

ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE INYECCION
DE FLUIDOS GEOTERMICOS EN LOS ACUIFEROS
PROFUNDOS DE LA CUENCA DE MADRID

PEN



e. n. adaro
de investigaciones mineras s.a.

50346

El agua caliente geotérmica producida en un pozo, se vuelve a inyectar en su acuífero de origen una vez que ha cedido el calor en el intercambiador. Las razones que obligan a ello se pueden resumir en:

- Mantenimiento de la presión del yacimiento geotérmico durante la explotación del mismo
- Eliminación del agua con un contenido en sales muy elevado.

En nuestro país no existen experiencias de este tipo de inyecciones en acuíferos profundos areniscosos. En Europa existen muy pocas y siempre sin éxito final. Sin embargo en los Estados Unidos, el desarrollo de los campos petrolíferos en los que se producen gran cantidad de salmueras, se vienen realizando inyecciones en areniscas desde hace muchos años.

La reinyección de salmueras que se producen en campos petrolíferos, presenta los mismos problemas que la inyección del agua geotérmica. El taponamiento de los poros de la formación por las partículas en suspensión en el fluido, es el principal problema que se puede producir en la inyección; disminuyendo en poco tiempo el caudal que admite la formación. La reducción de permeabilidad en la formación depende del caudal de inyección, ocurriendo a veces que el pozo puede quedar inutilizable para estos propósitos sin posibilidad de reparación.

Durante la realización del sondeo se pueden producir distintos tipos de daños que afectan a las características del acuífero:

- Invasión y taponamiento de los poros por las partículas de lodos
- Cambio en las propiedades de las partículas de invasión por las altas temperaturas y salinidades de las aguas de formación
- Precipitación de sales y otros sólidos, debido a la interacción química entre el lodo y el agua en formación
- Disgregación de minerales arcillosos
- Corrosión durante la perforación
- Degradación de productos químicos empleados en la perforación bajo las condiciones de presión y temperatura de la formación.

La mejor manera de identificar el grado y tipo de daño que puede causarse durante la inyección, es mediante los ensayos sobre testigos de almacén.

Se han realizado las siguientes pruebas:

- I - Bombeo con extracción de fluido de almacén geotérmico y control de características del almacén.

II - Pruebas y ensayos de laboratorio, sobre testigo recogido durante la perforación del sondeo y fluido recogido durante el bombeo.

I.- BOMBEO. ESTUDIO DEL FLUIDO GEOTERMICO

En primer lugar se realizó un bombeo, con grupo motor bomba sumergido a una profundidad de 250 m. El equipo estaba debidamente protegido y preparado para temperaturas de 80° - 85° C.

Se bombeó un caudal de 40 l/seg., estudiándose la evolución de las condiciones del almacén mediante el registro de presión y temperatura.

Durante el bombeo, el fluido se pasó a través de un separador especial de gases al objeto de estudiar el contenido y calidad de los gases en formación. Igualmente de dicho separador se obtuvo el agua de formación convenientemente muestreada con determinaciones in situ y en laboratorios.

Se realizaron tomas de muestras sucesivas con vistas a estudiar la evolución en la composición del fluido con el tiempo.

II.- ENSAYOS SOBRE TESTIGOS. INYECTABILIDAD DE LAS AGUAS GEOTERMICAS.

Esta es una de las fases más importantes del proyecto y con ella se estudiaron el posible daño causado por la inyección del fluido en la formación alrededor del pozo geotérmico. El objetivo final de este estudio fue establecer los criterios para el diseño de las instalaciones de tratamiento previo

del fluido para su reinyección, así como la estimación de la vida media de los pozos de inyección.

I N D I C E

Págs.

I.- BOMBEO. ESTUDIO DEL FLUIDO

| | |
|---|---|
| 1.- CALCULO DEL DOBLETE GEOTERMICO | 1 |
| 1.1.- CARACTERISTICAS | 1 |
| 1.2.- CALCULO DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE LOS DOS POZOS DEL DOBLETE | 3 |
| 1.3.- CALCULO DE PRESIONES EN LOS POZOS | 4 |
| 1.3.1.- Presión hidrostática | 4 |
| 1.3.2.- Cálculo de la presión en el pozo de producción | 5 |
| 1.3.2.1.- Cálculo de pérdidas de presión P_C | 5 |
| 1.3.2.2.- Cálculo de la presión hidrodinámica de flujo P_H | 6 |
| 1.3.2.3.- Cálculo de la presión en el pozo de producción | 7 |
| 1.3.3.- Cálculo de presiones en el pozo de inyección | 7 |
| 1.3.3.1.- Cálculo de las pérdidas de presión en el tubing de inyección | 7 |
| 1.3.3.2.- Cálculo de la presión hidrodinámica de flujo en el pozo de inyección. P_H | 8 |
| 1.3.3.3.- Presión en el pozo de inyección | 9 |

| | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| 1.4.- CALCULO DE LA POTENCIA DE BOMBEO | 9 |
| 1.4.1.- Pozo de Producción | 9 |
| 1.4.2.- Pozo de Inyección | 9 |
| 1.5.- CALCULO DE PRESIONES Y POTENCIAS DE BOMBEO PA RA DISTINTOS CAUDALES | 10 |
| 2.- SIMULACION DEL DOBLETE | 19 |

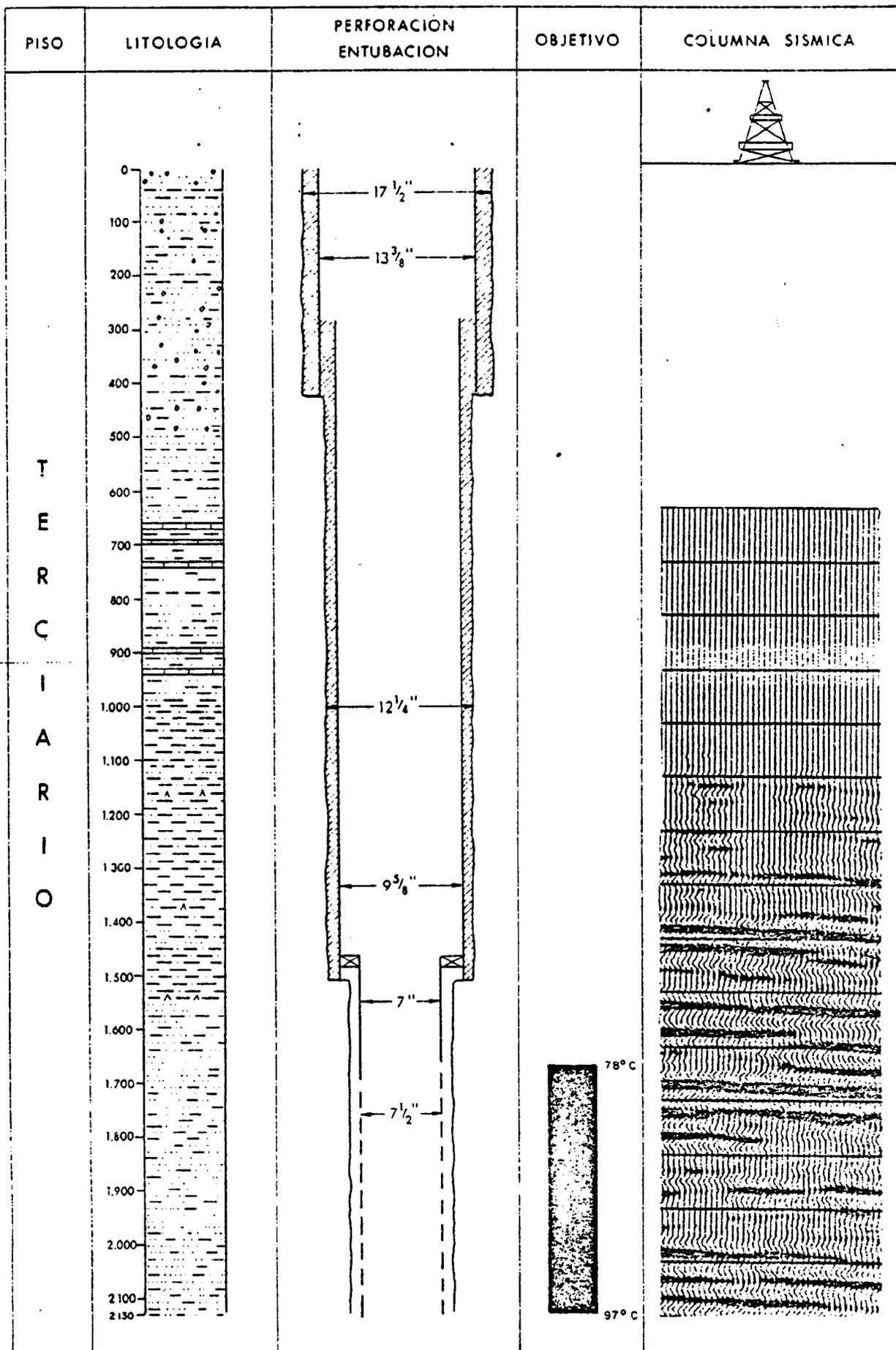
1.- DOBLETE GECTERMICO

1.- CALCULO DEL DOBLETE GEOTERMICO

1.1.- CARACTERISTICAS

- . Espesor productivo: 87 m
- . Zonas de mayor producción: 1.675 - 1.750 m
- . Caudal de bombeo: $Q = 70$ l/s
- . Factor de compresibilidad: $4,02 \times 10^{-6}$ psi⁻¹
- . Porosidad media: $\phi = 15\%$
- . Compresibilidad efectiva de formacion: $C_f = 4,2 \times 10^{-6}$ psi⁻¹
- . Compresibilidad del agua : $C_w = 3 \times 10^{-6}$ psi⁻¹ } $C_T = C_f + C_w$
- . Factor de formación del agua $\beta_w = 0,99$
- . Viscosidad del agua: $\mu_{PT} = 0,4012$ cp
- . % del ClNa = 3,2
- . Temperatura a la profundidad de los registradores(1.600m)=78°C
- . Presión a la profundidad de los registradores(1.600m)=2.144 psi
- . $m = 21,2$ psi/ciclo
- . Presión estática inicial del yacimiento(extrapolada) = 2.155,2 psi
- . $K_h = 35.322$ mdm
- . $K = 447$ md
- . Skin $\delta = 8,6$

SONDEO SAN SEBASTIAN DE LOS REYES



9 379 / 2

. Densidad del agua de formación = 1,02 gr/l

. Nivel estático = 93 m

1.2.- CALCULO DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE LOS DOS POZOS DEL DOBLETE

Viene dado por la siguiente fórmula:

$$D = \left\{ \frac{2 Q \cdot \Delta t}{\left[\phi + (1-\phi) \frac{f_R C_R}{f_W C_W} \right] h + \sqrt{\left[\phi + (1-\phi) \frac{f_R C_R}{f_W C_W} \right]^2 h^2 + 2 \frac{K_R f_R C_R}{(f_W C_W) 2} \Delta t}} \right\}^{1/2}$$

en donde:

$$f_W C_W = 1 \text{ cal/cm}^3/\text{sec}$$

$$f_R C_R$$

Q = caudal m³/h

D = distanciamiento entre los pozos, metros

Δt = tiempo de vida del doblete, años

φ = porosidad

$\left. \begin{matrix} f_R \\ C_R \end{matrix} \right\} f_R C_R$: capacidad calorífica de la roca

$\left. \begin{matrix} f_W \\ C_W \end{matrix} \right\} f_W C_W$: capacidad calorífica del agua

h = espesor del acuífero

K_R = conductividad térmica de la roca

$$f_R C_R = 0,52 \text{ cal/cm}^3/^\circ\text{C}$$

$$K_R = 6 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm/sec/}^\circ\text{C}$$

$$\text{Suponemos } K = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm/sec/}^\circ\text{C}$$

$$Q = 70 \text{ l/s} = 252 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta t = 30 \text{ años}$$

$$\varnothing = 0,15$$

$$f_W C_W = 1 \text{ cal/cm}^3/\text{sec}$$

$$f_R C_R = 0,5 \text{ cal/cm}^3/^\circ\text{C}$$

$$K_R = 6 \cdot 10^{-3} \text{ cal}$$

$$h = 87 \text{ m}$$

$$D = 872 \text{ m}$$

Caudales:

| | | |
|-----------------------|-------|-----------|
| 252 m ³ /h | | D = 872 m |
| 220 m ³ /h | | D = 809 m |
| 200 m ³ /h | | D = 771 m |
| 190 m ³ /h | | D = 731 m |
| 160 m ³ /h | | D = 690 m |
| 140 m ³ /h | | D = 645 m |

1.3.- CALCULO DE PRESIONES EN LOS POZOS

1.3.1.- Presión hidrostática

La presión hidrostática en cabeza de pozo viene definida por la presión en el almacén.

$$P_S = P_o - \frac{P_R}{10} \times d$$

P_R = produndidad del almacén

P_o = presión al nivel del almacén

$$P_o = 2.155,2 \text{ psi} = 151,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_R = 1.600$$

$$P_S = 151,6 - \frac{1.600}{10} \times 1,02 = 11,6$$

$$\underline{P_S = 11,6 \text{ kg/cm}^2}$$

1.3.2.- Calculo de la presión en el pozo de producción

La presión de flujo en cabeza es dada por la ecuación:

$$P_{pp} = P_S - P_C - P_M$$

P_C : es la pérdida de presión en la columna de producción para un caudal dado

P_M : es la presión hidrodinámica de flujo para un caudal Q

1.3.2.1.- Cálculo de pérdidas de presión P_C

Vienen dadas por la ecuación:

$$P_C = 1.023 \times 10^4 \times \frac{\mu_o^{0,21} \times Q^{1,79} \times PR}{d^{4,79}}$$

μ_o = viscosidad del fluido de producción (cp)

Q = caudal de producción (m^3/h)

PR = longitud de la columna de producción

d = diámetro interior del casing (mm)

PR en nuestro caso se compone de : 420 m de 316 mm ID.
1.080 m de 214 mm ID.
200 m de 160 mm ID.

$$P_c = \left(\frac{1.023 \cdot 10^4 \cdot 0,4^{0,21} \cdot 420}{316^{4,79}} + \frac{1.023 \cdot 10^4 \cdot 0,4^{0,21} \cdot 1.080}{214^{4,79}} + \frac{1.023 \cdot 10^4 \cdot 0,4^{0,21} \cdot 200}{160^{4,79}} \right) Q^{1,79}$$

$$P_c = 1,4703 \cdot 10^4 Q^{1,79}$$

$$P_c = 2,923 \text{ atm}$$

1.3.2.2.- Cálculo de la presión hidrodinámica de flujo. P_H

Viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_H = 0,442 \times \frac{Q \times \mu_0}{K \times HU} \ln \frac{D}{0,0127 d_1}$$

en donde:

