

# BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

## SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 66.06.60

DEPARTEMENT DE LA MOSELLE

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

Alimentation en eau potable  
de la ville de METZ

---

Implantation de nouveaux puits  
consécutive à la mise en place  
de l'échangeur autoroutier A.4 - A.31

---

Etude sur papier conducteur

---

Mai 1974

G. CHALUMEAU - A. GRAILLAT



**Service géologique régional NORD - EST**

Le Longeau, Rozérieulles - 57160 Moulins-lès-Metz

Tél.: (87) 60.31.45

## R E S U M E

La Direction Départementale de l'Équipement de la Moselle nous a chargé d'implanter cinq puits dans la nappe alluviale de la Moselle, à proximité de la ligne des captages de Metz-Nord.

Pour ce faire, un modèle analogique sur papier conducteur a été réalisé par le laboratoire de modèles analogiques de Strasbourg (S.G.A.L.). Cinq configurations ont été testées, montrant l'influence des cinq puits sur la ligne de captages existants. L'influence est minimale lorsque les cinq puits sont alignés entre le canal et la Moselle. Cependant, la meilleure solution serait de répartir les 75 m<sup>3</sup>/h demandés sur l'ensemble de la soixantaine de puits composant la ligne de captages.

# S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION</u>	
1 - LE DOMAINE D'ETUDE	1
1.1. Les conditions hydrogéologiques	1
1.2. Les pompages	1
1.3. Les sablières	2
2 - LE MODELE	2
2.1. Principe de la méthode	2
2.2. Description du modèle	3
3 - HYPOTHESES DE TRAVAIL	4
3.1. Hypothèses concernant les conditions aux limites	4
3.2. Hypothèses concernant les conditions à l'intérieur du champ	5
3.3. Hypothèses concernant la phase d'étalonnage	5
3.4. Hypothèses concernant les manipulations	5
4 - DOCUMENTS PRESENTES	7
5 - RESULTATS	8
5.1. L'étalonnage	8
5.2. Les manipulations	8
5.2.1. Première configuration	8
5.2.2. Deuxième configuration	8
5.2.3. Troisième configuration	9
5.2.4. Quatrième configuration	9
5.2.5. Cinquième configuration	9

## CONCLUSION

## L I S T E D E S A N N E X E S

- Annexe 1 - Carte piézométrique de référence (octobre 1972)
- Annexe 2 - Carte des rabattements. Première configuration
- Annexe 3 - Carte des rabattements. Deuxième configuration
- Annexe 4 - Carte des rabattements. Troisième configuration
- Annexe 5 - Carte des rabattements. Quatrième configuration
- Annexe 6 - Carte des rabattements. Cinquième configuration

Figure page 3 - schéma de principe du modèle

## INTRODUCTION -

La construction de l'échangeur autoroutier A.4 - A.31 sur le périmètre de protection de la zone de captages d'eau potable de la ville de Metz située à l'est de Maizières-les-Metz, a conduit à la suppression de 5 puits (N° 86 - 87 - 88 - 89 et 90) de la ligne de captage.

Les nouveaux puits de remplacement, au nombre de 5 devront être implantés de préférence à l'est de la ligne de captage le plus près possible de celle-ci et de la station de pompage d'Hauconcourt. Les débits demandés par puits sont de 15 m<sup>3</sup>/h. Par ailleurs, l'implantation de ces nouveaux puits devra être déterminée de façon à perturber le moins possible les captages actuels et à s'éloigner le plus possible des causes éventuelles de pollution et de perturbation telles que les gravières et les voies de communication (canal, autoroute).

La présente étude réalisée sur modèle doit permettre de définir la position optimale des 5 nouveaux puits à réaliser et les répercussions des pompages sur les niveaux piézométriques en régime permanent.

Le modèle a été réalisé au Laboratoire d'Analogie Electrique du Service Géologique d'Alsace et de Lorraine par Monsieur A. GRAILLAT Ingénieur d'étude.

## 1 - LE DOMAINE D'ETUDE -

### Annexe 1.

#### 1.1. Les conditions hydrogéologiques

Le secteur étudié se situe sur la rive gauche de la Moselle entre le canal des Mines et l'agglomération de Maizières-les-Metz.

Il correspond aux alluvions de la Moselle de nature sablo-graveleuse plus ou moins riche en argile d'épaisseur de l'ordre de quelques mètres dont 2 à 3 mètres mouillés.

Les données concernant les caractéristiques hydrodynamiques du milieu poreux sont quasi-inexistantes. Toutefois, une étude sur modèle (1) a déjà été effectuée dans la partie sud du secteur. L'objectif était de préciser l'influence des sablières sur la nappe alluviale de la Moselle.

Pour ce faire, il avait été procédé à un étalonnage du modèle qui montrait d'une part que la valeur de la transmissivité est d'environ  $3.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s et d'autre part que les gravières n'étaient pas colmatées.

La piézométrie est donnée par la carte piézométrique établie en octobre 1972 (2) qui sera prise comme référence. Elle met en évidence le rôle d'alimentation de la nappe par le canal.

#### 1.2. Les pompages

Les puits d'alimentation en eau potable de la ville de Metz sont disposés selon un profil nord-sud et reliés entre eux par un système de siphons.

---

(1) M.D.I.S. Exploitation des sablières SABLOR. Zone de Maizières-les-Metz (57). Etude sur modèle analogique de l'influence des sablières sur la nappe de la Moselle. SGAL Juillet 1973

(2) Commission Départementale de la Nappe Alluviale de la Moselle Ministère de l'Agriculture - SRAEL - Carte piézométrique - secteur 11 - 12

Les débits maximaux ont été prélevés en 1972, année à partir de laquelle les débits soutirés ont tendance à diminuer.

