



Société des eaux minérales de Vittel

**Délimitation des périmètres de protection
des captages d'eaux minérales
de Pisoos - Moura et de Campilho**

(Portugal)

Z. Alamy

Décembre 1991

R 34 003 4S/EAU

BRGM
SERVICE SOL ET SOUS-SOL
Département Eau
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél : (33) 38 64 34 34

RÉSUMÉ

Le BRGM a été chargé par la Société des eaux minérales de Vittel d'une expertise en hydrogéologie en vue de déterminer les périmètres de protection autour des captages d'eau minérale de Pisos Moura et de Campilho au Portugal. La lettre de commande est datée du 04 juillet 1991.

Sur le site de Pisos, le périmètre intermédiaire est un cercle centré sur les captages et d'un rayon de 500 m. Le périmètre élargi est formé par le bassin versant amont. Une ressource complémentaire profonde n'est pas disponible au droit des captages de Pisos.

Sur le site de Campilho, le périmètre intermédiaire est un cercle, centré sur les captages et d'un rayon de 300 m. Le périmètre éloigné n'a pas été déterminé sur ce site.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
1 - SITE DE PISOES - MOURA.....	6
1.1 - Situation.....	6
1.2 - Géomorphologie.....	6
1.3 - Formations géologiques	6
1.4 - Les aquifères.....	9
1.5 - Inventaire des points d'eau	9
1.6 - Les captages de Pisos - Moura	12
1.7 - Le bassin d'alimentation	12
1.8 - Le pompage d'essai	12
1.9 - Délimitation des périmètres de protection.....	18
1.9.1 - Les périmètres immédiats	18
1.9.2 - Le périmètre rapproché (intermédiaire)	18
1.9.3 - Périmètre de protection éloigné	19
1.10 - Qualité chimique des eaux souterraines	19
1.11 - Recommandations pour l'usine de Pisos - Moura	20
1.12 - Ressources souterraines profondes mieux protégées	21
1.13 - Conclusion.....	21
2 - SITE DE CAMPILHO - VIDAGO	22
2.1 - Situation.....	22
2.2 - Périmètres de protection.....	22
2.2.1 - Périmètre immédiat	22
2.2.2 - Périmètre intermédiaire.....	22
2.2.3 - Périmètre éloigné (élargi).....	22
2.3 - Variations du débit des forages.....	25
2.4 - Conclusion.....	25
BIBLIOGRAPHIE.....	26

LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 1 - Inventaire des points d'eau.

Tabl. 2 - Teneurs en nitrates.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Carte de situation.

Fig. 2 - Carte géologique - PISOCS - Moura.

Fig. 3 - Carte d'inventaire des points d'eau - PISOCS.

Fig. 4 - Le site et les captages de PISOCS.

Fig. 5 - Coupe et équipement du puits n° 6 - PISOCS.

Fig. 6 - Coupe et équipement du puits n° 7 - PISOCS.

Fig. 7 - Puits n° 6 (au fond) et n° 5 (en avant).

Fig. 8 - Source n° 1 - Lieu de visite.

Fig. 9 - Limite des bassins versants - PISOCS.

Fig. 10 - Périmètre immédiat du P6.

Fig. 11 - Période d'entretien.

Fig. 12 - Carte de situation - Vidago.

Fig. 13 - Jeunes vignes à proximité du FC2 - ville de Vidago.

Fig. 14 - Culture du maïs près du FC2.

INTRODUCTION

La Société des eaux minérales de Vittel a demandé au BRGM une expertise hydrogéologique sur les captages de Vidago et de Moura au Portugal.

La mission demandée était essentiellement la délimitation des périmètres de protection autour des captages.

La lettre de commande, datée du 04 juillet 1991, nous a été adressée par M. BEHAGUE, représentant de la Société Vittel auprès de la "Sociedade das Aguas de Pisos - Moura SA".

1 - SITE DE PISOES - MOURA

1.1 - SITUATION

La ville de Moura est située au sud du Portugal, aux coordonnées approximatives suivantes (fig. 1) :

X = 7° 27'

Y = 38° 03'

Z = 200 m

Beja, la ville la plus importante de cette région appelée Alentejo, est située à 200 km environ de Lisbonne, au sud-ouest de Moura par la route nationale 260.

1.2 - GÉOMORPHOLOGIE

La région se partage entre deux unités, la montagne de Portel au nord, et la plaine du bas Alentejo au sud, séparées par un accident tectonique majeur, la faille de Vidigueira. Cette fracture, orientée sensiblement E-W, passe à 4 km environ au nord du site de Pisos (fig. 2). Cette faille marque un escarpement entre les deux unités avec des différences d'altitude de l'ordre de 150 à 200 m.

Le Rio Guadiana s'écoule du nord-est au sud-ouest le long de cet escarpement en formant de larges méandres, avant de se diriger plein sud. L'altitude du site de Pisos est de l'ordre de 170 m. Le plateau qui culmine au sud-est vers 275 m s'incline légèrement vers le nord en direction du Rio Ardila et vers l'ouest en direction du Rio Guadiana.

1.3 - FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Les principales roches rencontrées sont carbonatées. Du haut vers le bas, les formations géologiques sont les suivantes :

- dépôts récents : constitués par des alluvions actuelles et des dépôts de pente. Ils jalonnent le cours du Rio Guadiana et de ses affluents, ainsi que l'escarpement ;
- dépôts du Plio-Pléistocène : formés de quatre niveaux de terrasses fluviales qui encadrent les rios sur leurs parcours, ainsi que d'un placage de graviers détritiques avec des intercalations sablo-argileuses que l'on retrouve au sud-est de Pisos ;
- le Miocène - Complexe de Moura :
 - calcaire de Moura et de Arrancadas : ce calcaire lacustre s'étend autour de Moura et sur la rive gauche du Rio Guadiana,
 - dépôts détritiques grossiers : formés de sable grossier à ciment argileux avec des lentilles conglomératiques,
 - sables de Moura : sable fin à ciment argileux à marneux ; leur épaisseur dépasse rarement les 30 m ;

