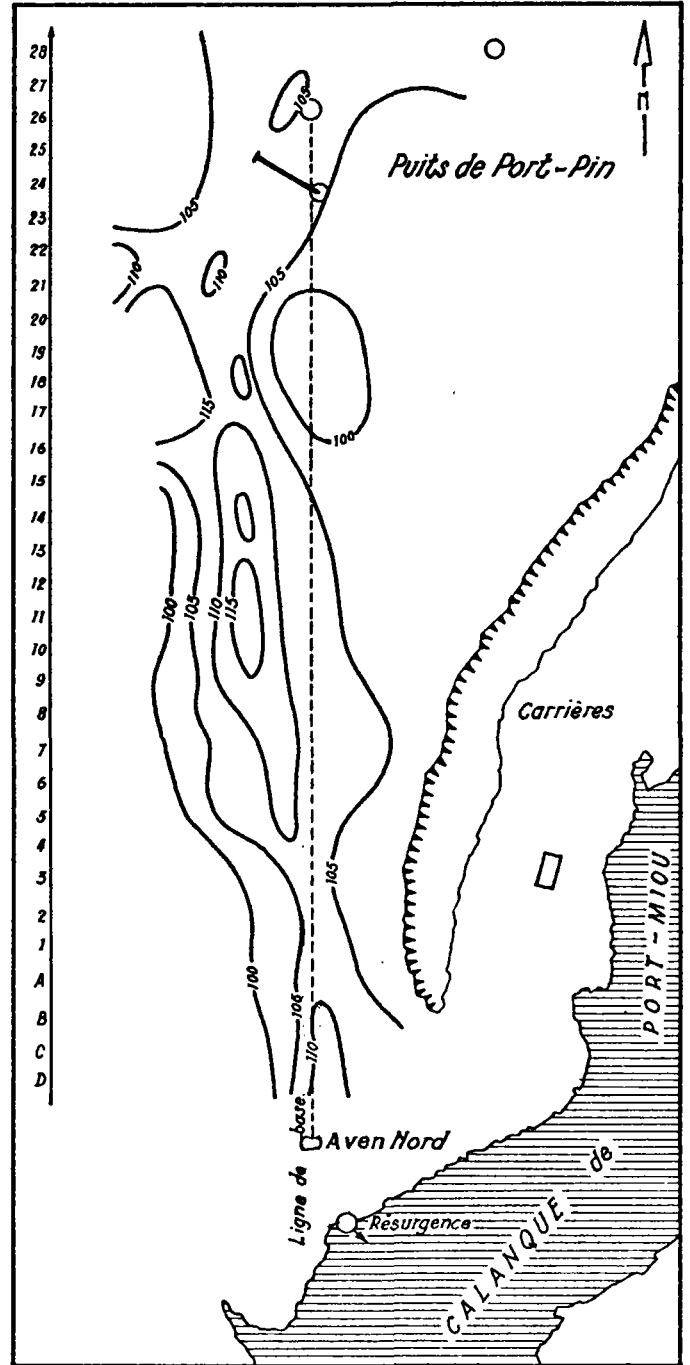


Fig 4 - METHODE INDUCTIVE



— Tracé de la galerie projetée

1.3.2.1. POTENTIELS NATURELS

On ne décela aucune influence due à une origine de potentiels naturels liés à la circulation karstique.

1.3.2.2. MISE A LA MASSE

Par sa partie accessible, la galerie a été portée à un potentiel élevé. Mais la forte épaisseur de calcaire résistant a provoqué une chute du potentiel telle qu'aucune anomalie significative n'a pu être mise en évidence en surface.

1.3.2.3. ELECTROMAGNETISME (= TURAM) (fig. 3 et 4)

1.3.2.3.1. Mise à la masse et retour du courant par la galerie : une des électrodes d'envoi du courant a été immergée dans l'aven regard, la deuxième étant implantée à 1 km environ dans le prolongement nord de la galerie. Le retour du courant est ainsi assuré par l'eau du karst et l'écoulement préférentiel des filets de courant est dans ce cas essentiellement fonction du contraste de conductivité existant entre la galerie et le milieu encaissant.