En octobre 1972, période de référence pour laquelle on dispose de la carte piézométrique, les débits totaux étaient de l'ordre de 6 000 m<sup>3</sup> par jour.

### 1.3. Les sablières

De part et d'autre de la ligne de puits il existe des sablières qui englobent une partie importante du domaine alluvial. A la lumière des résultats acquis dans l'étude citée au chapitre 1.1. on peut considérer que leurs berges ne sont pas colmatées.

## 2 - LE MODELE -

### 2.1. Principe de la méthode

Le principe de la méthode repose sur les identités d'expression mathématique des équations régissant les circulations de l'eau dans un milieu poreux (loi de Darcy, équation de continuité, équation de diffusivité de l'hydrodynamique) et du courant électrique dans un milieu conducteur (loi d'Ohm, équation de continuité, équations de Maxwell de l'électricité).

De ces équations on dégage les relations d'équivalence et les rapports d'analogie suivants :

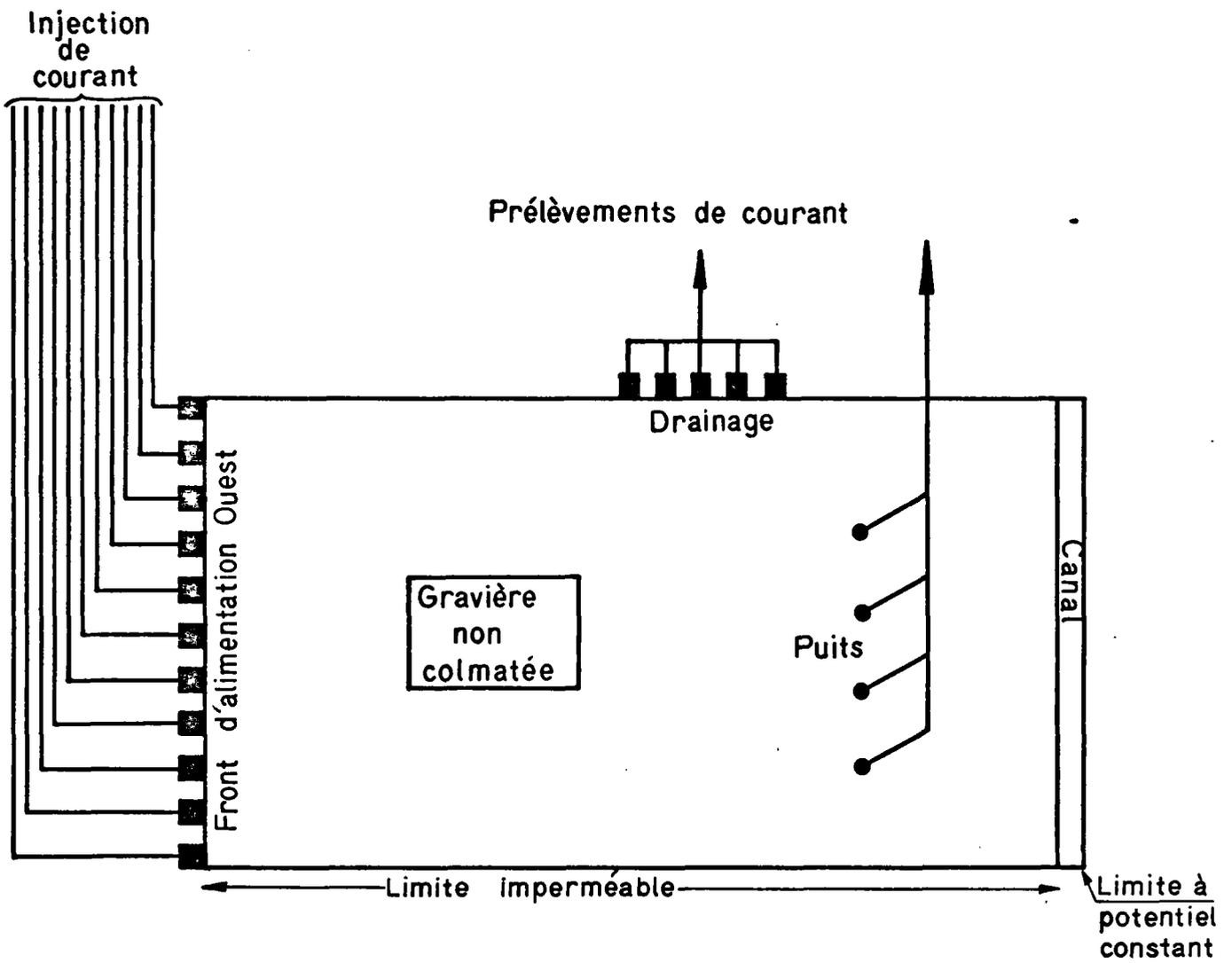
$$e1 = \frac{U}{h} = \frac{\text{Potentiel électrique}}{\text{charge hydraulique}} \quad (\text{V/m})$$

$$e2 = \frac{I}{q} = \frac{\text{Intensité électrique}}{\text{Débit hydraulique}} \quad (\text{A/m}^3/\text{sec.})$$

$$e3 = \frac{q}{v} = \frac{\text{Charge électrique}}{\text{volume hydraulique}} \quad (\text{C/m}^3)$$

$$e4 = \frac{te}{tr} = \frac{\text{Temps électrique}}{\text{temps réel}} \quad (\text{sans dimensions})$$

# SCHEMA DE PRINCIPE DU MODÈLE



e5 = Echelle géométrique de réduction du domaine réel.