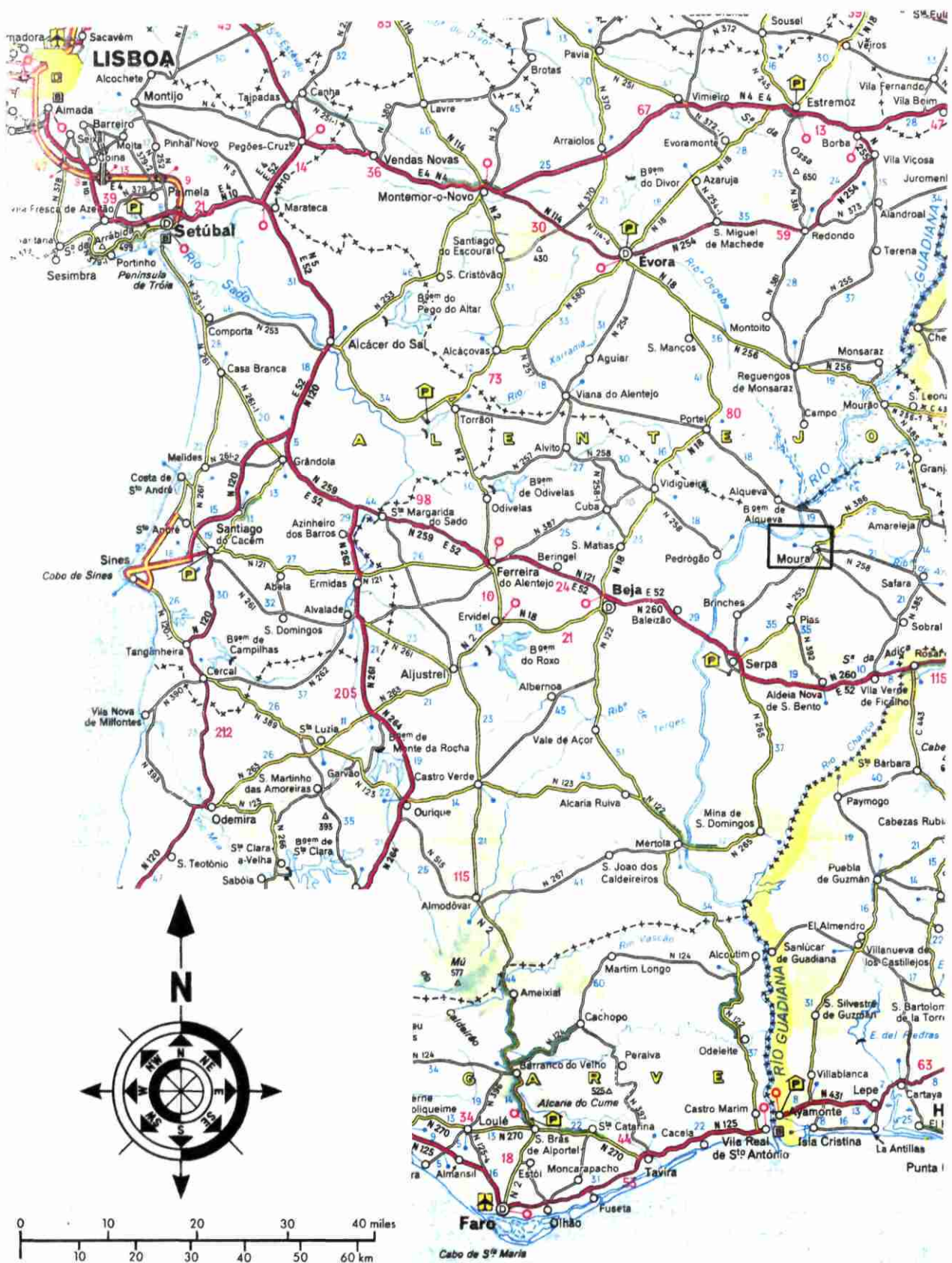
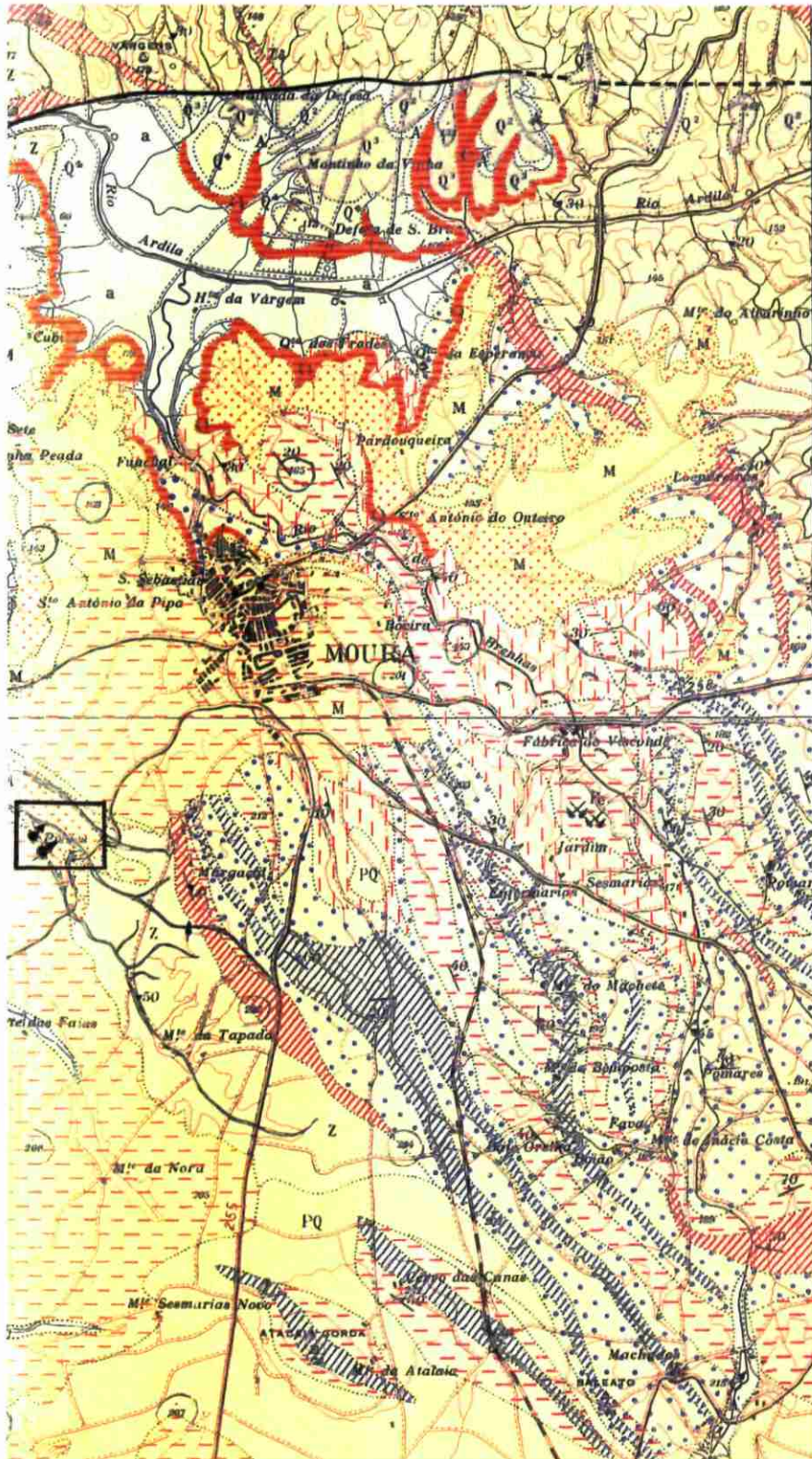


Fig. 1 - Carte de situation.



