

DEPARTEMENT DE LA CORSE DU SUD



BRGM

Site hydrothermal de Caldaniccia

(Corse du Sud)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

B. R. G. M. \

12. MAR. 1986

BIBLIOTHEQUE

DEPARTEMENT DE LA CORSE DU SUD



BRGM

Site hydrothermal de Caldaniccia

(Corse du Sud)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

par R.Dominici

avec la collaboration de

F. Berthier

F. Girault

F. Iundt

G. Juncy

Février 1986

86 SGN 089 CSC

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL CORSE

Immeuble Agostini - Zone industrielle de Furiani 20200 BASTIA

Tél. : 95.33.75.67

DEPARTEMENT DE LA CORSE DU SUD

SITE HYDROTHERMAL DE CALDANICCIA
(Corse du Sud)

86 SGN 089 CSC

- Etude hydrogéologique -

Février 1986

- Perspectives de développement -

par

R. Dominici

avec la collaboration de

F. Berthier, F. Girault, F. Iundt et G. Juncy.

R E S U M E

Le Département de la Corse du Sud a confié au Service géologique Corse du BRGM une étude hydrogéologique sur le site de CALDANICCIA, nécessaire pour envisager la découverte d'une ressource d'eau thermale abondante et de bonne qualité.

Une prospection classique avec de nouvelles techniques de recherche d'anomalies gazeuses (radon) et structurale (photogéologie, télédétection), précisée par la mise en oeuvre de méthodes géophysiques a conduit à définir un secteur intéressant et à émettre des hypothèses de fonctionnement du système hydrothermal de CALDANICCIA.

Les résultats ont permis de dégager des cibles prioritaires de forages de reconnaissance qui permettront, par la technique du marteau fond de trou, avec ou sans tubage à l'avancement, d'apporter des réponses aux problèmes posés et d'envisager des ouvrages d'exploitation dans les plus brefs délais.

*

* * *

Ce rapport contient
24 pages, 12 figures et
4 annexes.

LISTE DES FIGURES ET ANNEXES

N° des figures

- 1 Situation géographique - Cadre de l'étude
- 2 Géologie générale
- 3 Fracturation - zone 1 (Stade Coty)
- 4 Fracturation - zone 2 (Sud CALDANICCIA)
- 5 Chimie des eaux - CALDANICCIA
- 6 Prospection radon - CALDANICCIA
- 7 Prospection radon - VAZZIO
- 8 Interprétation structurale des images de satellite
- 9 Corrélation des différentes prospections
- 10 Coupe interprétative
- 11 Hypothèse de circulations thermales
- 12 Extrait cadastral

N° des annexes

- 1 Analyse chimique
- 2 Prélèvements radon
- 3 Profils géophysiques V.L.F.
- 4 a et b Diagrammes SE1 et SE2

ooo000ooo

- S O M M A I R E -

RESUME

GENERALITES

1 - INTRODUCTION

2 - OBJET DE L'ETUDE

3 - OBJECTIF DE L'ETUDE

4 - MOYENS A METTRE EN OEUVRE

5 - CADRE DE L'ETUDE

6 - GEOMORPHOLOGIE

7 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

7. 1. Les affleurements

7. 2. Le contexte structural

7. 2. 1. Fracturation zone 1

7. 2. 2. Fracturation zone 2

8 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

8. 1. Hydrogéologie hydrothermale de l'émergence de CALDANICCIA

8. 1. 1. Caractéristiques

8. 1. 2. Le contexte thermominéral

8. 2. Hydrogéologie classique

9 - GEOCHIMIE

9. 1. Origine de l'eau

9. 2. Origine du soufre

9. 3. Corrélation de la température des réservoirs

9. 4. Composition chimique des eaux

9. 5. Synthèse

10 - PROSPECTIONS COMPLEMENTAIRES

10. 1. Prospection des gaz des sols

10. 1. 1. Géochimie du radon dans les sols

10. 1. 1. 1. Méthode de prélèvement

10. 1. 1. 2. La méthode de mesure : chambre à scintillation

10. 1. 1. 3. Calage des mesures

10. 1. 1. 4. Traitement des résultats

10. 1. 2. Zones prospectées

10. 1. 2. 1. Secteur de CALDANICCIA

10. 1. 2. 2. Secteur du VAZZIO

10. 2. La télédétection

10. 2. 1. Choix des données

10. 2. 2. Traitement des données

10. 2. 3. Interprétation

- 10. 3. Géophysique
 - 10. 3. 1. Généralités et principe de la méthode
 - 10. 3. 2. Résultats
- 10. 4. Corrélations des différentes prospections
- 10. 5. Interprétation synthétique

11 - EMPLACEMENT DES FORAGES DE RECONNAISSANCE

- 11. 1. Spécificité et conception prévisionnelle
 - 11. 1. 1. Spécificité
 - 11. 1. 2. Conception
 - 11. 1. 3. Choix de la méthode de forage
 - 11. 1. 4. Géométrie du forage
- 11. 2. Exécution
 - 11. 2. 1. Choix et rôle de l'entreprise
 - 11. 2. 2. Rôle du maître d'oeuvre
 - 11. 2. 3. Qualité du maître d'oeuvre

12 - CONCLUSIONS

*

* *

GENERALITES

La source thermale de CALDANICCIA, proximité d'AJACCIO (Fig. 1) est la propriété du Département de la Corse du Sud et sa situation juridique a évolué depuis 1832.

C'est, en effet, le 2 décembre 1832 qu'a été délivrée l'autorisation d'exploitation de la source et l'arrêté préfectoral en date du 16 mai 1839 entraînait concession d'un tout représenté à la fois par la source thermale et par le domaine qui l'entoure.

D'après l'étude du Professeur L. MERKELEN "L'établissement thermal a été concédé initialement par le Département au Sieur VENDERHAZE, puis au Sieur RIVALZ, lequel l'a cédé à son tour au Sieur FORCIOLI Dominique dont les héritiers ont été, apparemment, les derniers concessionnaires, En 1951, les droits étaient détenus par Mme GREGORY Gabrielle, demeurant à NICE.

L'état d'abandon de la source et la non observation du contrat administratif avait entraîné une procédure de déchéance du concessionnaire, lequel avait voulu dissocier l'exploitation de la source de la jouissance des terrains.

Dans son ouvrage daté de 1931, le Docteur ZUCCARELLI l'adécrit comme comportant "20 cabines avec baignoires en zinc dont 4 cabines à 2 baignoires" et attribue à la source un débit de 20 000 l/j, d'une eau à 34,4° que les analyses caractérisent comme une eau sulfurée sodique.

Quel est l'état actuel de la station ? A l'heure actuelle, l'établissement n'est plus que ruines dans lesquelles persistent des restes d'émergences et un réservoir qui paraît être construit sur l'émergence principale. Le captage peut être considéré comme inexistant et totalement à refaire.

Bien que l'autorisation d'exploiter ait fait l'objet d'un arrêté de retrait le 4 mai 1957 (J.O. du 22.04.1957, 1.5152), les ruines sont fréquentées par plusieurs personnes des alentours. Elles pratiquent le libre usage des eaux pour soigner leur eczéma.

Nous n'avons pu trouver trace de périmètre de protection établi pour la source de CALDANICCIA et l'état d'abandon de la station a conduit le Service des Mines à autoriser l'établissement, à proximité, du parc de la Direction Départementale de l'Equipeement.

Propriétés thérapeutiques

Il n'est pas de notre ressort de traiter de ce problème. Nous énoncerons seulement quelques propriétés thérapeutiques qui semblent correspondre aux indications des stations thermales corses pour les rhinites, les pharyngites et angines chroniques, les dermatoses simples, les arthrites et arthroses...

Fig.1

SITUATION GEOGRAPHIQUE CADRE DE L'ETUDE

Echelle 1/100.000



1 - INTRODUCTION

Les émergences thermales de CALDANICCIA ont fait l'objet, par le passé, d'une exploitation à des fins curatives. Aujourd'hui, les captages et les bâtiments sont en ruine. De plus et en dépit de l'état des lieux (le captage peut être considéré comme inexistant), le débit de la source est tel qu'une mise en valeur moderne ne peut être entreprise sans la recherche d'une ressource plus abondante.

La perspective d'un développement du thermalisme en Corse est réaliste et cette source, par son emplacement privilégié, près d'AJACCIO, devrait avoir les plus grandes chances de réussite. C'est dans ce but que le Département de la Corse du sud a pris l'initiative, avec l'impulsion d'autres responsables régionaux, d'étudier le site hydrothermal dont les premières investigations ont été confiées au Service géologique Corse du BRGM.

L'eau thermale appartient à la famille des eaux sulfureuses réputées notamment pour leur intérêt dans le traitement des affections respiratoires et cutanées.

Le système hydrothermal de CALDANICCIA a fait l'objet d'études à caractère scientifique. On mentionnera en particulier l'inventaire à finalité géothermique des potentialités de la Corse. Dans ce rapport, il est mentionné le caractère "profond" et bien protégé du système et le fait qu'un potentiel d'eau plus chaude, plus minéralisé existe vraisemblablement à la base du recouvrement par les sédiments plioquaternaires (plaine de CALDANICCIA - AJACCIO).

2 - OBJET DE L'ETUDE

Il s'agit de mettre en évidence, dans un secteur déterminé, une ressource d'eau thermominérale de caractéristiques équivalentes à celle de la source de CALDANICCIA, de façon à réunir toutes les conditions pour la mise en place d'un établissement thermal moderne :

- abondance/qualité de la ressource,
- qualité de l'environnement pour le développement des installations de surface.

3 - OBJECTIF DE L'ETUDE

Il s'agit, en premier lieu, d'essayer de comprendre le système hydrothermal de CALDANICCIA dans l'environnement-même des "bains" en mettant en oeuvre les méthodes d'investigation les plus appropriées. Ceci avant de procéder à des investigations plus éloignées. En effet, un des objectifs des responsables régionaux, compte tenu de la proximité de la mer, serait de combiner les prescriptions thérapeutiques de la source sulfureuse avec une activité thalassothérapie très prisée dans le contexte actuel.

Ces investigations devraient conduire à choisir des sites privilégiés pour y implanter des sondages de reconnaissance destinés à tester la ressource aquifère hydrothermale.

L'objectif est réaliste dans la mesure où des forages pour recherche d'eau ont indirectement confirmé la possibilité de découvrir de l'eau thermale abondante (un forage de la D.D.E. par exemple a donné une eau à 40° au voisinage de l'émergence).

4 - MOYENS A METTRE EN OEUVRE

Pour atteindre l'objectif fixé, il sera procédé en plusieurs étapes, à un recueil de données mettant en oeuvre les méthodes classiques de prospection et des méthodes complémentaires nouvelles.

En effet, à la géologie cartographique proprement-dite s'ajouteront, d'une part, les techniques de la photogéologie et de la télédétection. Pour cette dernière, il s'agit d'un traitement d'images satellites (définition minimale 40 m) en utilisant les divers canaux possibles dans le visible et l'invisible. La télédétection permet de mieux révéler parfois des structures n'apparaissant pas sur de simples photographies aériennes.

D'autre part, la méthode de prospection par dosage des gaz dans les sols semble particulièrement intéressante pour déceler des anomalies de remontée d'eau minérale là où celle-ci parvient à s'exprimer au travers de la couverture sédimentaire.

La synthèse de toutes ces données complétées par une investigation géophysique devrait permettre, par corrélation, de définir les cibles les plus satisfaisantes avec un minimum de risques à l'investissement.

5 - CADRE DE L'ETUDE (Fig. 2)

Le cadre de l'étude pour atteindre l'objectif a été défini en fonction des manifestations thermales qui ont été observées dans un même contexte géologique.

C'est ainsi que nous avons retenu les affleurements granitiques compris grossièrement dans un quadrilatère déterminé par la nationale 193 au Nord, la vallée de la GRAVONA à l'Est (rive droite), la nationale 196 au Sud et à l'Ouest par une ligne allant de MEZZAVIA au RICANTO.

La partie sud du secteur ainsi déterminé, correspond à une zone d'étude la plus proche de la mer, pour limiter éventuellement les frais d'adduction d'eau thermale, compte tenu des objectifs.

6 - GEOMORPHOLOGIE

Trois unités principales guident la morphologie de la région CALDANICCIA-BALEONE.

- Une première unité orientale est représentée par le lit de la GRAVONA, d'orientation générale NE-SW et caractérisée par des replats d'origine fluviale récente ou ancienne, le lit même de la GRAVONA ayant été imposé par une fracturation du socle granodioritique, de direction essentiellement NE-SW et N-S.

- Une deuxième unité méridionale est caractérisée par des reliefs culminant à 238 m au Mont SANT ANGELO. Ces reliefs accentués à l'intérieur d'une zone à collines douces caractéristiques des plaines de PERI et d'AFA, s'envoient vers l'Ouest pour donner le promontoire d'ASPETTO et au Sud sous les formations plio-quadernaires du VAZZIO.

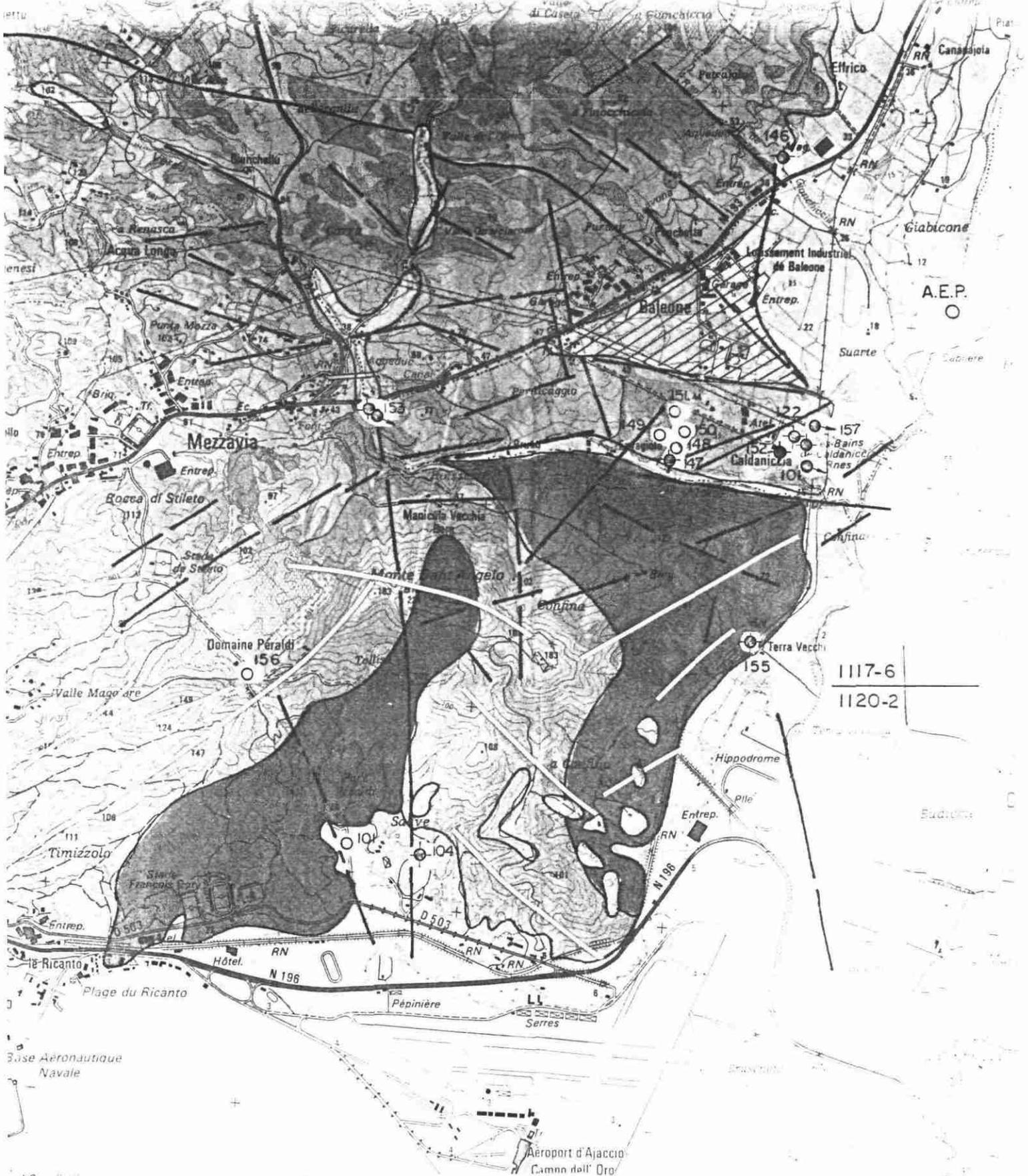


Fig.2

CADRE GEOLOGIQUE DE L'ETUDE

Echelle 1/25.000

- | | | | |
|--|---------------------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Couverture plioquaternaire |  | Granodiorite |
|  | Colluvions granitiques |  | Monzogranite à caractère potassique |
|  | Granite monzonitique (alcalin) |  | Discontinuités photogéologiques |
|  | Filon { rhyolite
quartz
diorite | | |
|  | Puits et forages principaux | } les n° indiquent le classement national exemple 1117-6-147 | |
|  | Forages thermaux | | |
|  | Source thermale | | |

- Une troisième unité, au Nord, en légère dépression, d'altitude moyenne de 30 m, occupe en gros, une zone en triangle limitée à l'Ouest par la GRAVONA, au Sud par la rivière CAVALLU MORTU et au Nord-Ouest par une ligne coïncidant à peu près au tracé de la route nationale. Cette dépression de BALEONE est formée de terrains plats en pente douce tournés vers le Sud-Ouest qui comportent apparemment quelques restes de placages colluviaux.

7 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

7. 1. Les affleurements

L'analyse de l'environnement géologique de la source de CALDANICCIA nécessite l'interprétation de données concernant des terrains situés dans un périmètre assez éloigné de l'émergence, circonscrit dans le golfe d'AJACCIO.

Les levés récents effectués par le BRGM dans le cadre de l'établissement de la carte géologique de la Corse (Ph. ROSSI, 1985) ont permis de définir au mieux les terrains du secteur de prospection choisi. Outre la carte à 1/50 000 de SARROLA-CARCOPINO en cours d'édition, nous avons utilisé les levés de terrain de la feuille d'AJACCIO, récemment éditée.