Toutefois, le modèle étant réalisé à l'aide de papier conducteur ne permet de simuler que des états permanents. En conséquence, seuls les rapports d'analogie, appelés communément facteurs d'échelles, e1, e2 et e3, seront utilisés.

Entre e1 et e2, on établit la relation de correspondance suivante :

$$e1 = e2 \times T \times R$$

où T est la transmissivité (K x h) du milieu aquifère en m<sup>2</sup>/s et R est la résistance en ohms du papier conducteur utilisé.

## 2.2. Description du modèle

Le papier conducteur se présente sous la forme de rouleaux de papier métallisé de faible épaisseur, de résistivité voisine de 2 500  $\Omega$  cm.

Il s'agit d'un simulateur de type continu destiné à l'étude des écoulements plans et permanents.

Le papier conducteur a été découpé suivant le contour du secteur étudié représenté en annexe 1.

Dans le cas présent, on peut distinguer deux types de limite : voir schéma de principe ci-contre).

a) limite étanche représentée par un isolant = le papier est alors simplement découpé,

b) limite conductrice représentée :

- soit par une électrode portée à un potentiel constant si la limite est à charge hydraulique constante. L'électrode est alors représentée par une bande de papier peint à la laque d'argent,

- soit par une série d'électrodes d'injection de courant si la limite est à débit constant.

### 3 - HYPOTHESES DE TRAVAIL -

#### 3.1. Hypothèses concernant les conditions aux limites

Les hypothèses adoptées sont celles déjà prises en considération dans l'étude citée précédemment.

A l'ouest, on suppose qu'il existe un front d'alimentation à débit constant et correspondant à celui de la période de référence (octobre 1972).

A l'est, la limite est représentée par le canal et compte-tenu qu'il est en bonne connection avec la nappe, cette limite est mise à potentiel constant.

La limite sud du secteur étudié est perpendiculaire aux courbes équipotentielles, les débits transitant à travers cette limite sont donc nuls, ainsi elle est supposée imperméable.

La limite nord est plus complexe car les courbes piézométriques lui sont perpendiculaires à l'ouest et à l'est, elle est donc supposée imperméable à cet endroit. Par contre la partie centrale de cette limite correspond à une zone de drainage de la nappe vers le Nord, les débits transitant à travers cette

limite ne sont donc pas nuls, ainsi on a appliqué des conditions de débit.

### 3.2. Hypothèses concernant les conditions à l'intérieur du domaine

- Les puits existants sont tous simulés par des électrodes de prélèvements de courant reliées entre elles vu que les pompes s'effectuent par système de siphons.

- Les sablières existantes ont été simulées, seule l'hypothèse de non colmatage des berges a été envisagée. Cette hypothèse a été vérifiée de nouveau au cours de la phase de calage du modèle.

### 3.3. Hypothèse concernant la phase d'étalonnage

La phase d'étalonnage a consisté à reconstituer sur le modèle la piézométrie observée sur le terrain en appliquant les hypothèses sur les conditions aux limites et les conditions à l'intérieur du champ décrites précédemment.

L'état de référence pris en considération est celui de la nappe en octobre 1972, il est supposé stable.

### 3.4. Hypothèses concernant les manipulations

Les manipulations ont été effectuées en supposant :

- les débits constants aux limites à conditions de débits,
- les niveaux constants aux limites à conditions de niveaux.

- Les valeurs des débits et des niveaux étant celles de l'état de référence.

Les pompages ont été appliqués sur la ligne des puits les 5 puits à remplacer ayant été supprimés, et sur les 5 nouveaux puits à implanter.

Les débits des différents puits ont été calculés de la façon suivante :

- sur la ligne de captages existants en 1972 et comprenant 27 puits dans le domaine étudié le débit total était de :  $31.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s pendant la période de référence,

- si les 5 puits sont supprimés, le débit total à appliquer sur les 22 puits restants n'est plus que de  $25,5.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s,

- les 5 nouveaux puits à implanter doivent débiter chacun 15 m<sup>3</sup>/h, soit  $4,2.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s.

Sur les 22 puits de la ligne de captages on a simulé le système de pompage par siphon, alors que les nouveaux forages ont été simulés individuellement.

Les manipulations effectuées sont au nombre de 5, 4 configurations d'implantation des nouveaux forages ont été étudiées dont une a fait l'objet de 2 manipulations : dans la première, les 5 puits ont été simulés individuellement, dans la seconde les 5 puits ont été reliés entre eux par le système de siphon.

Le choix des configurations étudiées a été établi de façon à satisfaire aux différents impératifs déjà évoqués que

nous rappelons ci-après :

- se rapprocher au maximum de la station de pompage d'Haucourt pour des raisons économiques,

- s'éloigner suffisamment de la ligne actuelle de captages afin de ne pas provoquer de rabattement excessifs dans les puits,

- s'éloigner le plus possible des sources éventuelles de pollution telles que les sablières, l'autoroute et le canal.

De ce fait, la configuration qui apparaît la plus rationnelle est celle qui correspond à un alignement des 5 puits entre la route et le canal et parallèlement à ceux-ci.

D'autres configurations ont été étudiées, elles permettent en quelque sorte de "diversifier" les risques de pollutions du fait qu'elle correspondent à des solutions intermédiaires.

