



Service Géologique Régional
de la Réunion

PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHES D'EAU 1980
POUR L'AMENAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION

Commune de CILAOS

ILET DE CILAOS

L'exécution du forage H-CIL
dans le contexte des eaux
thermominérales de Cilaos

Michel STEENHOUDT

RESUME

Dans le cadre de la réalisation du Programme Départemental de Recherche d'eau 1980 pour l'Aménagement des Hauts de la Réunion, un forage pour la reconnaissance du sous-sol de Cilaos a été proposé ; une notice d'impact a été établie pour ce projet.

Pour répondre aux préoccupations des services concernés, il a été demandé au Service Géologique Régional d'analyser de façon détaillée, les incidences possibles de l'exécution du forage sur l'exploitation des Sources des Thermes.

L'état des connaissances actuelles s'est révélé très insuffisant pour proposer une ébauche des géométries et des mécanismes des aquifères identifiés ou supposés. Il apparaît toutefois que le site du forage serait en aval-écoulement de l'établissement des Thermes ; en conséquence l'ouvrage ne présenterait aucune menace pour la qualité des eaux thermominérales exploitées.

La préservation quantitative de la ressource thermominérale sera assurée par l'isolement des horizons porteurs si ceux-ci sont décelés en cours de forage.

L'analyse des données existantes et des possibilités offertes par les techniques de forage, permet d'affirmer que les eaux thermominérales exploitées aux Thermes ne seront affectées ni qualitativement ni quantitativement par l'exécution du forage de reconnaissance sous réserve que les travaux soient effectués dans le respect des règles de l'art.

S O M M A I R E

P R E A M B U L E

I - C A D R E G E O G R A P H I Q U E

II - C O N T E X T E G E O L O G I Q U E

II - 1 Environnement du forage H-CIL

II - 2 Environnement des Sources des Thermes

III - C O N T E X T E H Y D R O G E O L O G I Q U E

III - 1 Hydrogéologie du secteur des Trois Mares

III - 1.1 Etudes antérieures

III - 1.2 Exploitation des résultats acquis

III - 2 Les circulations thermominérales et leur exploitation

IV - A N A L Y S E D E S I N T E R F E R E N C E S P O S S I B L E S E N T R E L E S S O U R C E S D E S T H E R M E S E T L E F O R A G E H - C I L

IV - 1 Récapitulatif des données

IV - 2 Mécanismes hydrauliques possibles

IV - 2.1 Eaux froides

IV - 2.2 Eaux thermominérales

IV - 2.3 Relations hydrauliques possibles entre les eaux thermominérales, les eaux froides et le forage H-CIL

C O N C L U S I O N S

PREAMBULE

Dans le cadre des études hydrogéologiques du secteur de Cilaos, inscrites au Programme Départemental de Recherches d'eau 1980 pour l'Aménagement des Hauts de la Réunion, un site de forage de reconnaissance au lieu dit Les Trois Mares a été proposé.

Cette implantation a été choisie d'après les résultats d'études antérieures exposés dans le rapport 80 REU 09 ; ce document a été remis par le Service Géologique Régional au Service de l'Aménagement Hydraulique de la Direction Départementale de l'Agriculture.

Une notice d'impact relative à l'exécution de ce forage a été présentée par le Service Géologique Régional (rapport référence 80 REU 16)

A la demande de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Direction Interdépartementale de l'Industrie, une analyse détaillée des relations possibles entre les sources des Thermes et les terrains susceptibles d'être traversés en forage, est présentée par le Service Géologique Régional de la Réunion.



PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHE D'EAU 1980
 POUR L'AMENAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION
 =====

ILET DE CILAOS

Plan de situation - Echelle 1/100000

I - CADRE GEOGRAPHIQUE

Le forage projeté est implanté au lieu-dit Les Trois Mares, au Sud-Est de l'agglomération de Cilaos ; les coordonnées Lambert du site sont :

X = 154,47
Y = 49,05
Z = 1 208 environ

Les sources thermominérales exploitées sont situées en contrebas de l'Ilet de Cilaos, en rive droite du Bras des Etangs ; les coordonnées Lambert moyennes de cette zone sont :

X = 154,1
Y = 49,8
Z = 1 130

La distance horizontale séparant les deux sites est approximativement de 880 m.