- a-A' Aluviões actuais e depósitos de vertente
- Q⁰ 12-15
- Q¹ 25-35
- Q² 50-60
- Q³ 80-90
- Depósitos de terraços fluviais
- PQ Cascalheiras com intercalações argilo-arenosas
- M Calcários de Moura e Arrancadas
- M Depósitos de detritos grosseiros
- M Arenitos de Moura
- Depósitos de detritos grosseiros
- Calcários
- Rochas verdes
- Z Micxistos
- Quartzitos e metachertes
- Calcários e dolomitos
- Rochas quartzo-feldspáticas (xistos, gnaisses)
- Xistos luzentes e quartzitos negros (*) (série negra) incluindo leptinitos (**)
- rochas verdes (****) e calcários (****)

Escala de 1:50 000



Fig. 2 - Carte géologique - Pisos - Moura.

- le Paléogène - Complexe de Marmelar :
 - dépôt détritique grossier : sable moyen à grossier à ciment argilo-ferrugineux. Cette formation ne dépasse pas 20 m d'épaisseur,
 - calcaire : formation compacte plus ou moins dolomitisée légèrement sableuse.
 Ce complexe de Marmelar affleure au nord de Moura, le long des coteaux entaillés par le Rio Guadiana. Cette formation constitue le réservoir aquifère de la région ;
- les séries cristallophylliennes, azoïques, très diverses, d'âge indéterminé. Ces roches métamorphiques, très diverses, se rencontrent principalement à l'est et au sud de Moura. Elles constituent le substratum des formations sédimentaires sus-jacentes.

Elles débutent, au sommet, par des "roches vertes" (schistes) et par des micaschistes. Les séries sous-jacentes sont constituées de quartzites et de calcaires dolomitiques qui reposent sur des schistes et des gneiss.

1.4 - LES AQUIFÈRES

Les sources d'eau minérale ("minéro-médicinales") sont captées dans les formations de calcaire fissuré du Miocène. L'eau est mise en charge par la couverture argileuse et limoneuse et par le calcaire non fissuré sous-jacent.

Ces eaux sont artésiennes et s'écoulent en surface à l'occasion d'un forage.

Le calcaire fissuré constitue à la fois le réservoir et le lieu de transfert des eaux souterraines. Le calcaire métamorphique "paléogénique" constitue l'impluvium et le réservoir qui alimente cet aquifère. C'est un calcaire massif, fissuré, mais non karstifié.

1.5 - INVENTAIRE DES POINTS D'EAU

Une visite du site a été effectuée du 8 au 12 juillet 1991. Elle a permis de dresser une carte non exhaustive des forages réalisés dans les environs des captages de Pisoos - Moura (tabl. 1 et fig. 3). Au nombre de 27 pour ceux que nous avons pu recenser au moment de la visite, ils sont, pour la plupart, réalisés à des fins d'alimentation en eau domestique.

De nombreux autres puits ou forages doivent exister dans la région ; qu'ils soient plus anciens ou réalisés sans sondeuse, ils n'en constituent pas moins un danger pour l'exploitation de Pisoos - Moura.

Un puits agricole, non exploité, existe d'ailleurs à quelques kilomètres (2 à 3) au sud-ouest du site de Pisoos. Sans margelle, ni protection d'aucune sorte, il constitue un danger de pollution permanent pour les captages de Pisoos.

La majorité de ces forages ou puits anciens ne sont pas réellement dangereux pour le maintien de la ressource. Les variations de niveau liées à des mises en exploitation de quelques forages ne sont dues qu'à des transmissions d'une dépression qui se fait beaucoup plus rapidement que le transfert de masse (d'eau).

Cette variation de niveau est aussi la preuve de la captivité de la nappe exploitée, et donc de sa relative protection.

Numéro	Nom	Propriétaire	Profondeur (m)	Débit (m ³ /h)	Utilisation
1	FORCA	Jaime conceiçã Pilonas	50	6	Irrigation domestique
2	FORCA (Pedreira)	Gato	-	-	Sans utilisation
3	FORCA	João	60	10	Idem
4	FORCA	Daniel	-	-	Irrigation
5	FORCA	João	-	-	Sans utilisation
6	CASTELLO 2	CMM	30	-	Idem
7	CASTELLO 1	CMM	30	-	Idem
8	S ^{to} Antonio da Pipa	Francisco Mendes	40	10	Industrielle
9	S ^{to} Antonio da Pipa	Francisco Mendes	40	300	Industrielle
10	San Francisco	CMM	45	30	Domestique
11	Santo Antonio	Maneiros	60	80	Irrigation
12	CRISTINA	-	80	20	Idem
13	CRISTINA	-	80	90	Idem
14	CORDEIRA	-	45	-	Idem
15	Rossio de São Luis	José Miguel Condeça Machado	60	5	Domestique
16	Rossio de São Luis	-	-	-	-
17	Rossio	Carlos Cavalo	35	-	Irrigation
18	-	-	-	-	Irrigation
19	Pomar de S° André	-	600	-	Sans utilisation
20	Enfemarias	-	-	-	Domestique
21	Enfemarias	-	-	-	Sans utilisation
22	MARGAÇAI	-	-	-	Idem
23	MARGAÇAI	-	-	-	Idem
24	Sao Laurenço	Alberto Esparteiro Umberto	40	6	Idem
25	Sao Laurenço	Caninas	-	-	Domestique
26	Fonte da Felha	CMM	-	200	AEP de Moura
27	-	Francisco Camacho	-	40	Irrigation

Tabl. 1 - Inventaire des points d'eau.