Toutefois, seul le secteur de la station de pompage a été retenu pour des raisons économiques évoquées précédemment et aussi parce que vers le centre et le sud du domaine étudié la présence de sablières interdit toute mise en place de puits.

#### 4 - DOCUMENTS PRESENTES -

Les résultats des manipulations sont présentés sous forme de cartes de rabattements du niveau piézométrique mesurés par rapport à la carte piézométrique de référence qui est celle d'octobre 1972.

## 5 - RESULTATS -

### 5.1. La phase d'étalonnage

Les résultats obtenus montrent que les débits transitant à travers la limite ouest sont du même ordre que ceux en provenance du canal. Des débits plus faibles (de l'ordre de 4 l/s) transitent du sud vers le nord à travers la limite nord dans sa partie centrale (zone de drainage de la nappe).

La valeur de la transmissivité retenue est de l'ordre de  $2.10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s donc plus faible que celle obtenue dans le modèle précédent, il semblerait donc que la transmissivité diminue lorsqu'on se déplace vers le nord le long de la ligne de captages.

### 5.2. Les manipulations

#### 5.2.1. Première configuration (annexe 2)

Les 5 puits sont disposés parallèlement à l'autoroute à une distance de 100 m à l'Est. Ils sont espacés de 75 m. Les débits unitaires sont de 15 m<sup>3</sup>/h.

Les rabattements obtenus sont de 2,50 m aux environs immédiats des puits.

Au droit de la ligne de captages, les rabattements sont d'environ 0,75 m.

#### 5.2.2. Deuxième configuration (annexe 3)

Les 5 puits sont disposés sur un même profil toutefois ils sont espacés de 150 m.

Les rabattements sont légèrement plus faibles, cependant ils atteignent 2 m au droit des puits, et de l'ordre de

0,70 m au droit de la ligne de captages existants.

#### 5.2.3. Troisième configuration (annexe 4)

Les puits sont toujours espacés de 150 m et répartis parallèlement à la ligne de captages actuelle mais de part et d'autre de celle-ci. A l'est, ils sont à une distance de 100 m de l'autoroute, à l'ouest ils sont à une distance de 150 m de la ligne de captage.

Les rabattements obtenus sont sensiblement plus importants que dans les configurations précédentes, ils sont de l'ordre du mètre au droit de la ligne de captages et assez loin à l'ouest du secteur.

#### 5.2.4. Quatrième configuration (annexe 5)

Les forages sont disposés en ligne mais cette fois perpendiculairement au canal et à la ligne de captages. Cette disposition a le mérite de mettre les forages assez près de la station de pompage, tout en les maintenant éloignés des gravières et du canal.

Toutefois, on note des rabattements très importants au droit de la ligne de captages (de l'ordre de 1,50 m).

#### 5.2.5. Cinquième configuration (annexe 6)

Compte-tenu du fait que cette dernière configuration a un intérêt certain vis à vis des risques de pollutions en raison de son éloignement des gravières et du canal, il est apparu intéressant d'effectuer une manipulation en simulant les 5 puits reliés entre eux par le système de siphon. Ce dispositif permet

une répartition des débits en fonction des possibilités de l'aquifère en chaque puits.

Les résultats obtenus montrent que les rabattements et leur répartition sont très peu différents, en particulier, les rabattements mesurés au droit de la ligne de captage restent de l'ordre de 1,50 m.

La part du débit en provenance des 2 forages situés entre le canal et l'autoroute est légèrement plus importante avec le système de siphon.

## CONCLUSION

Cette étude sur modèle à papier conducteur a permis de mettre en évidence l'influence sur la nappe des 5 nouveaux forages prévus. Plusieurs configurations ont été étudiées, elles ont été établies en fonction des impératifs suivants :

- rabattre le moins possible la nappe au droit de la ligne des captages,
- s'éloigner le moins possible de la station de pompage,
- s'éloigner le plus possible des sablières et du canal.

Compte-tenu de cet ensemble de conditions, il apparait que la configuration 2 est la plus favorable toutefois vu la faible épaisseur de l'aquifère, les rabattements aux alentours immédiats des forages sont excessifs.

De tels forages à débit unitaire de 15 m<sup>3</sup>/h en continu semblent difficilement réalisables. Les solutions proposées sont donc les suivantes :

- soit la configuration n° 2 proposée est retenue, mais dans ce cas les débits devront être sensiblement diminués,
- soit les débits demandés devront être prélevés sur l'ensemble de la ligne de captages. Cette solution semble envisageable du fait qu'un débit supplémentaire de 15 m<sup>3</sup>/h x 5 soit 75 m<sup>3</sup>/h pourrait être fourni par la soixantaine de puits composant la ligne d'autant plus que le débit total pris en considération pour octobre 1972 est de l'ordre de 250 m<sup>3</sup>/h et que le

débit de pointe serait de 600 m<sup>3</sup>/h.

Cette solution paraît la plus rationnelle car les débits supplémentaires de 75 m<sup>3</sup>/h appliqués sur toute la ligne de puits permettraient une répartition des rabattements sur la totalité des puits et éviterait ainsi des perturbations locales importantes.

**ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ**

IMPLANTATION DE NOUVEAUX PUIS  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

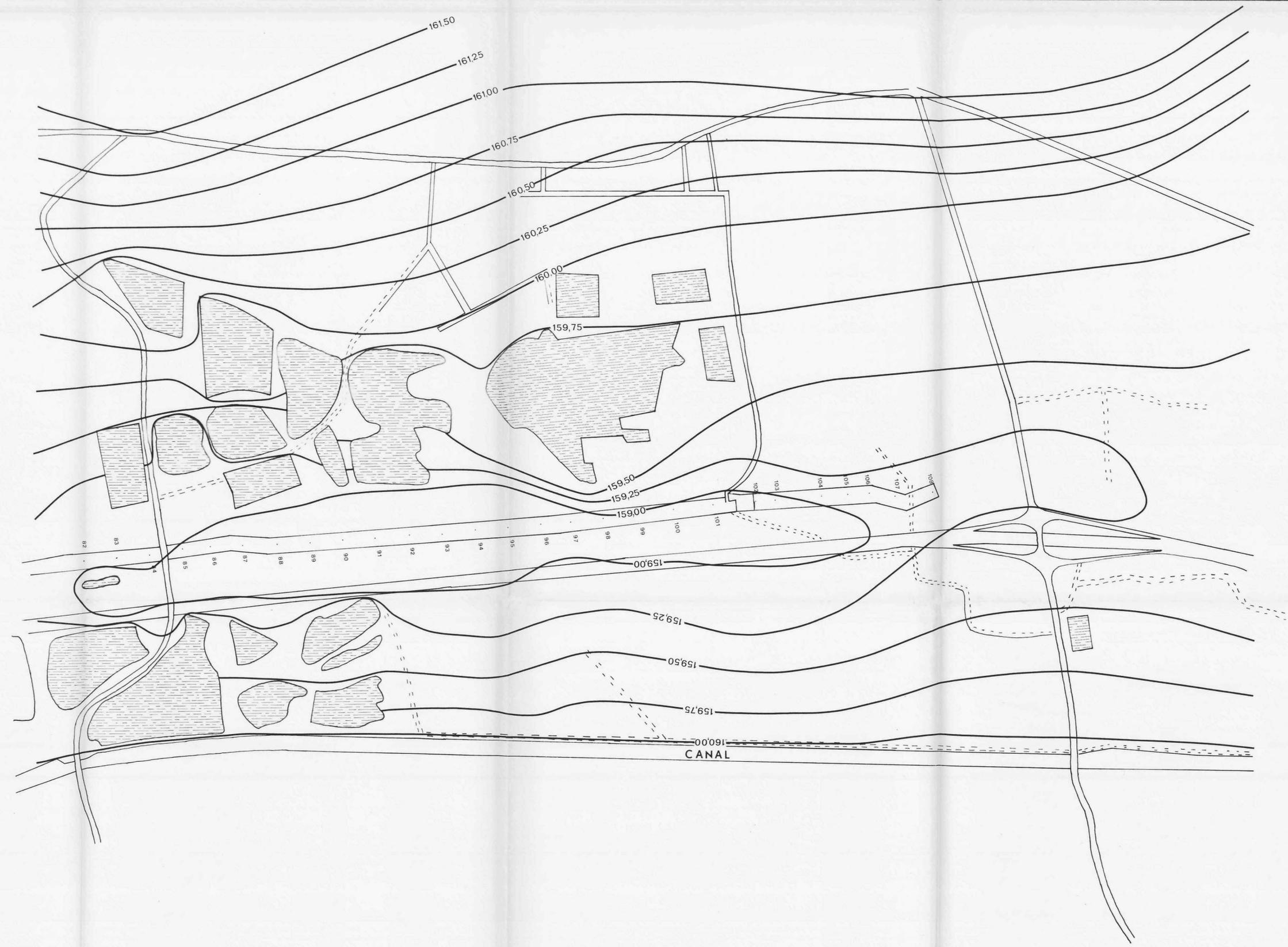
**CARTE PIEZOMETRIQUE DE REFERENCE  
OCTOBRE 1972**

ÉCHELLE: 1/5000

- LÉGENDE -

- 159,75 — Courbe isopièze et sa valeur en mètres
- Ligne de puits ( Extrait de la carte piézométrique SRAEL )
- ▨ Sablière

74 SGN 187 NES. B.R.G.M- Rozérieulles, mai 1974



ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ

IMPLANTATION DE NOUVEAUX PUIS  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