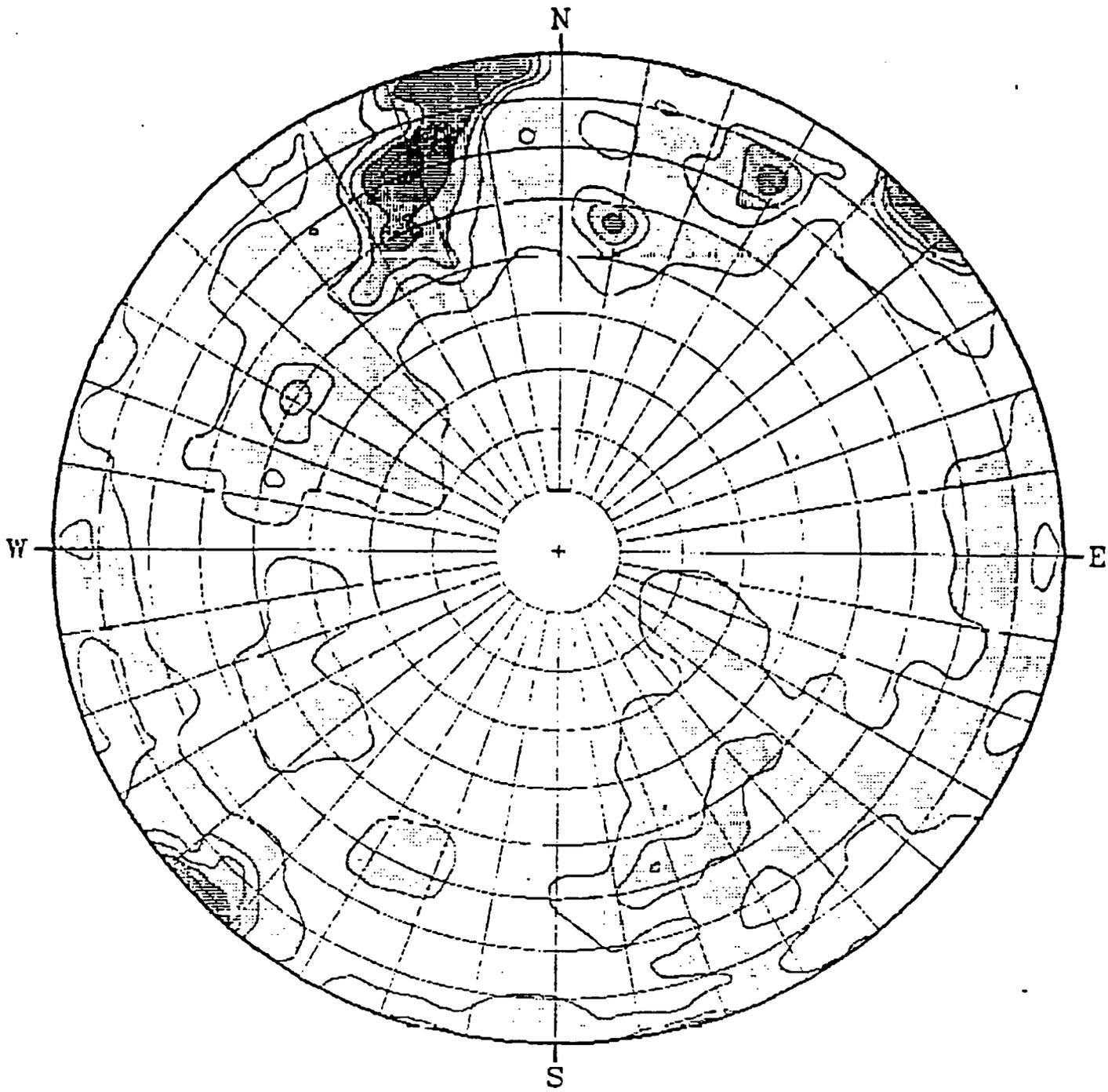
Les terrains les plus anciens de ce secteur sont formés de roches métamorphiques qui affleurent entre LE SCUDO et LA PARATA. Leur âge n'est pas connu avec précision, mais on peut penser d'après les données acquises sur des terrains semblables qu'il est de l'ordre de 380 millions d'années.

Dans ce socle sont intrusives trois générations distinctes de granitoïdes (Fig. 2) :

- **La première génération** (granites calco-alcalins magnésio-potassiques) est formée de roches prophyroïdes qui constituent le substratum de la ville d'AJACCIO (MONTE POZZO DI BORGO affleurant depuis le stade Coty jusqu'au VAZZIO). Ces granites, datés d'environ 330 millions d'années n'affleurent qu'en gigantesques enclaves isolées les unes des autres dans les granites postérieurs.

- **La seconde génération** (granites calco-alcalins) occupe la quasi-totalité du sous-sol bordant le golfe. Ce sont des granites à grain moyen (Montagne de LISA) et des granodiorites (BASTELICACCIA) dont l'âge est compris entre 315 et 300 millions d'années. Les affleurements sont le plus souvent puissamment arénisés sur plusieurs dizaines de mètres.

- **La troisième génération** (magmatisme alcalin) dont l'âge de mise en place va de 190 à 270 millions d'années, n'est représenté aux abords immédiats de l'émergence que par des filons acides (microgranites, rhyolites) et des filons basiques (dolérites) orientés NE/SW. Tous ces granites ont subi au Mio-Pliocène une très forte altération qui a donné naissance à la formation d'arènes. Dans la ria de la GRAVONA, vraisemblablement générée par un accident tectonique, se sont déposées des argiles observables à l'ancienne carrière du VAZZIO. Cette ria est très récente, le cañon sous-marin qui la prolonge atteint 1 km de profondeur entre PORTICCIO et les Iles Sanguinaires. Le rejeu récent de cet accident semble être attesté par de petites failles qui décalent des horizons dans les argiles pliocènes de la carrière de CUTTOLI, en amont de CALDANICCIA.



DENSITES

COMPTAGE NON PONDERE

POUR DIX MILLE

PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

	ABOVE	900
	700 -	900
	500 -	700
	400 -	500
	300 -	400
	50 -	300
	BELOW	50

Fig. 3

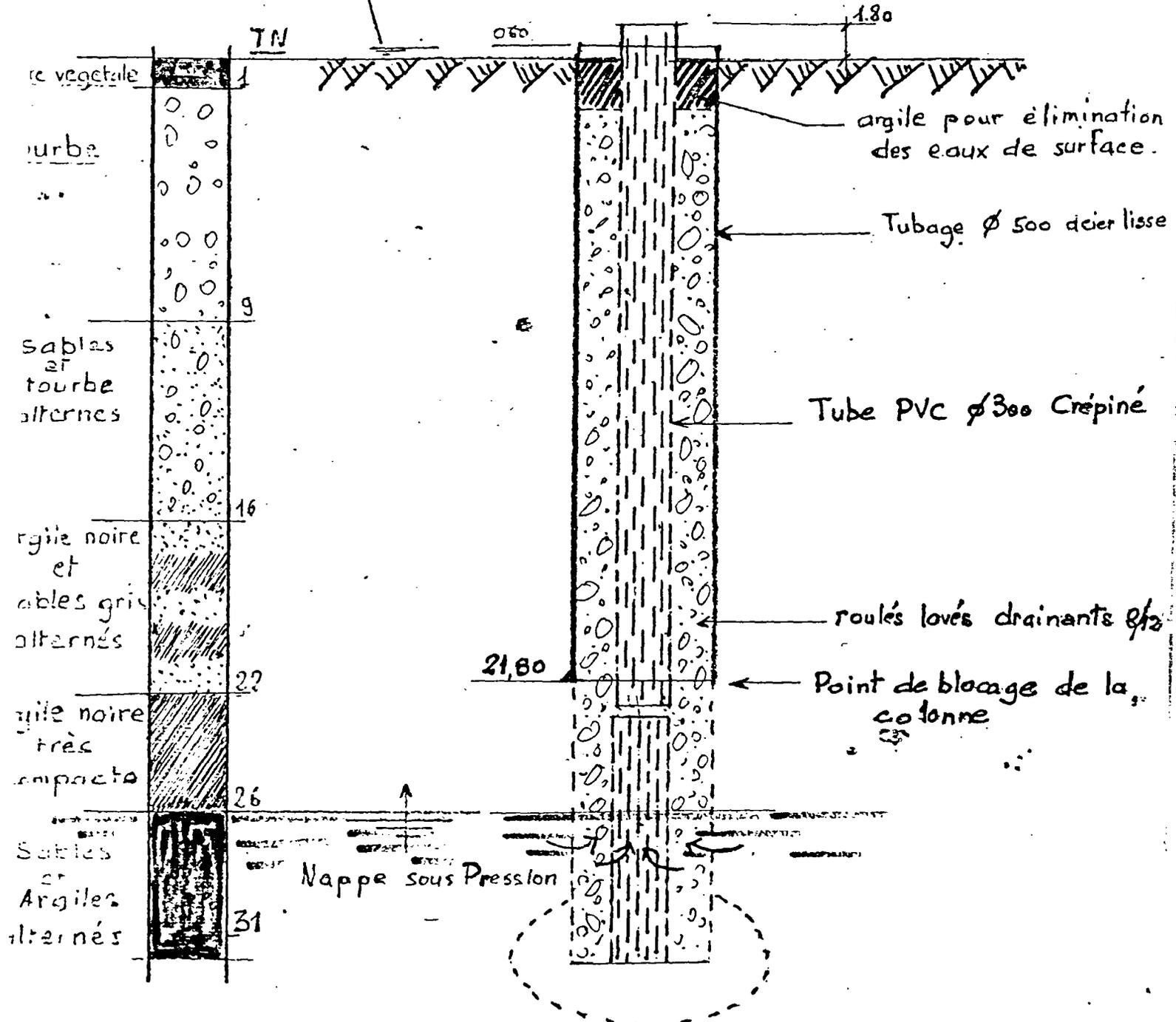
FRACTURATION ZONE 1 (Stade Coty)

M20.2-104

PARC DE L'INDUSTRIE D'AJACCIO

Puits du VAZIO
Chambre de Commerce
Ajaccio - Sartane

Point de Stabilisation - janvier



Coupe Approximative

Schema du Puits

STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE
1	640	26	584	51	86	76	1085
2	371	27	273	52	344	77	1023
3	201	28	304	53	725	78	1010
4	235	29	257	54	906	79	873
5	298	30	340	55	418	80	386
6	291	31	452	56	193	81	580
7	400	32	489	57	202	82	1137
8	392	33	465	58	408	83	778
9	165	34	1024	59	774	84	937
10	297	35	1017	60	479	85	834
11	7332	36	1166	61	350	86	831
12	321	37	689	62	529	87	767
13	72	38	695	63	428	88	4951
14	1270	39	520	64	750	89	41
15	920	40	224	65	275	90	77
16	196	41	186	66	2053	91	1377
17	403	42	173	67	523	92	1603
18	515	43	870	68	321	93	846
19	622	44	222	69	1916	94	8
20	628	45	775	70	713	95	2486
21	944	46	2217	71	706	96	556
22	642	47	1932	72	76	97	250
23	278	48	1014	73	717	98	890
24	1347	49	417	74	608	99	562
25	461	50	238	75	1367	100	585

STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE	STATION	PC/LITRE
101	608	126	706	151	179	176	448
102	496	127	34	152	180	172	80
103	561	128	842	153	66	178	454
104	677	129	592	154	127	179	695
105	486	130	336	155	11	180	27
106	571	131	247	156	106	181	32
107	469	132	425	157	34	182	126
108	471	133	415 394	158	855	183	182
109	434	134	394 394	159	170	184	127
110	735	135	339 1598	160	32	185	78
111	676	136	1598 1598	161	17	186	302
112	252	137	478 315	162	18	187	201
113	306	138	315 315	163	201	188	127
114	503	139	877 503	164	245	189	78
115	262	140	519 262	165	80	190	128
116	318	141	331	166	389	191	46
117	619	142	918	167	22	192	106
118	226	143	99	168	81	193	280
119	523	144	111	169	112	194	108
120	573	145	14	170	24	195	34
121	123	146	548	171	486	196	224
122	313	147	99	172	38	197	320
123	178	148	73	173	336	198	140
124	61	149	185	174	727	199	18
125	120	150	13	175	146	200	68
						202	171
						203	378
						204	385
						205	468
						204	203

7. 2. Contexte structural

Les données de terrain ne sont pas suffisantes pour définir le canevas structural du secteur. L'analyse de la photofracturation fait apparaître plusieurs accidents à l'Ouest de la GRAVONA, à proximité de CALDANICCIA que nous avons reportés sur la figure 2. Les conditions d'affleurement sont trop médiocres pour donner une idée précise des principales familles de diaclases. Il était, pourtant, intéressant d'analyser les structures dans deux secteurs où l'observation rendait possible ce genre d'investigation (Fig. 3 et 4).

Il s'agit de l'ancienne carrière du stade Coty et des affleurements situés au Sud de CALDANICCIA, en bordure de la voie ferrée (granites de l'association calco-alcaline).

7. 2. 1. Fracturation zone 1 - Stade Coty (association calco-alcaline à caractère potassique)

Les granites apparaissent intensément fracturés. Les observations (70 mesures) reportées sur un diagramme SCHMIDT-DIMITRIEVITCH font apparaître une famille de fractures dominantes d'orientation N 70 et un pendage de 70 à 80° vers le Sud. Une seconde famille de pendage subvertical a une orientation N 130.

7. 2. 2. Fracturation zone 2 - Sud CALDANICCIA (granites calco-alcalins)

L'observation a porté sur 120 mesures. La famille principale est très bien exprimée. Son orientation est N 70 à N 80, son pendage de 50 à 60° vers le Sud. Quelques fractures subverticales Nord-Sud apparaissent mais elles sont peu nombreuses. La famille de fractures orientée N 70-80 paraît commune aux deux ensembles. La famille N 130 détectée dans la carrière du stade Coty n'apparaît pas au Sud de CALDANICCIA.

8 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

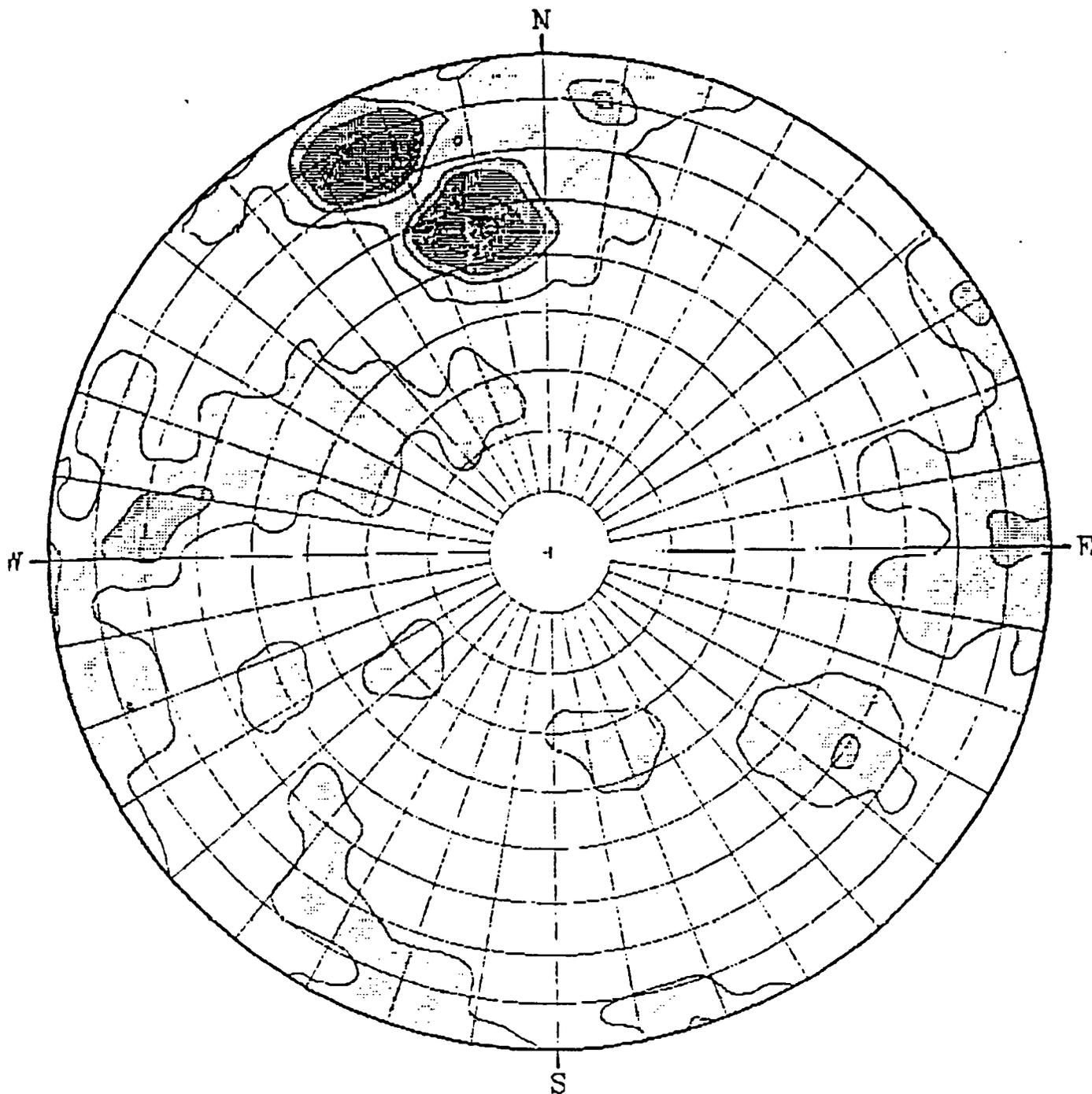
Les formations granitiques constituant le contexte géologique de CALDANICCIA sont le siège de circulations aquifères d'origines diverses.

8. 1. Le domaine hydrothermal - L'émergence de CALDANICCIA

L'activité hydrothermale du secteur est importante et caractérisée par l'émergence de CALDANICCIA. A une altitude de 15 m, les Bains de CALDANICCIA se trouvent situés sur la rive droite de la GRAVONA, à 8,5 km d'AJACCIO, à 5 km de l'aéroport de CAMPO DEL'ORO et 2,5 km du carrefour des routes AJACCIO-SARTENE-BASTIA.

L'ancien établissement thermal était desservi par la gare de CALDANICCIA distante de 100 m et par un chemin en terre à partir de la nationale AJACCIO-BASTIA. La nouvelle bretelle routière reliant les routes de SARTENE et de BASTIA passe à 50 m en-dessous de la gare.

Les bains de CALDANICCIA sont adossés à une butte limitée par les rivières de la GRAVONA et du CAVALLU MORTU, à proximité de leur confluent. Leur situation semble liée à l'émergence de la source, au pied de la butte, en bordure des terrains alluvionnaires de la GRAVONA.



DENSITES

COMPTAGE NON PONDERE
 POUR DIX MILLE

PROJECTION DE SCHMIDT HEMISPHERE INFERIEUR

Fig. 4

	ABOVE	1500
	1000 -	1500
	600 -	1000
	400 -	600
	100 -	400
	BELOW	100

FRACTURATION ZONE 2 (Sud Caldaniccia
 carrière)

Précisément positionnés sur la carte IGN à 1/25 000 SARROLA-CARCOPINO Ouest, les Bains de CALDANICCIA ont comme coordonnées Lambert :

X = 536,550 ; Y = 182,310 ; Z = 15 EPD

et le numéro d'archivage national est 1117.6X.0101.

8. 1. 1. Caractéristiques

Au sein de la troisième unité géomorphologique, la source de CALDANICCIA sourd dans les formations granitiques de la troisième génération (granite monzonitique alcalin).

Le captage initial des eaux de CALDANICCIA était, apparemment, constitué par un griffon situé au sein même du réservoir alimentant les bains. De plus, 3 puits, situés sur la pente (Parc de l'Équipement) au-dessus des bains, récoltaient une eau mélangée et la distribuaient par des conduits jusqu'au réservoir.

A l'heure actuelle, un de ces puits est "en bon état". Il est équipé d'une pompe automatique de vidange permettant un rabattement de la nappe au niveau des installations effectuées par le Ministère de l'Équipement. Le deuxième, non équipé, est artésien (t° 28°). Le troisième n'existe plus. Il a été comblé lors de la construction d'une habitation réservée au personnel de la D.D.E.