K = permeabilidad del almacén en Darcy

HU = el espesor productivo del almacén en m

D = distancia entre pozos en metros

d_1 = diámetro del casing en el almacén en pulgadas

$$P_H = 0,442 \times \frac{Q \times 0,4}{0,447 \times 87} \ln \frac{1.300}{0,0127 \times 6,3}$$

$$P_H = 0,442 \times \frac{252 \times 0,4}{0,447 \times 87} \ln \frac{1.300}{0,0127 \times 6,3}$$

$$P_H = 0,044 Q$$

$$P_H = 11,1 \text{ atm}$$

1.3.2.3.- Cálculo de la presión en el pozo de producción

Se obtiene por la ecuación siguiente:

$$P_{pp} = P_s - P_{cp} - P_{Hp}$$

En esta ecuación todos los valores ya han sido calculados anteriormente.

$$P_{pp} = 11,60 + 2,92 + 11,10 = 25,62 \text{ atm}$$

1.3.3.- Calculo de presiones en el pozo de inyección

La presión en el pozo de inyección es dada por la siguiente ecuación:

$$P_{pI} = P_s + P_c + P_H$$

en donde:

P_s = es la presión hidrostática en cabeza de pozo

P_c = es la pérdida de presión en el tubing de inyección

P_H = es la presión hidrodinámica de flujo

1.3.3.1.- Cálculo de las pérdidas de presión en el tubing de inyección

Viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_c = 1,023 \times 10^4 \times \frac{\mu^{0,21} \times Q^{1,79} \times PR}{d^{4,79}}$$

En este caso la viscosidad del fluido a inyectar es diferente puesto que la temperatura del fluido es de 35°C.

$$\mu_0 = 0,75 C_p$$

Por tanto:

$$P_c = 1.023 \times 10^4 \times \frac{0,75^{0,21} \times 1.700}{1604,79} Q^{1,79}$$

$$P_c = 1.023 \times 10^4 \times \frac{0,75^{0,21} \times 252^{1,79} \times 1.700}{1604,79}$$

$$P_c = 4,53 \cdot 10^{-4} Q^{1,79}$$

$$P_c = 9,00 \text{ atm}$$

1.3.3.2.- Cálculo de la presión hidrodinámica de flujo en el pozo de inyección. P_H

Viene dada por la ecuación:

$$P_H = 0,442 \times \frac{Q \times \mu_0}{K \times HU} \text{Ln} \frac{D}{0,0127 d}$$

$$P_H = 0,442 \times \frac{Q \times 0,75}{0,447 \times 87} \text{Ln} \frac{1.300}{0,0127 \times 6,3}$$

$$P_H = 0,0826 Q$$

$$P_H = 20,82$$

1.3.3.3.- Presión en el pozo de inyección

Se obtiene mediante la ecuación:

$$P_{PI} = P_S + P_{CI} + P_{HI}$$

en donde ya son conocidos todos los valores

$$P_{PI} = -11,60 + 20,82 + 9,00 = 18,22 \text{ atm}$$

1.4.- CALCULO DE LA POTENCIA DE BOMBEO

La potencia de bombeo para el pozo de producción e inyección para una determinada presión en cabeza y un flujo dado, viene dada por la siguiente ecuación:

$$K_{WK} = 0,736 \times \frac{Q \times P_{PK}}{27 \times 0,7} = 0,03894 \times Q \times P_{PK}$$

En donde se ha considerado que el rendimiento de la bomba es del 70%.

K_{WK} : es la potencia en Kw

Q : es el caudal en m^3/h

P_{PK} : es la presión hidrodinámica para el caudal Q en atmósferas.

1.4.1.- Pozo de Producción

$$K_{WP} = 251,32 \text{ Kw}$$

1.4.2.- Pozo de Inyección

$$K_{Wi} = 178,81 \text{ Kw}$$

1.5.- CALCULO DE PRESIONES Y POTENCIAS DE BOMBEO PARA DISTINTOS CAUDALES

Si suponemos distintos caudales de explotación las presiones y potencias vendrán dadas según los pozos por las si-guientes ecuaciones:

- Pozo de Producción

$$P_{pp} = 11,6 + 1,4703 \cdot 10^{-4} Q^{1,79} + 0,044Q$$

$$K_{wp} = 0,03894 (11,6 + 1,4703 \cdot 10^{-4} Q^{1,79} + 0,044 Q) Q$$

$$K_{wp} =$$

- Pozo de inyección

$$P_{pi} = -11,6 + 4,53 \cdot 10^{-4} Q^{1,79} + 0,0826 Q$$

$$K_{wi} = 0,03894 (-11,6 + 4,53 \cdot 10^{-4} Q^{1,79} + 0,0826 Q) Q$$

En las tablas siguientes se reflejan los distintos valores en función del caudal de explotación.

POZO DE PRODUCCION

| Caudal m ³ /h | Presión atm | Potencia Kw |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| 10 | 12,04 | 4,69 |
| 30 | 12,98 | 15,16 |
| 50 | 13,96 | 27,18 |
| 70 | 14,97 | 40,81 |
| 90 | 16,02 | 56,15 |
| 110 | 17,10 | 73,25 |
| 130 | 18,21 | 92,20 |
| 150 | 19,35 | 113,05 |
| 170 | 20,52 | 135,87 |
| 190 | 21,72 | 160,69 |
| 210 | 22,94 | 187,66 |
| 230 | 24,20 | 216,76 |
| 250 | 25,48 | 248,06 |
| 270 | 26,78 | 281,64 |
| 290 | 28,11 | 317,53 |
| 310 | 29,47 | 355,81 |
| 330 | 30,85 | 396,52 |
| 350 | 32,26 | 439,72 |
| 370 | 33,69 | 485,39 |
| 390 | 35,14 | 533,65 |

POZO DE INYECCION

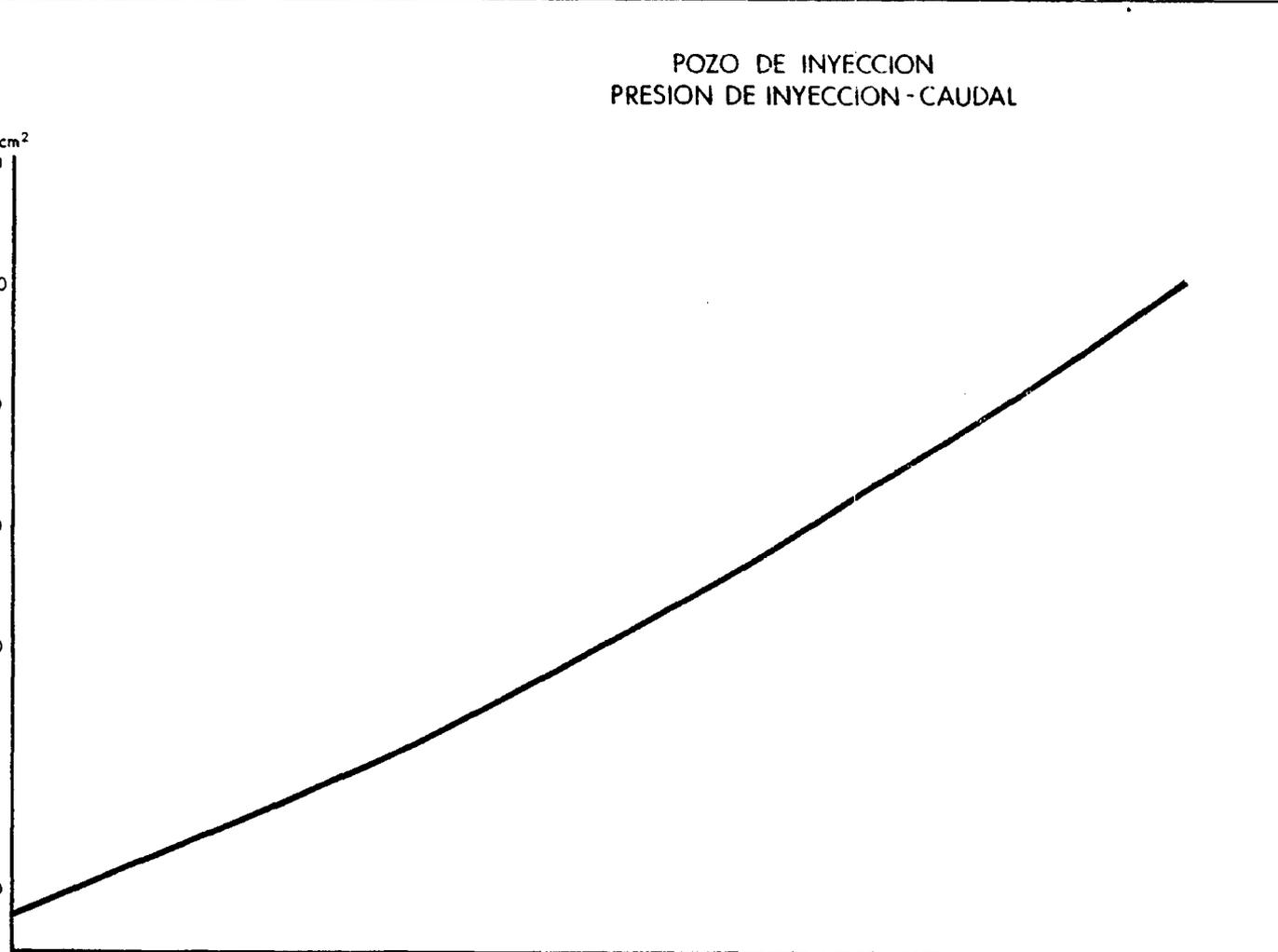
| Caudal m ³ /h | Presión atm | Potencia Kw |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| 10 | -10,746 | - |
| 30 | - 8,92 | - |
| 50 | - 6,97 | - |
| 70 | - 4,90 | - |
| 90 | - 2,73 | - |
| 110 | - 0,47 | - |
| 130 | 1,89 | 9,58 |
| 150 | 4,34 | 25,40 |
| 170 | 6,89 | 45,64 |
| 190 | 9,52 | 70,48 |
| 210 | 12,24 | 100,13 |
| 230 | 15,04 | 134,76 |
| 250 | 17,92 | 174,54 |
| 270 | 20,89 | 219,67 |
| 290 | 23,93 | 270,30 |
| 310 | 27,05 | 326,61 |
| 330 | 30,25 | 388,77 |
| 350 | 33,52 | 456,94 |
| 370 | 36,87 | 531,29 |
| 390 | 40,29 | 611,98 |