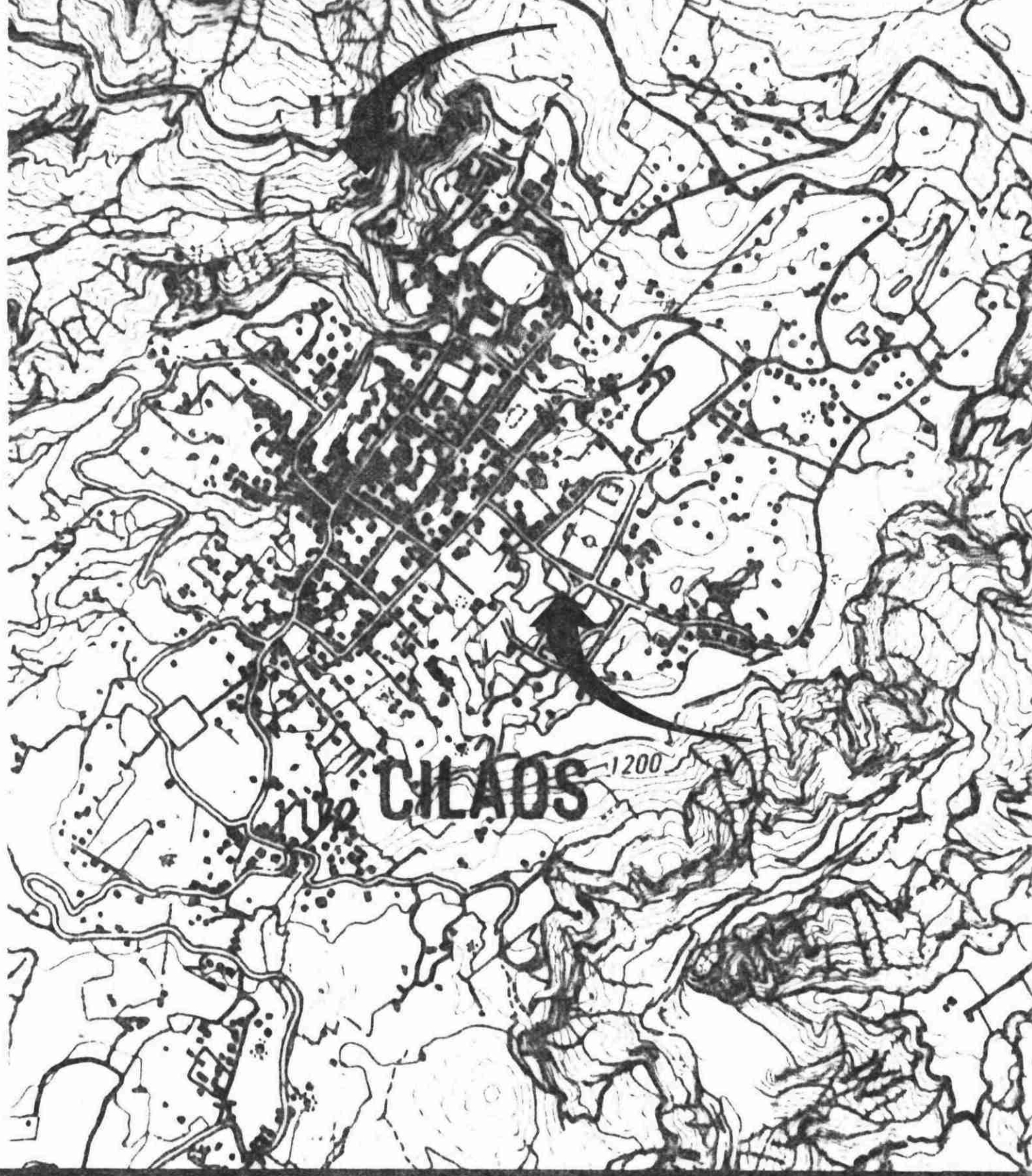
II - CONTEXTE GEOLOGIQUE

II - 1 Environnement du forage H-CIL

Le forage est implanté sur l'Ilet de Cilaos dans les formations détritiques de fond de cirque.