Le puits équipé présente un parement en brique avec un départ de canalisation à 1 m de la surface du sol. La température moyenne de ces eaux est de 27°C.

Une source en bordure de voie ferrée (1117.6.157) sourd d'une fissure de rocher. D'un débit de 90 l/h à une température de 24°C, elle est parfois utilisée par quelques Ajacciens à des fins thérapeutiques...

L'état actuel du site de CALDANICCIA ne permet en aucune façon de décrire la source, de connaître son débit ni son mode de captage. On ne trouve plus que des pans de murs et un gros réservoir qui semble se remplir très lentement par la base. L'eau de ce réservoir est chaude : 32°C. Un prélèvement effectué en juin 1963 donne la composition chimique suivante :

Température extérieure : 17°C	Saveur : légèrement salée et amère
Température de l'eau : 32°C	Résidu sec à 110°C : 0,43 g/l
Aspect : limpide	COSH : 51,85 mg/l
Odeur : nulle	Cl : 113,6 mg/l
SO ₄ : 84 mg/l	Na : 137,5 mg/l
Ca : 5,4 mg/l	Silice SiO ₂ : 55 mg/l
K : 4,8 mg/l	Résistivité à 18°C : 1 200 ohms/cm
T.A.S. : 0,15 mé/l	TH : 1°8
T.A.C. : 0,85 mé/l	Degré sulfydrométrique : 1°54

8. 1. 2. Le contexte thermominéral

Outre le groupe d'émergences, nous pouvons noter vers l'Ouest du secteur, la source de CALARIS qui sourd à une température de 19°, donc anormalement chaude. L'hydrothermalisme du secteur étudié se caractérise de même par la présence de plusieurs ouvrages de captages-forages qui ont recoupé en profondeur des venues d'eau thermale.

Parmi ces forages, certains se situent dans l'environnement immédiat de CALDANICCIA. Il s'agit, en particulier des forages réalisés par la Direction Départementale de l'Équipement pour la recherche d'eau potable. Un inventaire général du secteur de l'étude a permis de découvrir plusieurs ouvrages de captages réalisés dans les formations granitiques des trois générations. Les renseignements que nous avons sont très inégaux et il semble que la productivité des ouvrages soit très variable. Toutefois, il est intéressant de constater que certains d'entre eux ont rencontré des venues d'eau chaude sulfureuse se rapprochant des eaux de la source de CALDANICCIA. Parmi les ouvrages les plus intéressants, nous noterons :

8. 1. 2. 1. Les forages de l'Équipement

Il s'agit de 2 ouvrages réalisés par deux entreprises différentes. Seul un forage inventorié sous le n° 1117.6.122, réalisé par "LE FORAGE RATIONNEL" nous donne des renseignements précis. Implanté après une légère prospection géophysique et électromagnétique, il a une profondeur de 52 m et sollicite les venues aquifères d'une fracture du socle. Ce forage présente un débit permanent artésien, ce qui dénote une nappe en pression. Des mesures effectuées en 1982 ont permis de constater, sur 12 Jours, une baisse de débit de 7,75 m³/h à 2,8 m³/h, avec une variation de température de 41° à 40,5°C (40,2° août 1985).

Un deuxième forage (n° 1117.6.152) a été effectué par l'entreprise "ACQUA NOSTRA" dans la partie haute du Parc Automobile. Nous n'en connaissons que la profondeur estimée à 35 m et une mesure de température 26,5°.

8. 1. 2. 2. Le forage de PETRICONI (1117.6.146)

Il a été réalisé en 1976 et atteint une profondeur de 30 m. Ce forage coule, depuis, en permanence, avec un débit artésien de 1 m³/h, à une température de 33° (31° août 1985).

8. 1. 2. 3. Le forage de FAVAGIOLO (1117.6.147)

D'une profondeur de 65 m, cet ouvrage semble avoir rencontré une première venue d'eau froide "normale" d'un débit faible. La poursuite de la foration a été préconisée pour accroître le débit et c'est vers 55 m qu'une fissure importante a été rencontrée, donnant une eau thermale chaude avec un débit artésien et un niveau piézométrique s'établissant à 3 m au-dessus du sol.

8. 1. 2. 4. Le forage de CALARIS (1117.6.153)

Il s'agit d'un forage artésien anormalement chaud, exécuté par l'entreprise "ACQUA NOSTRA" et dont on ne connaît aucune caractéristique.

8. 1. 2. 5. Le forage du VAZZIO (1120.2.104)

Il s'agit d'un forage exécuté sur la bordure sud des affleurements granitiques par l'entreprise SICURANI, en 1977, dans les formations quaternaires de la zone industrielle du VAZZIO. D'une profondeur de 31 m, le forage a rencontré une série sablo-tourbeuse jusqu'à 22 m, puis une série argileuse jusqu'à 26 m avant de rencontrer un niveau en charge d'eau douce situé dans les sables et argiles entre 26 et 31 m. Le niveau de l'eau s'établissait à 0,60 m au-dessous de la surface du sol.

Cet ouvrage dont le débit paraissait être de 50 m³/h était destiné à l'alimentation en eau potable. Toutefois, un pompage prolongé a nécessité l'aban-

don du forage, l'eau pompée s'étant chargée progressivement, selon les renseignements obtenus, en sulfures avec augmentation de la température. Une analyse des eaux, apparemment effectuée à cette époque n'a pu être retrouvée.

Il est intéressant de constater que tous les forages débitant une eau chaude sont en charge, artésiens et forés dans les granites de la troisième génération*. L'eau thermale semble être apparue en profondeur, à la faveur de diaclases reliées à des fractures plus profondes.

8. 2. Hydrogéologie classique

Les formations arénisées des granites affleurant dans le secteur étudié sont le siège de circulations d'eau souterraines situées à faible profondeur réapparaissant à la faveur de sources ou qui sont captées par de nombreux forages. Il nous faut, toutefois, signaler que des ouvrages situés dans les mêmes formations que des ouvrages hydrothermaux et même à leur voisinage n'ont pas tous donné des eaux de même nature. C'est le cas de 4 ouvrages de FAVAGIOLLO, proches du 1117.6.147 qui, bien qu'atteignant une profondeur de 50-60 m, n'on rencontré q'un niveau d'eau douce.

Ceci fait apparaître la complexité des systèmes hydrothermaux et la nécessité de bien analyser les phénomènes.

9 - GEOCHIMIE

Les paramètres de circulation hydrothermale sulfureuse de CALDANICCIA ont été précisés en s'appuyant sur :

- les quelques émergences de surface (sources et puits),
- les venues chaudes détectées en forage
- et leur contexte tectonique (Cf. carte et coupe) qui fait apparaître que des accidents de direction N 110 et N 50 semblent contribuer aux remontées hydrothermales.

Du point de vue géochimique, les travaux de MICHARD et FOILLAC (1977) effectués essentiellement sur les sources minérales (établissement en ruines et griffon de la voie ferrée) nous apportent des précisions intéressantes.

Les données brutes sont reportées sur les tableaux ci-après.

* L'ouvrage de Terravecchia (1117.6.155) aurait une température de 24°. Il est implanté dans les formations granitiques calco-alcalines. Nous n'avons pu confirmer ni obtenir d'autres renseignements.

a) Eléments principaux en millimoles/l

Emergences	t°	Ph	Ca ⁺⁺	mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Cl ⁻	HS ⁻	S2O3 ⁻	S04 ⁻⁻	RB	CO2 ⁻	SiO2 ⁻	F ⁻
Caldanicia puits	27,7	8,6	0,21	0,004	0,09	6,39	0,03	2,76			1,37		0,85	1,11	7
Etablissement	32,5	8,58	0,23	0,0019	0,05	6,8	0,03	2,8	0	0	1,28	0,79	0,76	1,29	0,6
Griffon	24	8,96	0,21	0,002	0,15	6,8	0,03	2,7	0,001	0,4	1,16	0,82	0,62	1,29	0,69

b) Eléments traces moles/l

Emergences	Rb ⁺¹⁰⁻⁷	Cs ⁺¹⁰⁻⁷	Sr ⁺⁺¹⁰⁻⁷	Mn ⁺⁺¹⁰⁻⁹	Fe ⁺⁺¹⁰⁻⁷	Cu ⁺¹⁰⁻⁹	B ¹⁰⁻⁹	Al ⁺⁺⁺¹⁰⁻⁷	As ¹⁰⁻⁷
Caldanicia établ. ^t	5,1		10,2					4,6	
Caldanicia griffon	4,7	1,4	10,5	5,76	1,50	2,4	1,06		0,7

c) Analyse isotopique

Emergence	0	180	3 HUT	δ BCO/∞ (PDB)		δ 34SO/∞ (CDT)	
	0/∞	0/∞		CO2 dissou	HCO3	Sulfure	Sulfates
Caldanicia établ. ^t	-45,75	-8,05	≤ 1	- 23,4	-17,4	nd	nd
Caldanicia griffon	-47,90	-8	≤ 1	nd	-14,3	-2,9	+17,1

9. 1. Origine de l'eau

Les points figuratifs présentés sur un diagramme $\delta^{18}O/D$ font apparaître que les aires d'infiltration des eaux correspondent à des altitudes élevées (1 850 m). De même, le résultat des analyses de gaz libre et dissout permet d'attribuer une origine météorique aux eaux et le dosage du tritium montre que les eaux de CALDANICCIA en sont dépourvues ($3H < 1UT$ seuil de détection). Leur infiltration est donc antérieure à 1952.

9. 2. Origine du soufre

Les résultats tendent à attribuer au soufre une origine sédimentaire, ce qui est en contradiction avec les données géologiques. Une correction doit être apportée si l'on tient compte de la teneur en SO_4 d'origine marine apportée par l'eau de pluie ; teneur qui est fonction de la distance relative par rapport à la mer.

9. 3. Evaluation de la température des réservoirs

L'étude des géothermomètres (silice dissoute, Na/k, Na/K/Ca...) compte tenu du contexte géologique permet d'attribuer une température de 115° au réservoir de CALDANICCIA.

9. 4. Composition chimique des eaux

La première analyse de l'eau de CALDANICCIA (établissement) en notre possession remonte à 1963 (Cf. 8.1.1.). Des analyses supplémentaires dans l'environnement immédiat ont été réalisées en 1977 sur un des puits, le griffon de la voie ferrée et l'établissement (Cf. 9). Enfin, les dernières analyses sur le forage de la D.D.E. ont été effectuées en 1978 et en août 1985 (Cf. annexe 1)

Si nous reportons l'ensemble des résultats sur un diagramme SCHOELLER-BERKALOFF (Fig. 5), nous constatons une similitude des faciès et une constance remarquable dans les teneurs des éléments dosés. Seule la teneur en sulfates du forage de la D.D.E. (1117.6.122) est légèrement plus importante lors de la dernière analyse (phénomène d'oxydation ?).

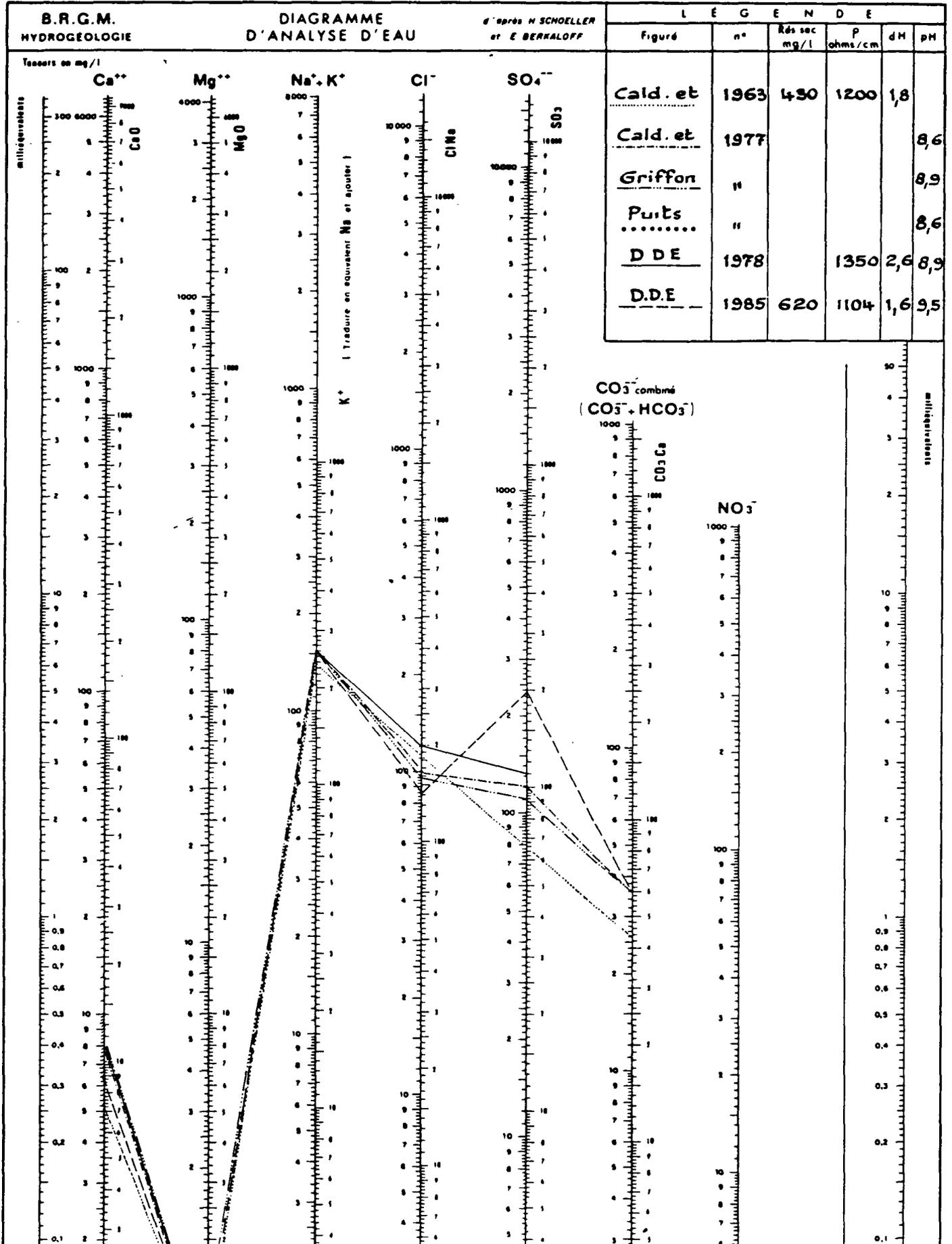
De même, l'indice de sulfuration est assez constant : 1,35 sur le forage D.D.E., 1,1 sur le puits artésien, 1,00 sur le forage de PETRICONI (1217.6.146).

9. 5. Synthèse

L'eau thermale profonde donnant naissance aux sources de CALDANICCIA a un faciès chimique (sulfuré sodique) caractéristique des circulations profondes et de haute température en contexte géologique de socle (granites...). De ce fait, la sulfuration ne résulte pas de phénomènes bactériens (réduction des sulfates en sulfure, Cf. 9.2.) à faible profondeur, mais d'une acquisition en profondeur, au contact de certains minéraux riches en fer constitutifs de ces roches du socle (pyrite...).

La température maximale atteinte en profondeur par l'eau avant sa remontée est de $115^\circ C$ environ ; cette estimation repose sur l'application de plusieurs géothermomètres et leur excellente corrélation profonde. La température des émergences correspond au refroidissement de l'eau au cours de sa remontée par la traversée de matériau plus froids (perte par conduction).

Fig.5 CHIMIE DES EAUX



Cette baisse de température près de la surface est d'autant plus forte que :

- le débit est plus faible,
- les ramifications, à partir du tronc principal, sont plus nombreuses.

Appliqué à ce cas précis, on doit en déduire que l'interception en profondeur (de l'ordre d'une centaine de mètres) du réseau principal alimentant des émergences, se traduira par :

- * une température plus importante,
- * un débit plus fort,
- * une dilution par les aquifères libres moins importante et donc une concentration en éléments chimiques (notamment en sulfures) plus importantes.

La composition chimique des 2 sources étudiées montre des différences sensibles en sulfures et espèces sulfurées correspondant aux perturbations de surface. L'eau de la source des ruines est partiellement oxydée (présence importante de thiosulfate de sulfite) alors que l'eau du griffon est plus riche en sulfure.

L'ensemble de ces données nous amène à conclure que les eaux thermominérales de CALDANICCIA ont leur origine dans les fractures du socle granitique de la troisième génération et qu'elles parviennent à la surface par l'intermédiaire de failles ou diaclases, selon un schéma classique. La présence d'une couverture sédimentaire peut constituer elle-même un niveau aquifère normal qui risque de se trouver contaminé par des eaux plus profondes chaudes (VAZZIO, 2ème forage de l'Équipement, puits, etc.).

Toutefois, il apparaîtrait que seules certaines fractures sont vectrices des eaux thermominérales. C'est la recherche de ces "bonnes fractures", celles qui se rapprochent le plus du tronc principal qui est à l'origine des prospections complémentaires proposées.

10 - PROSPECTIONS COMPLÉMENTAIRES

10. 1. Prospection des gaz des sols

Elle a pour objet de détecter les indices de circulation hydrothermale à faible profondeur.

Depuis déjà plus de vingt ans, les anomalies des teneurs en CO₂ et O₂ des gaz des sols ont été mises en évidence au-dessus des gites cachés d'amas sulfurés (KULIKOVA, 1960 ; KHAIRETDINOV, 1965 ; KRATSOV, 1965, etc.). La géochimie des gaz des sols est reconnue à l'heure actuelle comme une technologie très importante en prospection minière de par les résultats qu'elle apporte (LOVELL et al. 1979, 1980 ; BALL et al. 1980 ; DESGRANGES et al. 1983).

La géochimie des gaz des sols permet de bien localiser les systèmes de failles actives, même sous d'importantes couvertures sédimentaires et trace parfaitement le flux des gaz libérés par les eaux minérales ou thermales (ISRAEL et BJORNSSON, 1967 ; KOGA, 1983 ; SIDLE, 1984). Les gaz associés aux failles actives ont fait l'objet d'études détaillées et ont été utilisés pour les prévisions des tremblements de terre et des risques volcaniques (SUGISAKI et al. 1980).

Compte tenu des connaissances et de la comparaison avec des sites équivalents, on pourrait penser, a priori, que le dosage du gaz carbonique ou du radon serait le signal de détection le mieux adapté. Nous avons vu, après des essais effectués en début de prospection que c'est le radon qui convenait le mieux.

10. 1. 1. Géochimie du radon dans les sols

La géochimie du radon dans les sols, mise au point pour la recherche de l'uranium, est nouvellement utilisée en prospection géothermique et en recherche d'eaux thermales et minérales (WHITEHEAD, 1981-1984).

Le radon est un gaz rare, de numéro atomique 86, qui comprend plusieurs isotopes. Parmi eux, seuls les isotopes 220 et surtout 222 ont une signification géologique. Le radon étant un émetteur α très énergétique (5,49 MeV), sa détection est basée sur cette radioactivité, ce qui conduit à des méthodes d'analyse spectaculairement sensibles. Gaz rare, mais de période relativement courte (3,824 jours), le radon ne doit sa grande mobilité, dans la nature, qu'à la mobilité des fluides qui le transportent. D'une façon générale, il convient de retenir d'emblée que la migration du radon seul constitue un phénomène géochimique mineur si on le compare à la migration de ses précurseurs les plus mobiles, 238 u, 234 u et 226 Ra. On peut considérer que, par simple diffusion, les atomes de Radon ne peuvent pas parcourir des distances significatives (par exemple sur une distance de 10 cm, les concentrations en Radon décroissent de 1 % environ).