CARTE DES RABATTEMENTS

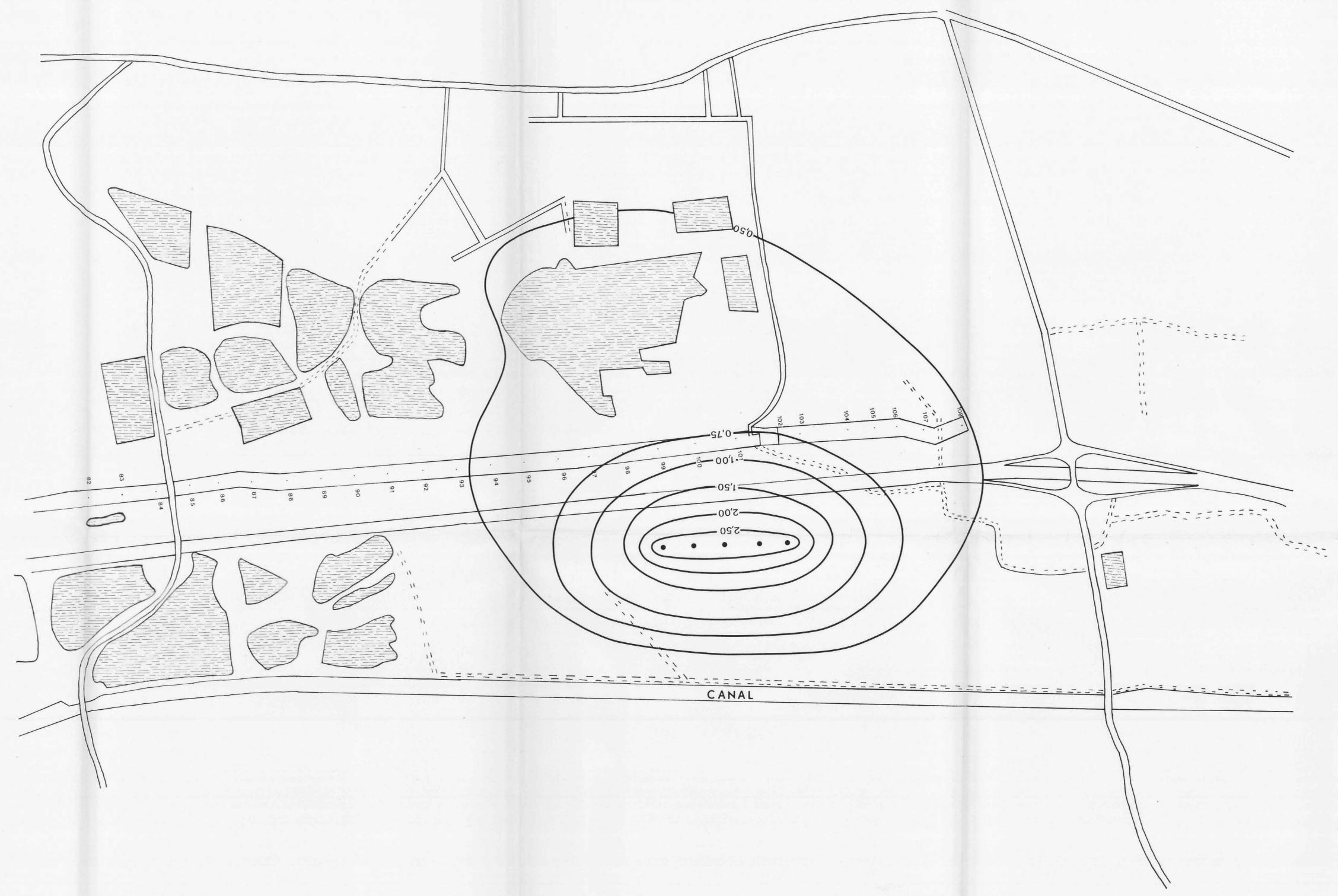
PREMIERE CONFIGURATION

ECHELLE: 1/5000

- LEGENDE -

- 100 — Courbe d'isobattement et sa valeur en m. mesurée par rapport à la carte piézométrique d'Octobre 1972
- Forage simulé individuellement (15m<sup>3</sup>/h)

74 SGN 187 NES. BRGM-Rozérieulles, mai 1974



ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ

IMPLANTATION DE NOUVEAUX Puits  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