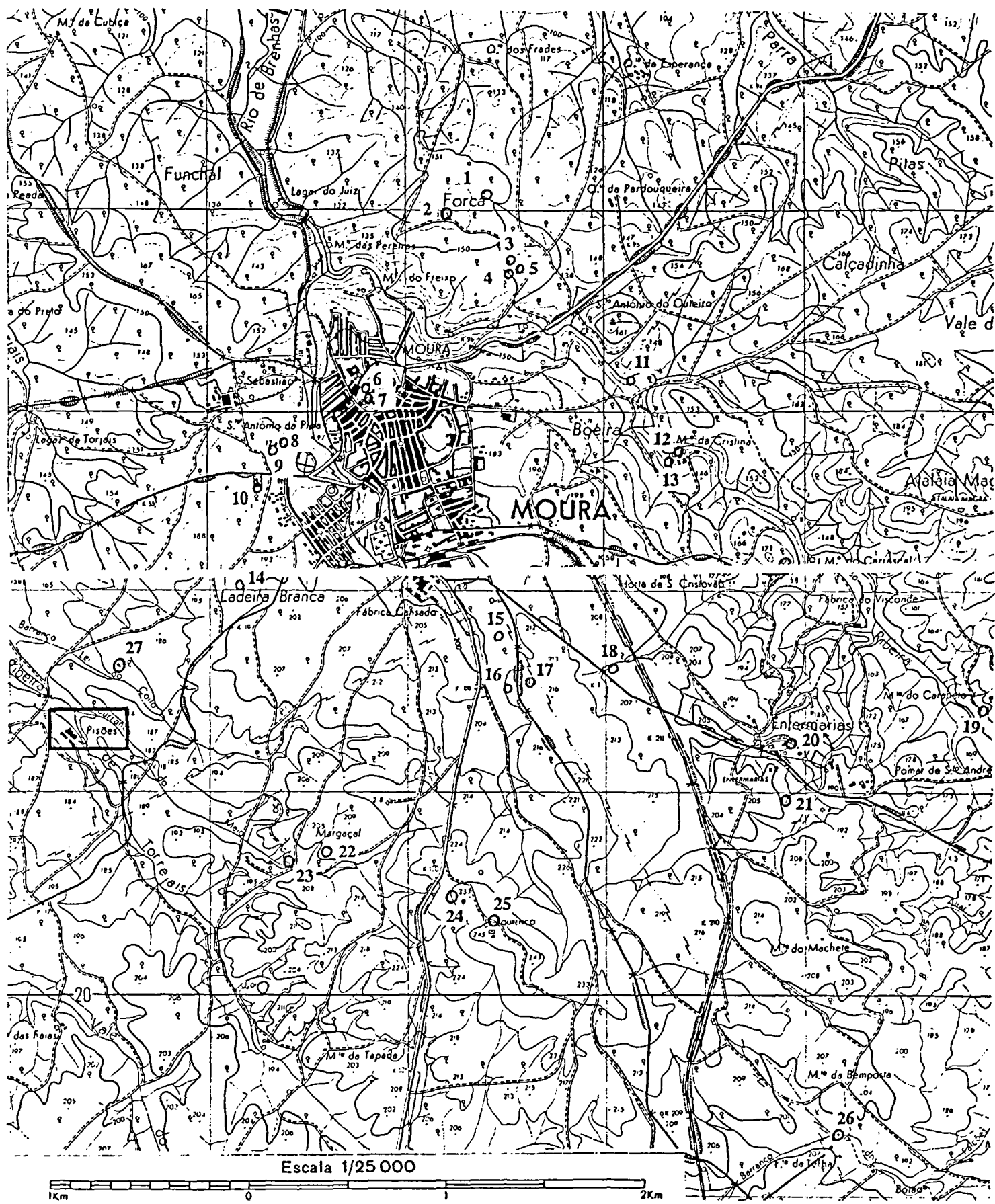


Fig. 3 - Carte d'inventaire des points d'eau - Pisoés.

1.6 - LES CAPTAGES DE PISOES - MOURA

Les captages sont au nombre de 3, les puits n° 5, 6 et 7 (fig. 4), parmi lesquels le puits n° 5 est hors - service :

- le puits n° 6, qui assure la production d'eau industrielle, a été creusé à une profondeur totale de 36 m (fig. 5). Il est constitué de bas en haut :
 - de 36 m à 29,40 m : d'un forage en tube plein de 36 à 29 m sur la hauteur des schistes et en tube crépiné de 29 à 9,40 m dans la masse du calcaire aquifère,
 - de 9,40 m à la surface, un puits traditionnel a été réalisé, qui perfore le calcaire sur 1,40 m et remonte à la surface à travers 8,0 m d'argile, de marnes et de terre végétale,
 - le niveau statique, légèrement artésien, est à 2,36 m ;
- le puits n° 7 a été creusé jusqu'à 19 m et constitue la ressource d'eau minérale. Il montre la coupe géologique suivante (fig. 6) :
 - 0,0 à 7,50 m : marnes argileuses légèrement sableuses,
 - 7,50 à 16,50 m : calcaire lacustre argileux et sableux,
 - 16,50 à 17,15 m : calcaire sableux,
 - 17,15 à 19,00 m : calcaire lacustre et matériaux détritiques schisteux,
 - le niveau statique varie de 4,25 m le matin à 2,30 m le soir ;
- le puits n° 5, situé à 13,75 m du puits n° 6, présente la même coupe géologique (fig. 7) ;
- la source n° 1, située à l'entrée de l'usine, est un site de visite et n'est pas exploitée

1.7 - LE BASSIN D'ALIMENTATION (fig. 9)

Le bassin général est celui du Rio Ardila, affluent du Rio Guadiana.

La ville de Moura est située sur la berge gauche du Rio de Brenhas, dont le bassin versant a une extension de 18 km² environ.

D'après les coupes géologiques et les réactions des puits en cours de pompage, l'aquifère calcaire est captif sous une formation argileuse et marneuse. Toutefois, cette couverture n'est pas continue et le calcaire affleure en différents secteurs. Tous ces affleurements, s'ils sont situés en amont des captages de Pisos, constituent autant de pollutions potentielles.

1.8 - LE POMPAGE D'ESSAI

Un pompage d'essai a été réalisé le 11 juillet sur le puits n° 6, le n° 5 étant utilisé comme piézomètre.

La durée du pompage moyen a été de 5 h, tandis que la remontée a été observée sur une durée de 4h30. Le débit de pompage moyen a été de 28 m³/h. Les rabattements observés ont été de 2,75 m en P6 et de 1,5 m en P5, distants de 13,75 m l'un de l'autre.

La transmissivité calculée est de $2,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s et le coefficient d'emmagasinement de $2 \cdot 10^{-3}$.

Sachant que l'épaisseur de la formation aquifère est de 11 m, la perméabilité est donc de $2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s.