FLEISCHER et MOGRO CAMPERO (1980) ont étudié le comportement du radon dans un sol parfaitement homogène, tant par ses propriétés physiques (densité, porosité) que géochimiques (teneur en radium et pouvoir émanateur). Un calcul simple montre aisément que la migration du radon, si elle se limite à la seule diffusion, ne permet pas de détecter en surface des anomalies enfouies sous plus d'une dizaine de mètres de recouvrement. Le transport du radon est donc lié essentiellement aux mouvements des fluides dans le sous-sol (ANDREWS, 1983).

La présence de failles actives, en augmentant la perméabilité du sous-sol, facilite la migration du radon. Le radon dans le sol a d'ailleurs depuis longtemps été reconnu comme un indicateur efficace des structures géologiques, même si ces dernières n'ont pas d'expression visible en surface (ISRAEL et BJORNSSON 1967 ; CHOVELO et MARTY, 1985).

10. 1. 1. 1. Méthode de prélèvement

Il s'agit d'une technique de terrain mise au point par le BRGM et qui permet de faire abstraction des perturbations de la zone pédologique A1.

Les gaz des sols sont prélevés au moyen de cannes de prélèvement qui se composent d'un tube de 65 cm de longueur et de 1,5 cm de diamètre, avec, à l'intérieur, une tige pleine de 80 cm de longueur (annexe 2).

- Mise en place de la canne de prélèvement : la canne est enfoncée au moyen d'une masse jusqu'à 75 cm de profondeur ;

- Extraction de la partie centrale : la tige pleine centrale est retirée laissant ainsi un trou de 75 cm de profondeur tubé sur 60 cm et en découvert sur les 15 derniers centimètres ;

- Raccordement du système : canne de prélèvement, fiole et pompe à vide manuelle ;

- Aspiration du gaz des sols : (10 fois environ le volume de la fiole). On réalise une circulation des gaz à échantillonner au travers de la fiole de prélèvement chassant l'air qui y était contenu.

10. 1. 1. 2. La méthode de mesure : les chambres à scintillation

Qu'elle soit à échantillonnage continu ou discontinu, cette méthode est basée sur les propriétés scintillantes du sulfure de zinc dopé à l'argent. Une particule rencontrant le scintillateur y induit des photons ($4\ 500^\circ \text{A}$ en moyenne) détectés à leur tour un photo-multiplicateur. Le signal amplifié est traité de façon analogique ou, plus fréquemment, numérique. Le scintillateur ne réagit ni au β ni au γ , ce qui explique la sensibilité et la spécificité de la méthode.

Lors de notre prospection, nous avons utilisé des fioles cylindroconiques de 125 cm³ décrites par PRADEL et BILLARD (1975) et commercialisées par le C.E.A., tapissées intérieurement - au moyen de graisse de silicone - de sulfure de zinc activé et revêtues extérieurement de peinture blanche, qui, tout en augmentant le rendement de comptage, protège le scintillateur de l'action délétère de la lumière du jour, ces fioles en verre ont un fond transparent qui permet leur couplage optique avec la photocathode du PM.

Les fioles sont hermétiquement bouchées à l'aide d'un bouchon en caoutchouc évidé qui est utilisé comme septum. Prélèvements et vidanges de la fiole sont réalisés à l'aide d'aiguilles hypodermiques (\emptyset 1 mm). On fait circuler les gaz à prélever dans la fiole pour purger l'air qui y était contenu, au moyen d'une pompe à vide manuelle munie d'un manomètre. Le contrôle de la pression permet de détecter les sols peu perméables au gaz (terrains argileux). Lors du prélèvement, il convient d'éviter que le radon de l'échantillon soit accompagné de descendants émetteurs α , en équilibre ou non avec lui. L'aiguille hypodermique de prélèvement ("pique-fiole") est donc solidaire d'un filtre possédant une excellente efficacité de filtration des aérosols ultra-fins.

Le bruit de fond "propre" d'une fiole scintillante neuve est inférieur au coup/minute ; il est essentiellement dû aux rayons cosmiques. Le calcul de la concentration en radon se fait par comptage après prélèvement.

10. 1. 1. 3. Calage des mesures

Certains paramètres peuvent modifier les teneurs des gaz des sols : pression atmosphérique, pluie, humidité du sol. Des variations importantes peuvent être enregistrées sur plusieurs mois d'intervalle en fonction des conditions climatiques et météorologiques lors des mesures (MILLER AN OSTLE, 1972 ; BALL et al., 1983). Pour faire abstraction de ces variations éventuelles au cours d'une prospection, nous fixons des "points de bases" sur lesquels des contrôles systématiques en début de journée ont été effectués. Le recalage des mesures journalières, permet d'obtenir un ensemble de valeurs homogènes et cohérentes qui autorise les comparaisons ultérieures et l'élaboration des cartes d'anomalies finales.

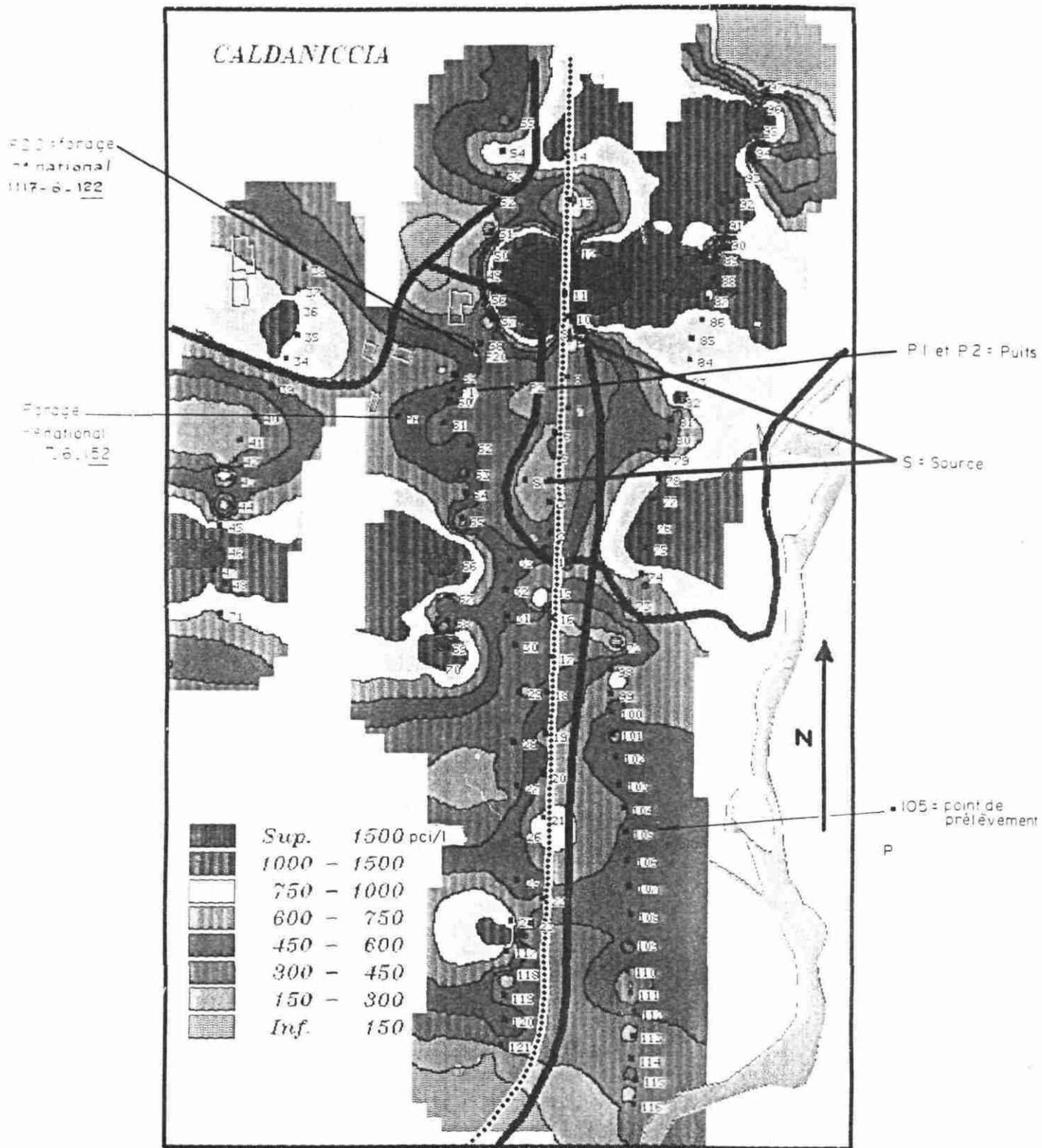
10. 1. 1. 4. Traitement des résultats

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 sui-

Fig.6

PROSPECTION RADON _ CALDANICCIA

0 ≈ 100m



vantes : numérisation, saisie des données et traitement :

- Numérisation

. Les informations (routes, rivières, localités...) permettant de se repérer sur la carte, sont saisies sur une table à numériser et stockées dans des fichiers aux quels 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*

- Traitement graphique

. Ce traitement consiste à superposer :

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

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

10. 2. Zones prospectées

La présence des sources thermominérales et la découverte d'eau de même nature obtenue par l'exécution de forages nous ont donc conduits à considérer deux secteurs de prospection.

En premier lieu, il était, en effet, nécessaire de connaître les résultats de la prospection du gaz dans le secteur immédiat de CALDANICCIA, pour essayer de connaître dans le contexte même des émergences, la cartographie des manifestations gazeuses.

Le deuxième site, dans le but de se rapprocher du littoral, a été retenu dans le secteur du VAZZIO, où un forage d'eau douce, captant une nappe superficielle avait été contaminée après une exploitation intensive par des venues d'une eau chaude qui, d'après les renseignements obtenus, avait les mêmes caractéristiques que les eaux thermales de CALDANICCIA.

10. 2. 1. Secteur de CALDANICCIA (Fig. 6)

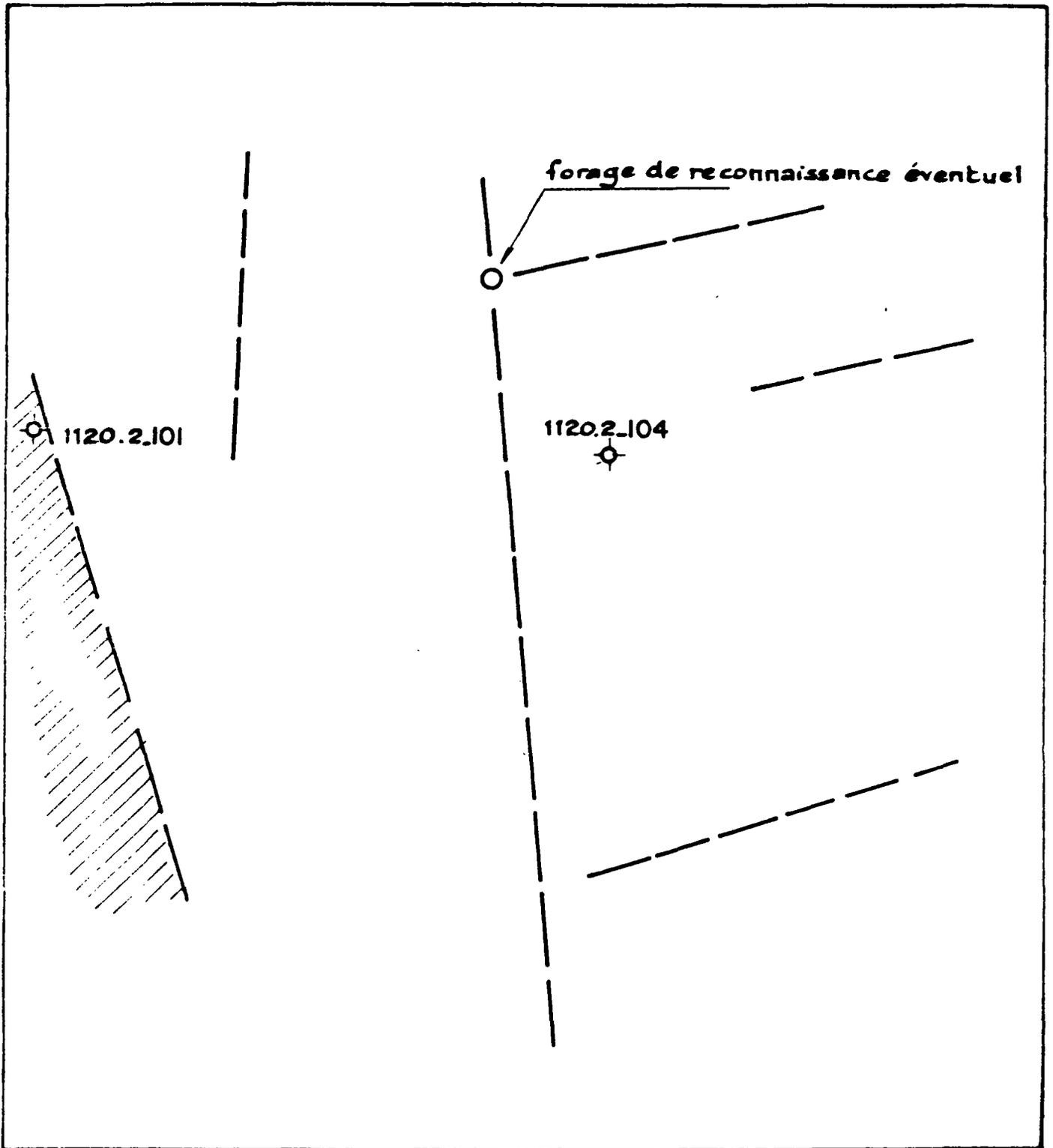
Ce secteur couvre une superficie de 60 hectares environ entre la rive droite de la GRAVONA, la zone industrielle de BALEONE et la rive gauche du ruisseau de CAVALLU MORTU.

121 mesures ont été effectuées selon 4 génératrices orientées sensiblement N-S, avec une mesure tous les 25 m environ. Les valeurs enregistrées s'évaluent selon une gamme d'échelle allant de < 15 Pci/là > 1 500 Pci/l (7 000).

* Toutes les valeurs des points de prélèvement sont conservées en archives au Service géologique Corse du BRGM.

**Voir calque
dans document
papier**

Fig.7 bis



fracturation



monzogranite .1^{ère} génération



granite monzonitique .3^{ème} génération

Fig. 7

PROSPECTION RADON - VAZZIO

0 ≈ 100m

ZONE INDUSTRIELLE DE VAZZIO

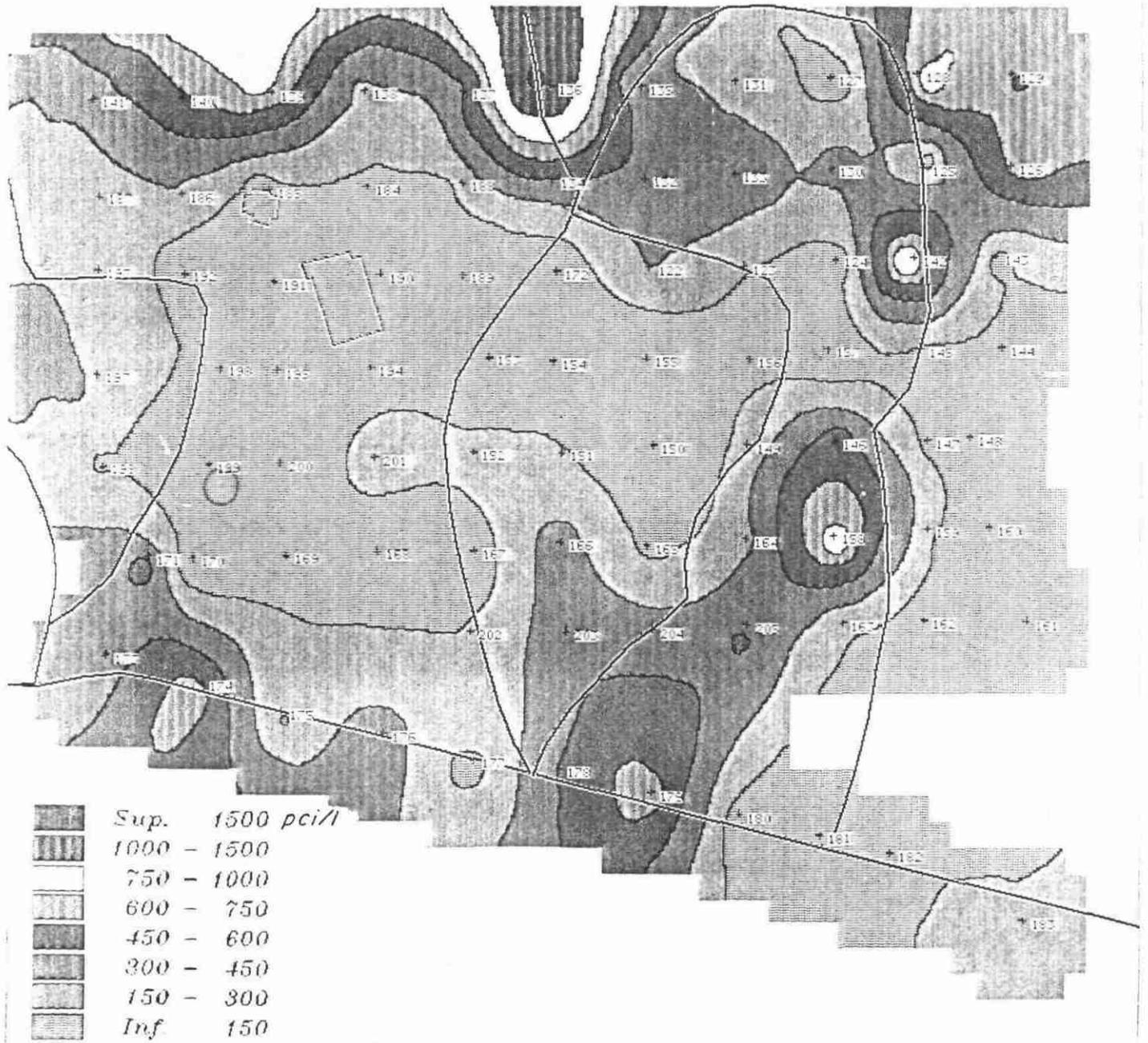
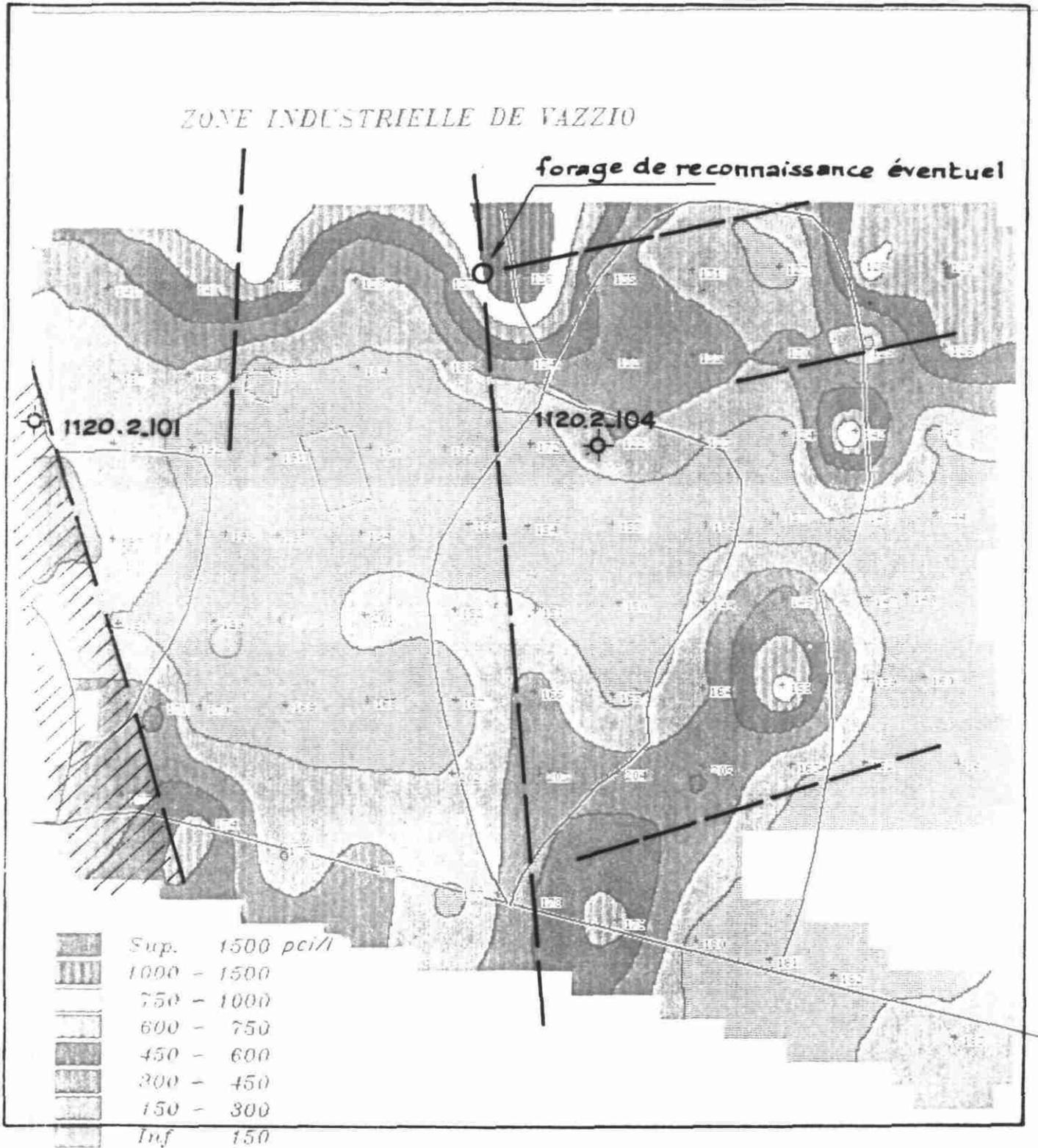