Une campagne de reconnaissance géophysique effectuée en 1974 (?) ainsi qu'un forage de faible profondeur (1975) ont permis d'établir une coupe prévisionnelle des terrains que devrait reconnaître le forage proposé :

0 - 5 m	boulders basaltiques sous recouvrement de remblais (niveau très résistant superficiel).
5 - 12 m	blocs basaltiques plus ou moins consolidés (horizon résistant).
12 - 60 m	brèche hétérométrique à liant argileux (formation très conductrice).
60 - >300 m	blocs basaltiques plus ou moins consolidés et/ou éléments de coulées volcaniques (formations résistantes).
>300 m	laves ou brèches zéolitisées, argilisées (formations très conductrices)



81 REU 01

FIGURE 2

PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHE D'EAU 1980

POUR L'AMENAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION

=====
=====

ILET DE CILAOS

Plan de situation - Echelle 1/10 000



Dans la coupe géologique interprétative, établie d'après les résultats du profil de sondages électriques effectués entre la Mare à Joncs et Mare Sèche, apparaît une vallée géophysique matérialisée par le contraste substratum conducteur - "remplissage" résistant.

II - 2 Environnement des Sources des Thermes

Le système d'émergences en rive droite du Bras des Etangs a été particulièrement bien étudié à l'occasion de campagnes de travaux de captage effectuées entre 1966 et 1969.