Cette technique a permis d'enregistrer en surface une indication nette, quasi continue et sensiblement rectiligne, sur environ 700 m. (Fig. 3). L'indication géophysique coïncide avec le relevé de la galerie effectué jusqu'à 300 m. à partir de la résurgence. La direction de l'anomalie électrique est indépendante d'une topographie très mouvementée

sur les 400 derniers mètres, mais son amplitude varie avec l'épaisseur de la couverture calcaire résistante. L'interprétation des profils où l'anomalie est particulièrement nette permet d'espérer une précision de l'ordre de 5 mètres quant à la position du corps conducteur dans le plan vertical du profil de mesure.

1.3.2.3.2. Méthode inductive classique. Une ligne d'émission (champ primaire) a été installée parallèlement à la direction connue du réseau karstique et à 150 mètres environ à l'Ouest. Dans ce cas, le courant induit et le champ secondaire correspondant sont fonction de la valeur absolue de la conductivité de la galerie, alors que la technique précédente était surtout basée sur le contraste de conductivité.

L'expérience a permis d'observer une anomalie due à un champ secondaire d'amplitude et de continuité suffisantes pour jalonner la galerie sur 600 mètres environ, à partir du puits N, extrémité sud de la prospection (fig. 4). Au delà de 600 mètres l'indication d'origine profonde, est relayée par une anomalie superficielle dont la direction N.E.-S.O. semble être en relation avec une faille conductrice visible à l'affleurement et un placage argileux qui tapisse le fond d'un vallon latéral.

.../...

Il est possible qu'à la faveur de cette faille, la galerie se trouve décalée verticalement, dans ce cas, elle peut être relevée au dessus du niveau d'envahissement de l'eau salée et ne plus présenter la conductivité suffisante pour être décelée ; la galerie peut également rejoindre un réseau plus profond situé sous une épaisseur prohibitive de couverture résistante.

L'implantation d'un forage a été fixée pour contrôler les résultats de l'étude géophysique ; ce forage de recherche doit être exécuté par le B.R.G.M. à très bref délai.

### 1.3.3. OPERATIONS DE TRACAGE

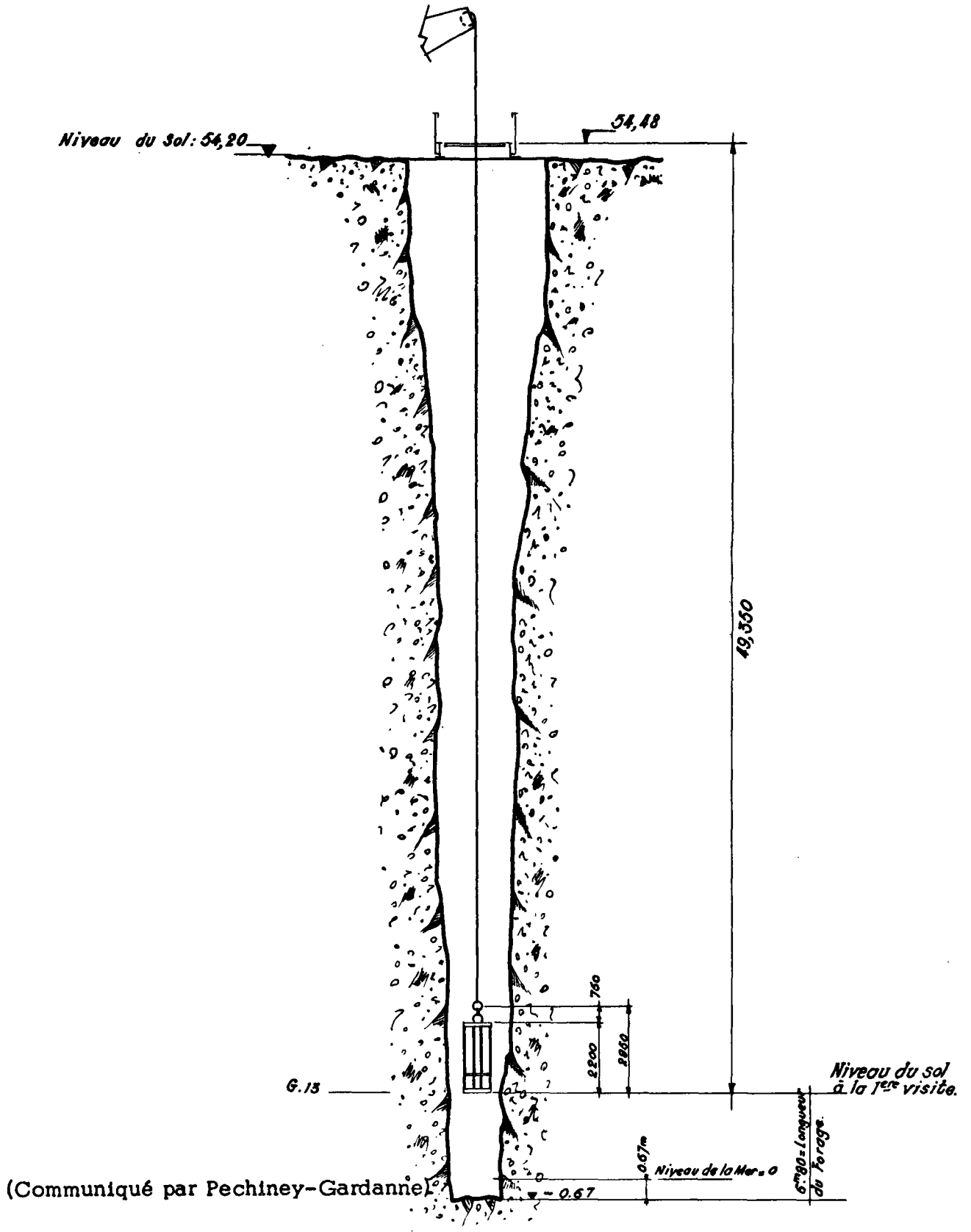
Deux opérations de traçage, réalisées par le B.R.G.M., ont donné des résultats positifs.