Fig. 70 bis

PROSPECTION RADON - VAZZIO

0 ——— ≈ 100 m



fracturation

150 - Point de prélèvement

monzogranite - 1^{ère} génération

granite monzonitique - 3^{ème} génération

Le traitement des valeurs permet une restitution automatique selon une zonation cartographique qui fait apparaître 3 zones :

- la zone "horst" (affleurement de granite), dans laquelle ont été implantés les forages. Les valeurs se situent entre 300 et 500 pC/l, sans qu'aucune anomalie forte ait été identifiée.

- le talus de pente (jonction entre le horst et la plaine alluviale) : valeurs dans l'ensemble très faibles, avec une très forte anomalie (7 000 pC/l), située près du petit griffon.

- la plaine alluviale a des valeurs faibles, sauf dans la partie NE du prospect. Ce secteur est caractérisé par un "fond" de l'ordre de 500 à 700 pC/l et comporte plusieurs anomalies ponctuelles à 3 000 pC/l.

10. 2. 2. Secteur du VAZZIO (Fig. 7)

79 dispositifs ont été répartis sur une superficie de 25 ha environ dans la zone industrielle du VAZZIO entre la D. 530 et les pentes du MONT SALIVE, selon 11 génératrices NS avec une mesure tous les 50 mètres.

Cette prospection avait pour but de rechercher si l'anomalie de température détectée après pompage dans le forage d'eau (1117.6.104) se manifestait en surface par une anomalie de gaz liée à une circulation hydrothermale. La carte ci-joint appelle les remarques suivantes :

- il n'existe pas d'anomalie de gaz radioactif dans le recouvrement plio-quaternaire, soit parce qu'il n'existe pas de circulation hydrothermale souterraine importante, soit parce que celle-ci est trop profonde et masquée par le recouvrement argilo-marneux ;

- il existe une augmentation du fond radioactif au droit des remontées du socle (Nord et Est du prospect), sans toutefois que celles-ci traduisent des indices d'anomalies hydrothermales importantes ;

- il existe une anomalie importante très localisée à la remontée sud du massif granitique.

Ces éléments conduisent aux estimations suivantes :

- les anomalies hydrothermales suspectées sont beaucoup moins importantes que celles détectées à CALDANICCIA ;

- l'indice de circulation thermique détecté par le forage ne se manifeste pas par une anomalie interprétable ;

- il n'est pas possible de préciser le potentiel et la qualité chimique des circulations hydrothermales suspectées dans cette zone.

10. 2. La télédétection

Nous avons vu que l'eau thermique, eau d'origine météorique (précipitations), acquiert sa température à la suite d'une longue circulation dans le sous-sol.

Cette circulation est permise par l'existence de fractures qui facilitent aussi l'infiltration et la remontée de l'eau thermique à l'émergence;

Les programmes de recaptage des sources thermales analysent donc en priorité les structures fracturées susceptibles de drainer et "canaliser" les eaux thermales dans le sous-sol.

Une des méthodes classiquement utilisées pour la détection et identification de fractures est l'utilisation de photographies aériennes (Cf. 7.2);

Nous avons complété les résultats obtenus au moyen des photos aériennes par l'interprétation d'images obtenues à partir des satellites.

10. 2. 1. Choix des données

Comparées aux photographies aériennes, ces images présentent trois avantages majeurs qui en font des outils essentiels pour la détection de structures fracturées :

- l'effet d'échelle : l'image satellitaire du fait de l'altitude de prise de vue, permet une plus grande vision synoptique du sol qui met en évidence, dans de nombreux cas, des réseaux de fractures et des objets géologiques qui ne sont pas perceptibles au sol ou à partir de vols aériens ;

- la résolution spectrale fine : les objets au sol sont analysés dans 7 bandes, couvrant différentes longueurs d'onde du spectre électromagnétique, du rayonnement visible (bleu, vert, rouge) au rayonnement infrarouge et infrarouge thermique

bande 1 :	0,45 - 0,52 μ m	
bande 2 :	0,52 - 0,60 μ m	(bleu)
bande 3 :	0,63 - 0,69 μ m	(vert)
bande 4 :	0,76 - 0,90 μ m	(rouge)
bande 5 :	1,55 - 1,75 μ m	(proche infrarouge)
bande 6 :	2,08 - 2,35 μ m	(moyen infrarouge)
bande 7 :	10,40 - 12,50 μ m	(infrarouge thermique)

Cette augmentation du spectre électromagnétique permet d'étudier la réponse des objets géologiques sous différentes longueurs d'ondes et contribue à leur identification ;

- les images satellitaires sont des enregistrements numériques, stockés sur bande magnétique. Les données numériques peuvent être traitées pour obtenir l'image où la fracturation est le plus visible, ce qui facilitera l'interprétation. Ces données numériques après traitement sont restituées photographiquement en transformant les valeurs numériques en intensités lumineuses.

10. 2. 2. Traitement des données

Dans l'étude du site de CALDANICCIA, nous avons utilisé les données satellitaires obtenues par le capteur Thematic Mapper du satellite Landsat mis en orbite en 1983. La résolution au sol permise par ce capteur est de 30 mètres (80 X 57 pour Landsat MSS).

Les données ont été traitées sur ordinateur au centre de traitement d'image du service télédétection du BRGM.

Fig.8

INTERPRETATION STRUCTURALE DE L'IMAGE SATELLITE

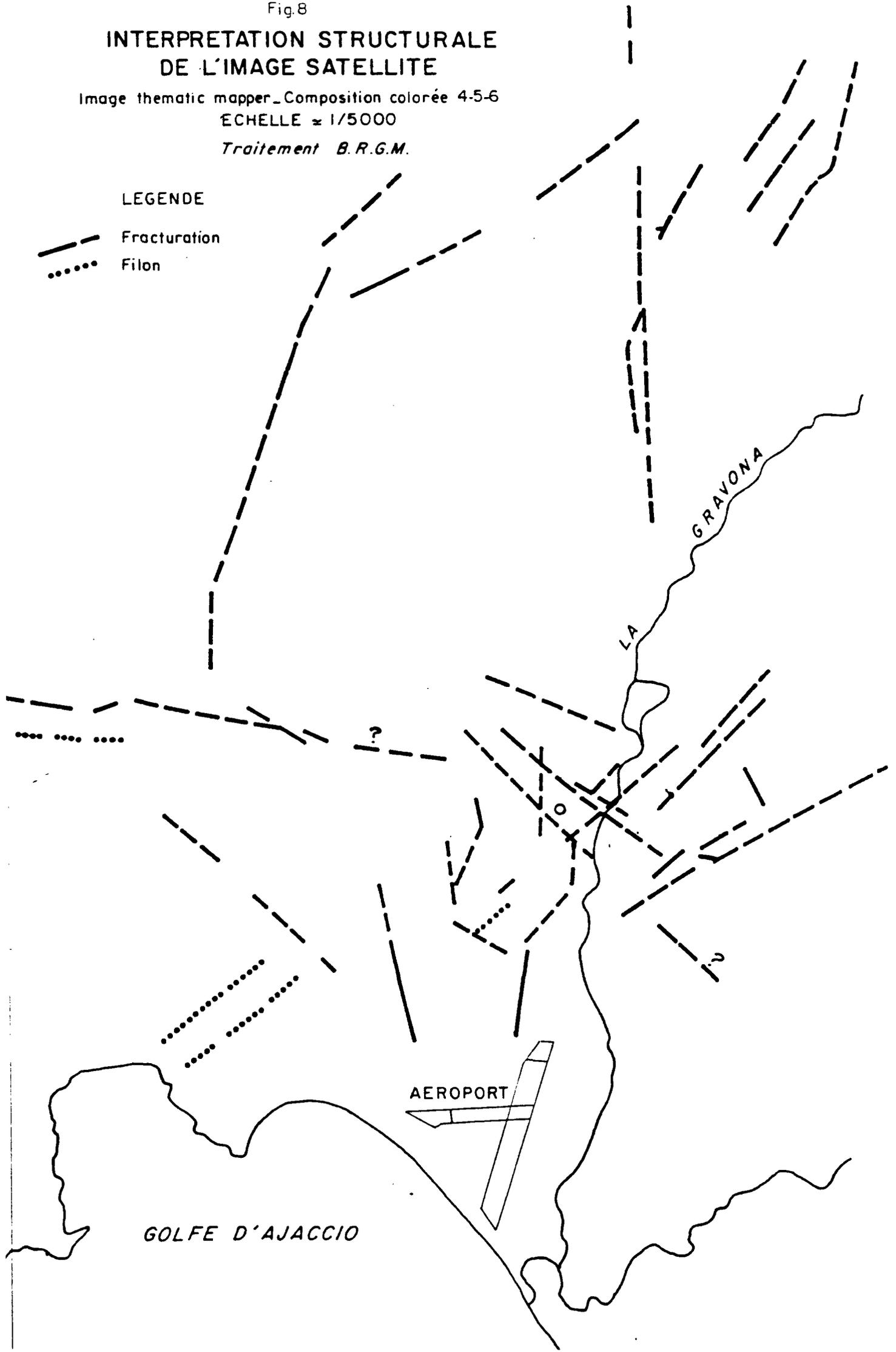
Image thematic mapper_Composition colorée 4-5-6

ECHELLE $\approx 1/5000$

Traitement B.R.G.M.

LEGENDE

-  Fracturation
-  Filon





INTERPRETATION STRUCTURALE DE L'IMAGE SATELLITE

Image thematic mapper - Composition colorée 4-5-6

ECHELLE ≈ 1/5000

Traitement B.R.G.M.

LEGENDE

Fracturation

Filon



Le traitement réalisé a permis d'améliorer les contrastes de l'image (stretching linéaire). Quatre bande spectrales ont été superposées 3 à 3 pour obtenir deux compositions colorées différentes :

- bandes 4,5 et 2,
- bandes 4,5 et 6.

La sélection du type de traitement et le choix des bandes spectrales ont été faits sur console interactive.

Les bandes 5 et 6 (proche et moyen infrarouge) qui ont été retenues dans les deux compositions colorées soulignent les zones de végétation à forte activité. De façon indirecte, ces zones de végétation sont souvent un excellent indice de zones fracturées là où la teneur en eau des roches est élevée (Fig. 8).

10. 2. 3. Interprétation

L'interprétation a mis en évidence :

- 1) - une direction tectonique NE-SW marquée en rive gauche de la GRAVONA, bien connue dans le massif de ST ANGELO, mais qui n'apparaît pas sur les photographies aériennes ;
- 2) - une direction subméridienne, limitant à l'Est le massif de ST ANGELO ; cette tectonique affecte également les massifs visibles au Nord de l'image (ST ANDRE et SARROLA) et contrôle l'effondrement de la vallée de la GRAVONA ;
- 3) - une direction NW-SE (N 150) qui n'apparaissait pas sur les photographies aériennes, qui est bien marquée dans la partie Nord de l'image, plus discrète au Sud, mais que l'on peut suivre (sous la forme d'un linéament) jusqu'au site de CALDANICCIA ;
- 4) - dans le secteur du VAZZIO, la télédétection a confirmé l'existence d'une "fracturation" sub-méridienne bien décelée en photogéologie, sans apporter de précisions complémentaires ni d'autres résultats significatifs.

10. 3. Géophysique électromagnétique V.L.F. (very low frequency)

Nous avons procédé à la réalisation de plusieurs profils géophysiques, en mettant en oeuvre le procédé électromagnétique V.L.F. bien adapté à la recherche de structures faillées dans la mesure où l'état du terrain le permettait.

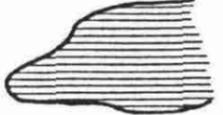
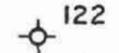
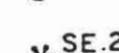
10. 3. 1. Principe de la méthode

Lorsqu'une onde électromagnétique pénètre dans le sol, elle induit dans les corps conducteurs des courants de FOUCAULT, qui sont déphasés par rapport au champ primaire et se distribuent selon la géométrie des conducteurs. Ces courants induits créent un champ secondaire, en quadrature avec le champ primaire ; le champ résultant (combinaison des champs primaire et secondaire) est donc polarisé elliptiquement et déformé au voisinage des conducteurs ; ce sont ces déformations que l'on mesure à la surface du sol et qui renseignent sur la présence de conducteurs souterrains (couches, amas, filons, failles).

Fig.9

CORRELATION DES DIFFERENTES PROSPECTIONS



-  Anomalie décelée
-  Profil électro-magnétique avec anomalie décelée
-  Anomalie Radon > 1000 pci/l
-  Fracture décelée par télédétection
-  Fracture décelée par photogéologie
-  Fracture interprétée par géophysique
-  I22 Forage hydrothermal et n° national
-  Source et n° national
-  Puits
-  SE.2 Sondage électrique et n° d'ordre
-  1 Site de reconnaissance proposé et n° d'ordre
-  Coupe interprétative

ECHELLE 1/5 000
 0 100 200m

Les méthodes E.M. nécessitent donc un émetteur (qui créera le champ primaire) et un récepteur (qui permettra de mesurer certains paramètres du champ résultant).

La méthode E.M. - V.L.F. utilise des ondes E.M. émises par des stations radio souvent éloignées (plusieurs milliers de km) mais très puissantes (300 à 1 000 kW) qui veulent envoyer des messages aux sous-marins ne désirant pas faire surface. Pour pouvoir pénétrer dans la mer, ces ondes doivent avoir une fréquence radio très faible (very low frequency) : 15 à 25 kHz, c'est-à-dire une grande longueur d'onde 12 à 20 km. C'est donc une fréquence radio très basse, mais une fréquence géophysique élevée, ce qui explique que la profondeur d'investigation ne dépasse généralement pas 40 m ; en revanche, cette méthode présente l'avantage pour le prospecteur de ne pas avoir à s'occuper de l'émetteur (ce qui représente un gain de temps et de personnel) et surtout d'avoir un émetteur très loin, donc d'opérer en ondes "planes" (ce qui facilite l'interprétation puisqu'il n'y a pas d'effet de source).

10. 3. 2. Résultats

Il était intéressant de vérifier par cette méthode les différentes anomalies décelées par la prospection des gaz, photogéologique ou par télédétection.

La présence de lignes électriques (HT-BT), téléphoniques, canalisations enterrées ont rendu le travail difficile dans certains secteurs et les résultats aberrants. De plus, il n'a pas été possible d'effectuer des profils dans plusieurs directions à cause du petit nombre d'émetteurs radio en fonctionnement.

Néanmoins, 7 profils sensiblement N-S ont pu être réalisés, de façon à essayer de recouper les accidents orientés grosso modo W-E, NW, SE ou NE-SW et correspondant aux principales directions de fracturation décelées.

Il est intéressant de noter que les anomalies des profils géophysiques (annexe 3) se situent au voisinage de linéaments photogéologiques ou de télédétection (fig. 9).