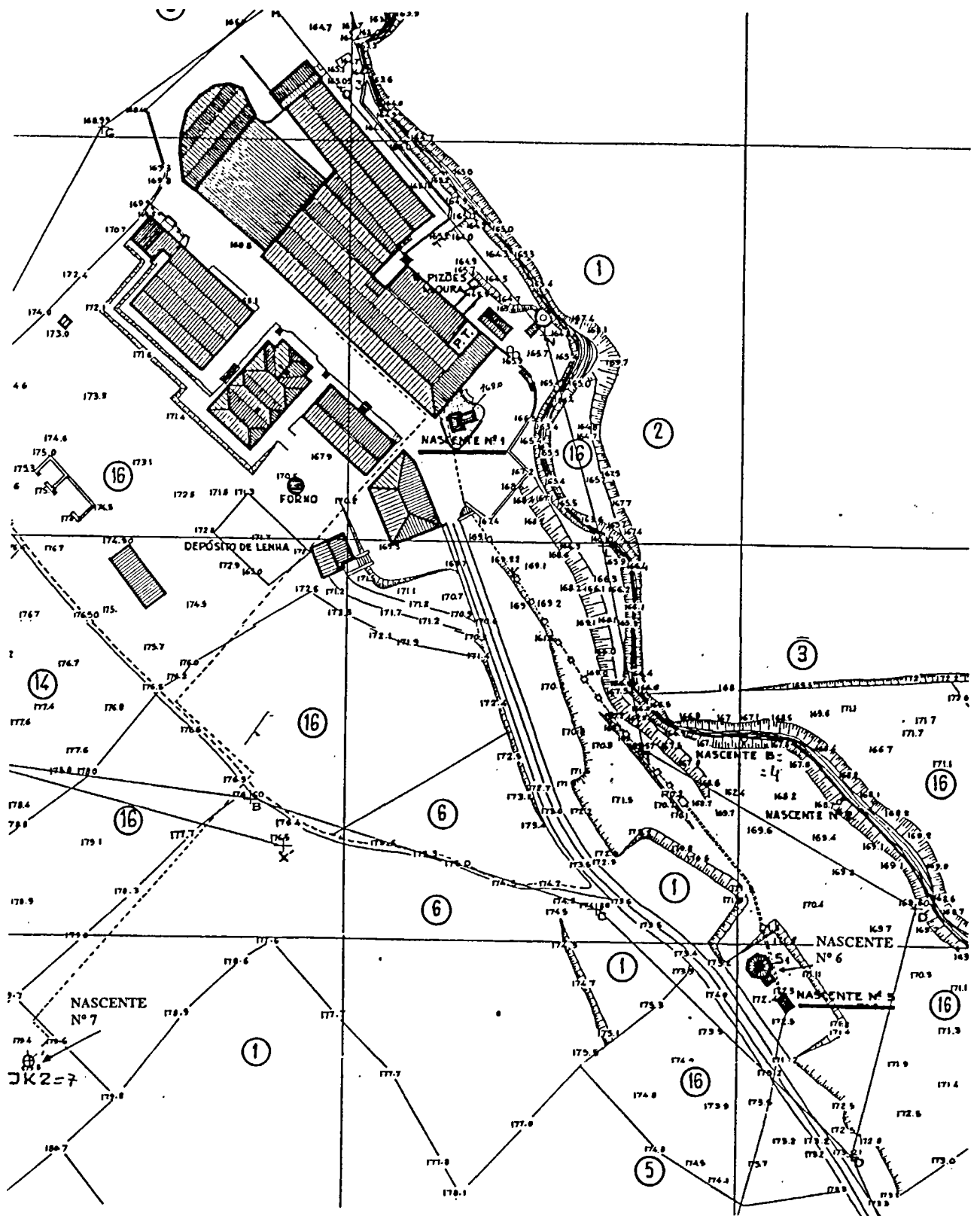


Fig. 4 - Le site et les captages de Pisos.

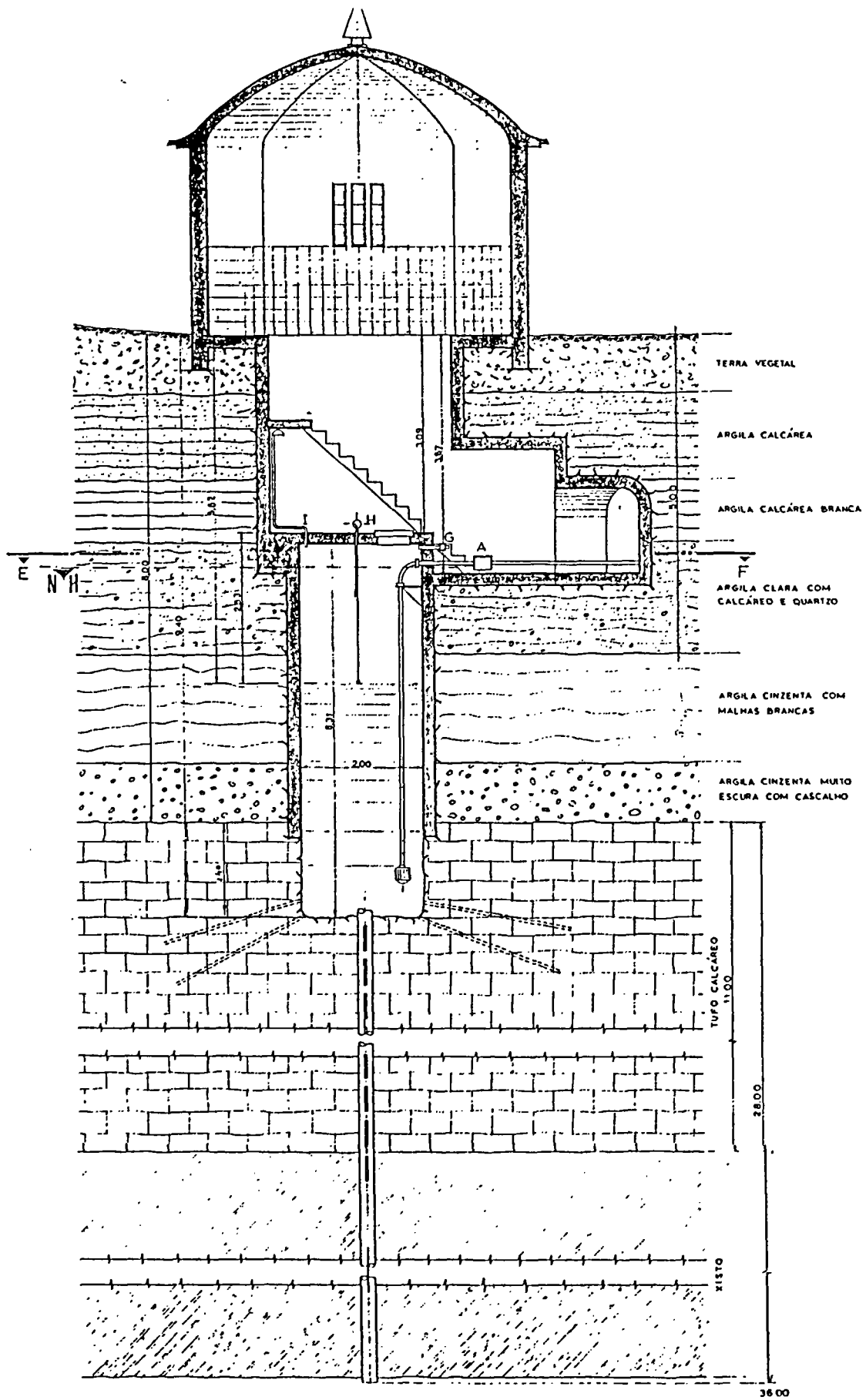


Fig. 5 - Coupe et équipement du puits n° 6 - Pisos.