Une expérience de coloration à la fluorescéine effectuée sur une perte de la plaine d'Aubagne (= perte de Coulin) a démontré la relation entre cette perte et les résurgences de Cassis et de Port-Miou indiquant donc des diffluences dans la partie aval du réseau, mais plus encore faisant supposer l'existence de réserves d'eau considérables, compte tenu de l'extrême dilution du colorant aux points de réapparition. Une nouvelle expérience a été réalisée le 1.12.1966 à partir de pertes du tunnel du canal de Mussuguet : dès le 9 Décembre la résurgence de Port-Miou se trouvait colorée et la surveillance est actuellement poursuivie aussi bien dans la calanque que sur les sources voisines, notamment sur celles de Cassis.

.../...

COUPE DU Puits DE PORT-PIN

( dit " Puits des Allemands " )



## 2. CHOIX DE L'IMPLANTATION DU CAPTAGE

Pour réaliser dans les meilleures conditions techniques et économiques un ouvrage de captage expérimental, il est nécessaire de rechercher un emplacement qui concilie au mieux les quatre exigences suivantes :

- être situé au voisinage du niveau marin pour faciliter l'exécution des travaux destinés à permettre l'accès au conduit sous une tranche la plus faible possible de terrain noyé, et pour réduire au minimum la hauteur à donner à l'ouvrage.
- être le plus près possible de la surface topographique pour limiter la longueur des accès par puits ou galeries.
- être suffisamment éloigné de la calanque pour réduire au minimum les risques de contaminations latérales du conduit par l'eau de mer en amont de l'ouvrage.
- offrir une section convenable pour la construction de l'ouvrage dans des dimensions raisonnables.

Le secteur le plus favorable pour satisfaire au moins aux trois premières de ces conditions est celui qui se situe à la partie nord de la zone intéressée par l'étude géophysique. On dispose en effet dans ce secteur des avantages suivants :