10. 4 Corrélation des différentes prospections

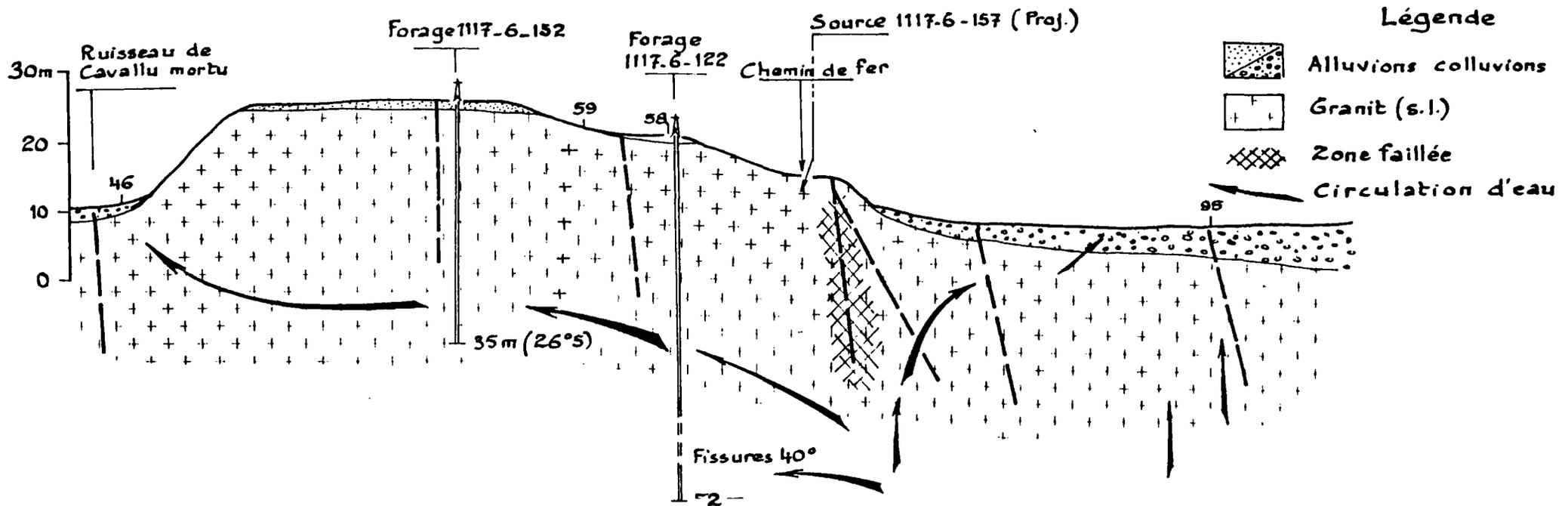
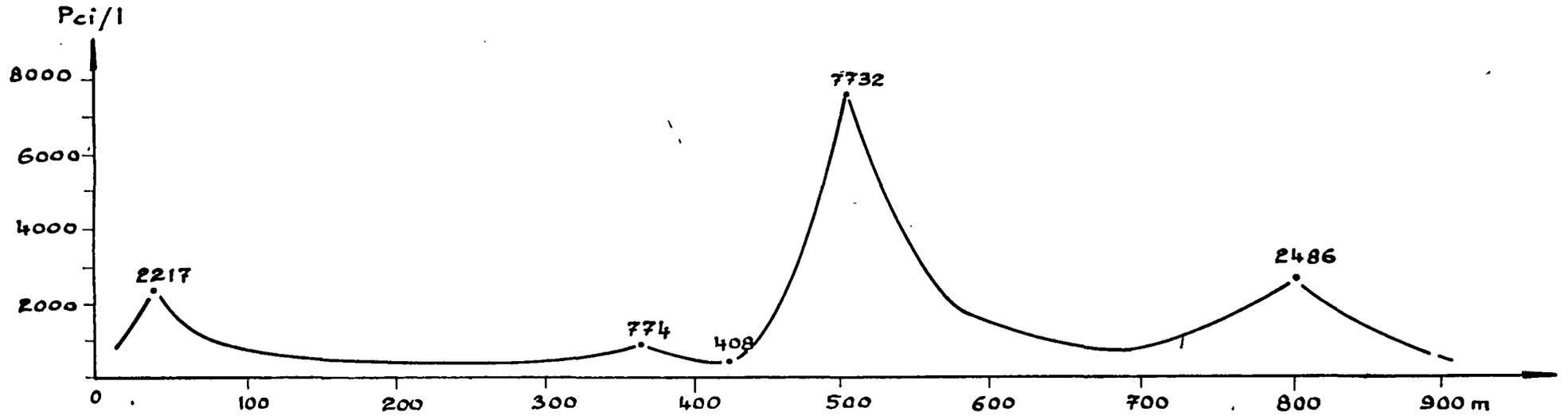
La figure 9 propose la visualisation des différentes prospections réalisées dans le secteur de CALDANICCIA.

On pourra constater que les "accidents" révélés au cours des diverses investigations sont superposables. Ainsi, la plupart de ceux révélés par photogéologie (violet) se superposent à ceux de la télédétection (vert) ainsi qu'à ceux déterminés par géophysique (rouge). Pour ces derniers, la présence d'un accident a été révélé par au moins deux anomalies de profil.

Il existe quelques linéaments qui ont été décelés soit par télédétection uniquement, par photogéologie ou par profil géophysique. Toutefois, les "anomalies" non confirmées ne s'écartent pas du schéma géologique structural.

Il est intéressant de constater que les fortes anomalies de radon que nous avons réparties également sur la figure 9 se concentrent dans le thalweg de

Fig.10 _ COUPE INTERPRETATIVE A.B (Située fig.9)



CAVALLU MORTU qui emprunte une fracture orientée sensiblement E-W et, essentiellement aux points d'intersection de réseaux de "fractures" localisés au Nord de la zone d'émergence qui ne comporte pas d'accidents visibles, en bordure du remplissage quaternaire de la GRAVONA. Les pics à forte teneur en gaz sont situés au voisinage d'un passage d'accident.

La corrélation entre tous ces résultats conduit à proposer le schéma suivant :

Le massif granitique de CALDANICCIA est l'objet d'une circulation souterraine qui ne correspond néanmoins pas au réseau principal de remontée de l'eau thermique ; ainsi, tout porte à considérer que les venues thermales captées par les forages (vers 30 mètres de profondeur) sont des divergences latérales du tronc hydrothermal souterrain (utilisation des fissures horizontales de décompression).

De fait, les anomalies les plus marquées pour ce doamine, se situent au croisement des failles identifiées en surface mais aux points les plus bas de celles-ci ; c'est-à-dire dans les thalwegs correspondants.

L'anomalie la plus importante se situe vers le pied du "horst" (proximité du griffon de la voie ferrée), elle matérialise, en surface, le principal réseau de remontée souterrain (Fig. 10). Il n'a, par contre, pas été possible de déceler l'accident supposé d'orientation sensiblement N-S (de la GRAVONA) au droit du secteur étudié. Il n'est pas impossible que ce dernier se trouve plus à l'Est dans la vallée, décalé par des décrochements transverses en baïonnette. La prolongation, dans la plaine alluviale de cette anomalie confirme l'existence de ce réseau privilégié de remontée situé à l'Est de la source.

10. 5. Interprétation synthétique

Les indices qui ont pu être détectés en surface malgré le recouvrement sédimentaire et les aquifères qu'il comporte, surtout dans le secteur de CALDANICCIA conduisent à reconnaître que le site de CALDANICCIA comporte une anomalie hydrothermale souterraine très importante et à formuler deux hypothèses (Fig. 11). :

1) Les écoulements souterrains provoqués par l'anomalie proche de la source sont importants au point de se marquer dans les séries alluviales (dilution dans la nappe) ;

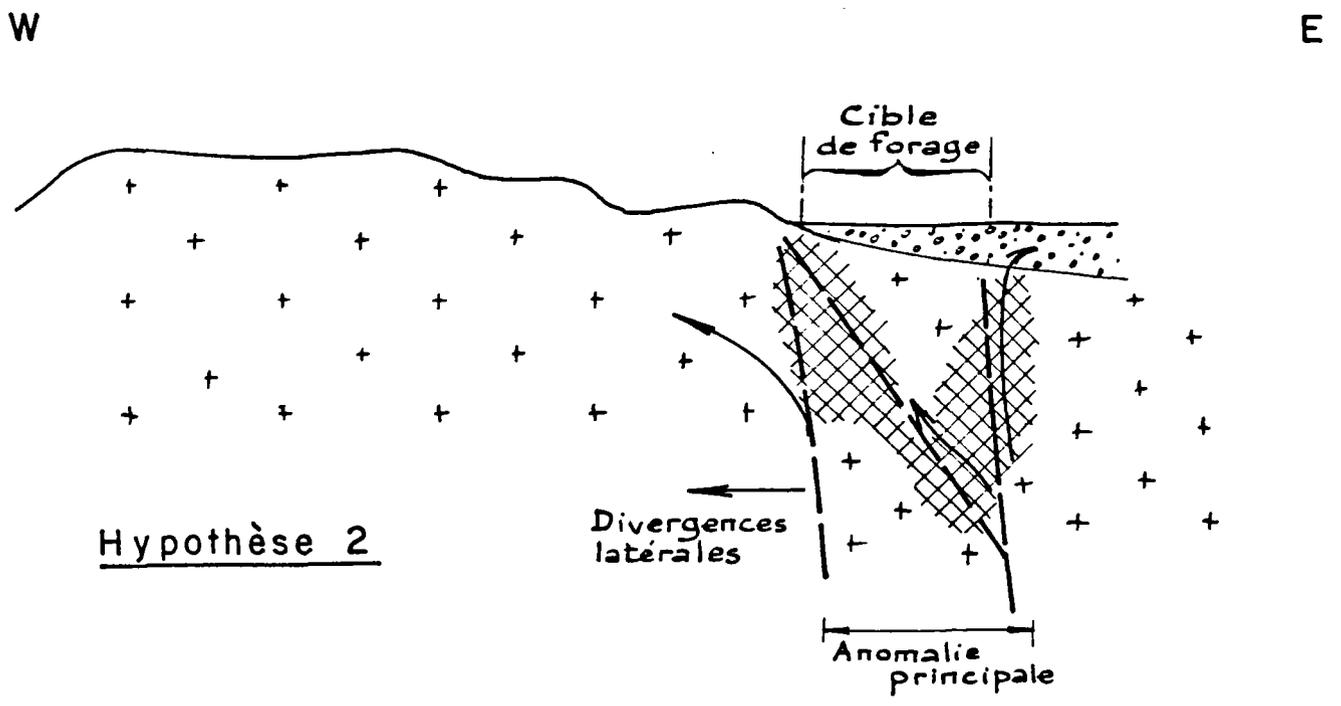
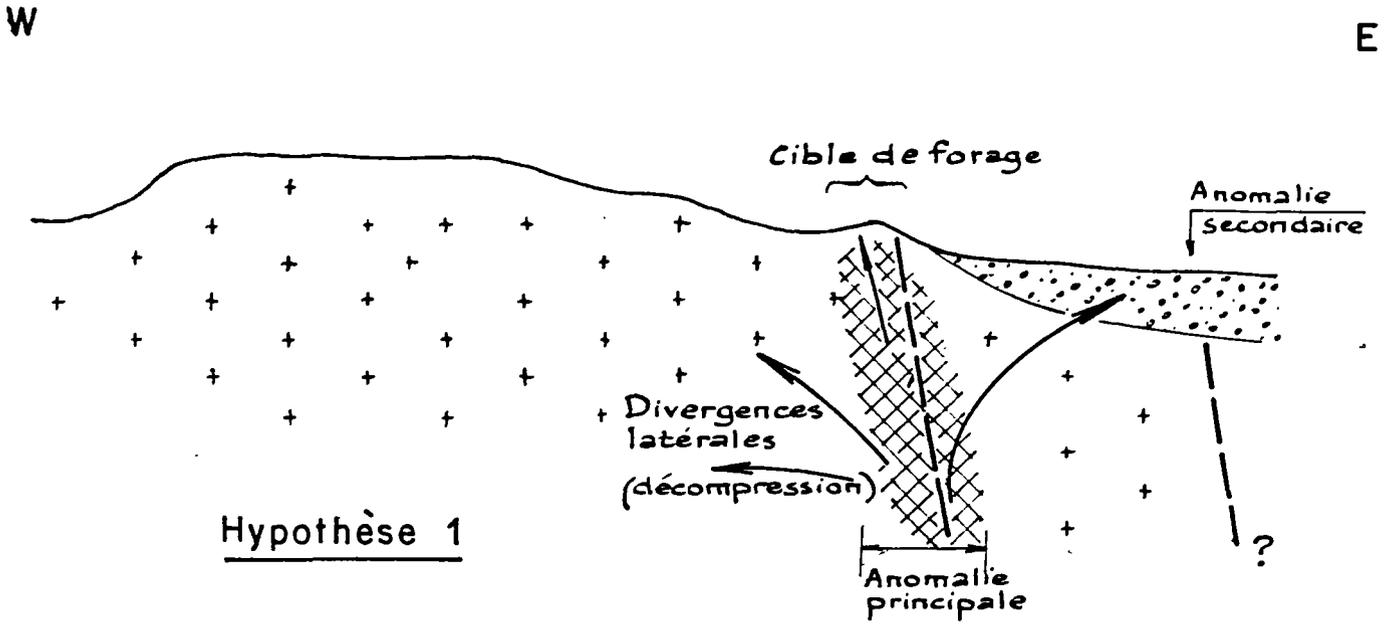
2) L'anomalie principale est au niveau d'une discontinuité dans les alluvions. Il existe des anomalies secondaires en relation plus ou moins étroite avec la première.

Le contexte hydrodynamique et géologique de ce secteur ne conduit pas à privilégier l'une ou l'autre de ces hypothèses et faire de l'anomalie de la plaine alluviale une cible préférentielle. Il semble toutefois que les captages et les forages actuels aient été implantés dans la frange du gisement et non au droit des anomalies principales de remontée.

Dans le secteur du VAZZIO, les investigations ne conduisent pas à admettre l'existence d'un tronc hydrothermal principal proche de la zone d'étude et ne permettent pas de préciser le secteur le plus intéressant autre que celui voisin de la fracture sub-méridienne décelée par photogéologie.

Fig.11

Coupes schématiques du secteur de Caldaniccia
HYPOTHESES DE CIRCULATIONS THERMALES



Légende : voir fig. 10

Des cibles préférentielles de forages peuvent être identifiées dans la zone de CALDANICCIA. Une reconnaissance dans le VAZZIO semble plus aléatoire.

11 - EMPLACEMENT DES FORAGES DE RECONNAISSANCE

Nous retiendrons essentiellement le site de CALDANICCIA.

Deux emplacements de forages de reconnaissance (1 et 2) relativement faciles à mettre en oeuvre pourront se situer à environ 250 m au Nord de l'établissement thermal en ruine, en bordure W de la nationale (Fig.9et12) Il s'agit de secteurs de prairie éloignés des habitations existantes.

Un troisième ouvrage (3) dans le cas où la deuxième hypothèse serait vérifiée pourrait se situer dans les alluvions de la GRAVONA, à environ 400 m au NE de l'établissement.

Ce dernier ouvrage traverserait 10 à 15 m d'alluvions aquifères* soutenant la nappe d'eau douce de la GRAVONA qu'il conviendra d'isoler efficacement (les puits d'AJACCIO se situent à 500 m environ au NE rive droite de la GRAVONA).

Nous avons relevé au cadastre de la commune de SARROLA CARCOPINO les parcelles sur lesquelles pourraient s'effectuer les ouvrages reconnaissance. Il s'agit des parcelles N° 798 (forages 1 et 2) et 85 (forage 3) de la section C, feuille 1 (fig. 9 et 12).

Citons pour mémoire un forage de reconnaissance à implanter éventuellement dans la zone du VAZZIO au point d'intersection de deux directions de linéaments (fig. 7, point de prélèvement 136).

11. 1. Spécificité et conception prévisionnelle

11. 1. 1. Spécificité

La spécificité du forage d'eau thermale procède en particulier, des caractéristiques suivantes :

- Nature du fluide capté :

La minéralisation et la température du fluide doivent être anormalement élevées et imposer des contraintes quant au choix des matériaux équipant les ouvrages.

- Caractéristiques du "gisement" d'eau thermominérale :

Le fluide capté peut procéder d'un équilibre fragile entre l'eau géothermale d'un réservoir profond et les apports d'eau froide d'un aquifère superficiel.

Le mode de circulation et le "gisement" d'eau thermominérale sont en général complexes.

- l'eau thermominérale constitue la matière première qui conditionne l'activité d'une station. Il est donc important de prendre toutes dispositions utiles pour éliminer les risques inhérents à l'exécution d'un forage.

*Deux sondages électriques dont les diagrammes sont reportés en annexe 4 ont été effectués au Nord et au Sud de la zone étudiée, voir fig. 9.



Fig.12

EXTRAIT CADASTRAL Sect.C-F1



Cible de reconnaissance par forage



D'AJACCIO

- La conception, l'exécution et la mise en production des forages d'eau thermominérale constituent en général, des opérations spécifiques à chaque gisement, par suite de la diversité des fluides captés et des contextes hydrogéologiques. Autrement dit, ces opérations ne sont pas répétitives et constituent autant de cas particuliers.

11. 1. 2. Conception

L'optimisation de la conception des travaux impose les déterminations suivantes :

* Forage de reconnaissance

. La réalisation de forage (s) de reconnaissance complètera les informations apportées par les méthodes de prospection indirectes mises en oeuvre et optimisera ainsi la conception de l'ouvrage d'exploitation.

. Compte tenu du contexte géologique, on pourra éventuellement transformer un forage de reconnaissance éventuellement en ouvrage d'exploitation, en fonction des résultats obtenus dans la phase de reconnaissance.

L'examen des bordereaux de prix unitaires des entreprises de forage constitue par ailleurs, un élément important dans le choix précédent entre forage de reconnaissance et ouvrage d'exploitation. Enfin, dans certains cas, le forage de reconnaissance peut constituer un ouvrage d'exploitation provisoire, permettant de suivre l'évolution dans le temps, des caractéristiques physico-chimiques du fluide capté ou de la productivité ou encore de différer un investissement plus important, nécessaire à l'exécution d'un ouvrage d'exploitation.

11. 1. 3. Choix de la méthode de forage

. Il nécessite un examen attentif des avantages et inconvénients relatifs à chacune des méthodes susceptibles d'être envisagées, compte tenu en particulier :

- de la géométrie du forage : profondeur et diamètres de la chambre de pompage et de la colonne de captage,
- de la nature des terrains à traverser (cohésion et dureté),
- des conditions hydrogéologiques (par exemple, la nécessité de contrôler l'artésianisme impose l'emploi de boue du forage),
- de la nécessité de contrôler les perturbations susceptibles d'être apportées aux ouvrages d'exploitation situés à proximité du forage à réaliser,
- du coût relatif des différentes techniques.

Les granitoïdes plus ou moins fissurés constituent le réservoir hydrothermal du site de CALDANICCIA, de sorte qu'il apparaît que la méthode de foration à utiliser sera celle dite du marteau "fond de trou" avec tubage à l'avancement, suivant la cohésion des terrains à traverser et la nécessité de limiter le débit du fluide extrait du forage (en particulier dans la plaine alluviale de la GRAVONA ou dans la zone du VAZZIO).

Les forages productifs seront "artésiens".

11. 1. 4. Géométrie du forage

La profondeur des forages à réaliser sera au maximum de 100 m.

Une bonne identification des caractéristiques physico-chimiques des différents types d'eau rencontrés en cours de foration sera effectuée en continu.

Le choix des diamètres de la chambre de pompage et de la colonne de captage procède des facteurs suivants :

- encombrement des pompes s'il s'agit de groupes électropompes immergés,
- calcul des pertes de charge, en particulier dans le cas de forages artésiens,
- choix de la méthode de forage important quant à l'augmentation du coût du forage en fonction de son diamètre.

Choix des matériaux équipant le forage

Il doit tenir compte des caractéristiques physico-chimiques du fluide capté. Les équipements en PVC sont en concurrence avec les aciers inoxydables dont il convient de préciser la composition.

11. 2. Exécution

11. 2. 1. Choix et rôle de l'entreprise

Il est souhaitable de choisir une entreprise disposant de références pour des opérations de même type ; cependant, le rôle essentiel de l'entreprise est d'apporter des moyens en personnel d'exécution qualifié et en matériel. Le marché du forage d'eau thermale est étroit et les entreprises expérimentées dans ce domaine sont peu nombreuses.