Les émergences d'eaux thermominérales observées dans les puits et les galeries sont contrôlées par la fissuration de dykes basaltiques subverticaux. Ces dykes ont intrudé les horizons de coulées ou de brèches basaltiques, généralement zéolitisées, des premières phases d'activité connues du Piton des Neiges. Dans la vallée du Bras des Etangs, au droit des Thermes, le bed-rock volcanique est masqué par un recouvrement d'éboulis et d'alluvions.

III - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

III - 1 Hydrogéologie du secteur des Trois Mares

III - 1.1 Etudes antérieures

L'objectif du forage exécuté en 1975 était la reconnaissance des formations aquifères superficielles. La nappe phréatique, portée par des formations détritiques hétérogènes (granulométrie, pétrographie) plus ou moins colmatées, est libre au droit du site de forage (les mares sont des affleurements de la nappe à la faveur de dépressions topographiques) ; localement, elle peut être mise en charge sous un recouvrement de détritiques colmatés imperméables.

Cette nappe n'est pas un objectif du forage projeté et sera donc masquée par un tubage avec cimentation de l'annulaire.

III - 1.2 Exploitation des résultats acquis

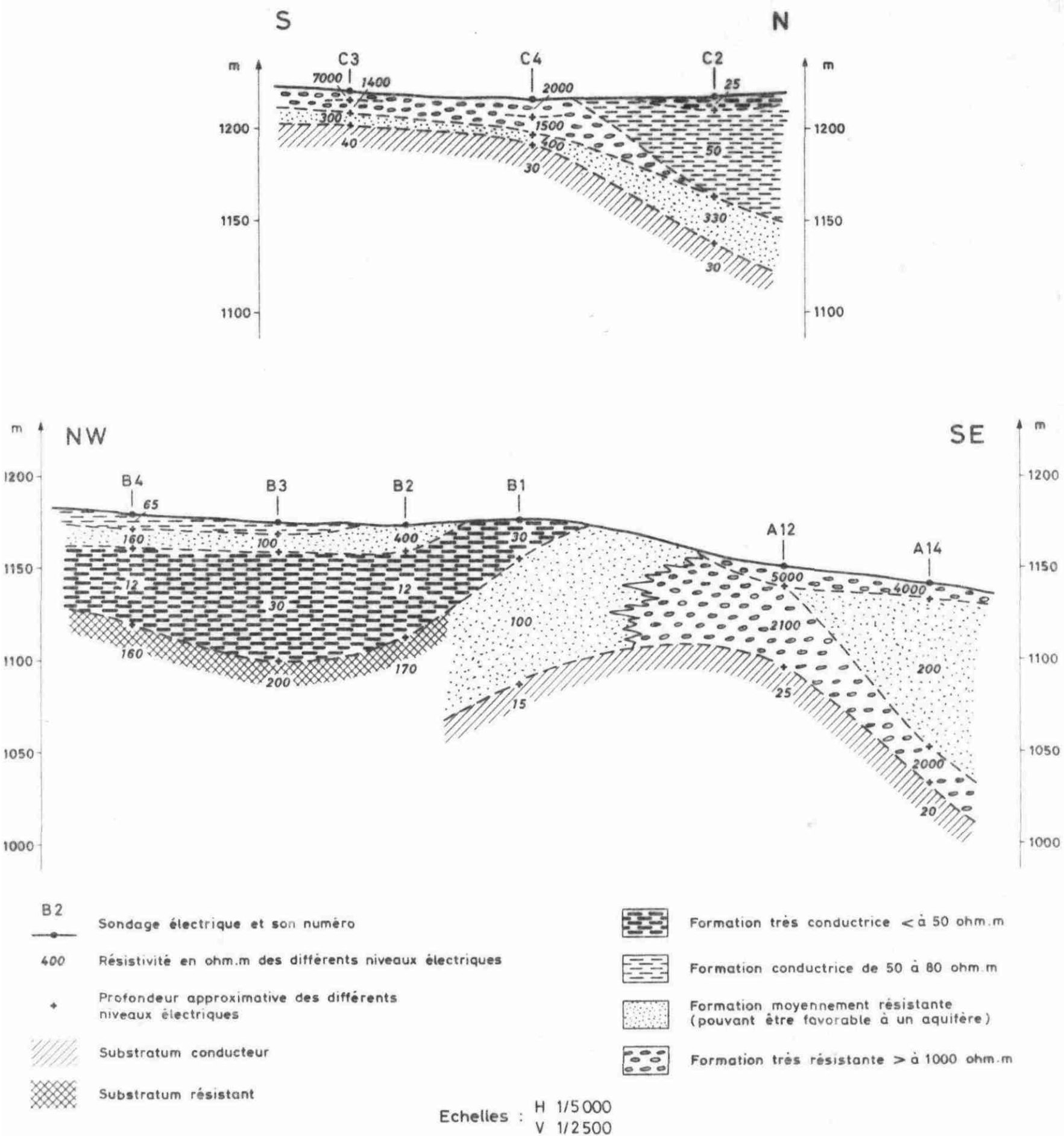
Le forage envisagé sur l'Ilet de Cilaos est destiné à la reconnaissance des potentialités aquifères de l'horizon résistant inférieur et des possibilités de drainage préférentiel que pourrait offrir la paléo-vallée décelée en géophysique.

PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHE D'EAU 1980
POUR L'AMENAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION

=====
ILET DE CILAOS

Plan de situation des sondages électriques
échelle : 1/10 000





Les formations visées dans cette opération sont situées (interprétation géophysique) entre - 60 m et - 350 m par rapport au terrain naturel soit entre les cotes + 1 150 et + 960 m NGR environ.

La paléo-vallée est bordée par des remontées du substratum conducteur culminant à + 1 035 m NGR au droit du sondage A 4 (versant Nord) et à + 1 140 m NGR au droit du sondage A 11 (versant Sud).

L'analyse des coupes géologiques interprétatives montre que l'axe de la paléo-vallée serait orienté NE-SW avec ennoiement vers le SW ; l'axe de cette vallée passerait à l'aplomb des Trois Mares, du cimetière de Cilaos et du haut bassin de la Ravine des Aigrettes.

Il est possible que les "axes anticlinaux" du substratum conducteur se poursuivent parallèlement à l'axe de la paléo-vallée mais aucune observation directe ou indirecte ne peut actuellement étayer ou infirmer cette hypothèse. Par ailleurs la topographie accidentée ou la densité de l'urbanisation interdisent le recours aux méthodes géophysiques sur la zone Ouest de l'Ilet de Cilaos.

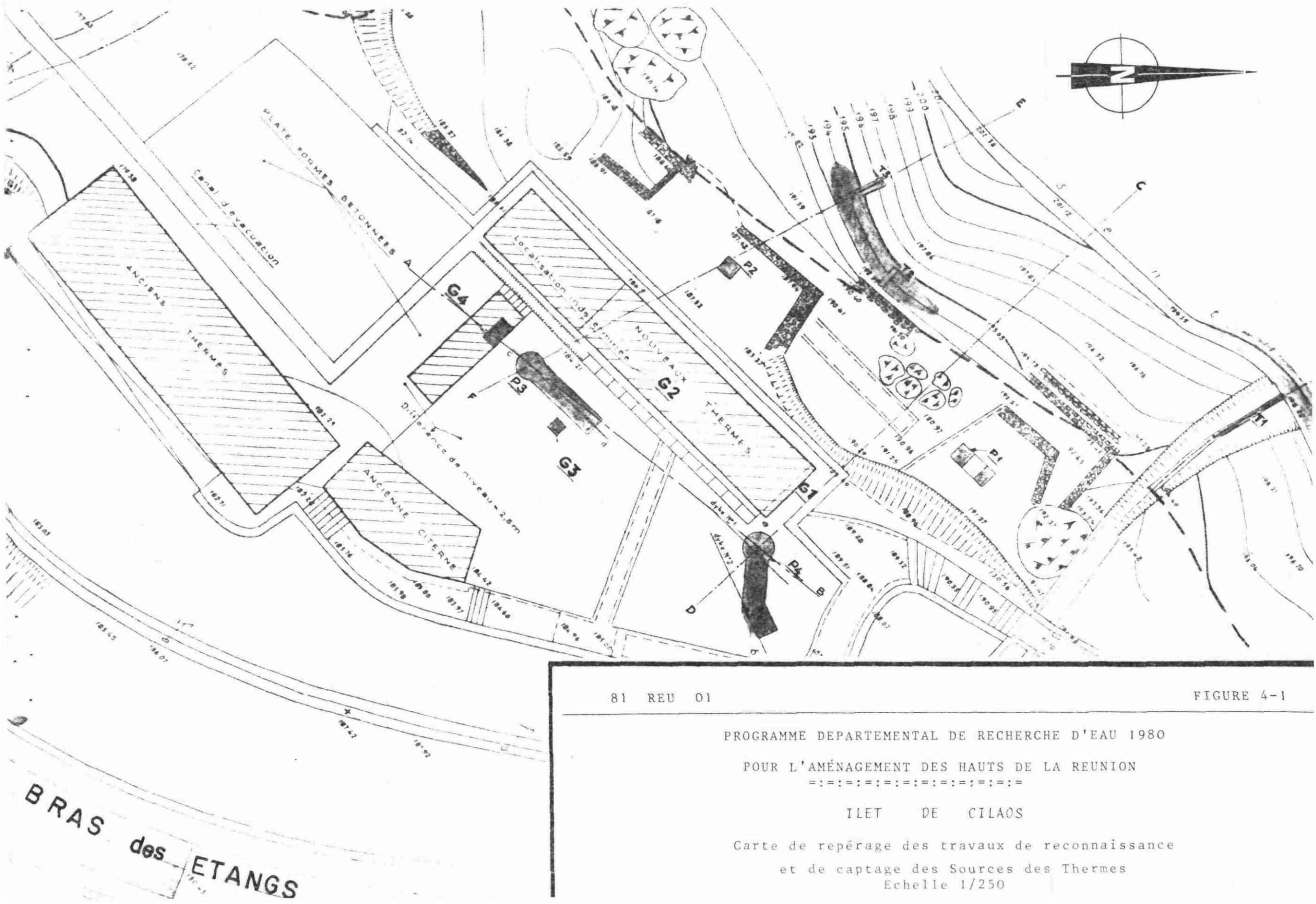
Le comportement hydraulique des formations détectées en géophysique est inconnu ; toutefois, l'expérience acquise dans le domaine de l'hydrogéologie en milieu volcanique et de l'exploitation des résultats de la géophysique permet d'avancer, comme hypothèse de travail, l'existence de circulations d'eau au toit du substratum conducteur et plus particulièrement au fond de la paléo-vallée géophysique (existence d'une géométrie de bassin versant pour les eaux souterraines avec un axe de drainage).

Cet aquifère serait alimenté par les eaux infiltrées au Nord-Est et au Nord du cirque et, au droit de l'Ilet de Cilaos, constituerait un système isolé latéralement par les remontées du substratum conducteur considéré comme imperméable.

III - 2 Les circulations thermominérales et leur exploitation

A l'occasion d'aménagements effectués pour le captage des eaux thermominérales des Sources des Thermes, de multiples observations sur le comportement hydraulique de celles-ci ont été collectées.

Antérieurement aux travaux de captage par puits et galeries, les eaux thermales canalisées par les fissures de dykes basaltiques, s'élevaient jusqu'au contact matériaux détritiques/coulées et dykes basaltiques ou brèches zéolitisées, puis s'épanchaient dans les alluvions où elles se mélangeaient aux eaux froides superficielles (nappe alluviale d'accompagnement du Bras des Etangs, nappe phréatique alimentée latéralement par des résurgences).