CARTE DES RABATTEMENTS

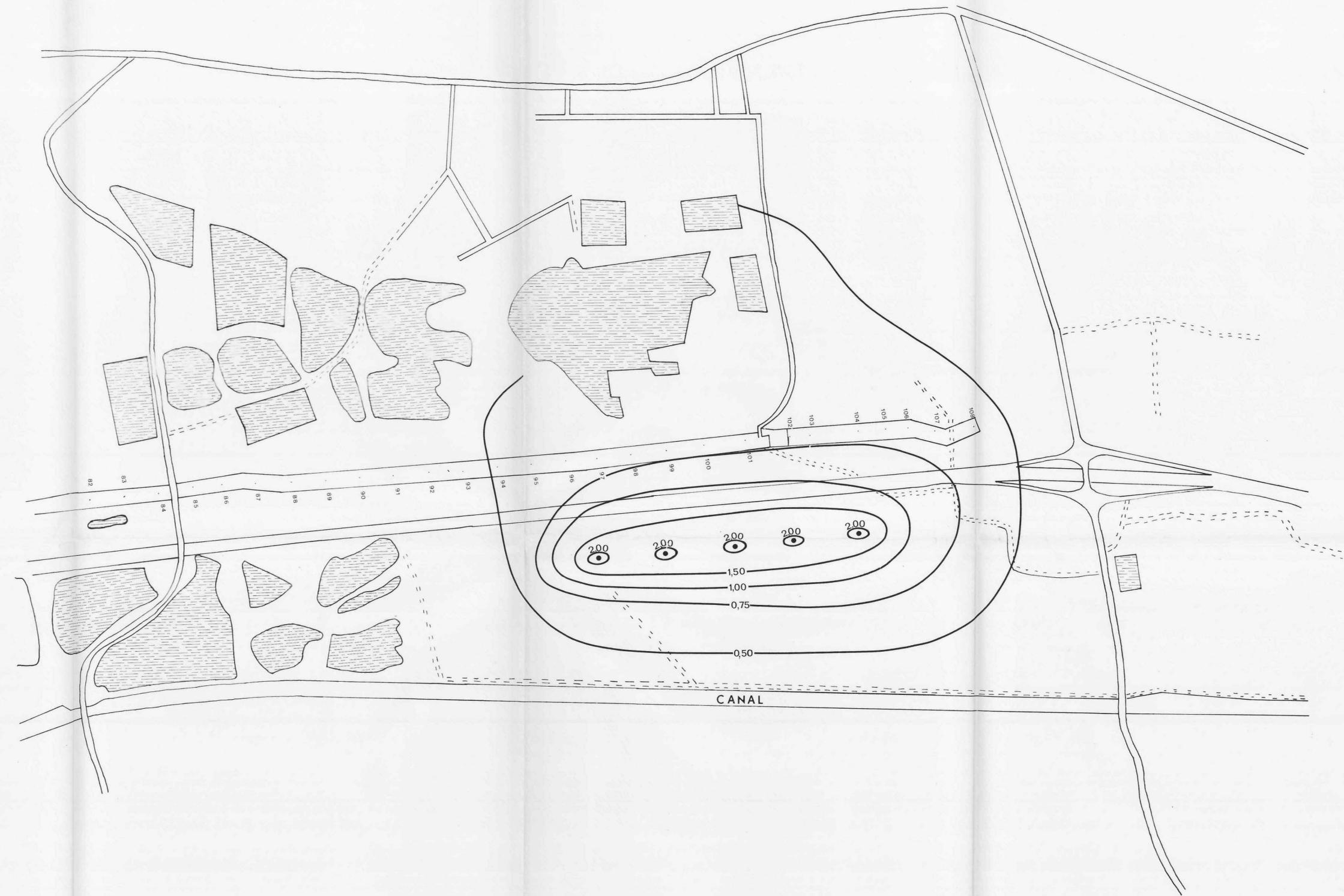
DEUXIEME CONFIGURATION

ÉCHELLE: 1/5000

- LÉGENDE -

- 100 — Courbe d'isorabattements et sa valeur en m. mesurée par rapport à la carte piézométrique d'Octobre 1972.
- Forage simulé individuellement (15 m<sup>3</sup>/h)

74 SGN 187 NES. BRGM-Rozérieulles, mai 1974



**ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ**

IMPLANTATION DE NOUVEAUX PUIS  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

CARTE DES RABATTEMENTS

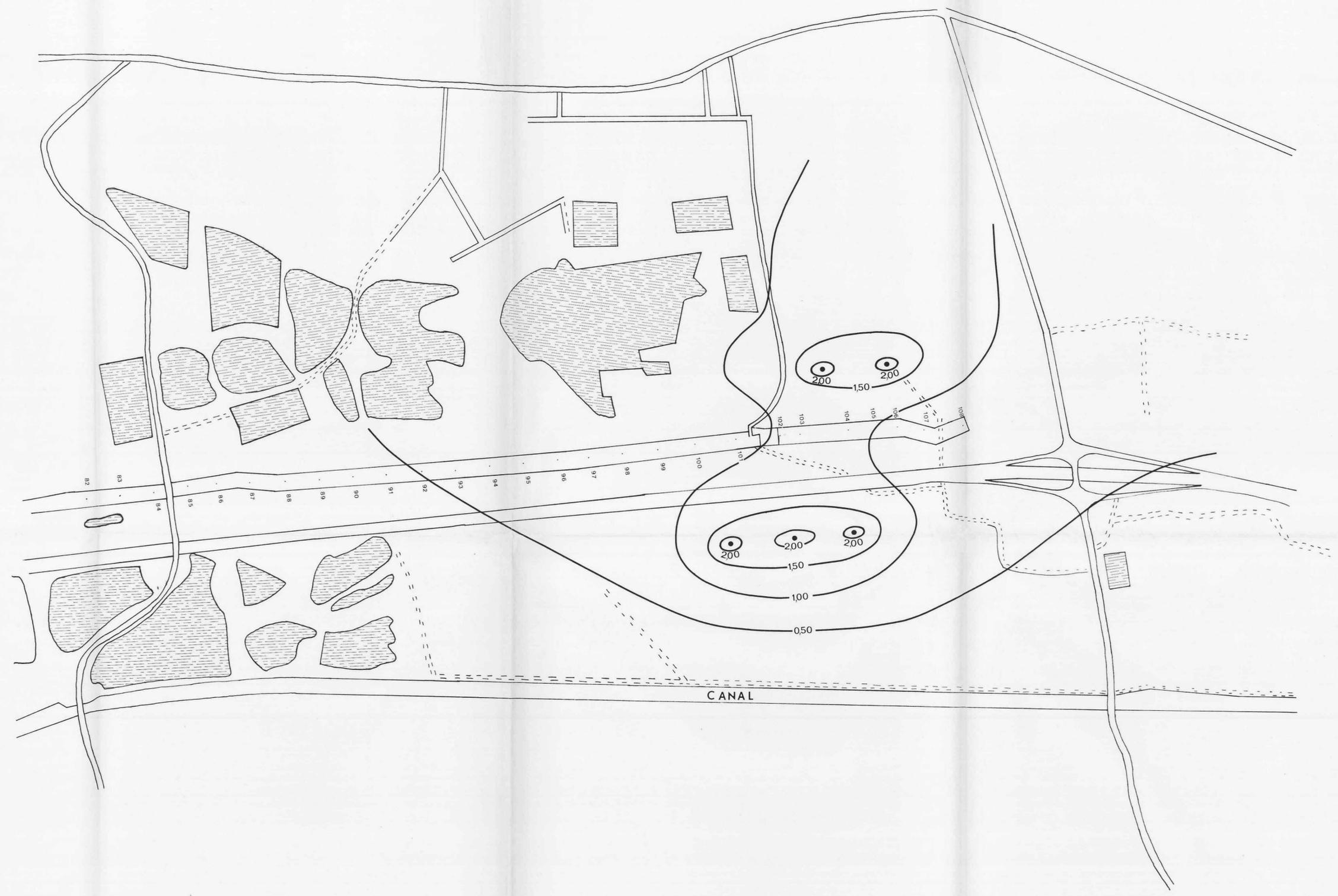
TROISIEME CONFIGURATION

ÉCHELLE: 1/ 5 000

- LÉGENDE -

- 1,50 ——— Courbe d'isorabattements et sa valeur en m. mesurée par rapport à la carte piézométrique d'Octobre 1972
- Forage simulé individuellement (15 m<sup>3</sup>/h)