11. 2. 2. Rôle du maître d'oeuvre

- Contrôler l'exécution des travaux, en particulier des opérations spéciales telles que cimentation sous pression de l'extrados des tubages ;
- Adapter la conception prévisionnelle du forage, en tenant compte des événements imprévus intervenant au cours de l'avancement des travaux ;
- Etablir la coupe géologique des terrains traversés et identifier toutes les indications hydrogéologiques telles que pertes partielles ou totales du fluide de circulation ;
- Assurer un suivi quasi permanent des travaux ;
- Définir et interpréter éventuellement les diagraphies à réaliser dans le forage (thermographie, résistivité, etc.) ;
- Concevoir et conduire les opérations de mise en production.

11. 2. 3. Qualité du maître d'oeuvre

Le maître d'oeuvre doit être un hydrogéologue expérimenté dans les techniques de forage et de mise en production appliquées aux ouvrages d'eau thermale, dont on a énoncé précédemment les spécificités.

11. 3. Transport du fluide

Nous avons vu que le projet de réhabilitation de la station thermale de CALDANICCIA prévoyait l'utilisation combinée de thermalisme et thalassothérapie, donc la construction d'infrastructures à proximité de la mer.

Dans l'hypothèse réaliste de la découverte d'une ressource abondante dans le secteur de CALDANICCIA (la zone du VAZZIO étant considérée comme secondaire) il importe de prévoir une amenée d'eau sur environ 5 km.

Nous pensons que cette distance ne compromettrait nullement le projet. Il existe des exemples de transport d'eau thermale ou minérale supérieurs. Citons à cet effet, le réseau de distribution des établissements thermaux de DAX qui représente plusieurs kilomètres (eau sulfatée calcique), les sources d'ARAGOUEZ à SAINT-LARY-SOULAN (eaux sulfureuses), sur 5 kilomètres avec 160 mètres de dénivelé.

Il sera toutefois nécessaire préalablement à toute mise en oeuvre de transport de bien reconnaître le fluide hydrothermal, en prévoir les modifications et déterminer au mieux le type de vecteur à mettre en place en suivant les conseils et les prescriptions des instances administratives intéressées.

12 - CONCLUSIONS

La perspective d'une réhabilitation des eaux de CALDANICCIA, dans le cadre d'un renouveau du thermalisme en Corse a conduit le Département de la Corse du Sud à confier au BRGM une étude sur les potentialités de ressources hydrothermales dans un secteur géologiquement circonscrit autour des anciens établissements thermaux, les investigations devant conduire à choisir des sites d'implantation de forages de reconnaissance, si possible en se rapprochant du littoral.

L'étude géologique, hydrogéologique, structurale au moyen des méthodes d'investigation classiques et complémentaires comme la prospection des gaz dans le sol a permis de préciser essentiellement dans le secteur de CALDANICCIA des anomalies gazeuses et structurales pouvant jouer un rôle dans le mécanisme hydrothermal et contribuer à mettre en évidence une ressource intéressante, nécessaire au fonctionnement d'une station thermale moderne.

Les résultats de nos prospections ont conduit à admettre dans la zone Nord deux hypothèses sur le mécanisme hydrothermal et définir des cibles de reconnaissance par forage dans un secteur bien délimité et positionné sur les parcelles du plan cadastral.

Le secteur choisi correspond à des parcelles agricoles dépourvues de toute infrastructure et éloignées des sources de pollution (lotissements, entrepôts). La découverte d'une ressource hydrothermale dans l'un des trois sites proposés ne comporte que peu de risque quant à une pollution accidentelle de surface. Les venues hydrothermales se trouvant à une profondeur importante, vraisemblablement supérieure à 50 m.

En effet, les investigations par forages seront menées jusqu'à 100 m environ en prenant soin d'identifier en cours d'avancement les fluides rencontrés.

Le choix de la technique de forage (marteau fond de trou) avec tubage à l'avancement dans les formations superficielles ou alluvionnaires devrait permettre une reconnaissance pas trop onéreuse, avec des ouvrages susceptibles d'être convertis immédiatement en ouvrages d'exploitation.

Un emplacement de forage de reconnaissance a été prévu dans le secteur du VAZZIO, dans la mesure où les investigations mises en oeuvre n'ont pas permis de rassembler un faisceau d'indications positives sur la présence de ressource hydrothermale dans ce secteur et que le forage reste le seul moyen possible de vérification.

Enfin, dans l'hypothèse d'un projet conciliant thalassothérapie et thermalisme, en bord de mer, la distance de 5 km environ de la zone d'exploitation à la zone d'utilisation du fluide hydrothermal ne devrait pas poser de problème sauf financier après identification précise et prescriptions sur les moyens à mettre en oeuvre pour en assurer l'acheminement.

ooo

ooo000ooo

ooo

- A N N E X E -

ANALYSE CHIMIQUE

Forage DDE_1985

DEPARTEMENT DE LA CORSE DU SUD

République Française

LABORATOIRE DEPARTEMENTAL D'ANALYSES
VETERINAIRES, AGRICOLES ET DU CONTROLE
DES EAUX

AJACCIO, le 24 OCTOBRE 1985

Agréé par le Ministère de la
Santé Publique
Avenue Noël Franchini
20 000 AJACCIO

SERVICE GEOLOGIQUE CORSE
Immeuble AGOSTINI
Z.I. FURIANI
20200 BASTIA

B U L L E T I N D ' A N A L Y S E D ' U N E E A U

ORIGINE DE L'EAU :

Prélèvement effectué le : 28 AOUT 1985 par le Laboratoire
à la demande du B.R.G.M.
Nature du point d'eau : Forage D.D.E. - CALDANICCIA

CARACTERES PHYSIQUES GENERAUX :

Couleur	Incolore
Odeur	Sulfurée
Saveur	/
Température de l'eau "in situ" au prélèvement	31°
Température de l'air ambiant au prélèvement	19°40
pH	9,55
Conductivité électrique à 20° C (10^{-6} S/cm)	905
Chlore libre (mg/l)	Néant
Turbidité .	
N.T.U.	0,2
Gouttes de mastic	2
Résidu sec à 105° (mg/litre)	620
Eléments figurés d'origine animale	Néant
" " " végétale	Néant
" " " minérale	Néant

- Deuxième rôle -

ANALYSE CHIMIQUE

DURETES OU TITRES HYDROTOMETRIQUES :

Dureté totale (Degrés français)	1,6
Dureté calcique " "	1,6
Dureté magnésienne " "	0,0

ALCALINITES DE TITRATION :

T.A. à la phtaléine . . . milliéquivalents/l	0,50
T.A.C. à l'orangé POIRRIER N° 3 "	1,30

CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION DE L'EAU

Azote des nitrates mg/l	0,00
Azote des nitrites mg/l	0,00
Azote ammoniacal mg/l	0,00
Oxygène emprunté au permanganate de potassium, mg/l à chaud en milieu acide	0,55

EVALUATION DE L'AGRESSIVITE :

par contact avec le marbre concassé :

	Avant marbre		Après marbre
pH	9,55		9,31
T.A.C.	1,30		1,25
Emprunt au marbre (mg/l CO ₃ Ca)			2,50

MINERALISATION - BALANCE IONIQUE

CATIONS			ANIONS		
	mg/l	még/l		mg/l	még/l
! Calcium en Ca	! 6,4	! 0,319	! Bicarbonates en HCO ₃	! /	! /
! Magnésium en Mg	! 0,0	! 0,00	! Carbonates en CO ₃	! /	! /
! Sodium en Na	! 160,0	! 6,956	! Chlorures en Cl	! 86,0	! 2,425
! Potassium en K	! 6,4	! 0,163	! Sulfates en SO ₄	! 240,0	! 4,996
! Ammonium en NH ₄	! 0,00	! 0,000	! Nitrites en NO ₂	! 0,00	! 0,00
! Fer en Fe	! 0,01	! 0,000	! Nitrates en NO ₃	! 0,00	! 0,000
! Manganèse en Mn	!		! Phosphorique en PO ₄	! 0,20	! 0,006
!			! Silice en SiO ₃	! 107,0	! 1,387
!			! Fluor en F ⁻	! 14,77	! 0,777
!					
!					

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Dénombrement total des bactéries :

(sur gélose nutritive)

Nombre de colonies pour 1 ml

- Après 3 jours à 20-22° 1
- Après 24 Heures à 37° 1

Colimétrie

(Selon Buttiaux et Coll. gélose lactosée au B.B.T.
sur membrane à 37° et 44°, test Mackenzie)

- Coliformes pour 100 ml 0
- Eschérichia Coli pour 100 ml 0

Streptocoques fécaux :

(méthode de Slanetz et Bartley)

- Streptocoques fécaux pour 100 ml 0

Clostridium Sulfito réducteurs :

(sur gélose T.S.N.)

- Nombre de spores pour 100 ml 0

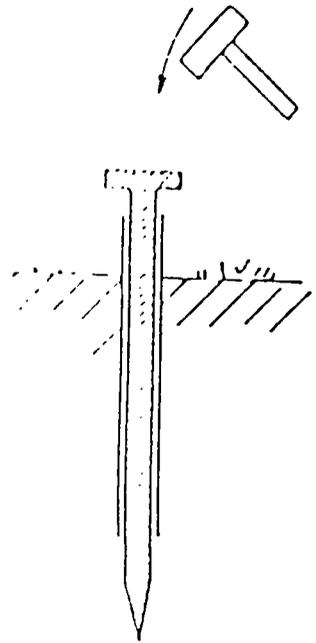
INTERPRETATION HYGIENIQUE DES RESULTATS DES ANALYSES ET OBSERVATION :

Dosage In Situ

- Indice de sulfuration 1,35**
- Soufre réducteur total 1,92 mg/l**
- Soufre des sulfures 1,44 mg/l**
- Soufre des sulfites**
- et thiosulfates 0,48 mg/l**

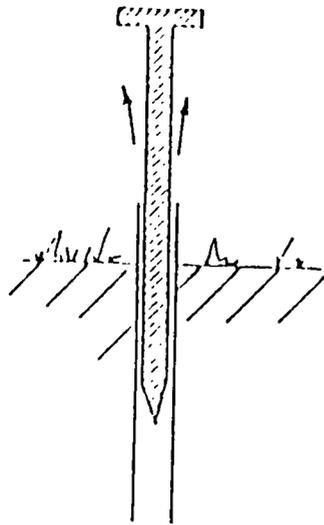


METHODE DE PRELEVEMENT DES GAZ DES SOLS
(Mesures de Radon)