POZO DE INYECCION PRESION DE INYECCION - CAUDAL

Presión Kg/cm²

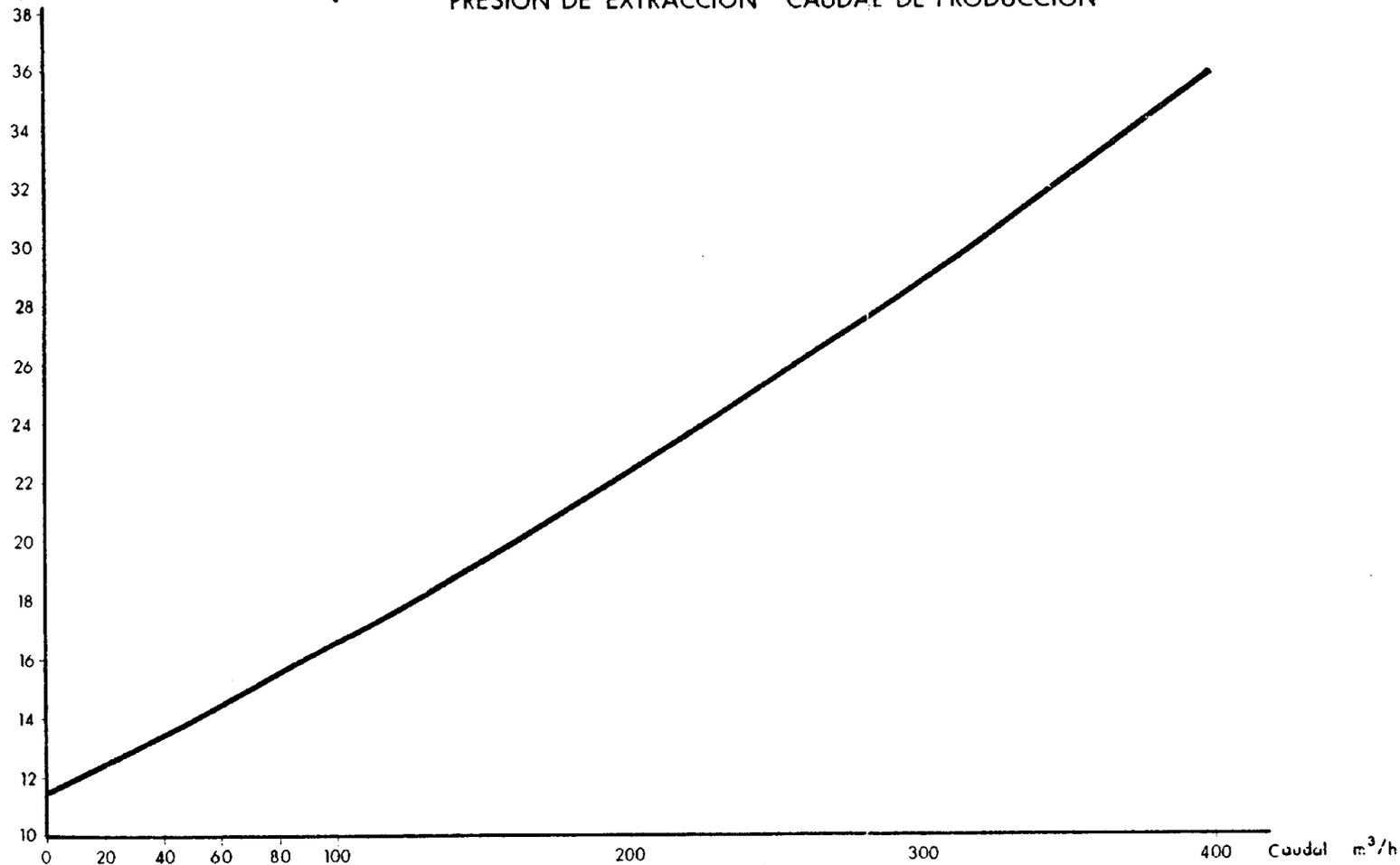
50
40
30
20
10
0
-10

0 20 40 60 80 100 200 300 400 Caudal m³/h



POZO DE PRODUCCION PRESION DE EXTRACCION - CAUDAL DE PRODUCCION

Presión Kg/cm²



- 14 -

9520/10

Potencia Kw

POZO DE INYECCION
POTENCIA DE BOMBEO

700

600

500

400

300

200

100

0

20

40

60

80

100

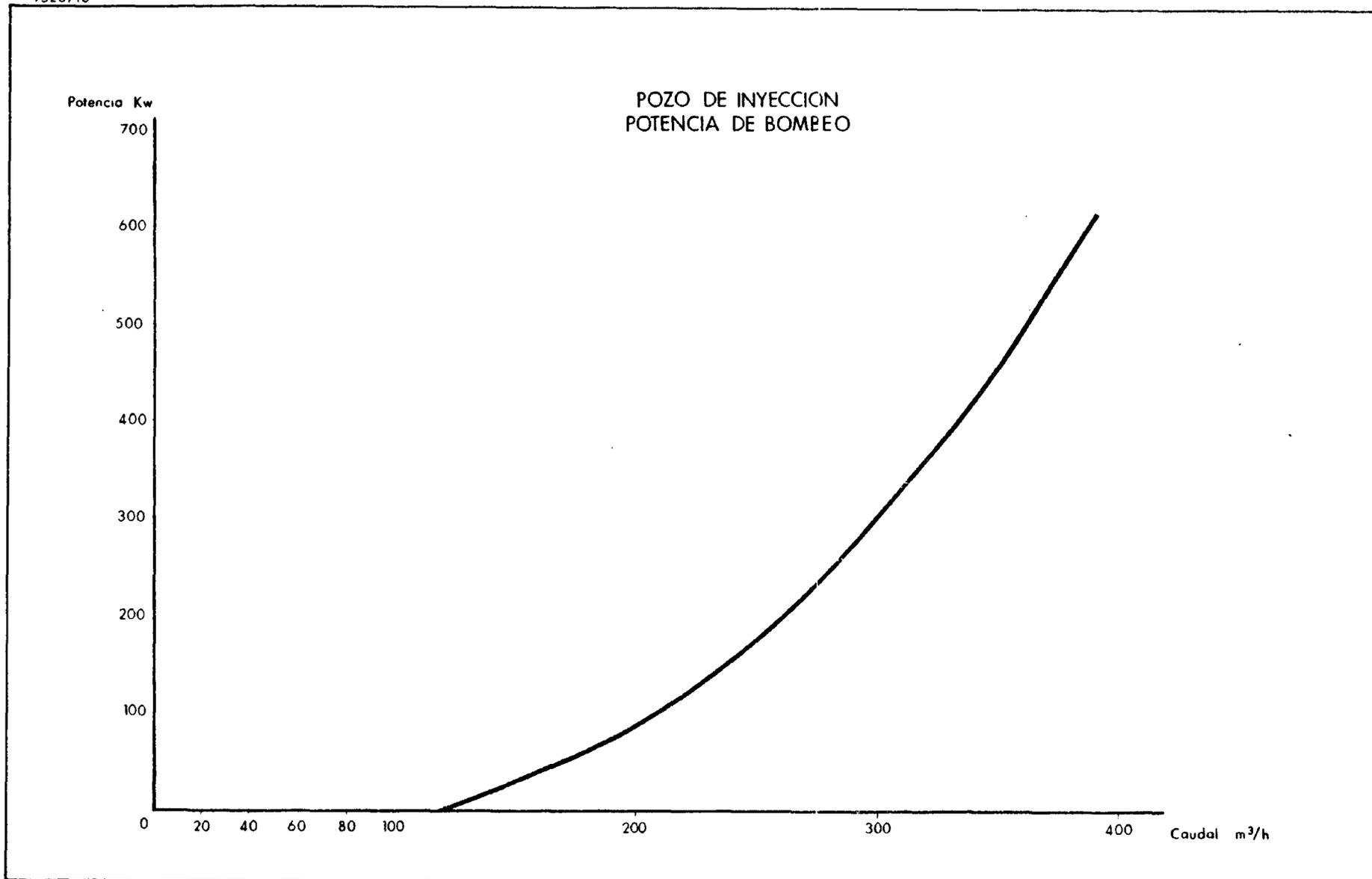
200

300

400

Caudal m³/h

- 15 -



9520/11

POZO DE PRODUCCION
POTENCIA DE BOMBEO

Potencia Kw

700

600

500

400

300

200

100

0

20

40

60

80

100

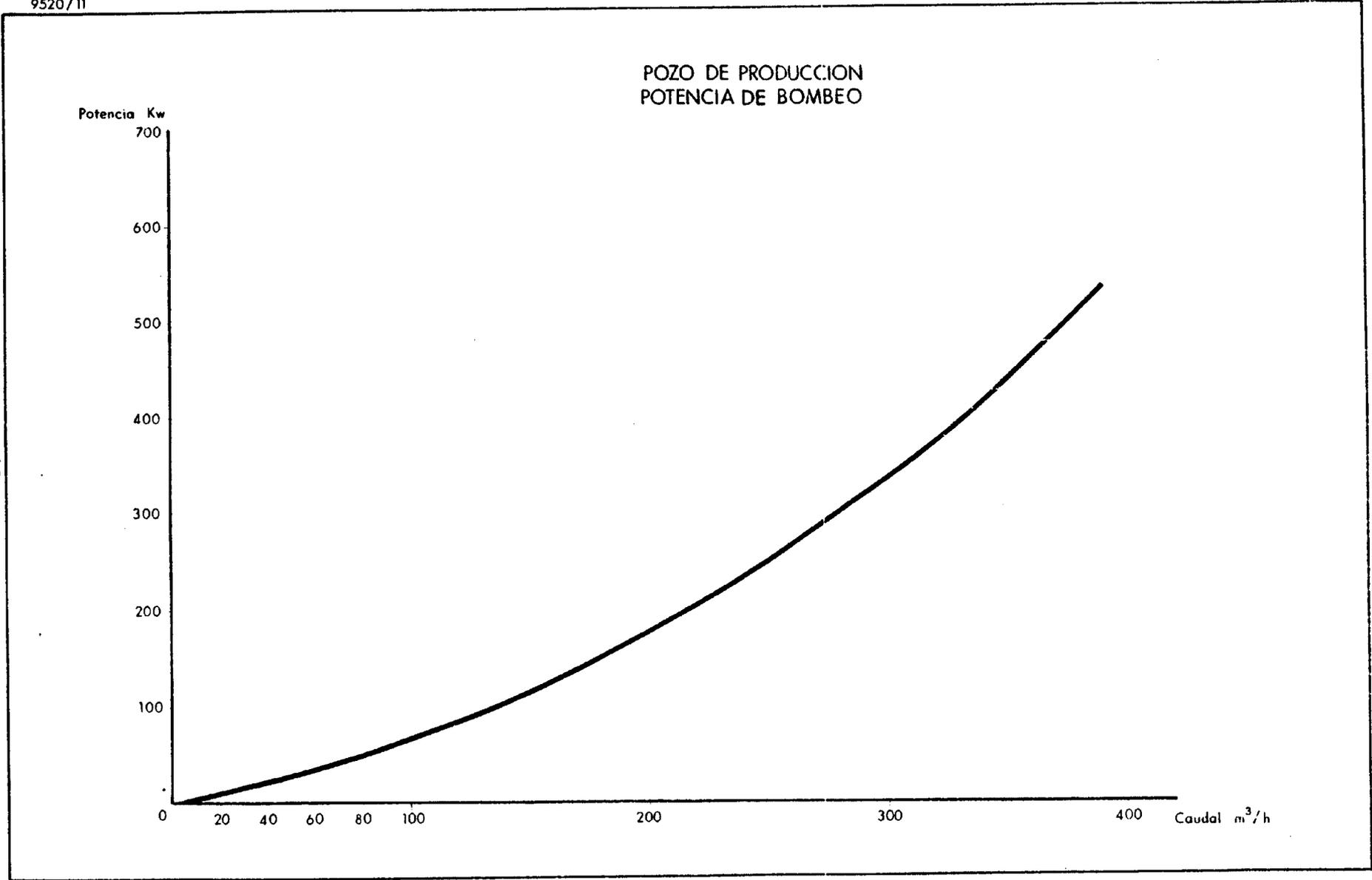
200

300

400

Caudal m³/h

- 12 -



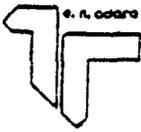
ANALISIS DE MUESTRAS DE GAS

SONDEO SAN SEBASTIAN DE LOS REYES

(resultados expresados en % V)

| <u>MUESTRA</u> | <u>FECHA</u> | <u>HORA</u> | <u>He</u> | <u>H₂</u> | <u>O₂</u> | <u>N₂</u> | <u>CH₄</u> | <u>CO₂ lab</u> | <u>CO₂ campo</u> |
|----------------|--------------|------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| SS-1 ALIC. 1 | 28/9/83 | 20 ¹⁵ | 0,25 | 4,2 | 3,8 | 82,3 | 5,2 | 4,7 | 5,5 |
| SS-1 ALIC. 2 | 28/9/83 | 20 ²⁰ | 0,25 | 4,1 | 3,4 | 82,4 | 5,5 | 4,6 | |
| SS-2 ALIC. 1 | 4/10/83 | 17 ⁵⁸ | 0,29 | 8,8 | 1,2 | 73,4 | 6,1 | 10,5 | 5,4 |
| SS-2 ALIC. 2 | 4/10/83 | 18 ⁰² | 0,29 | 7,6 | 0,92 | 73,9 | 6,5 | 11,1 | |
| SS-3 ALIC. 1 | 4/10/83 | 19 ⁵⁵ | 0,27 | 3,9 | 1,60 | 72,8 | 6,9 | 14,9 | 12,0 |
| SS-4 ALIC. 1 | 4/10/83 | 21 ⁰⁰ | 0,31 | 4,3 | 0,99 | 71,2 | 7,3 | 16,2 | 13,6 |
| SS-5 ALIC. 1 | 4/10/83 | 23 ⁰³ | 0,37 | 4,3 | 1,5 | 68,8 | 7,2 | 18,2 | 16,0 |
| SS-6 ALIC. 2 | 5/10/83 | 1 ⁰⁰ | 0,29 | 4,2 | 1,8 | 70,0 | 7,1 | 17,0 | 15,2 |
| SS-7 ALIC. 1 | 5/10/83 | 2 ⁵⁴ | 0,31 | 4,2 | 1,5 | 66,9 | 7,2 | 20,2 | 16,2 |
| SS-8 ALIC. 1 | 5/10/83 | 4 ⁵⁵ | 0,32 | 4,1 | 1,5 | 68,4 | 7,2 | 18,9 | 15,6 |
| SS-9 ALIC. 1 | 5/10/83 | 6 ⁵⁸ | 0,31 | 3,9 | 1,5 | 67,7 | 7,4 | 19,5 | 16,0 |
| SS-10 ALIC. 1 | 5/10/83 | 8 ⁵² | 0,31 | 3,8 | 1,5 | 68,8 | 7,6 | 18,3 | 16,0 |

NOTA: Todas las determinaciones de H₂S han resultado inferiores al límite de detección (1 ppm)



ENADIMSA
Servicio de Laboratorios Químicos

ANALISIS DE AGUAS

BOMBEO CON COMPRESOR A LAS 20 h. de noche

Muestra n°/..... Referencia: SONDEO SAN SEBASTIAN DE LOS REYES

Procedencia: SONDEO S. SEBASTIAN..... O.T. n°/.....

Cliente:..... Código:.....

Fecha toma de muestra: 2-6-82..... Fecha llegada Laboratorio:.....

- Temperatura °C
- Color mg/l. Pt
- Densidad g/cc
- Turbidez JTU
- pH 8.25
- Conductividad a 20 °C 73750 μΩ⁻¹ cm⁻¹
- Residuo seco 110 °C mg/l. 22351/6
- Residuo fijo 600 °C
- Sólidos en suspensión
- Sólidos en suspensión volátiles %
- Materia orgánica

- O₂ disuelto mg/l O₂
- Demanda química oxígeno DQO mg/l O₂
- Demanda biológica oxígeno DBO mg/l O₂
- Oxidabilidad MnO₄k al calor frío mg/l O₂

| | mg/l. | me/l. | mg/l. CO ₂ Ca | °f |
|--|--------------|---------------------------------|--------------------------|--------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Alcalinidad (CO ₃ =) TA | | 318 | 190 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Alcalinidad total TAC | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Carbonatos CO ₃ = | | 318 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bicarbonatos CO ₃ H- | 231 | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cloruros Cl- | 12212 | 34410 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sulfatos SO ₄ = | 6000 | 124192 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Nitratos NO ₃ - | 11311 | 1182 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sodio Na ⁺ | 840010 | 348128 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Potasio K ⁺ | 14010 | 4135 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calcio Ca ⁺ | 34010 | 18146 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Magnesio Mg ⁺ | 84510 | 69149 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dureza TH | | | | 439175 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Nitritos NO ₂ - | ≤ 0.05 mg/l. | | 4.4 | mg/l. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Nitrogeno total N | mg/l. | | | mg/l. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Nitrogeno total orgánico N | mg/l. | <input type="checkbox"/> S.A.R. | | |

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|------------|
| <input type="checkbox"/> Sulfuros | S= | <input type="checkbox"/> Anhidrido carbónico CO ₂ libre | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Sulfitos | SO ₃ = | <input type="checkbox"/> Anhidrido carbónico total | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Tiosulfatos | S ₂ O ₃ = | <input type="checkbox"/> Anhidrido carbónico agresivo | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Azufre total | S | <input type="checkbox"/> Cloro Cl ₂ libre | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> SH ₂ libre | | <input type="checkbox"/> Demanda química cloro D Q Cl | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Agresividad | | O positiva | negativa O |
| <input type="checkbox"/> Fluoruros F- | | | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Boro B | | | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cromo hexavalente Cr ⁶⁺ | | <input type="checkbox"/> Aceites y grasas | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cianuros CN- | | <input type="checkbox"/> Extracción al cloroformo | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Detergentes aniónicos | | | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Fenoles | | | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Putrescibilidad azul de metileno (5 días) | | | ° día |

ELEMENTOS TRAZA O INFRA-TRAZA

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|-------|-------|------------------------------------|----|-------|
| <input type="checkbox"/> Silíce | SiO ₂ | 59'92 | mg/l. | <input type="checkbox"/> Litio | Li | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Estroncio | Sr | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Rubidio | Rb | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Bario | Ba | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Cesio | Ce | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Aluminio | Al | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Mercurio | Hg | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Antimonio | Sb | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Molibdeno | Mo | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Arsénico | As | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Níquel | Ni | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cadmio | Cd | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Oro | Au | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cobalto | Co | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Plata | Ag | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cobre | Cu | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Plomo | Pb | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Hierro | Fe | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Selenio | Se | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Manganeseo | Mn | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Vanadio | V | mg/l. |
| <input type="checkbox"/> Cromo | Cr | | mg/l. | <input type="checkbox"/> Zinc | Zn | mg/l. |