74 SGN 187 NES. BR.G.M- Rozérieulles, mai 1974



**ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ**

IMPLANTATION DE NOUVEAUX PUIS  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

CARTE DES RABATTEMENTS

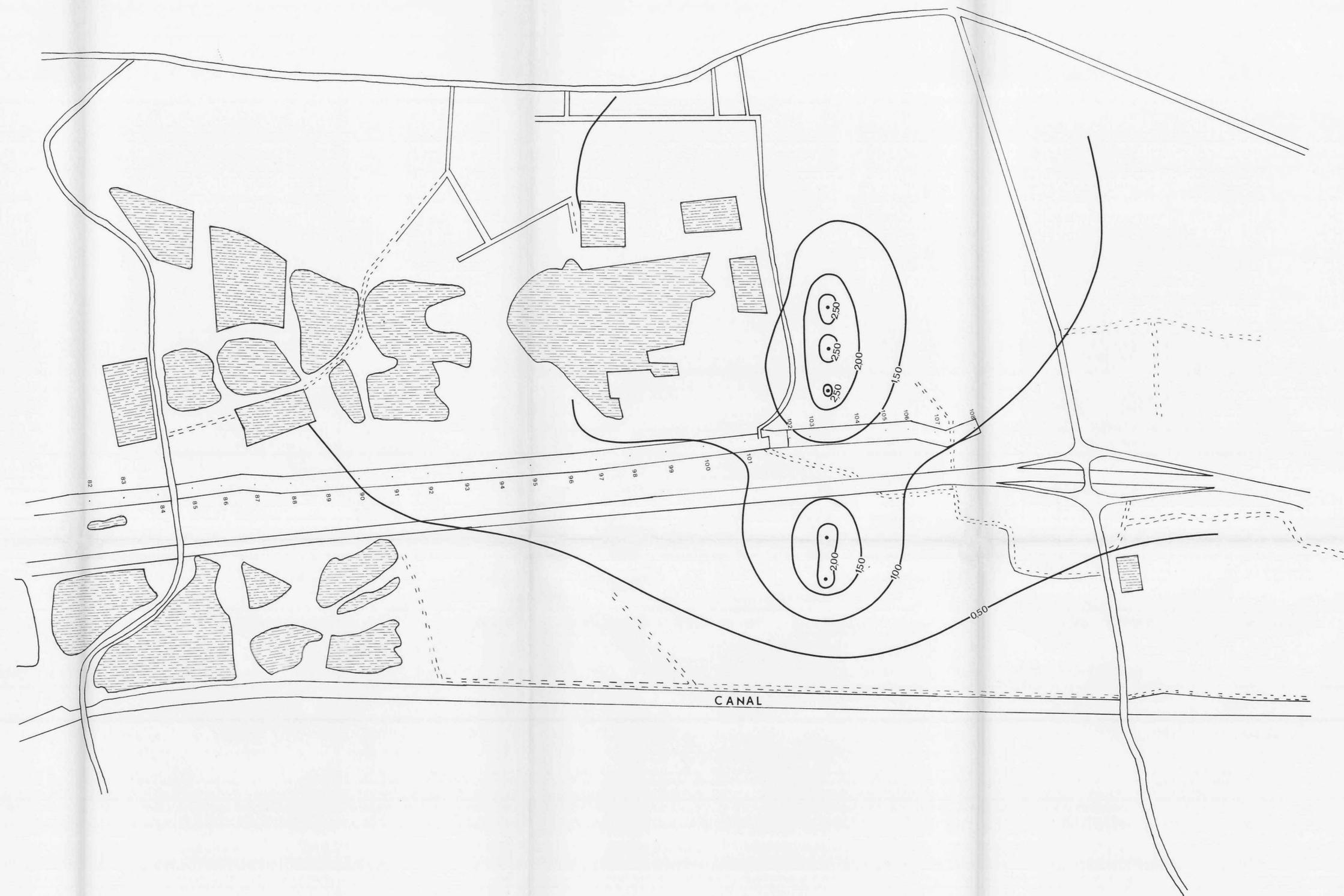
QUATRIEME CONFIGURATION

ÉCHELLE: 1/5000

- LÉGENDE -

- 1,50 — Courbe d'isobattements et sa valeur en m. mesurée par rapport à la carte piézométrique d'Octobre 1972
- Forage simulé individuellement (15m<sup>3</sup>/h)

74 SGN 187 NES. BRGM-Rozérieulles, mai 1974



**ALIMENTATION EN EAU POTABLE  
DE LA VILLE DE METZ**

IMPLANTATION DE NOUVEAUX PUIITS  
CONSECUTIVE A LA MISE EN PLACE DE  
L'ECHANGEUR AUTOROUTIER A.4 - A.31

ETUDE SUR PAPIER CONDUCTEUR

CARTE DES RABATTEMENTS

SIXIEME CONFIGURATION

ÉCHELLE: 1/5000

- LÉGENDE -

- 1,50 — Courbe d'isobattements et sa valeur en m. mesurée par rapport à la carte piézométrique d'Octobre 1972
- Forages connectés entre eux par système de siphon, débit total = 75 m<sup>3</sup>/h