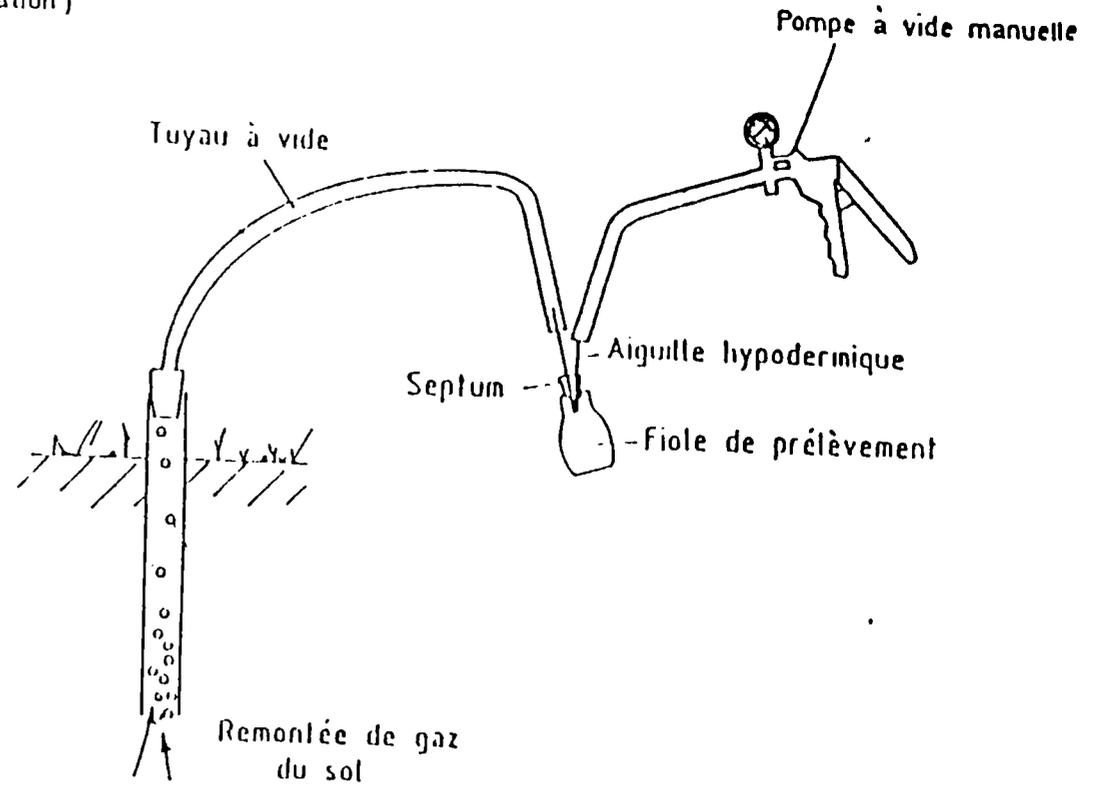


Mise en place
de la canne de prélèvement

sol

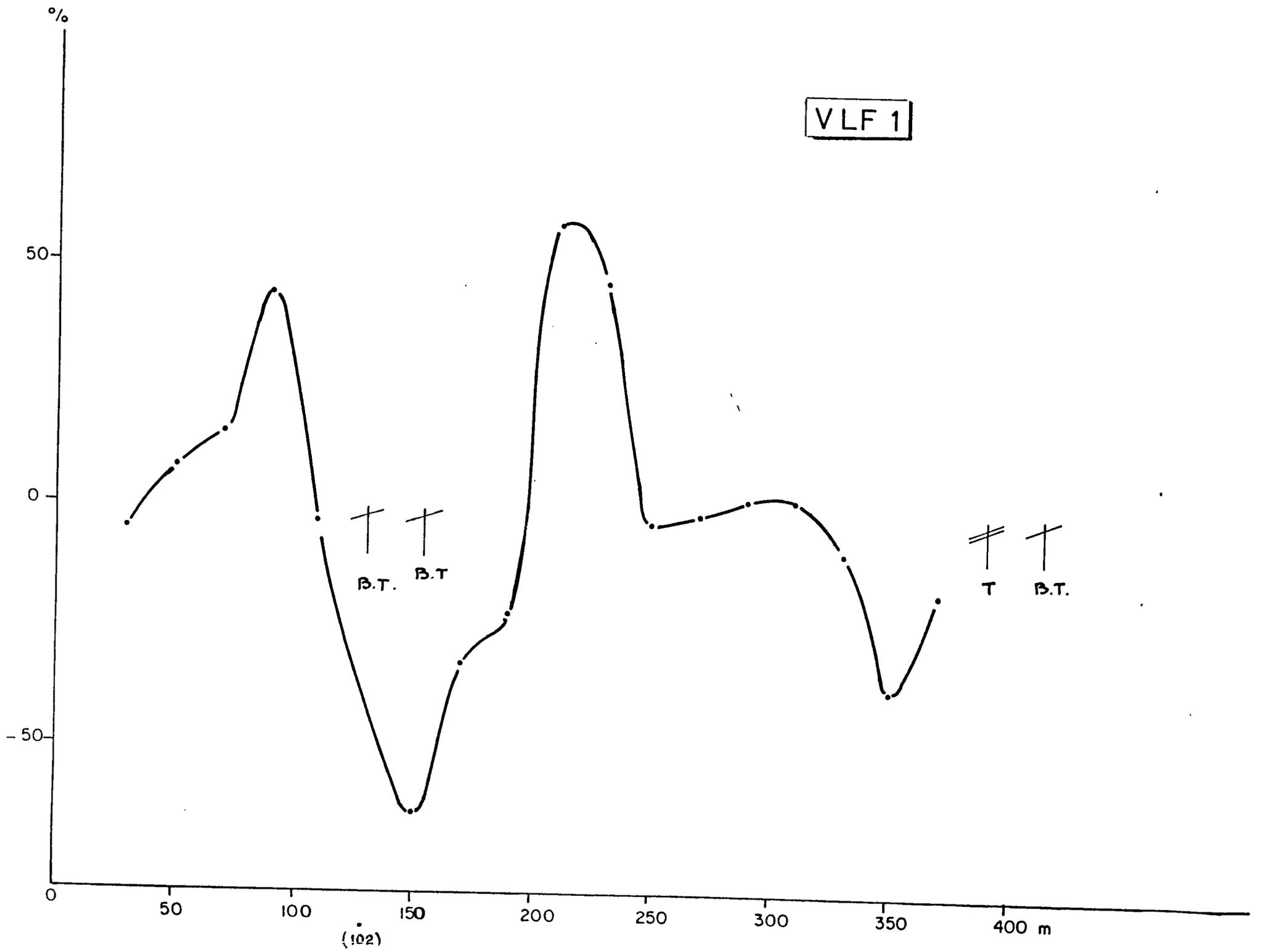


Extraction
de la tige centrale



Prélèvement

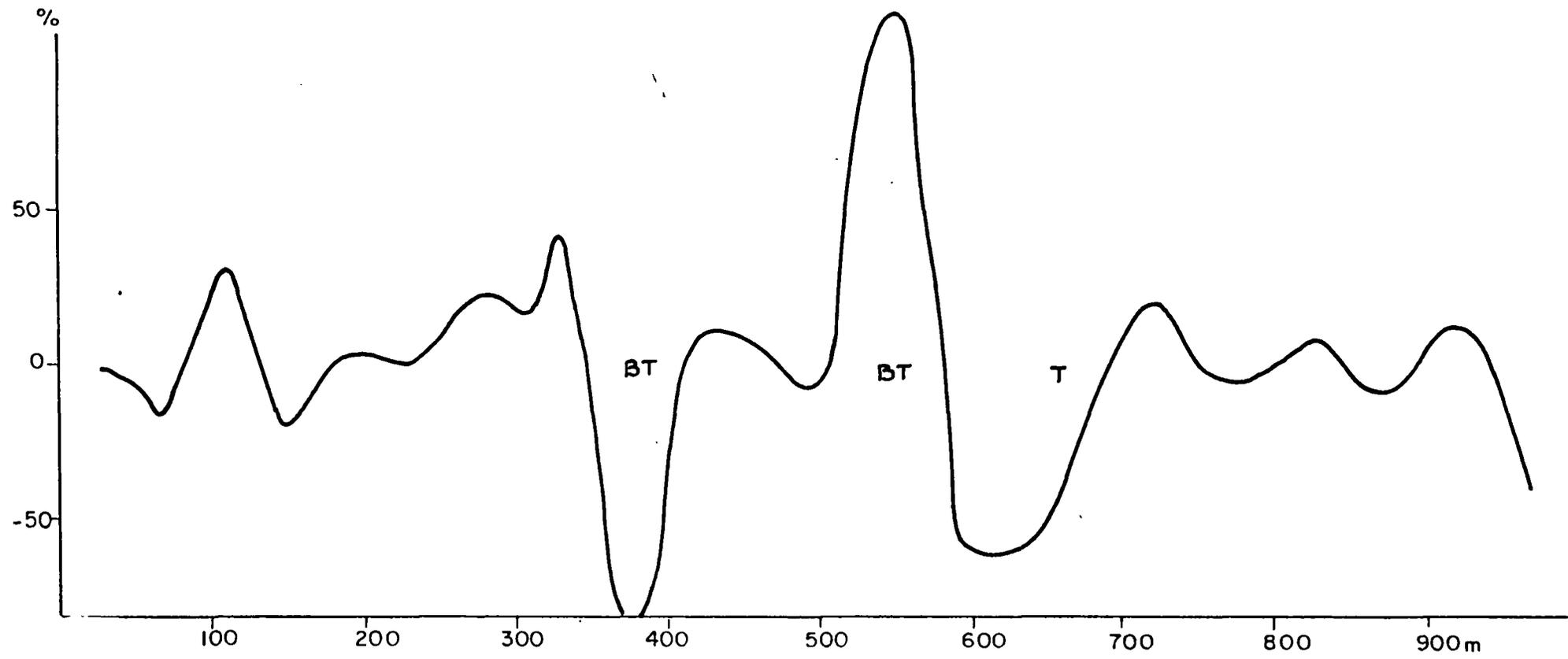
PROFILS GEOPHYSIQUES VLF



VLF 2

Nord

Sud

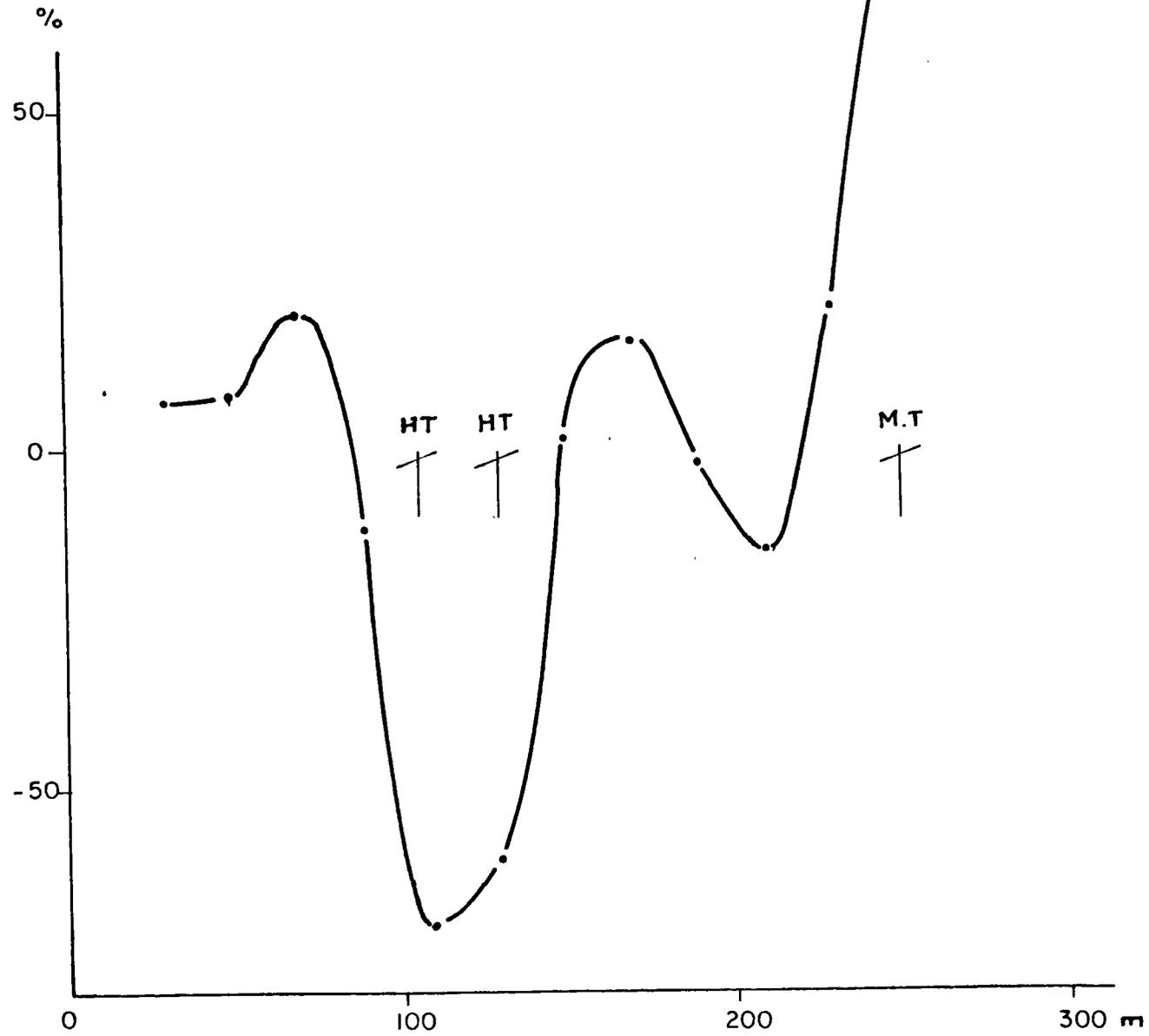


Nord

Sud

VLF. 3

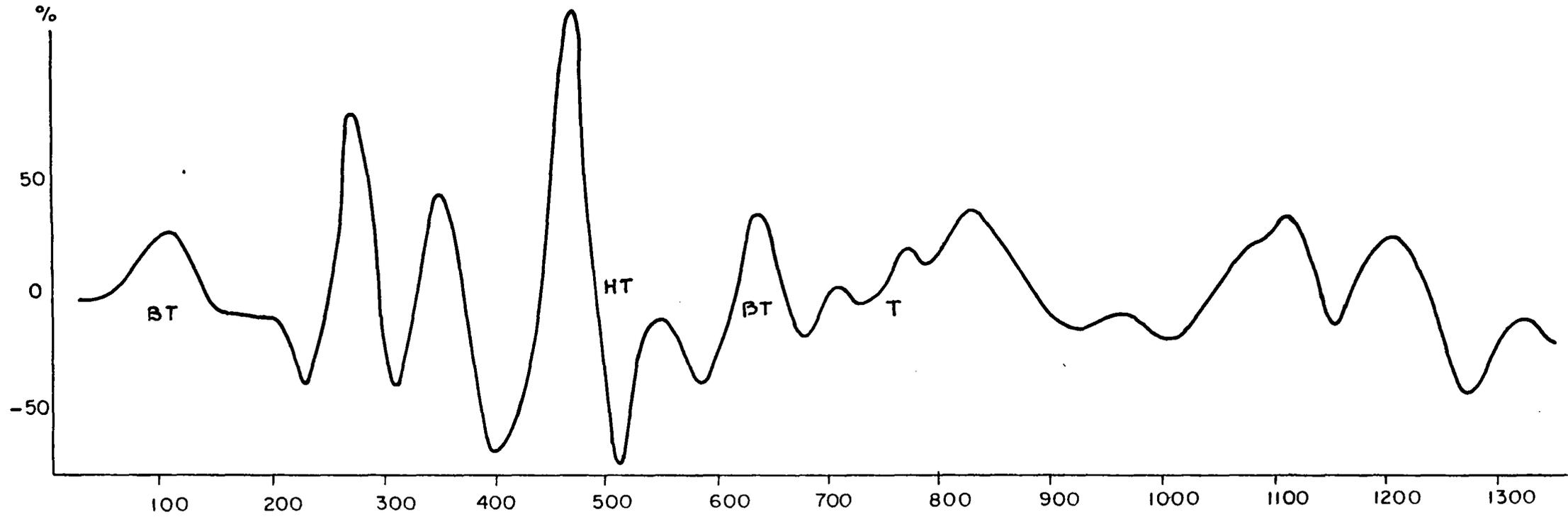
Alluvions Caldaniccia
Pas de 20 m.



VLF 4

Sud

Nord



Nord

Sud

VLF. 5

Caldanaccia
Pas de 10m.
Profil le long du talus
Départ à 20m. au sud
ligne M.T. et clôture

%

50

0

-50

128

Peuplier

Axe ruisseau

Route

0

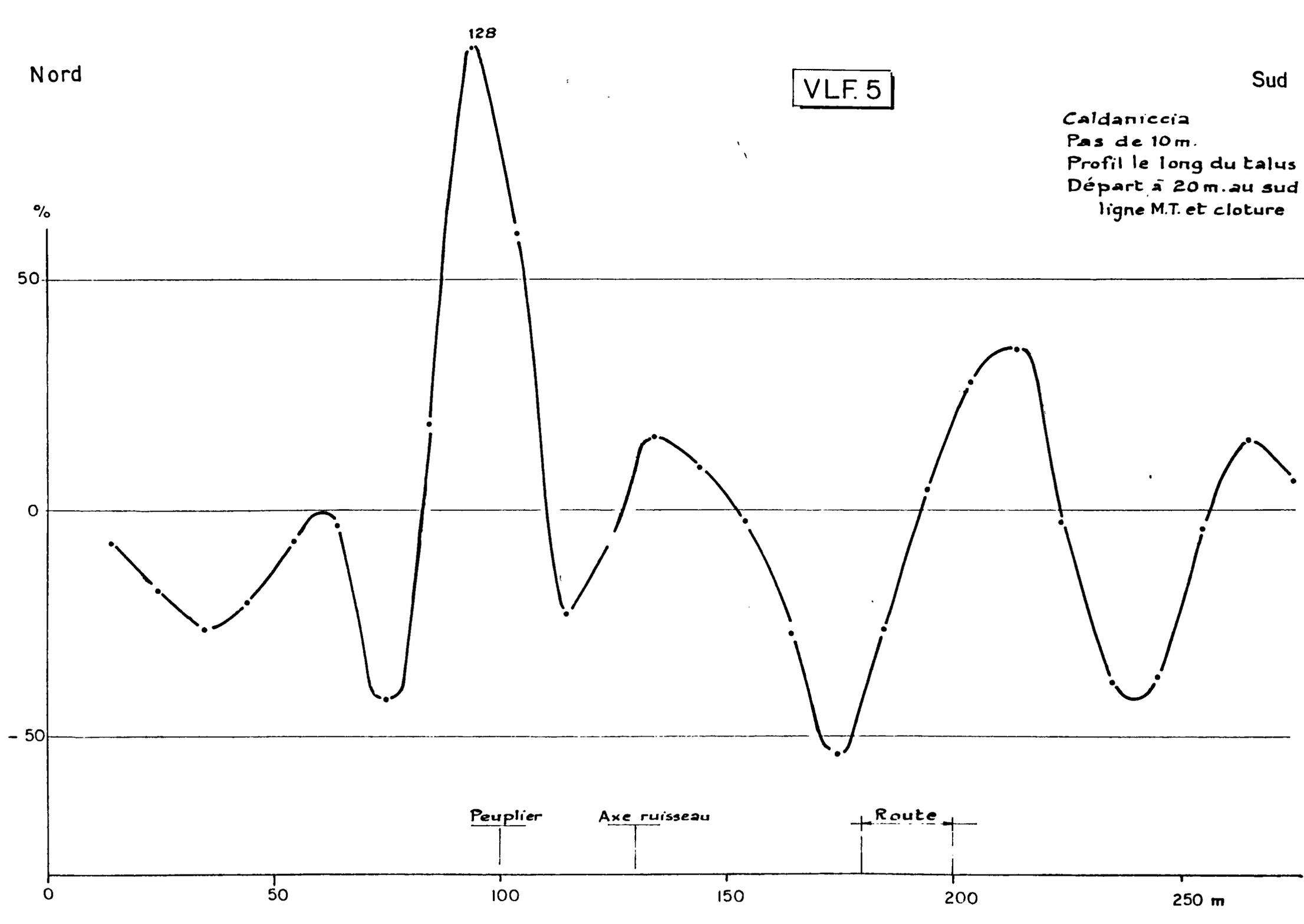
50

100

150

200

250 m

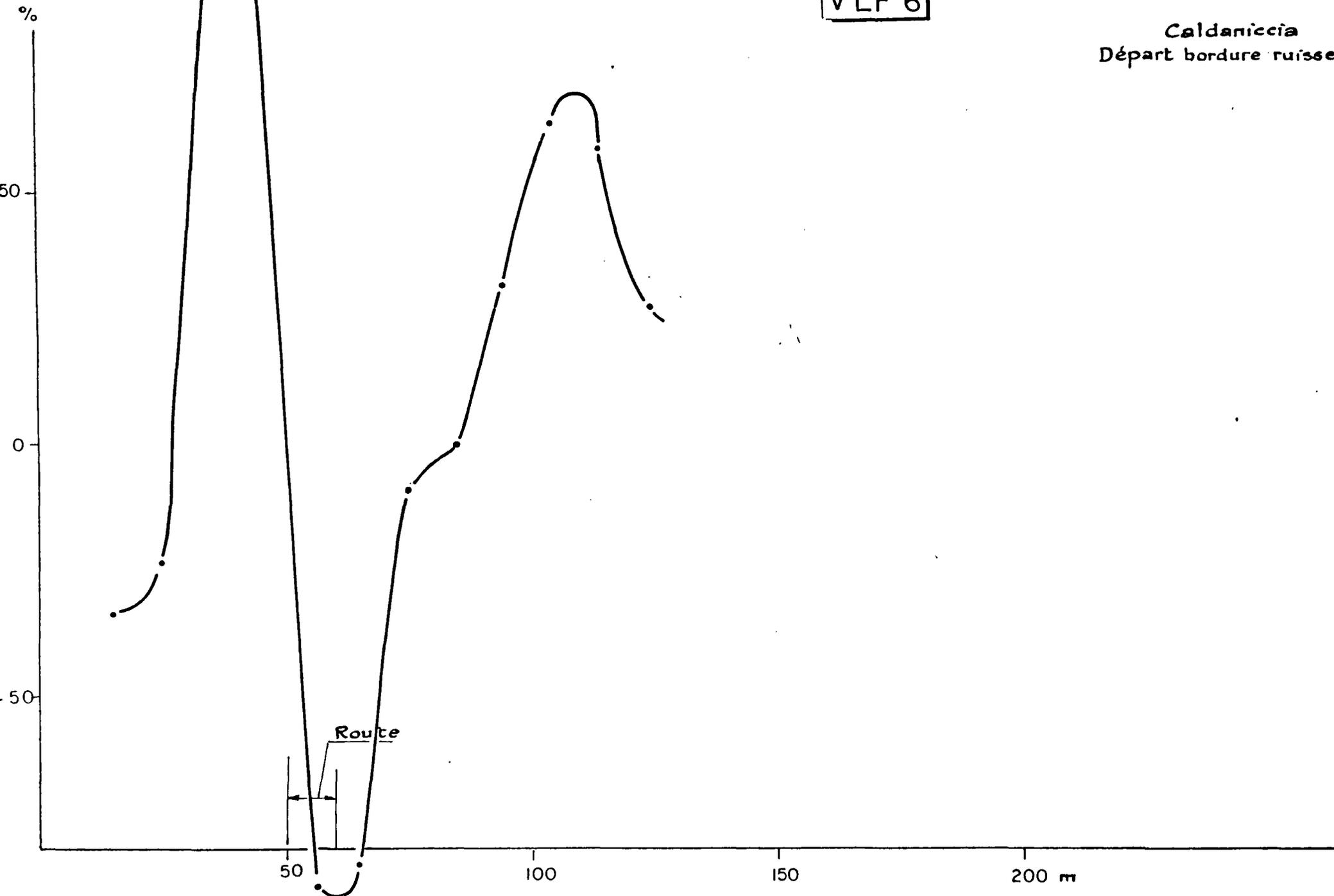


Nord

Sud

VLF 6

Caldaniccia
Départ bordure ruisseau



Nord

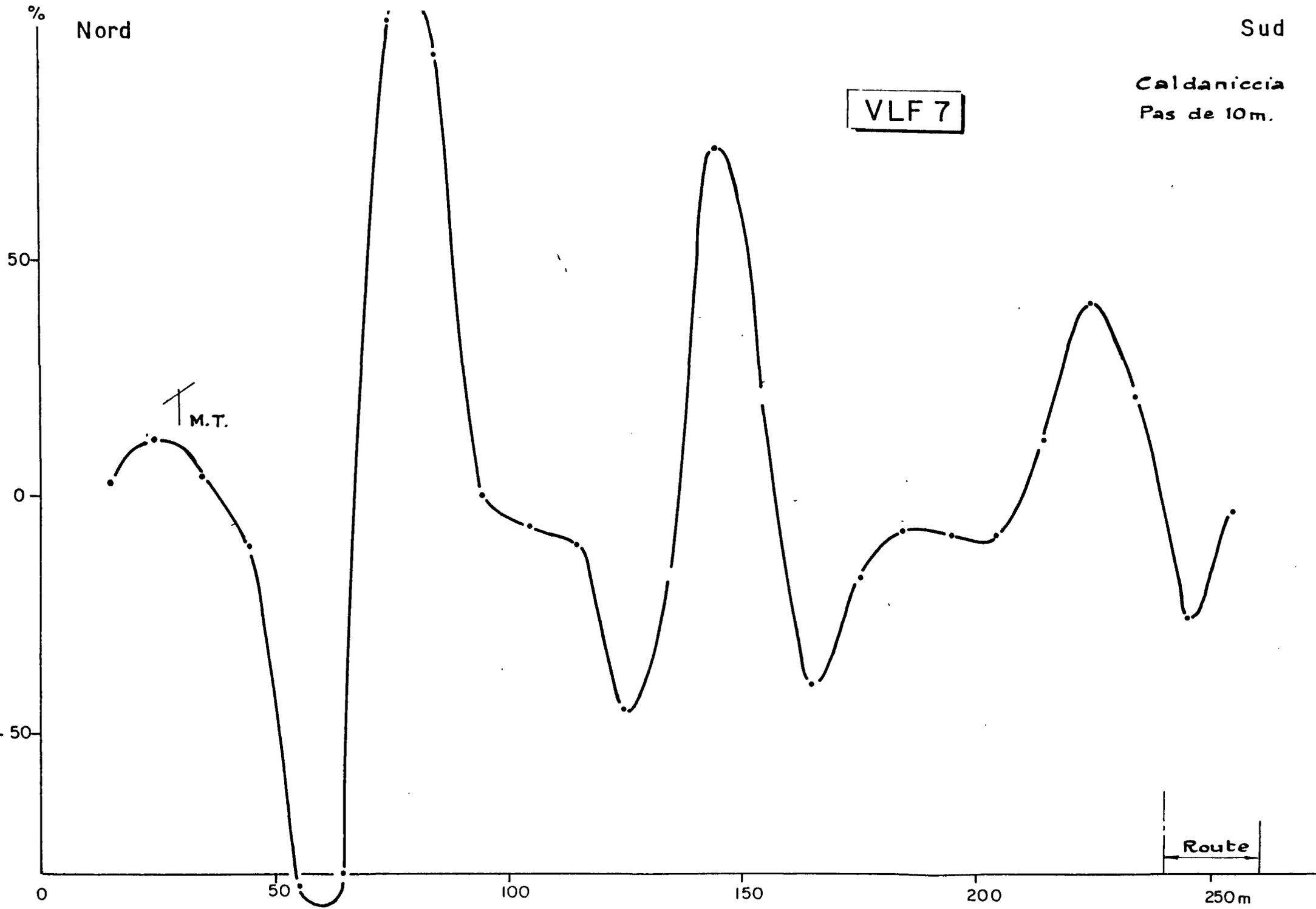
Sud

Caldanicia
Pas de 10m.

VLF 7

M.T.

Route



Sondage électrique S.E.1 - Caldaniccia