OBSERVACIONES - DETERMINACIONES ESPECIALES

2.- SIMULACION DEL DOBLETE

SIMULATIONS D'UN DOUBLET SUR 30 ANS

PARAMETRES DES SIMULATIONS :

DEBIT MOYEN DE POMPAGE SUR 7 MOIS : 250 M3/H
DEBIT MOYEN EQUIVALENT SUR L'ANNEE : 145.83 M3/H
CAPACITES CALORIFIQUES (C.G.S.) EAU : 1.00 AQUIFERE : .592 EPONTES
CONDUCTIVITE THERMIQUE EPONTES (C.G.S.) : .000
TEMPERATURE INITIALE : 73 DEGRES
TEMPERATURE D'INJECTION : 35 DEGRES
PAS DE TEMPS : 3 MOIS

SIMULATION 1

DISTANCE ENTRE PUIITS : 1000 METRES
EPAISSEUR DE L'AQUIFERE : 10 METRES

TEMPERATURE AU PUIITS DE POMPAGE TOUS LES 3 MOIS :

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 |
| 78.00 | 78.00 | 78.00 | 77.99 | 77.99 | 77.99 | 77.98 | 77.97 |
| 77.98 | 77.95 | 77.93 | 77.92 | 77.90 | 77.88 | 77.85 | 77.83 |
| 77.80 | 77.77 | 77.74 | 77.70 | 77.66 | 77.62 | 77.58 | 77.53 |
| 77.49 | 77.44 | 77.39 | 77.34 | 77.28 | 77.23 | 77.17 | 77.08 |
| 76.99 | 76.90 | 76.82 | 76.74 | 76.66 | 76.58 | 76.50 | 76.42 |
| 76.35 | 76.27 | 76.20 | 76.12 | 76.03 | 75.95 | 75.86 | 75.80 |
| 75.76 | 75.69 | 75.61 | 75.54 | 75.47 | 75.40 | 75.33 | 75.26 |
| 75.19 | 75.12 | 75.05 | 74.98 | 74.91 | 74.85 | 74.78 | 74.71 |
| 74.65 | 74.58 | 74.51 | 74.45 | 74.38 | 74.32 | 74.26 | 74.19 |
| 74.13 | 74.07 | 74.00 | 73.94 | 73.88 | 73.82 | 73.76 | 73.70 |
| 73.64 | 73.58 | 73.52 | 73.46 | 73.40 | 73.35 | 73.29 | 73.23 |
| 73.18 | 73.12 | 73.07 | 73.01 | 72.96 | 72.90 | 72.85 | 72.80 |
| 72.74 | 72.69 | 72.64 | 72.59 | 72.54 | 72.49 | 72.43 | 72.38 |
| 72.34 | 72.29 | 72.24 | 72.19 | 72.14 | 72.09 | 72.04 | 72.00 |

SIMULATION 2

DISTANCE ENTRE PUIITS : 1000 METRES
EPAISSEUR DE L'AQUIFERE : 30 METRES

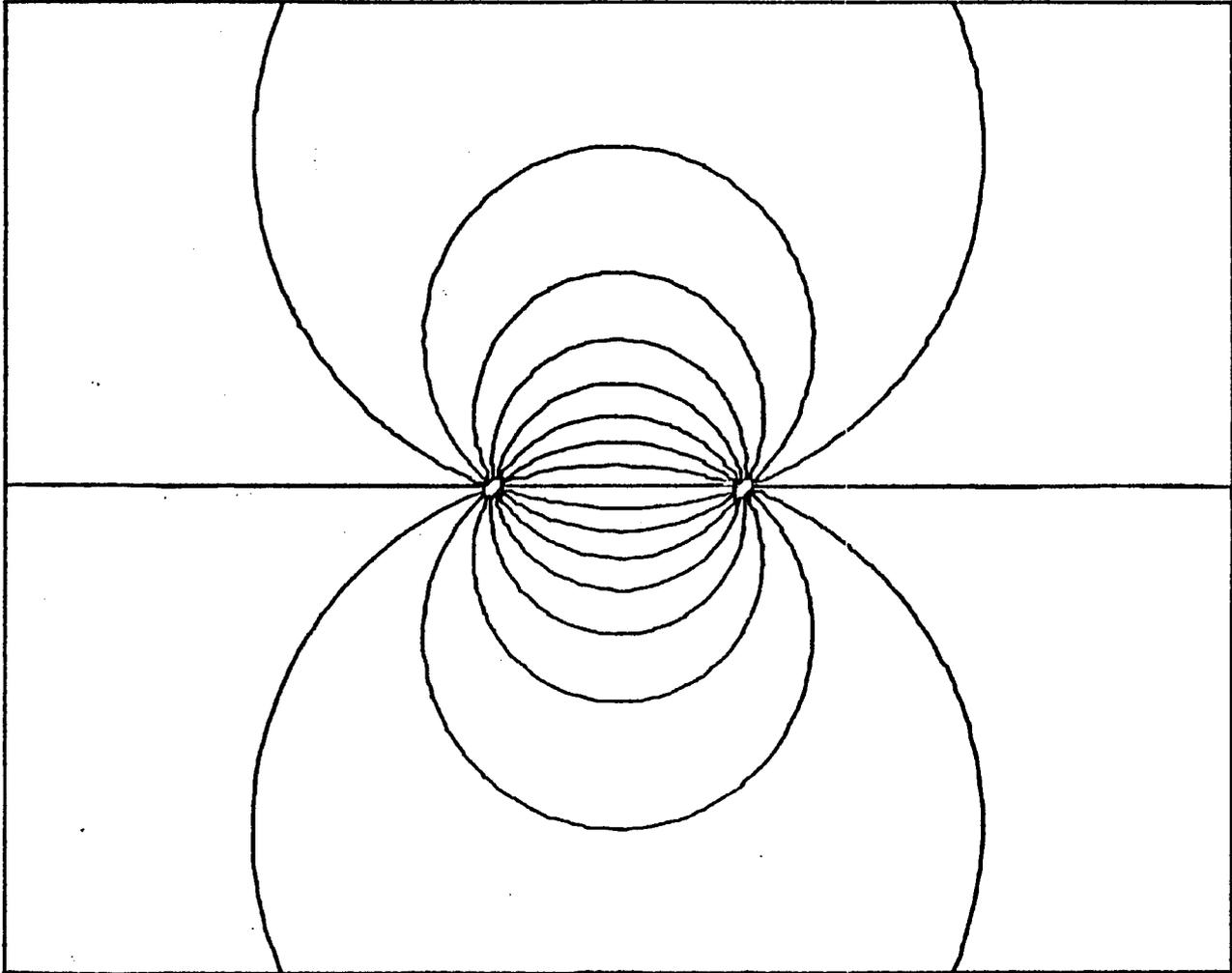
TEMPERATURE AU PUIITS DE POMPAGE TOUS LES 3 MOIS :

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 |
| 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 |
| 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 78.00 | 77.99 |
| 77.99 | 77.99 | 77.99 | 77.99 | 77.99 | 77.98 | 77.98 | 77.96 |
| 77.97 | 77.97 | 77.96 | 77.95 | 77.95 | 77.94 | 77.93 | 77.92 |
| 77.90 | 77.89 | 77.87 | 77.86 | 77.84 | 77.82 | 77.80 | 77.78 |
| 77.75 | 77.73 | 77.70 | 77.67 | 77.65 | 77.62 | 77.58 | 77.55 |
| 77.52 | 77.48 | 77.45 | 77.41 | 77.37 | 77.33 | 77.29 | 77.25 |

DISTANCE ENTRE PUIITS : 1000 METRES

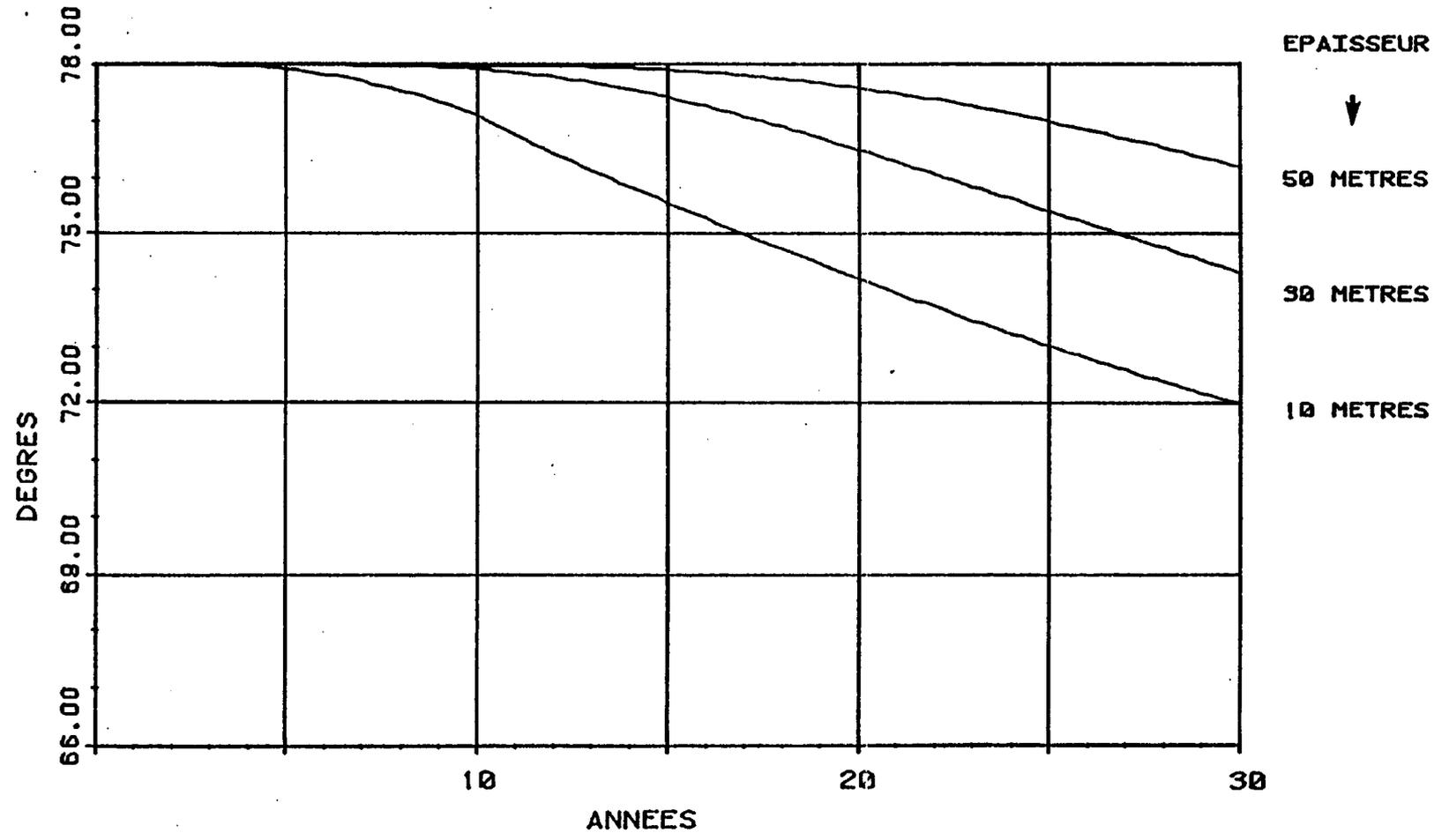
EPAISSEUR : 10 METRES

- LIGNES DE COURANT -



1000 METRES

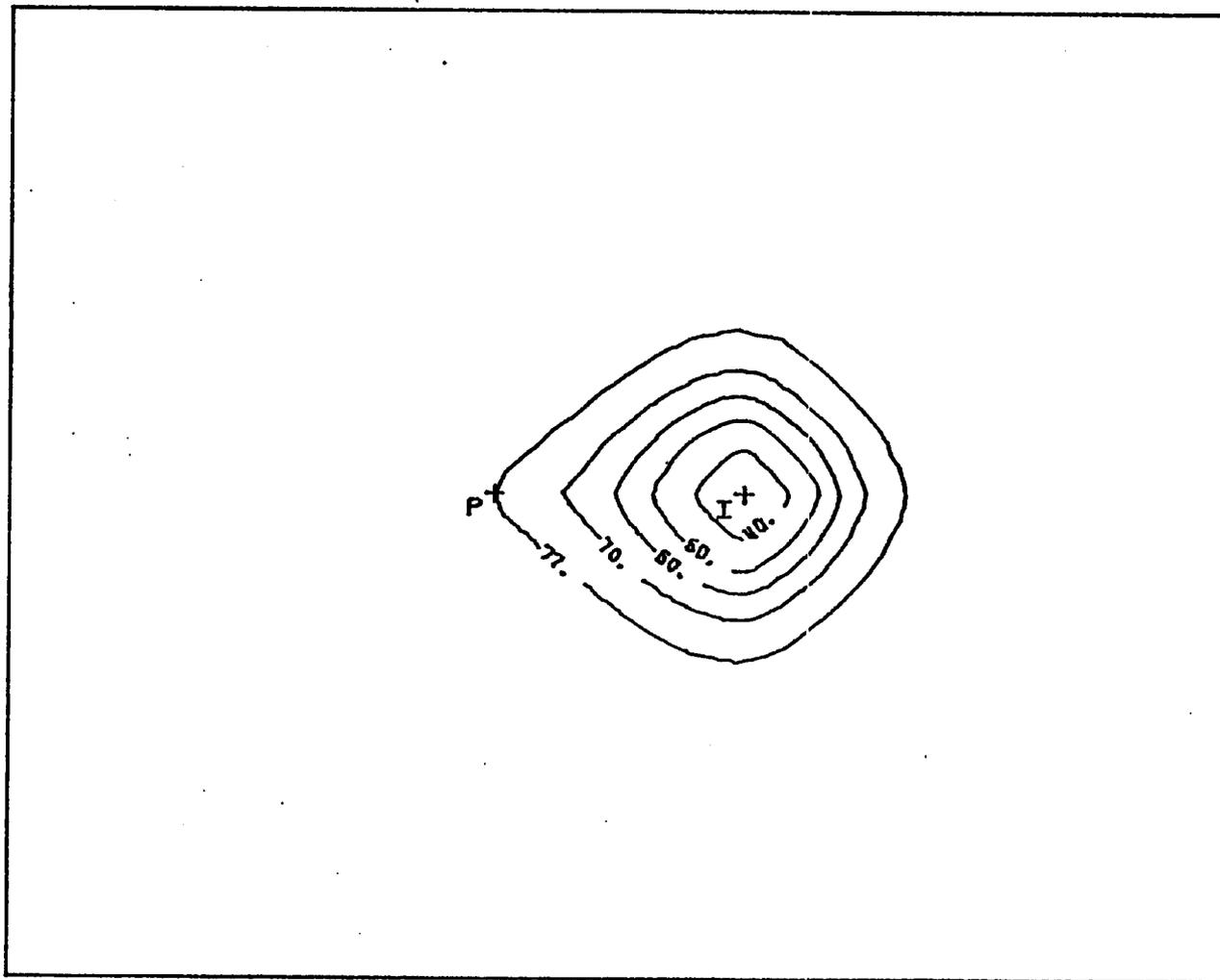
- EVOLUTION DES TEMPERATURES DE POMPAGE -