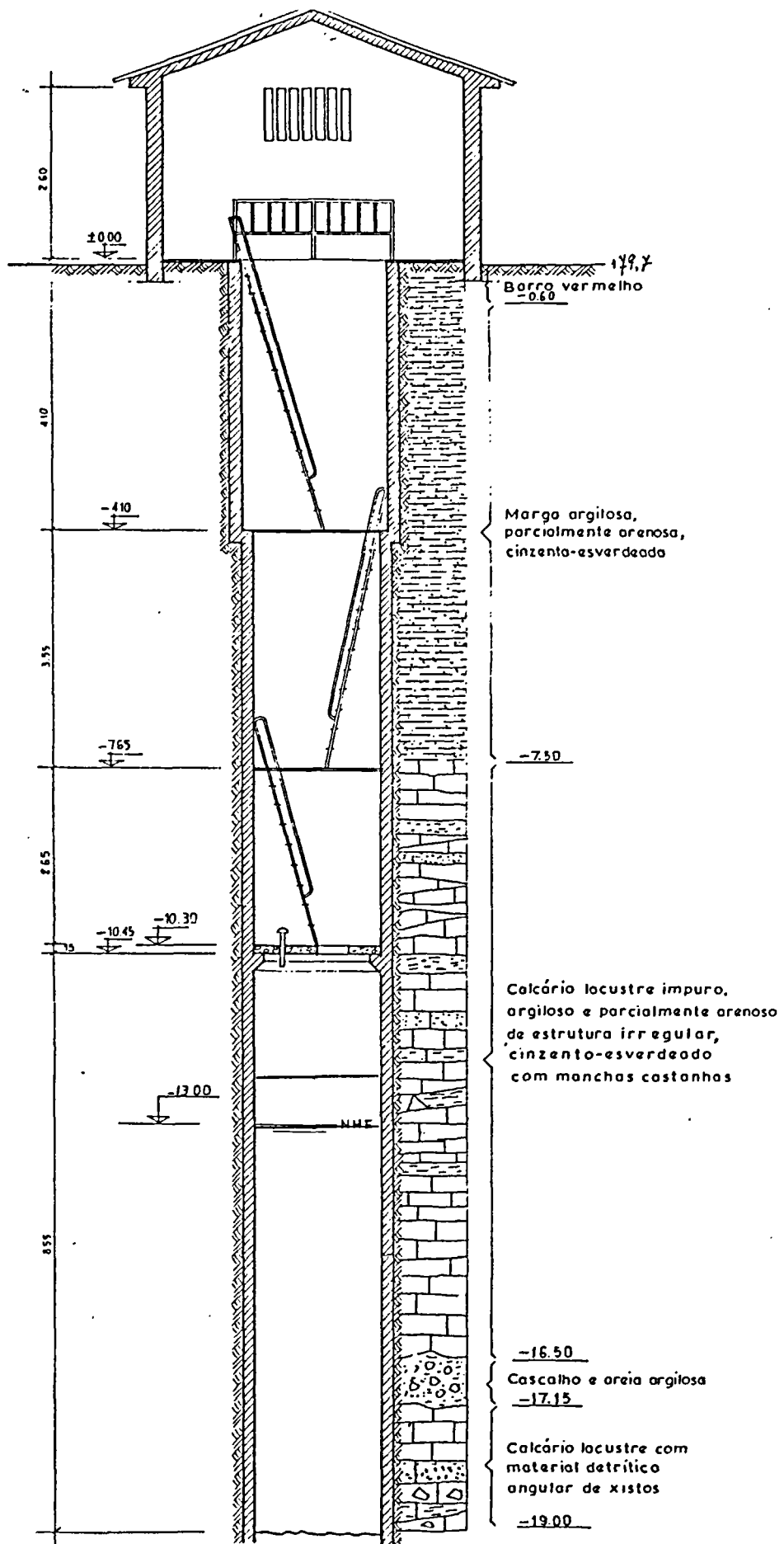


Fig. 6 - Coupe et équipement du puits n° 7 - Pisoës.



Fig. 7 - Puits n° 6 (au fond) et n° 5 (en avant).

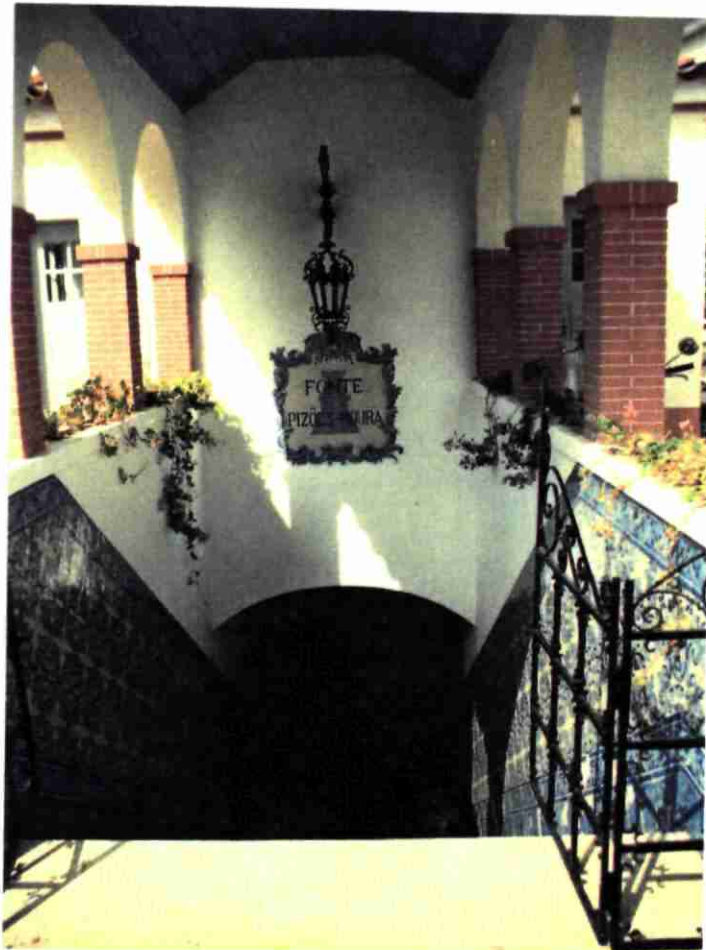


Fig. 8 - Source n° 1 - Lieu de visite.