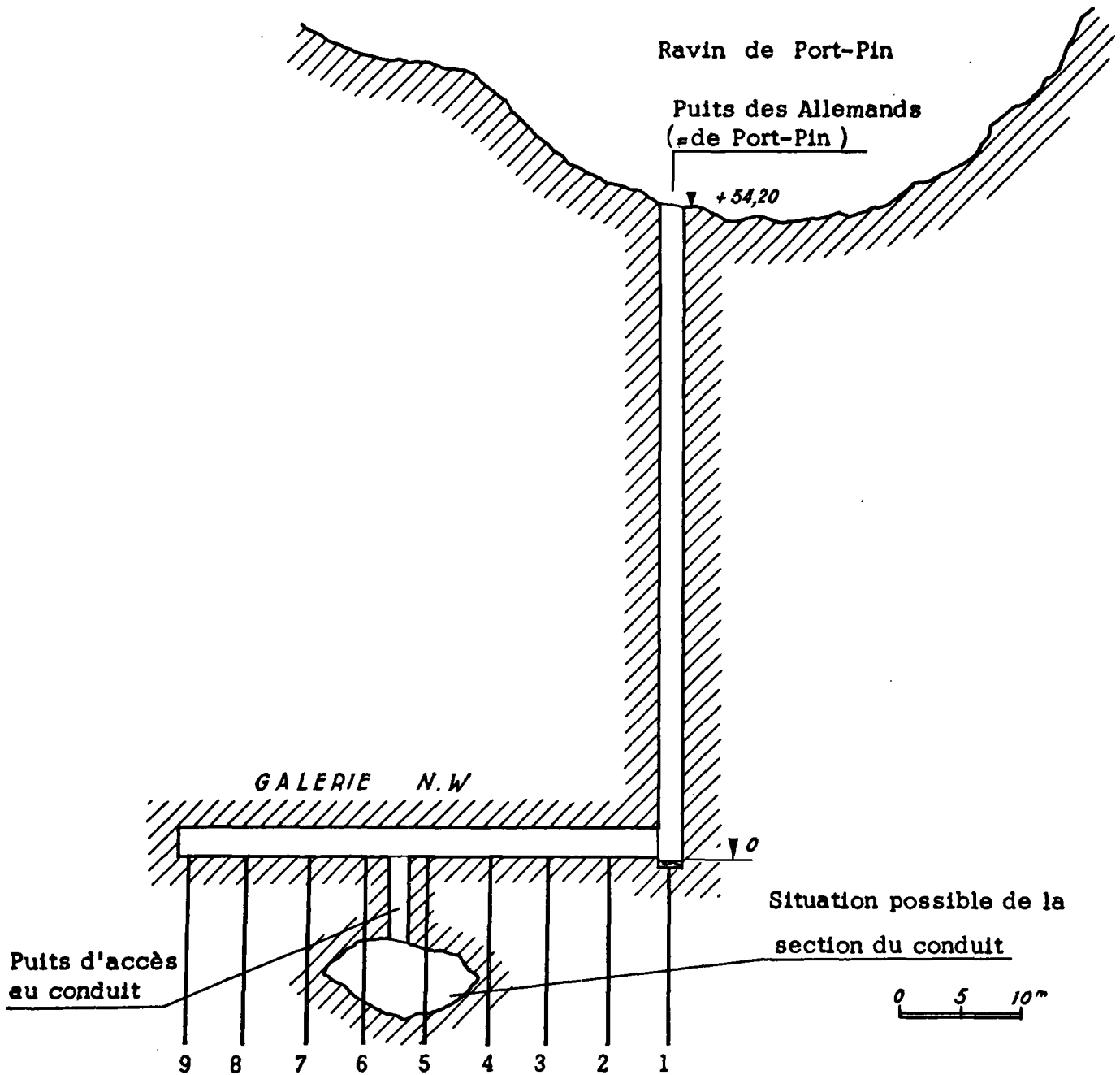
- a indication encore nette de l'anomalie avant qu'elle ne s'estompe plus au nord en raison soit d'une diminution de salure, soit d'un décalage -lié à la présence possible d'une faille- du conduit dans le plan vertical, soit enfin d'une épaisseur trop importante du terrain- liée à une élévation de la surface topographique- au dessus du conduit.
- b éloignement suffisant de la calanque pour être à l'abri d'une invasion trop rapide des eaux salées par les fissures fines du karst telle qu'elle se produit au voisinage de la côte ; on se place notamment très à l'amont de la dérivation latérale du conduit qui alimente la source du quai Solvay.

.../...