DISTANCE ENTRE PUIES : 1000 METRES

EPAISSEUR : 10 METRES

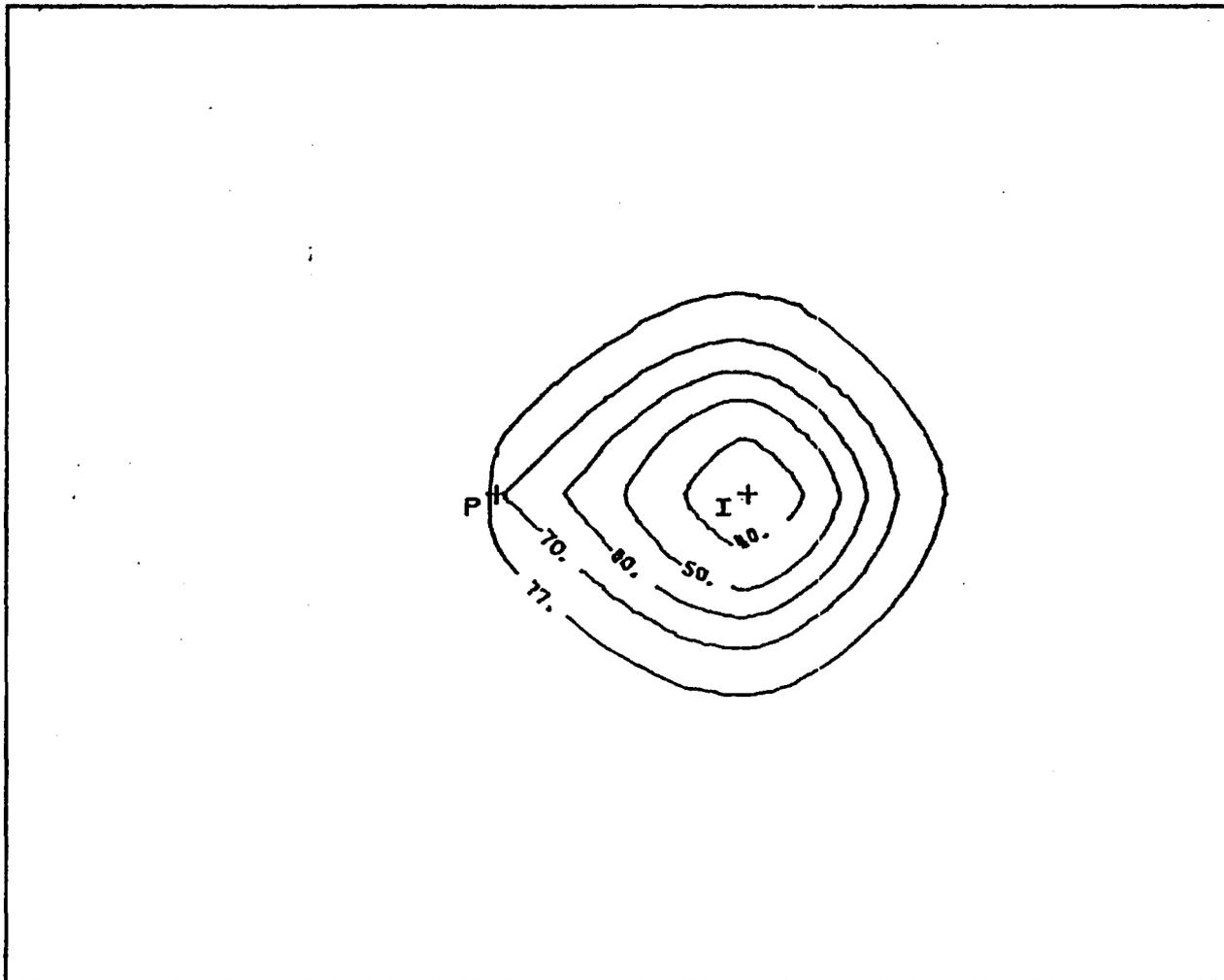
- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -



DISTANCE ENTRE PUITS 1000 METRES

EPAISSEUR : 10 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -

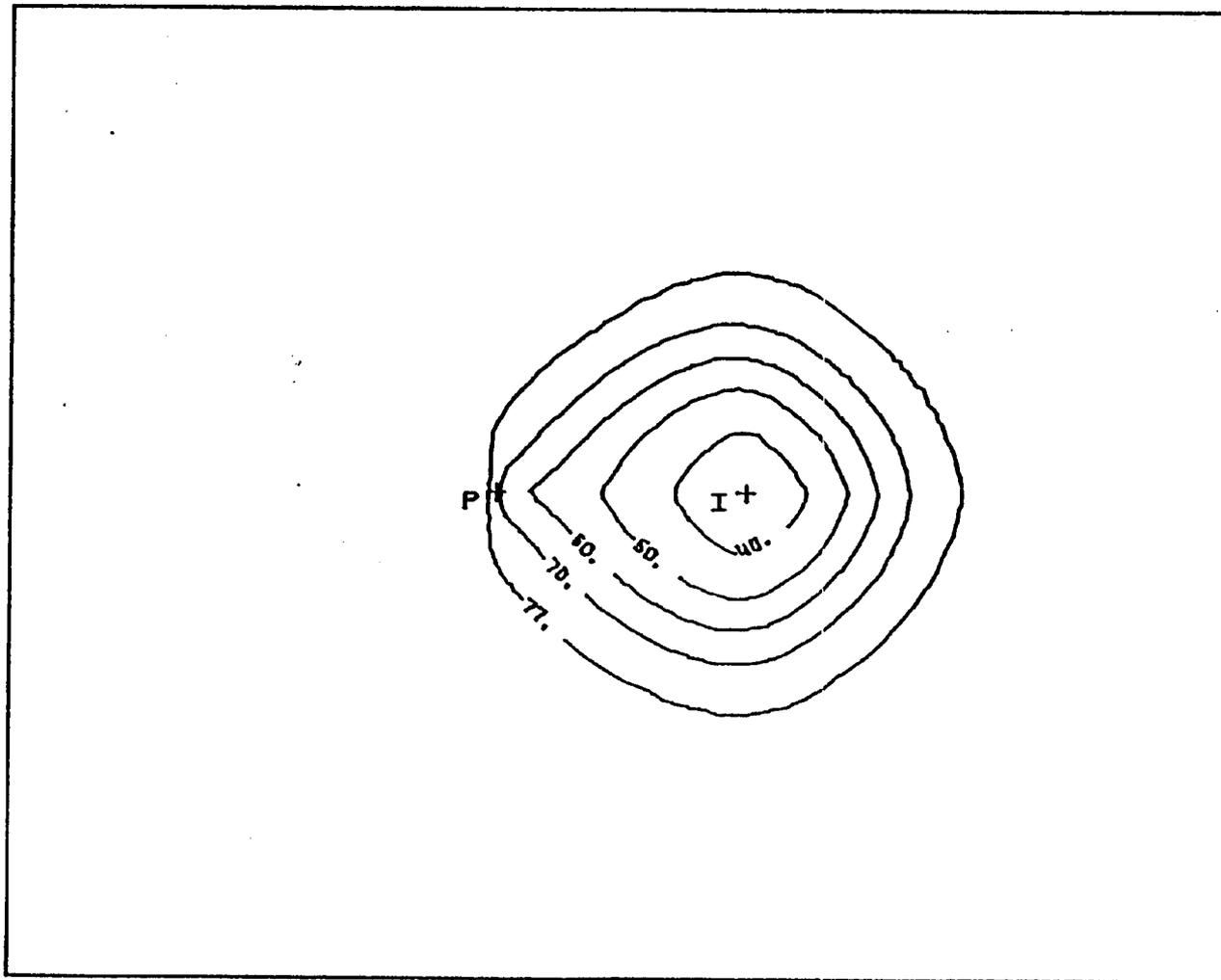


1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUIITS . 1000 METRES

EPAISSEUR . 10 METRES

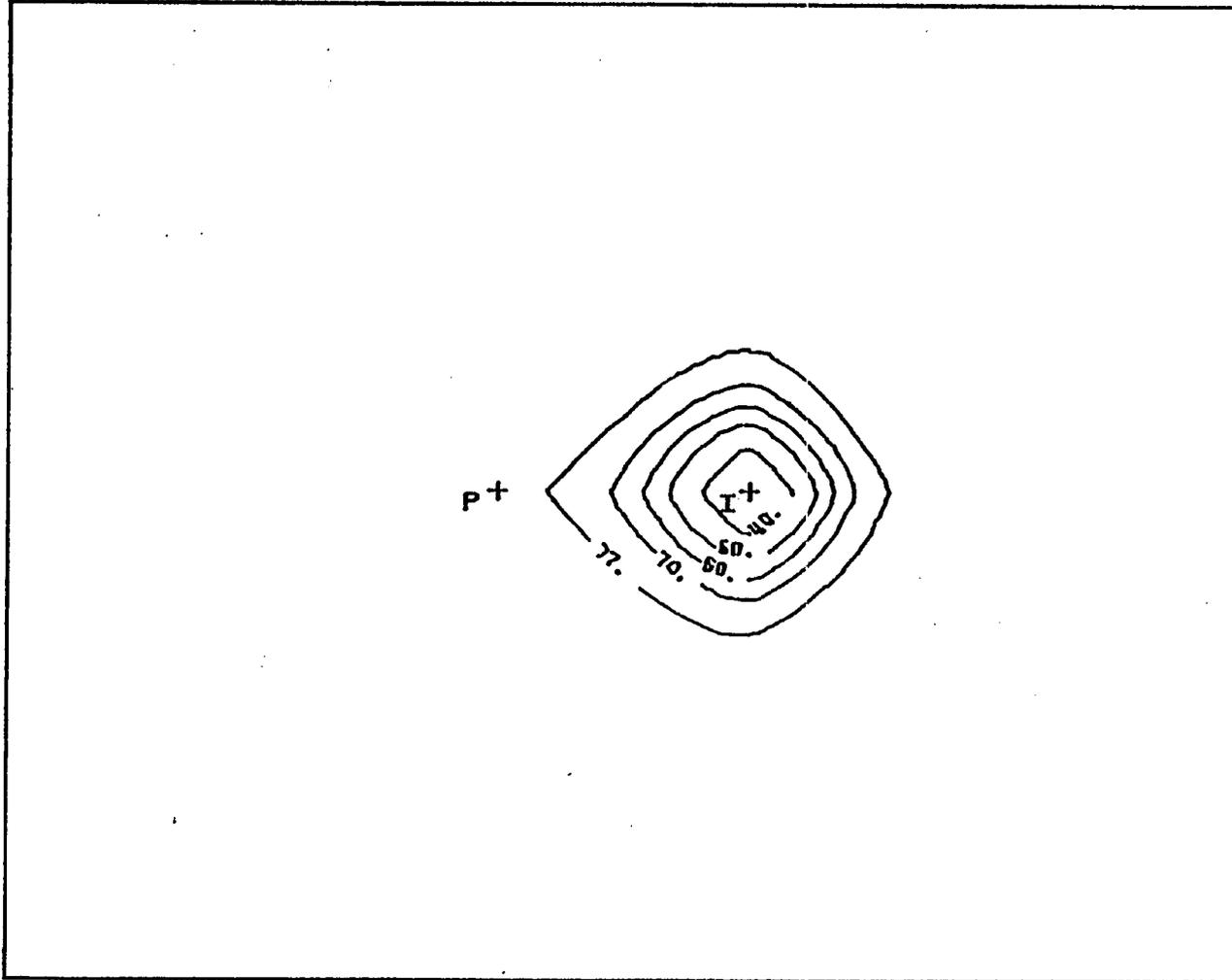
- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



DISTANCE ENTRE TUNNELS : 1000 METRES

EPAISSEUR : 30 METRES

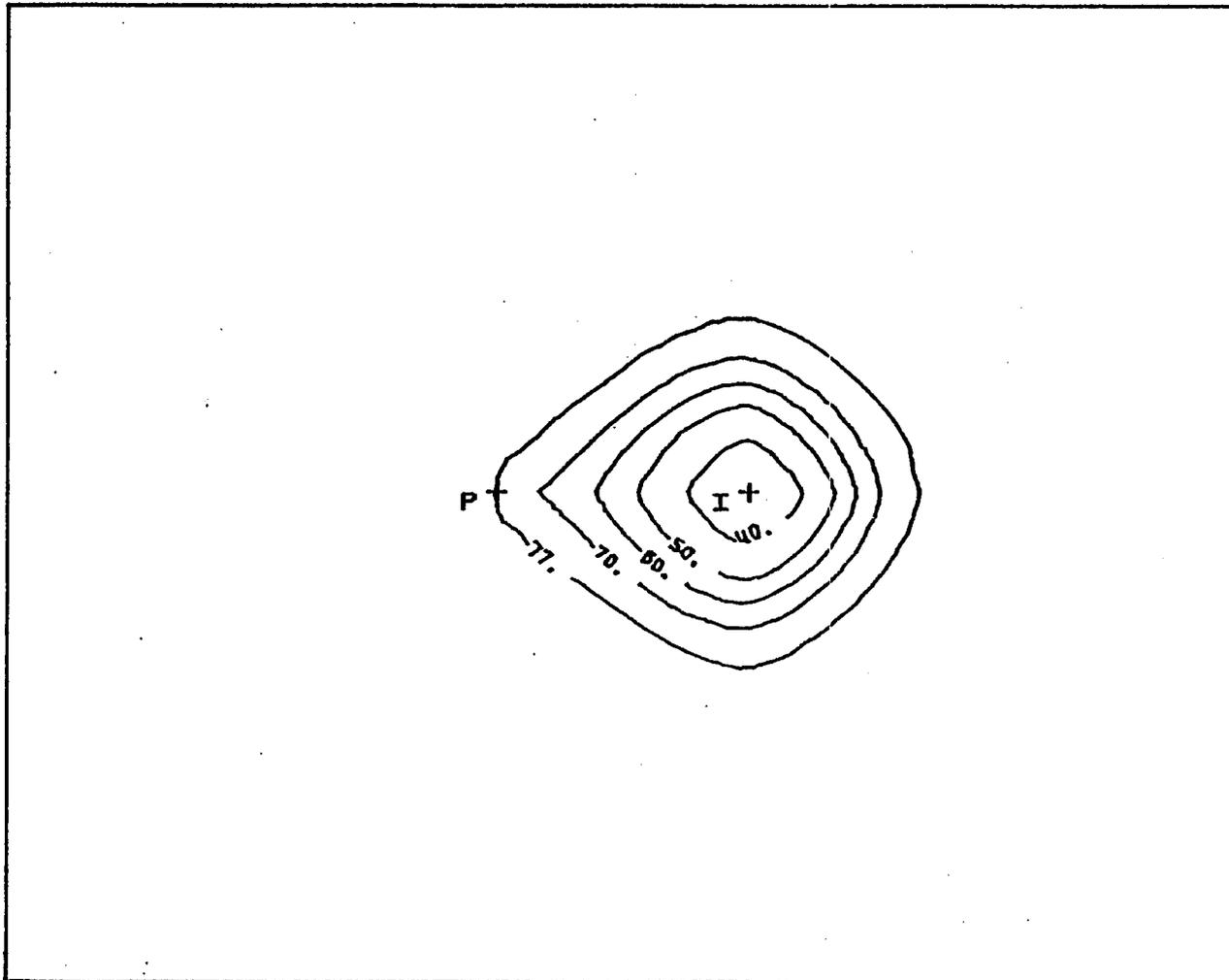
- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -