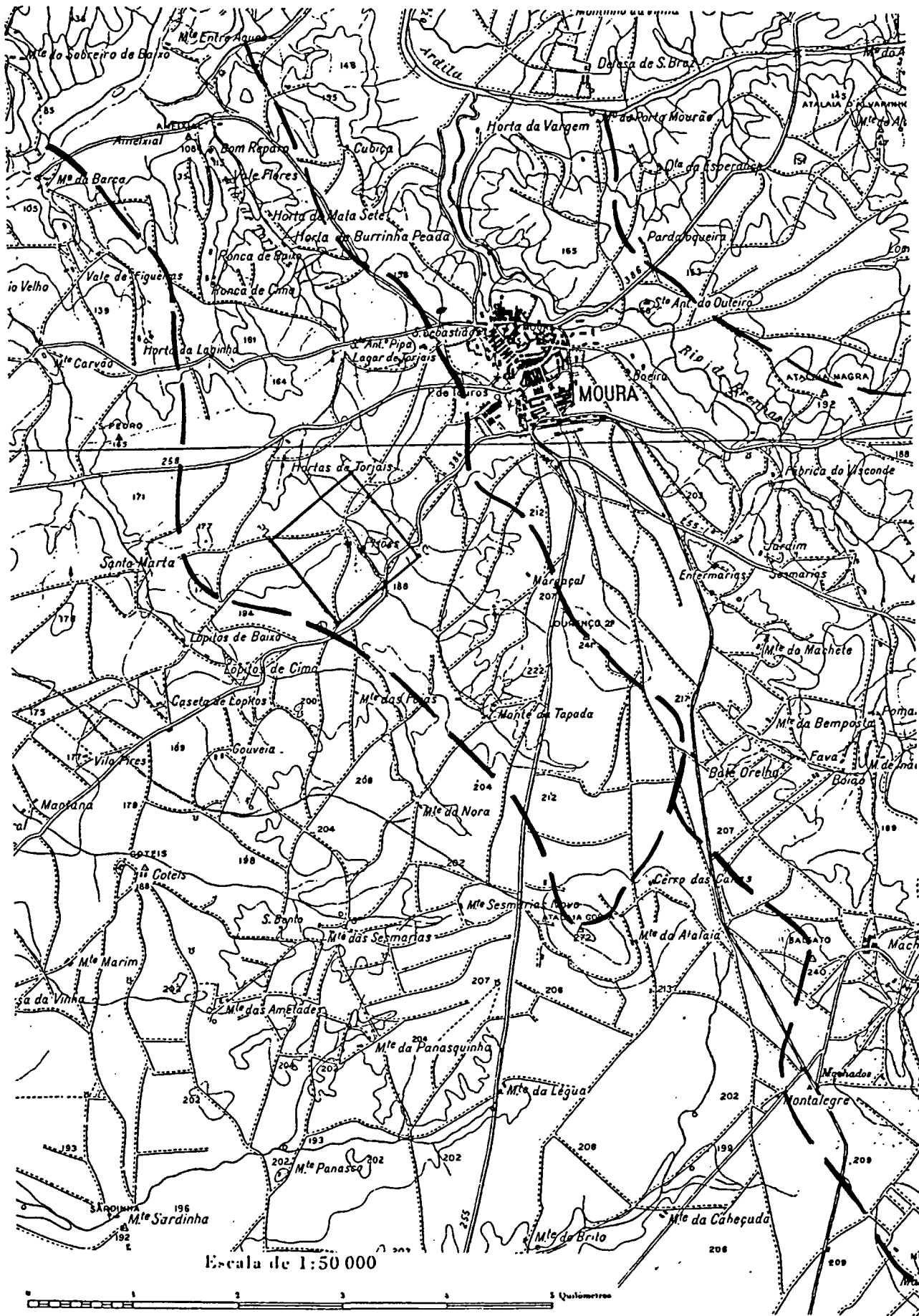


Fig. 9 - Limite des bassins versants - Pisos.

1.9 - DÉLIMITATION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

Les trois périmètres prévus par la législation portugaise, et qui seront définis, sont :

- périmètre immédiat ;
- périmètre intermédiaire ;
- périmètre élargi.

1.9.1 - Les périmètres immédiats

Ils sont délimités autour des puits exploités et grillagés, interdisant l'accès aux forages.

Ces périmètres sont suffisants, mais ils devront être protégés des eaux superficielles ou des pollutions accidentelles (renversement de citerne) par un fossé drainant ou un muret pour tous les puits (fig. 10).

Les sujétions qui se rapportent à la "zone immédiate de protection" sont indiquées dans l'article 42 du décret - loi n° 90/90 du 16 mars 1990.



Fig. 10 - Périmètre immédiat du P6.

1.9.2 - Le périmètre rapproché (intermédiaire)

Ce périmètre sera déterminé en calculant la distance correspondant à un temps de transfert d'une pollution égal à 10 jours. Durant le pompage d'essai réalisé sur le puits n° 6, les caractéristiques hydrodynamiques permettent d'évaluer la distance à 500 m en utilisant la méthode itérative de Hofmann et Lillich. Comme l'aquifère est captif, cette distance est à

reporter comme le rayon d'un cercle de 500 m de rayon autour de l'usine de PISOES - Moura. Nous retrouvons ainsi les limites précédemment inscrites dans les documents originaux de l'usine.

A l'intérieur de ce périmètre, les activités seront interdites pour les prélèvements d'eau et quant aux activités polluantes. Ainsi y seront interdits le forage de puits, l'exploitation de carrières, de ruines, le dépôt d'ordures et de tout produit susceptible d'altérer la qualité de l'eau, ainsi que l'installation de canalisations, de réservoirs ou de dépôts d'hydrocarbures liquides ou gazeux. Les activités agricoles y seront réglementées et les pratiques agricoles revues à la lumière de l'augmentation de la teneur en nitrates.

1.9.3 - Périmètre de protection éloigné

L'ensemble du bassin versant en amont du captage constitue le périmètre éloigné. Les activités humaines devront y être réglementées et limitées à l'agriculture non intensive et aux activités non polluantes.

Les forages d'eau devront y être réglementés avec l'avis d'un géologue agréé par les services administratifs.

1.10 - QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

Lors de la visite du site, les eaux du P6 présentait les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

- température : 19,4 °C ;
- pH : 7,3 ;
- Eh : + 7 mV ;
- conductivité : 1590 µS/cm ;
- oxygène dissout : 8,5 mg/l.