81 REU 01

FIGURE 4-1

PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHE D'EAU 1980

POUR L'AMÉNAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION

=====

ILET DE CILAOS

Carte de repérage des travaux de reconnaissance

et de captage des Sources des Thermes

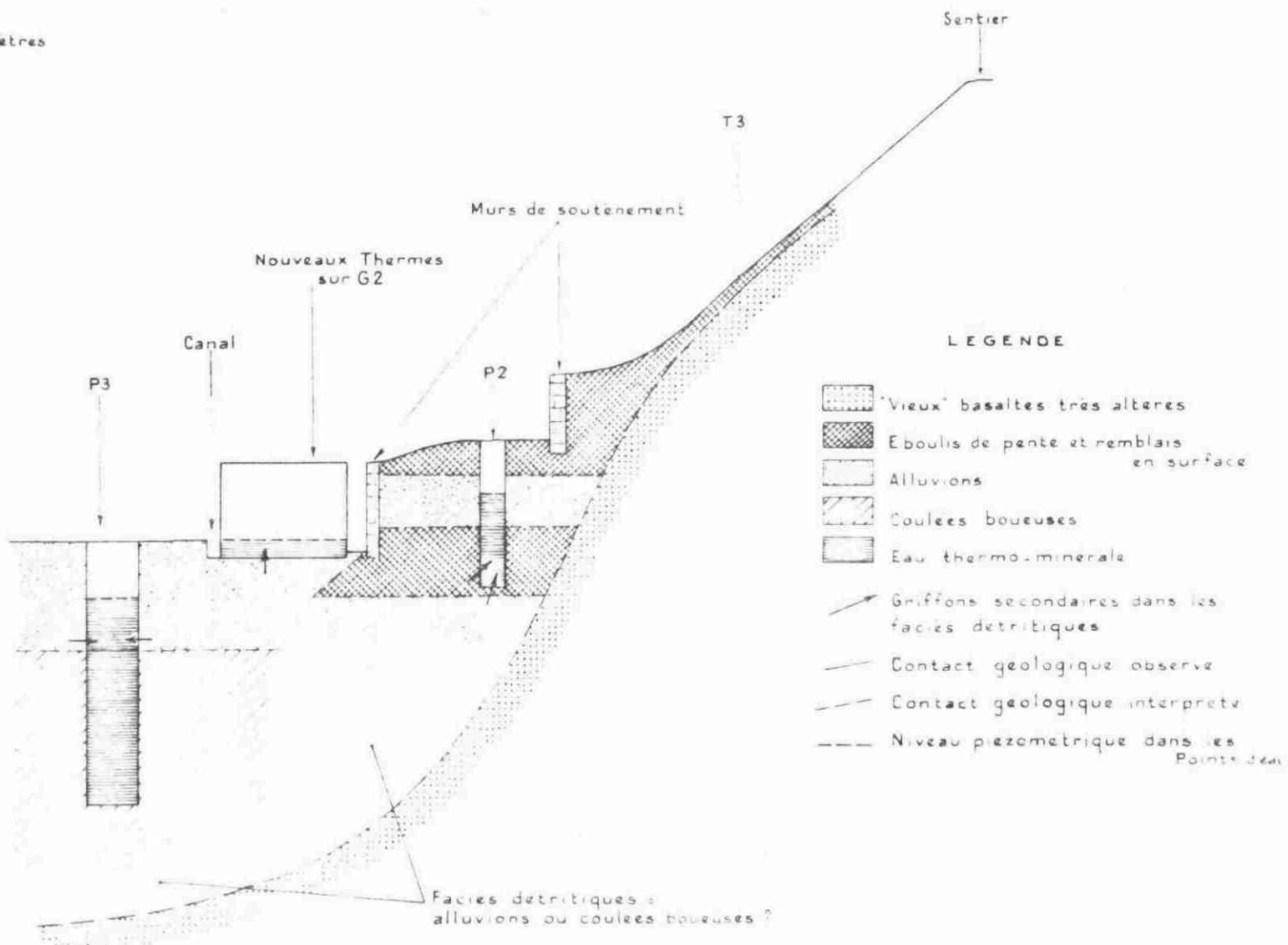
Echelle 1/250

PROGRAMME DEPARTEMENTAL DE RECHERCHE D'EAU 1980

POUR L'AMENAGEMENT DES HAUTS DE LA REUNION

=====
=====

ILET DE CILAOS

Coupe géologique schématique C-D
(profil P3, G2 et P2)Cote relative
exprimée en mètres202.5
200
197.5
195
192.5
190
187.5
185
182.5
180
177.5
175
172.5

Ce mécanisme hydraulique indique l'existence d'une charge piézométrique plus élevée pour les eaux thermales que pour la nappe phréatique.

Les puits et galeries exécutés pour capter les eaux thermales aux griffons afin d'éviter les contaminations par les eaux froides, ont permis d'étudier la géométrie de la surface piézométrique des eaux thermominérales : cette surface présenterait un léger pendage vers le secteur Sud. Le devenir des eaux thermales non captées, en aval-écoulement des Thermes, est totalement inconnu ; à priori, les circulations "per ascensum" alimentant les venues occultes contrôlées par les dykes, provoquent un débordement des eaux thermales dans la nappe superficielle qui rejoignent ainsi le sous-écoulement du Bras des Etangs voire les écoulements de surface.