DISTANCE ENTRE PUI : 100 METRES

EPAISSEUR : 30 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



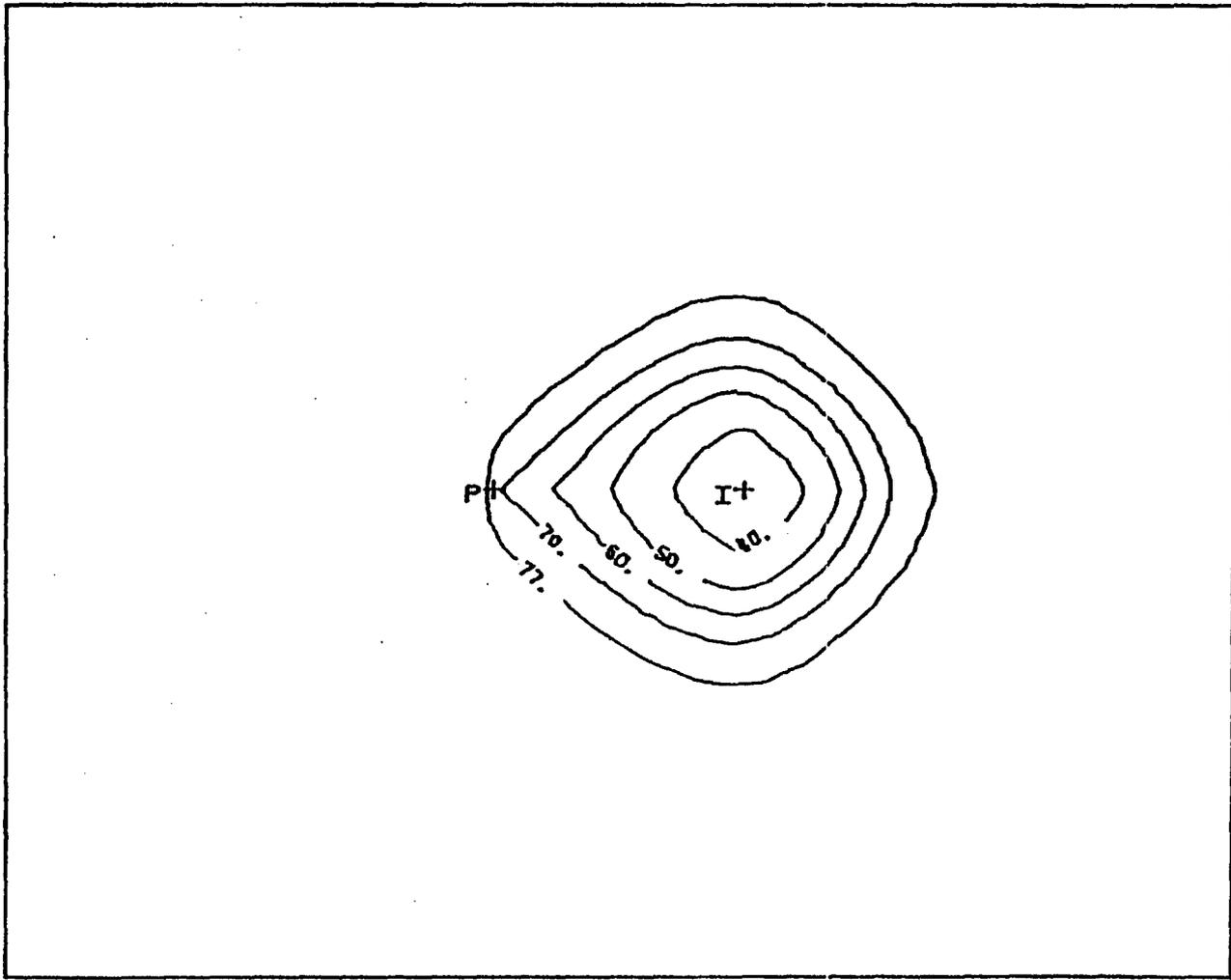
- 30 -

1000 METRES

DISTANCE ENTRE JETS : 300 METRES

EPAISSEUR : 30 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



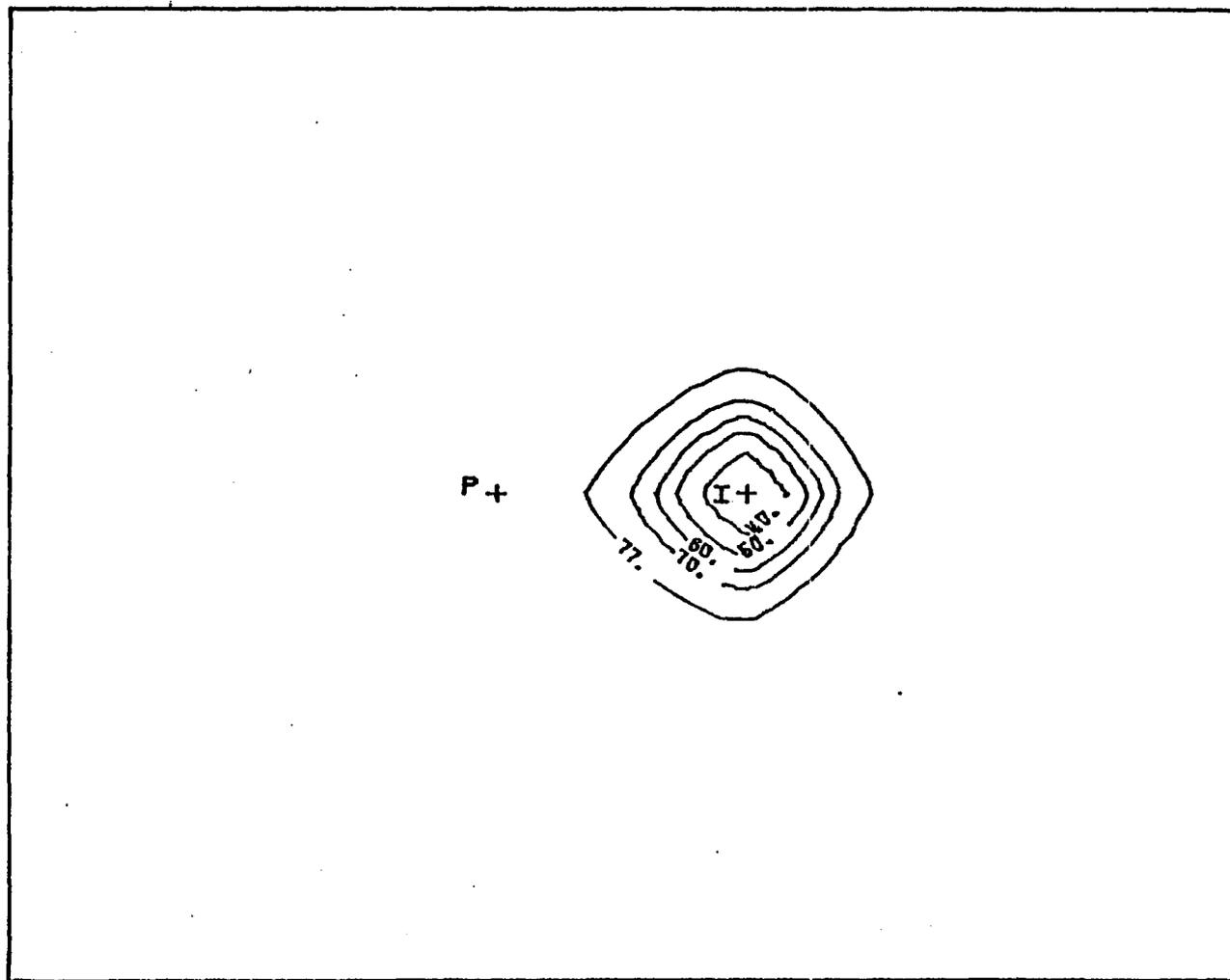
- 31 -

1000 METRES

ESTANCE ENTRE UNITES 1000 METRES

EPAISSEUR : 50 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -

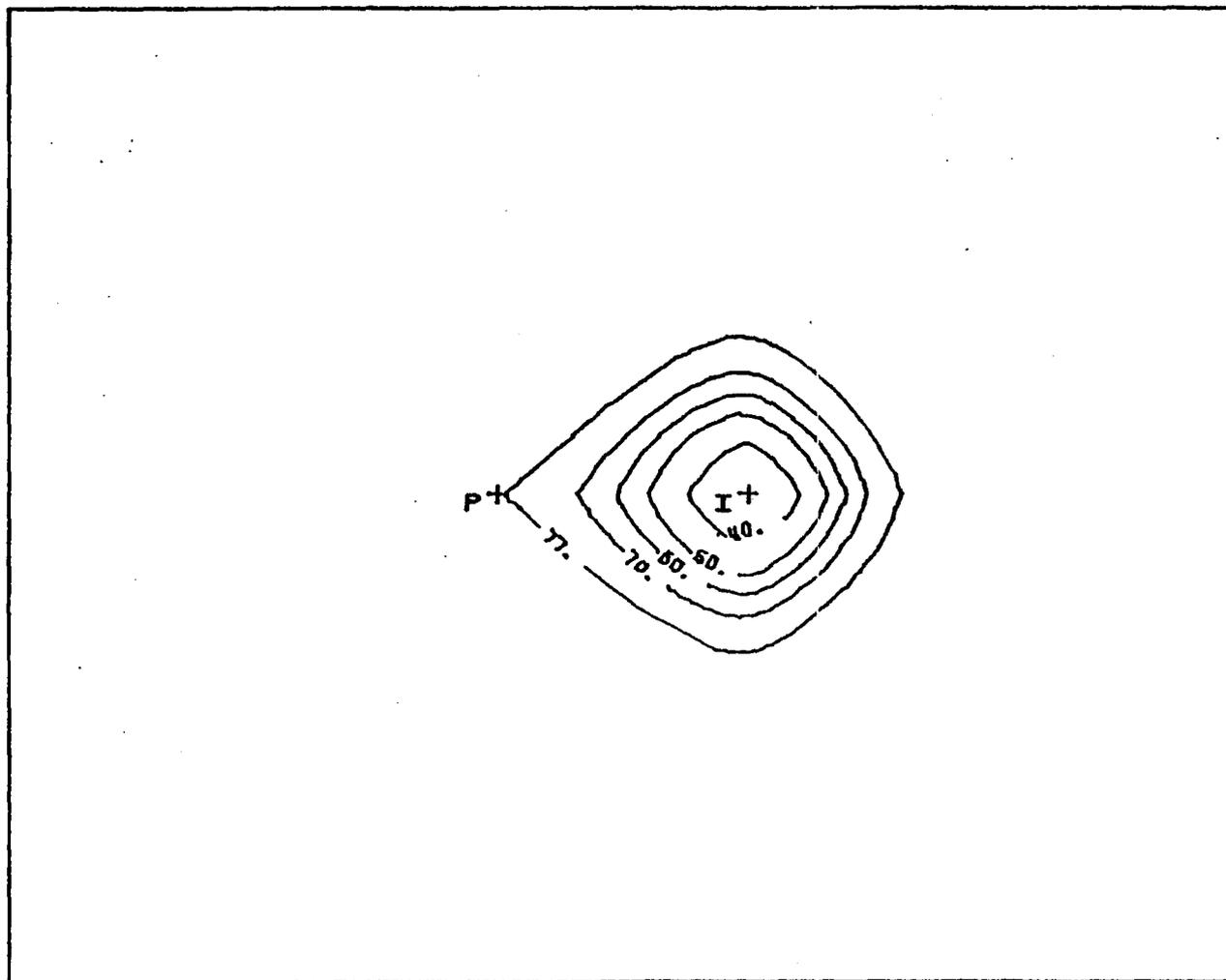


1000 METRES

~~DISTANCE ENTRE PUIES : 1000 METRES~~

EPAISSEUR : 50 METRES

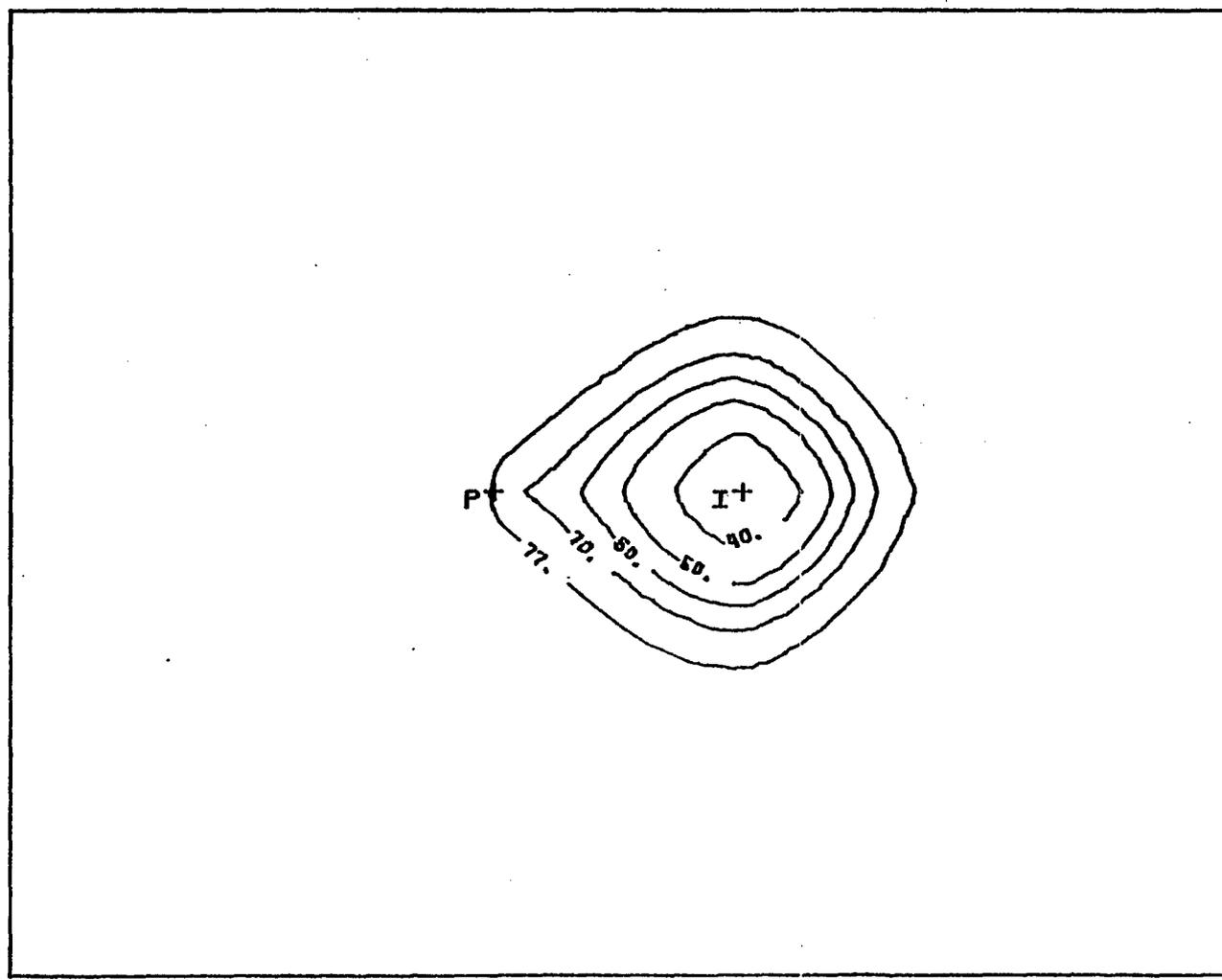
- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



1000 METRES

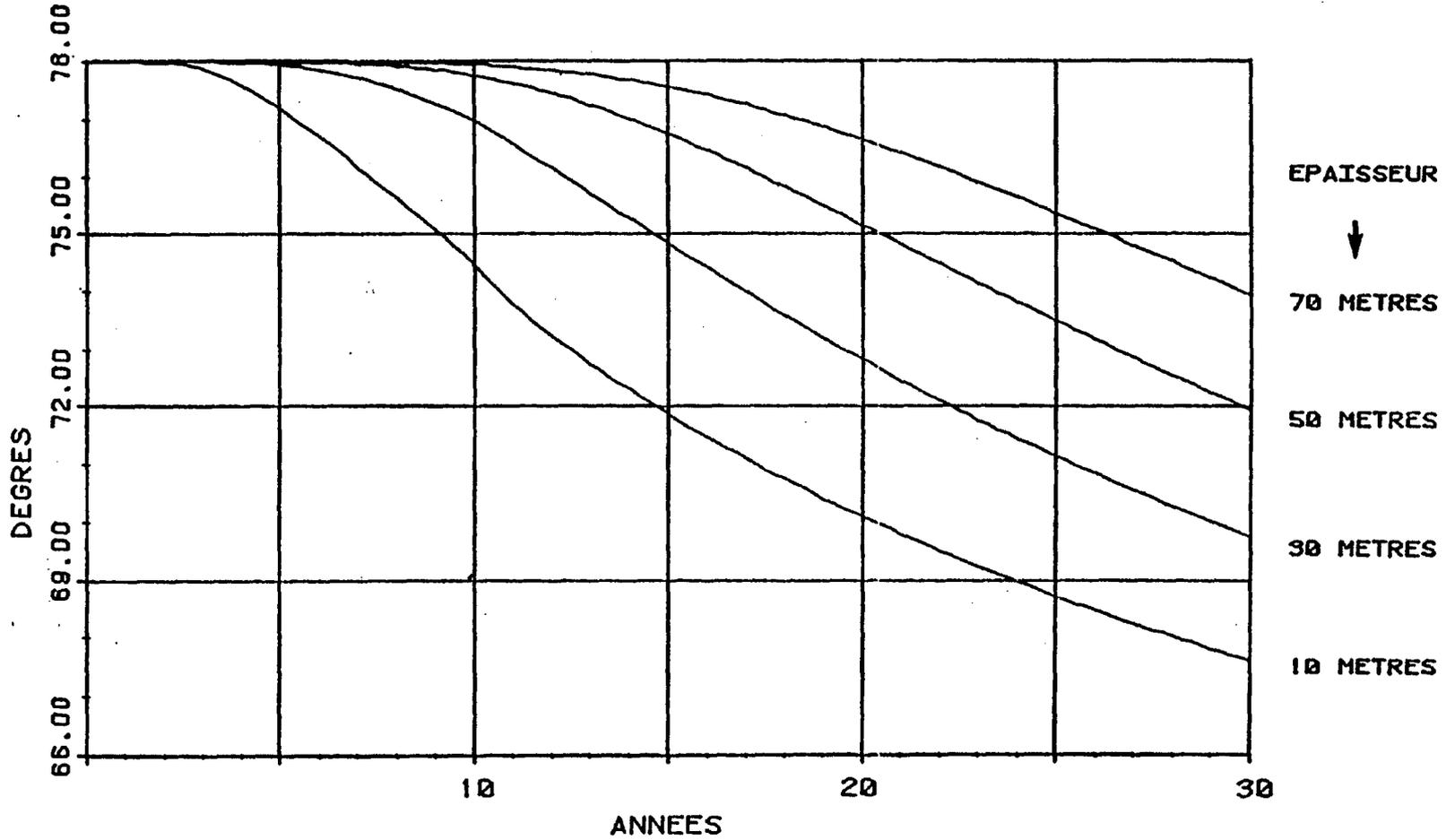
EPAISSEUR : 50 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