Les teneurs en nitrates analysées durant l'année 1991 n'ont pas montré de variation significative ni alarmante. Elles demeurent dans le domaine d'incertitude de l'analyse, avec quelques pics, la moyenne étant autour de 18 mg/l. Toutefois, cette teneur subit une lente augmentation ainsi que le montre le tableau 2 ci-dessous.

Année	1961	1978	1991
Teneur (mg/l)	8,5	13	18

Tabl. 2 - teneurs en nitrates.

La progression est donc réelle et une utilisation plus intensive des terres agricoles entraînera irrémédiablement une rapide augmentation de la teneur actuelle.

Il faut également souligner que les nitrates migrent lentement de la surface vers la nappe (0,5 m/an dans la craie de Champagne). Donc la pollution (en nitrates) des années à venir est déjà latente dans le sol. Des prélèvements de sol à différents niveaux, accompagnés d'une analyse de l'eau extractible le démontreraient aisément.

1.11 - RECOMMANDATIONS POUR L'USINE DE PISOES - MOURA

Le site industriel devra fortement contrôler les entrées de produits toxiques ou dangereux à l'intérieur de l'usine. Le stockage des produits, ainsi que les périodes d'extraction devront se faire avec un contrôle accru quant à l'épandage des produits pétroliers sur le sol de l'usine (fig. 11).



Fig. 11 - Période d'entretien.

1.12 - RESSOURCES SOUTERRAINES PROFONDES MIEUX PROTÉGÉES

La coupe géologique consultée au Serviço de Fomento Mineiro de Bejà ne permet pas d'espérer, dans le périmètre de protection intermédiaire de l'usine, de disposer de ressources profondes non vulnérables. Cette possibilité existe plus à l'est, à l'occasion du plongement des couches géologiques et de la constitution d'un aquifère profond.

1.13 - CONCLUSION

Le périmètre de protection immédiat est correctement délimité sur le terrain ; il devra toutefois être complété de mesures de protection spécifiques contre les déversements accidentels. Ce périmètre intermédiaire, constitué par un cercle de 500 m de rayon (ou un carré) a déjà été délimité sur les documents précédents.

Ce périmètre élargi est formé par l'ensemble du bassin versant, en amont des captages.

La teneur en nitrates est lentement croissante depuis les analyses de 1961 et indiquent une vulnérabilité de la nappe et une semi - captivité de l'aquifère. Les activités agricoles intensives devront être interdites sur l'ensemble du périmètre de protection.

Une ressource en eau souterraine profonde et mieux protégée n'est pas possible au droit de l'usine. Pour ce faire, il faudrait reporter l'exploitation à l'est de Moura dans les formations aquifères profondes (synclinal).

2 - SITE DE CAMPILHO - VIDAGO

2.1 - SITUATION

La ville de Vidago est située au nord du Portugal, aux coordonnées approximatives suivantes (fig. 12) :

– X = 1° 34' ;

– Y = 41° 38' ;

– Z = 340 m.

La description géologique a été rédigée dans l' "étude de la vulnérabilité des eaux minérales de Campilho Vidago (Nord Portugal)" daté de 1987.

2.2 - PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

2.2.1 - Périmètre immédiat

Constitué par l'enceinte de l'usine, il semble suffisant. Chaque forage est protégé des eaux de ruissellement par une dalle de béton de 2 m de rayon.

Les seules pollutions qui sont à craindre dans ce périmètre sont constituées par le transformateur à huile situé sur le site, ainsi qu'une fosse de vidange en béton.

2.2.2 - Périmètre intermédiaire

Les différents essais de pompage n'ont pas mis en évidence de communication entre les forages pompés et la rivière. Cette dernière constitue le principal danger de pollution accidentelle du voisinage.

Un forage a été creusé par un propriétaire privé en face de l'usine. Suite à l'obtention d'eau gazeuse, l'exploitation à des fins agricoles (jardinage) semble être abandonnée. De telles pratiques devront être sérieusement contrôlées et interdites. En plus, le ou les forages existants devront être soigneusement fermés et obturés à l'argile et au ciment afin d'éviter la pollution des eaux souterraines par la biais de ces percements.

Un périmètre de protection, centré sur l'usine et d'un rayon de 300 m, devrait être le garant de telles activités. A l'intérieur de ce périmètre, les forages seront rigoureusement interdits.

2.2.3 - Périmètre éloigné (élargi)

Dans le contexte du site de Campilho, ce périmètre n'a pas de raison d'être. Toutefois, un accord avec l'école d'agriculture mitoyenne devrait permettre d'éviter l'utilisation de produits phytosanitaires sur les secteurs voisins du forage FC2. Ainsi, si la vigne ne constitue pas une menace potentielle, la culture du maïs est quant à elle plus problématique (fig. 13 et 14). Une réglementation des pratiques culturales devra permettre de protéger la qualité de la ressource de Campilho.



Fig. 12 - Carte de situation - Vidago.



Fig. 13 - Jeunes vignes à proximité du FC2 - ville de Vidago.



Fig. 14 - Culture du maïs près du FC2.

2.3 - VARIATIONS DE DÉBIT DES FORAGES

Une comparaison des débits d'eau et de gaz carbonique (CO₂) dans les forages FC1 et FC2 montre clairement une évolution parallèle et inverse. L'augmentation de la pression de gaz s'accompagne d'une baisse lente et régulière des débits d'eau.

2.4 - CONCLUSION

Le périmètre de protection immédiat est constitué par l'enceinte du site industriel. Le périmètre intermédiaire sera constitué par un cercle de rayon 300 m centré sur l'usine. Le périmètre éloigné ne sera pas déterminé sur ce site. Les pratiques agricoles de l'école d'agriculture voisine, ainsi que les forages d'eau devront être réglementés dans le voisinage des forages. La diminution du débit d'eau s'accompagne d'une augmentation des teneurs en gaz carbonique.

BIBLIOGRAPHIE

ALAMY Z. (1987) - Etude de la vulnérabilité des eaux minérales de Campilho Vidago (Nord Portugal). Rap. BRGM 87 PRT 070 EAU. (BRGM, BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France).

BARROS e CARVALHOSA (1970) - Carta geologica de Portugal. Ministerio da economia. Direcção general de minas e serviços geológicos.

CORNET G. (1979) - Etude hydrogéologique des sources minérales de Pises - Moura, Portugal. Rap. BRGM 79 AGE 033.

FERREIRA DA SILVA A.J. (1903) - As aguas minero-medicinaes de Moura no Alemtejo. Memoria e estudo chimico. Oficinas do "Commercio do Porto".

SERVIÇO GEOLOGICO DE PORTUGAL (1989) - Carta Hidrogeológica do Sul de Portugal. Ministerio da industria e energia. Direcção geral de geologia e minas. Rua de Academia das Ciencias, 19-2º, 1200 Lisboa - Portugal.