IV - ANALYSE DES INTERFERENCES POSSIBLES ENTRE LES SOURCES DES THERMES ET LE FORAGE H-CIL

*IV - 1 Récapitulatif des données
v. tableau Page 5*

IV - 2 Mécanismes hydrauliques possibles

IV - 2.1 Eaux_froides

- infiltration d'eaux météoriques sur les reliefs des Salazes et de la partie septentrionale du cirque de Cilaos ;
- collecte des eaux infiltrées par diverses géométries souterraines imperméables, alternance d'aquifères, d'aquicludes et d'imperméables ; infiltration partielle vers les horizons plus profonds à la faveur de drains verticaux ou obliques constitués par les dykes fissurés ou les réseaux de fractures non colmatées.
- circulations sur les strates perméables, échanges verticaux possibles sur les discontinuités affectant les horizons imperméables ; écoulements généralisés et chenalisation, nappes libres et captives ;
- exutoires : . sources du cirque de Cilaos
. nappes interstratifiées puis nappe de base et exutoire en mer.

IV - 2.2 Eaux_thermominérales

- aire d'infiltration identique ou similaire à celle des eaux froides,
- circulation per descensum sur les discontinuités structurales perméables,

: : Coordonnées	: Sources des : Thermes	: Site du forage : H-CIL
: : . X	: 154,1	: 154,47
: : . Y	: 49,8	: 49,05
: : . Z	: 1 130	: 1 208
: : Distance horizontale	: 850 m	
: : Formations ré- : sistantes : inférieures		
: : . cote toit		: 1 150
: : . cote mur : (vallée)		: < 860
: : Substratum : conducteur : profond sur le : profil de sondage:		
: : . cote de la : remontée Nord		: 1 035
: : . cote de la : remontée Sud		: 1 140
: : . cote de la : vallée		: < 860
: : Orientation des : dykes	: Quadrant N à E	
: : Piézométrie	: P3 : 1 128,75 : G2 : 1 131,00 : P2 : 1 132,75 : P4 : 1 131,80 : G1 : 1 132,75	: - nappe phréatique: : + 1 200 - 1 205 m : : environ : : - aquifère sous- : jacent possible : : piézométrie : : inconnue

- circulations profondes dans des horizons perméables sous-jacents aux basaltes zéolitisés ou interstratifiés dans ces formations de la phase II du Massif du Piton des Neiges ; nappe(s) captive(s) ;
- thermalisation des eaux (gradient géothermique "normal" par enfouissement ou anomalies thermiques positives) et minéralisation (émanation gazeuses ascendantes sur les dykes et fractures, lixiviation d'éléments de l'encaissant) par des phénomènes en partie liés aux manifestations résiduelles du volcanisme du Piton des Neiges ;
- remontées localisées et partielles (?) des eaux en charge à la faveur de discontinuités verticales ou obliques interrompant le toit imperméable (dykes fissurés, fractures ouvertes) ;
- exutoires :
 - . remontées localisées → débit exploité par les Thermes
→ surverse dans la nappe phréatique
 - . circulations profondes → nappe(s) interstratifiée(s), exutoires en mer indépendants ou diffusion dans la nappe de base.

IV - 2.3 Relations hydrauliques possibles entre les eaux thermominérales, les eaux froides et le forage H-CIL

L'alimentation des différents aquifères se fait à partir des mêmes zones d'infiltration ; la différenciation ultérieure résulte des cheminements individualisés des eaux souterraines (superficiels et à moyenne profondeur pour les eaux froides ; à grande profondeur pour les eaux thermominérales).

Les relations hydrauliques entre les eaux thermominérales et les eaux froides sont possibles :

- à la faveur de circulations ascendantes des eaux thermominérales sur les faisceaux de dykes fissurés lorsque la charge de ces eaux est supérieure à celle des eaux froides de surface (cas des Thermes) ;
- à la faveur de circulations per descensum des eaux froides sur les mêmes discontinuités structurales lorsque la charge des eaux thermominérales est inférieure à celle des nappes d'eaux froides.