GALERIE, SONDAGES ET PUIITS PROPOSES

Fig. 6

à partir du fond du puits des Allemands



1 à 9: Sondages de reconnaissance



- c existence en surface d'un puits ancien, dit "puits des allemands" (= puits de Port Pin), profond de 54,87 m dont le fond (côte -0,67) doit se trouver très proche du passage du conduit si les données de la géophysique sont bien exactes. Ce puits, actuellement sans usage, offre l'avantage de réduire les travaux d'accès au conduit par reprise de l'avancement par galerie à partir du terminus actuel (fig.5).
- d enfin, et bien qu'il s'agisse d'une hypothèse encore à ce jour incontrôlable, la morphologie du conduit karstique, tel qu'il est apparu aux plongeurs semble exclure l'éventualité d'un conduit profondément noyé comme on en rencontre habituellement au voisinage des sources vauclusiennes typiques. Ce conduit est dans la partie reconnue quasi horizontal sur plus de 300 m et dans ces conditions il y a de fortes chances pour qu'il ne soit pas très éloigné de la côte 0 dans le secteur où est envisagée l'opération, à quelques 400 m en amont du point extrême atteint par les plongeurs.

### 3. PROGRAMME DE TRAVAUX

Ils consistent d'abord à situer avec précision le passage du conduit karstique dans une zone proche de la base du "puits des allemands" et à permettre un accès aisé à ce conduit, ensuite à réaliser l'ouvrage.

Quels que soient les résultats du forage exécuté par le B.R.G.M. et implanté à une centaine de mètres seulement au SSE du puits, il y aura lieu de procéder de la façon suivante (fig. 6).

- exécution à partir du fond du puits d'une galerie horizontale en direction N.O. de 40 mètres de longueur (hauteur : 3m, largeur : 2m, plancher à la cote 0).
- réalisation à partir de cette galerie de 9 sondages verticaux en petit diamètre, de 15 m de profondeur, et disposés tous les cinq mètres selon l'axe de la galerie. Des sondages inclinés pourront également être exécutés dans le cas où ils s'avèreraient nécessaires à partir du fond du puits ou de la galerie.

.../...

- le repérage du conduit karstique ayant été effectué, fonçage d'un puits vertical à partir de la galerie destinée à permettre à des plongeurs d'accéder au conduit et de reconnaître les caractéristiques de sa section. Un limnigraphe, un salinomètre enregistreur et un moulinet avec dispositif enregistreur des vitesses de courant, seront en outre installés sur ce puits.
- réalisation selon l'axe de la galerie de reconnaissance, de part et d'autre du puits d'accès au conduit, d'une tranchée d'une longueur correspondante à la projection de la section du conduit et approfondie en tous ses points jusqu'à ce dernier.
- enfin exécution de l'ouvrage selon le principe suivant : réalisation à partir de la tranchée de la galerie et jusqu'au sol du conduit karstique dont le profil aura été convenablement aménagé, d'un dispositif permettant, grâce à des glissières verticales installées sur les parois du conduit, et le cas échéant sur des piles intermédiaires si la largeur de la section l'exige, la mise en place d'éléments de mêmes dimensions. Ces éléments disposés les uns au dessus des autres constitueront le barrage proprement dit. La galerie sera convenablement aménagée au dessus du barrage pour permettre ultérieurement les manoeuvres à volonté de mise en place et de retrait de ces éléments. L'évolution, naturelle ou provoquée, des débits et de la salinité devra alors faire l'objet de mesures continues pendant une durée minimale de 3 ans.

#### 4. CONCLUSION

Les conséquences attendues des travaux projetés devraient en premier lieu permettre la mise à l'épreuve d'une technique de captage adaptable à de nombreux cas analogues en France, ainsi qu'en différents pays, méditerranéens notamment, offrant des possibilités d'action aux spécialistes français. Dans le cas particulier de Port-Miou, elles sont de nature à permettre, du point de vue pratique, l'utilisation d'un apport d'eau souterraine très important pour l'alimentation en eau de la zone littorale entre Marseille et Toulon.

.../...

5. DEVIS INDICATIF DE L'OPERATION PROJETEE

1. Salaires

Personnel (B.R.G.M.) affecté à la surveillance des travaux  
puis aux observations (ingénieurs et techniciens) 20 000 F

2. Contrats à passer avec des entrepreneurs pour la  
réalisation des travaux

- Equipement du "puits des allemands"  
galerie et sondages de reconnaissance 70 000

- puits d'accès au conduit karstique 10 000

- tranchée et exécution de l'ouvrage  
et équipements 200 000

Total 230 000 F

---

Total général 300 000 F

---

---

-