En l'état actuel des connaissances, il faut retenir les hypothèses suivantes :

- la première nappe perchée connue aux Trois Mares est isolée des Sources des Thermes ;
- le site du forage H-CIL est situé en aval-écoulement des Thermes pour ce qui concerne l'hydrodynamique des eaux thermominérales ;
- la nappe phréatique des Trois Mares possède une charge piézométrique plus élevée que celle des Sources des Thermes (estimation au droit du forage H-CIL)
- l'existence de niveaux géophysiques résistants au droit du forage H-CIL est un facteur favorable à la présence d'eaux souterraines mais ne signifie pas que ces aquifères existent ;
- la géométrie des horizons portant les eaux thermominérales est parfaitement inconnue.

En conséquence, il est possible de dresser un bilan estimatif des nuisances envisageables, associés à l'exécution du forage et de prévoir les mesures adéquates pour réduire ou éliminer ces nuisances :

- ➔ l'exécution d'un forage crée un drain vertical artificiel qui met en communication les divers niveaux aquifères traversés ;
- ➔ la nappe phréatique sera masquée par un tubage avec cimentation de l'espace annulaire du sabot à la surface ; cette technique élimine toute possibilité de communication hydraulique avec les horizons sous-jacents ;
- ➔ les éventuels aquifères sous-jacents seront testés puis isolés temporairement ou définitivement (tubage de travail avec packer d'étanchéité, tubage et cimentation avec réduction du diamètre de l'outil pour la suite du forage,...) ;
- ➔ si les horizons porteurs des eaux thermominérales sont rencontrés au-dessus de la cote de fond d'ouvrage prévu, ils seront isolés comme ci-dessus ; l'équipement du forage, permettra encore la reconnaissance des niveaux inférieurs ;
- ➔ si les eaux thermominérales sont touchées en fond d'ouvrage, la partie inférieure du forage sera cimentée ;

→ en fin de travaux, le forage pourra être entièrement cimenté, tubé en partie ou en totalité, laissé en parois nues,... ; le choix sera établi en fonction des données collectées au cours des travaux.

Dans chacune des hypothèses, le système des eaux thermominérales restera ou sera isolé ; la réalisation de l'ouvrage de reconnaissance au lieu-dit les Trois Mares ne provoquera aucune conséquence préjudiciable à l'exploitation des Thermes dans la mesure où l'entreprise de forage gardera la possibilité de cimenter l'ouvrage sur la hauteur forée.

Nous rappellerons en dernier lieu qu'il n'est en aucune façon envisagé d'exploiter les eaux thermominérales au moyen du forage H-CIL ; ces eaux ne sont pas potables et s'avèrent donc impropres à l'alimentation publique, leur exploitation doit être réservée à des fins uniquement médicales.

CONCLUSIONS

Les mécanismes hydrauliques des eaux souterraines existantes ou supposées du sous-sol du cirque de Cilaos sont pratiquement inconnus. Les données sur l'hydrogéologie de cette région concernent quelques émergences, captées ou non, et la nappe phréatique au droit des Trois Mares ; ailleurs, les géométries et les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères sont incertaines.

Il faut toutefois retenir qu'un ouvrage de reconnaissance exécuté conformément aux règles de l'art ne présente pas de danger pour l'équilibre hydraulique local. Les risques encourus sont connus et les moyens employés pour en éliminer les effets appartiennent aux techniques usuelles du forage d'eau.

Les conditions hydrogéologiques locales connues ou supposées ne permettent pas d'affirmer que les formations portant les eaux thermales et celles de la paléo-vallée géophysique sont hydrauliquement indépendantes ; toutefois, d'après des considérations d'ordre structural et géomorphologique, les hypothèses de travail retenues sont :

- le site de forage est en aval-écoulement (s'il existe) des Sources des Thermes
- quelque soient les positions respectives des nappes d'eaux froides et thermominérales, les techniques de forage classiques permettent d'isoler chacun des systèmes aquifères rencontrés.

L'exécution de l'ouvrage de reconnaissance dans le respect des règles de l'art n'aura aucune conséquence sensible durable sur l'exploitation des Sources des Thermes.

Une éventuelle mise en exploitation d'un aquifère qui aurait été reconnu au cours de cette campagne d'étude, sera subordonnée à l'acquisition de données suffisantes prouvant l'absence d'incidence du projet sur l'exploitation des Thermes.

En l'état actuel des connaissances, aucun schéma d'exécution et d'équipement définitif n'est proposé pour le forage H-CIL ; la campagne de reconnaissance envisagée a pour objectif l'acquisition de données sur l'hydrogéologie de l'Ilet de Cilaos, les résultats acquis seront alors exploités pour valoriser les eaux souterraines découvertes et préserver la qualité des ressources connues.