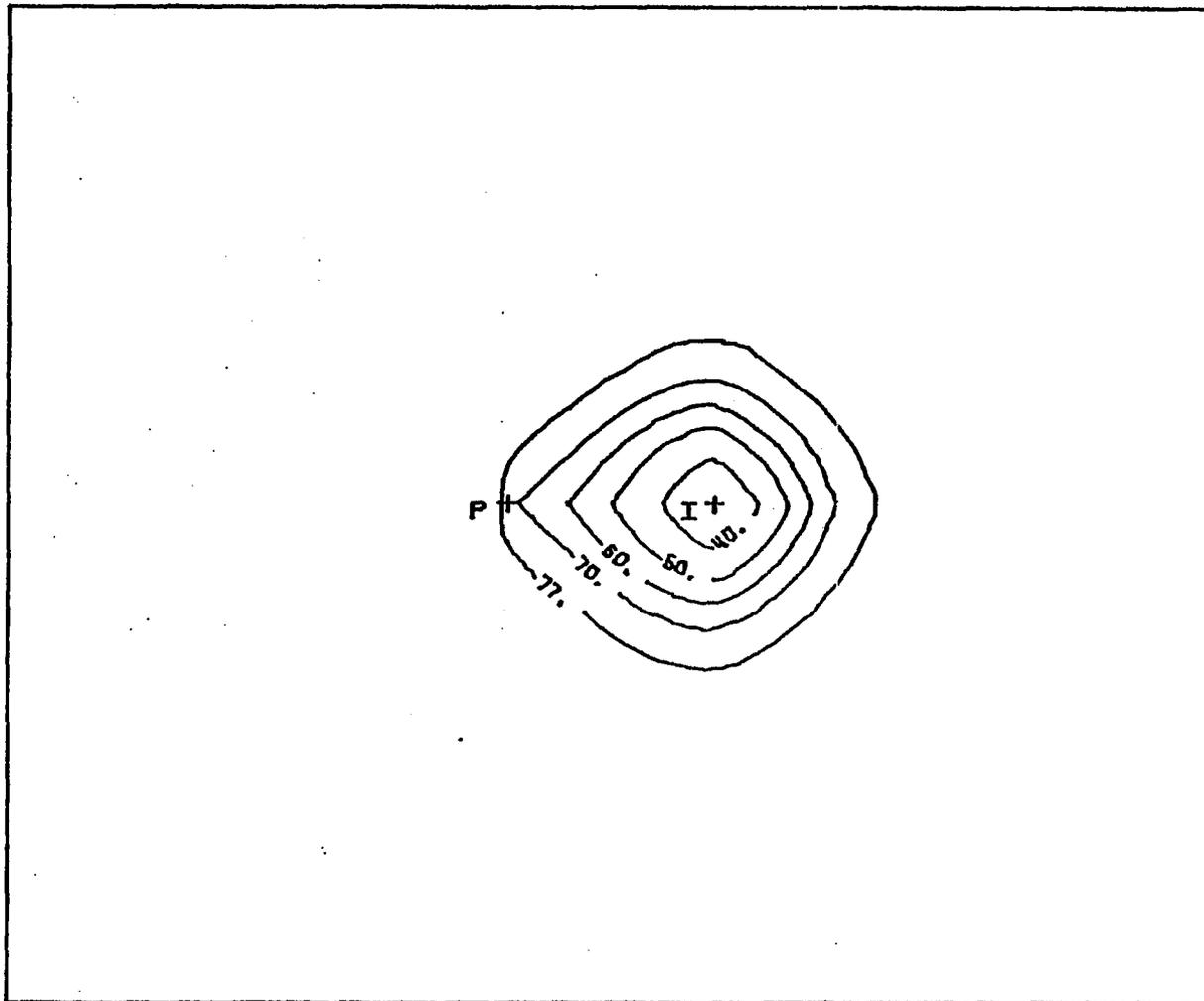
1000 METRES

- EVOLUTION DES TEMPERATURES DE POMPAGE -



EPAISSEUR : 10 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -

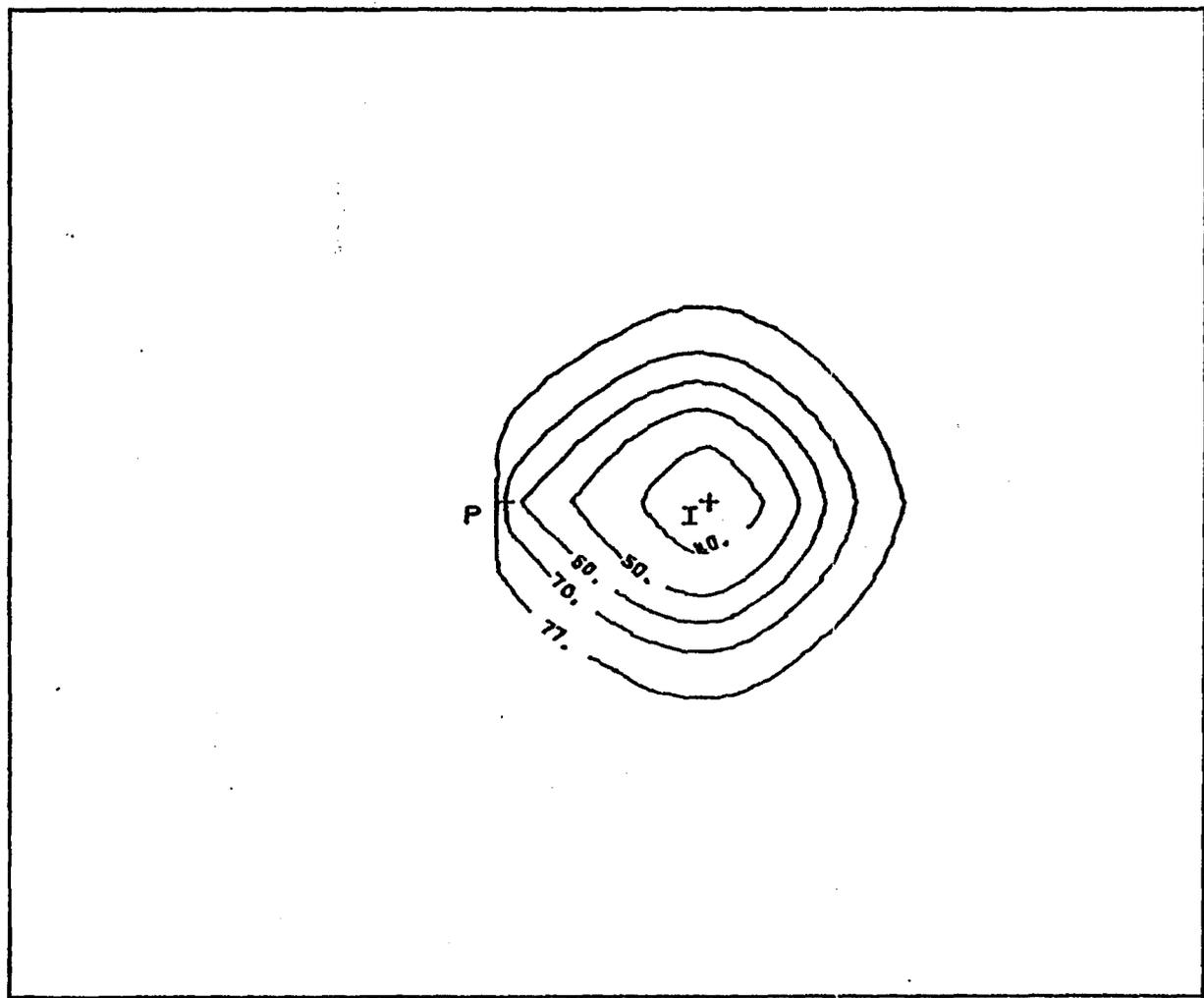


1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUISS : 800 METRES

EPAISSEUR : 10 METRES

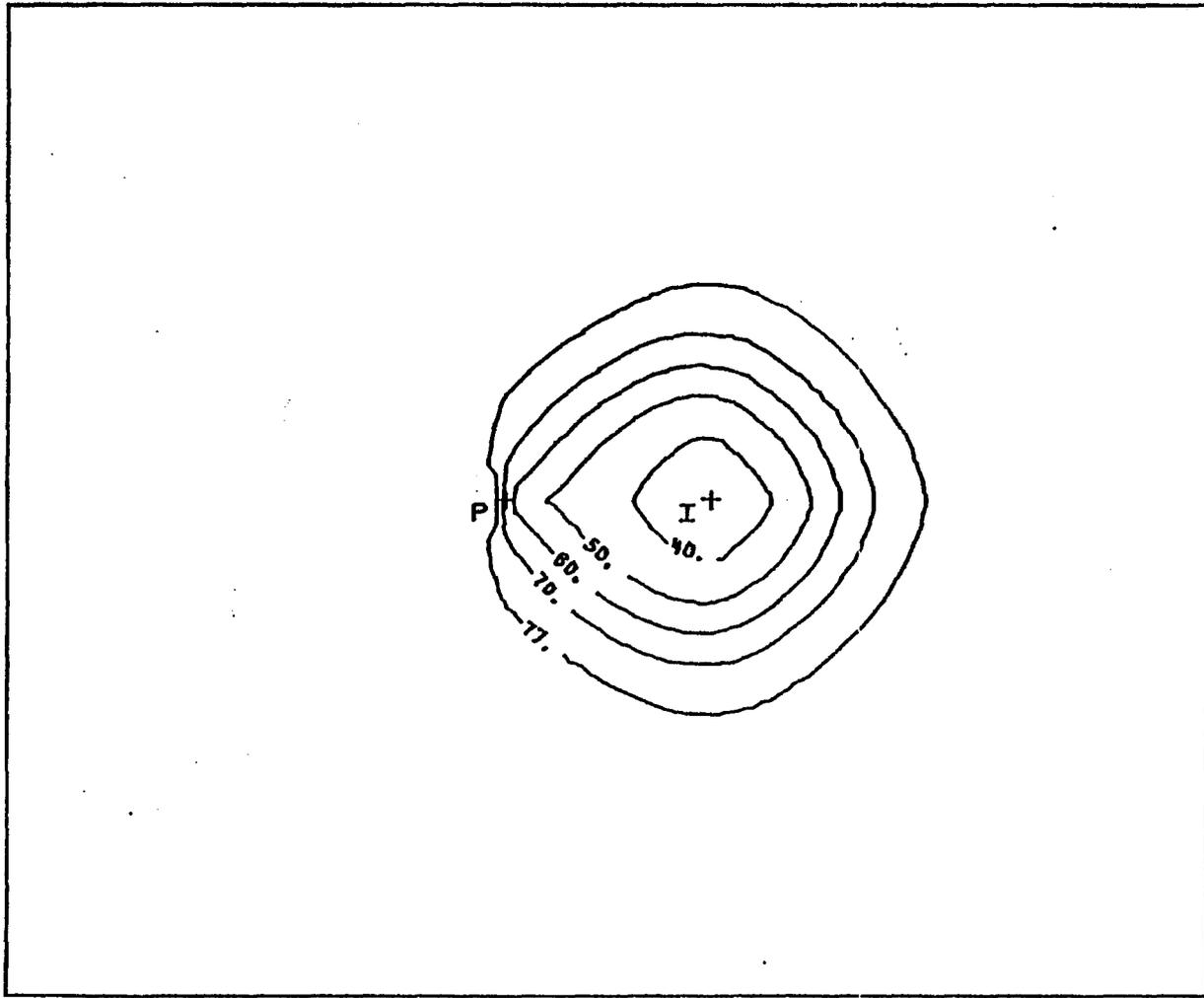
- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



1000 METRES

EPAISSEUR : 10 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -

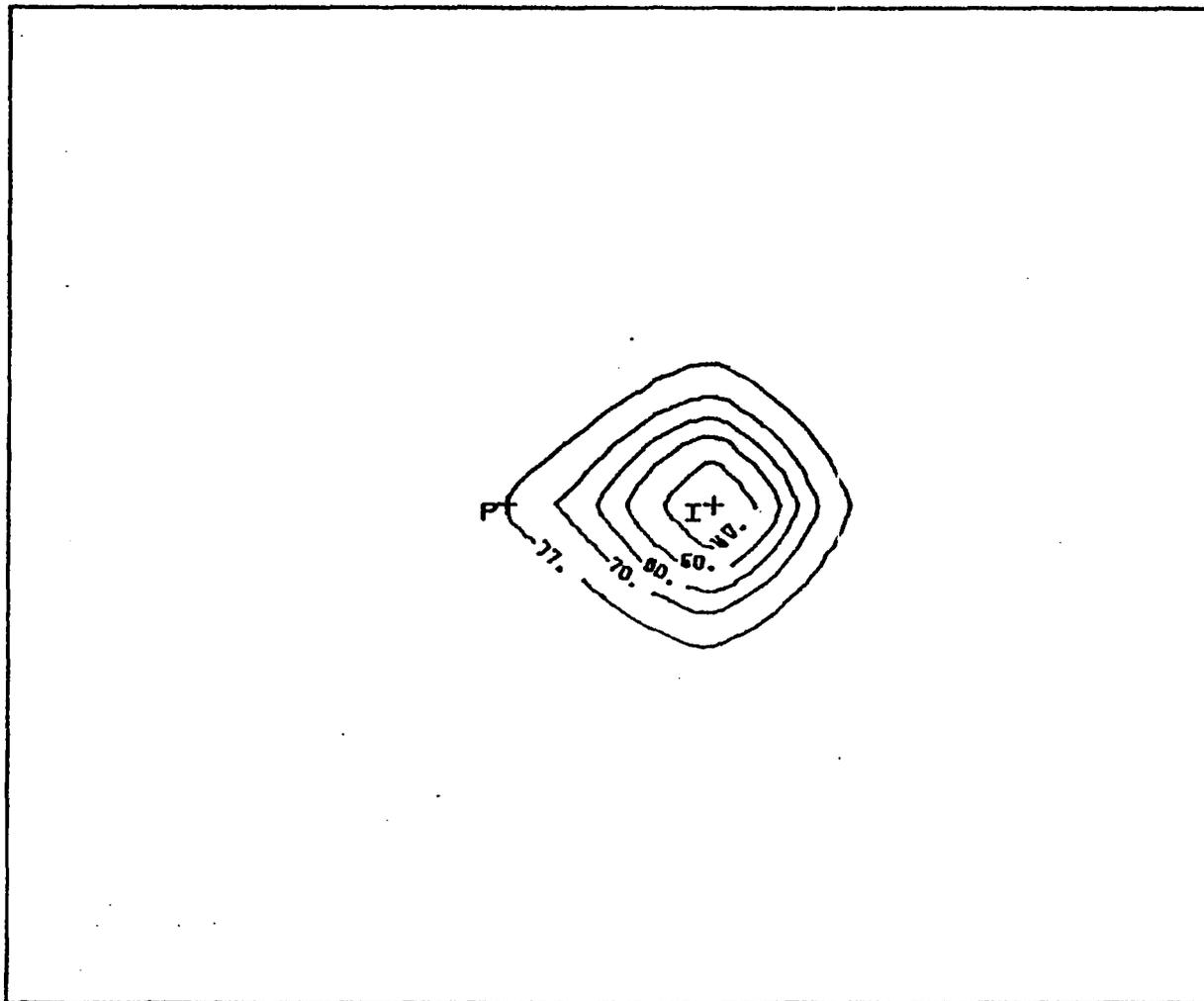


1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUITS : 600 METRES

EPAISSEUR : 30 METRES

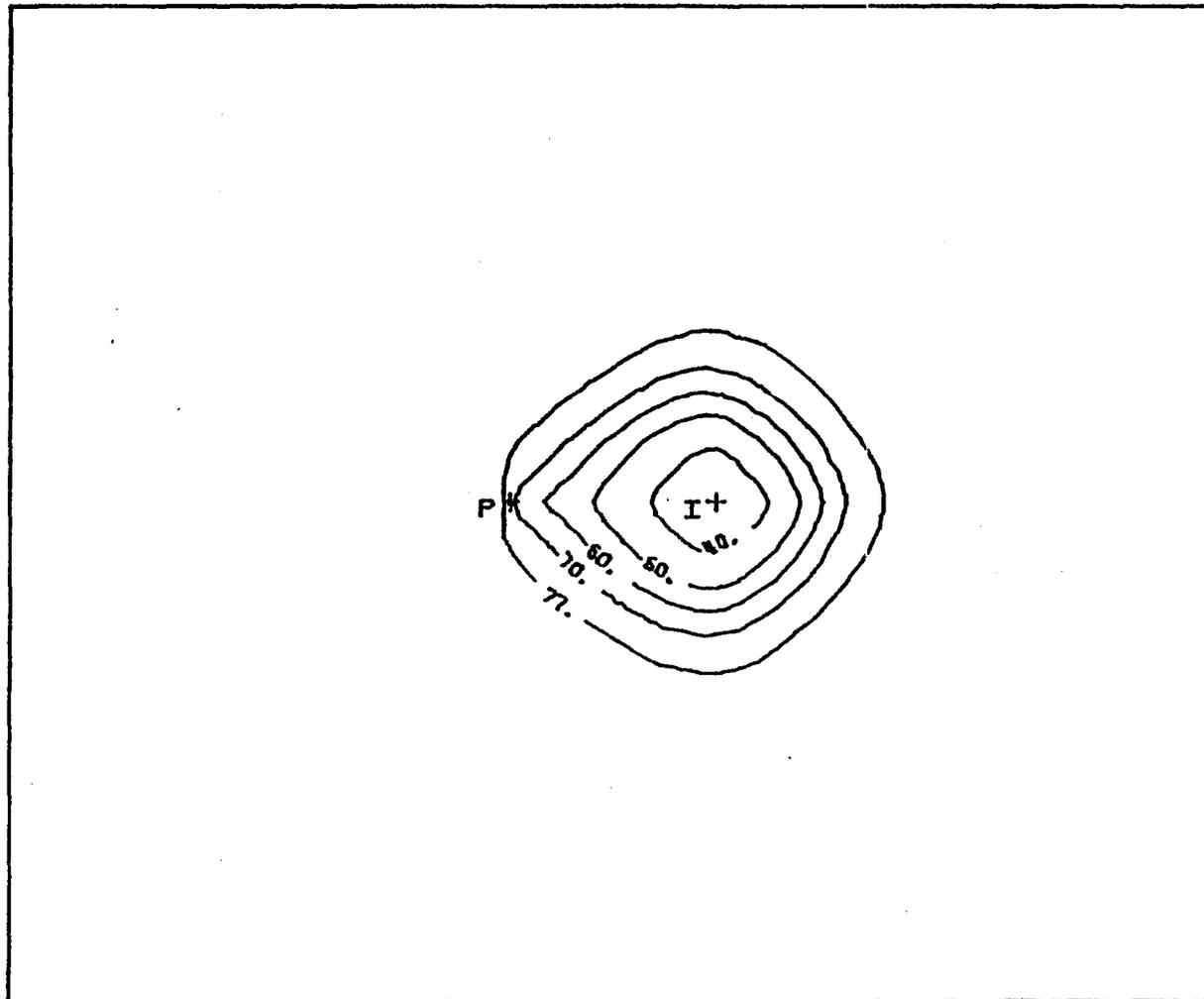
- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -



1000 METRES

EPAISSEUR : 30 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



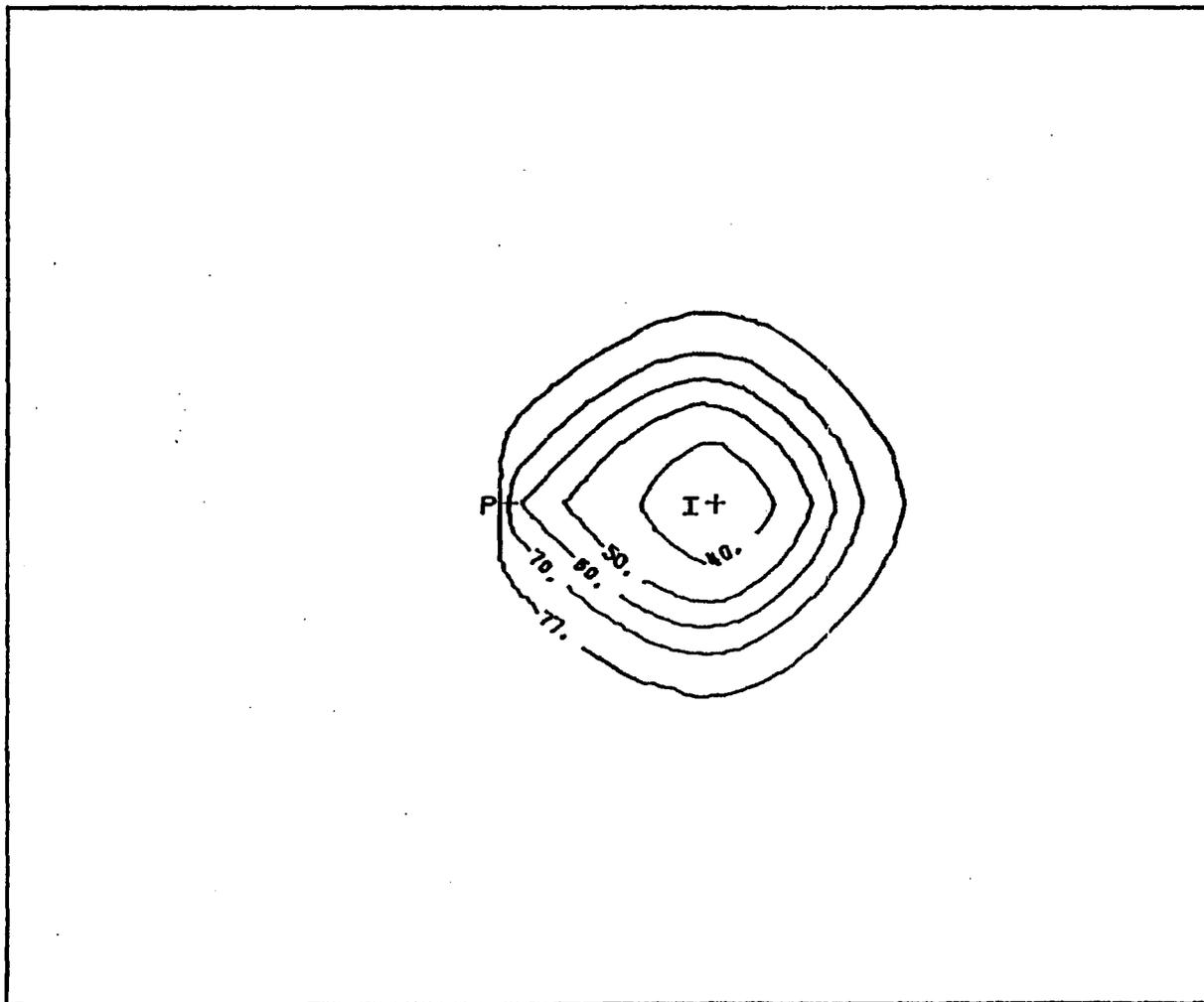
- 40 -

1000 METRES

~~DISTANCE ENTRE PUIES : 30 METRE~~

EPAISSEUR : 30 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



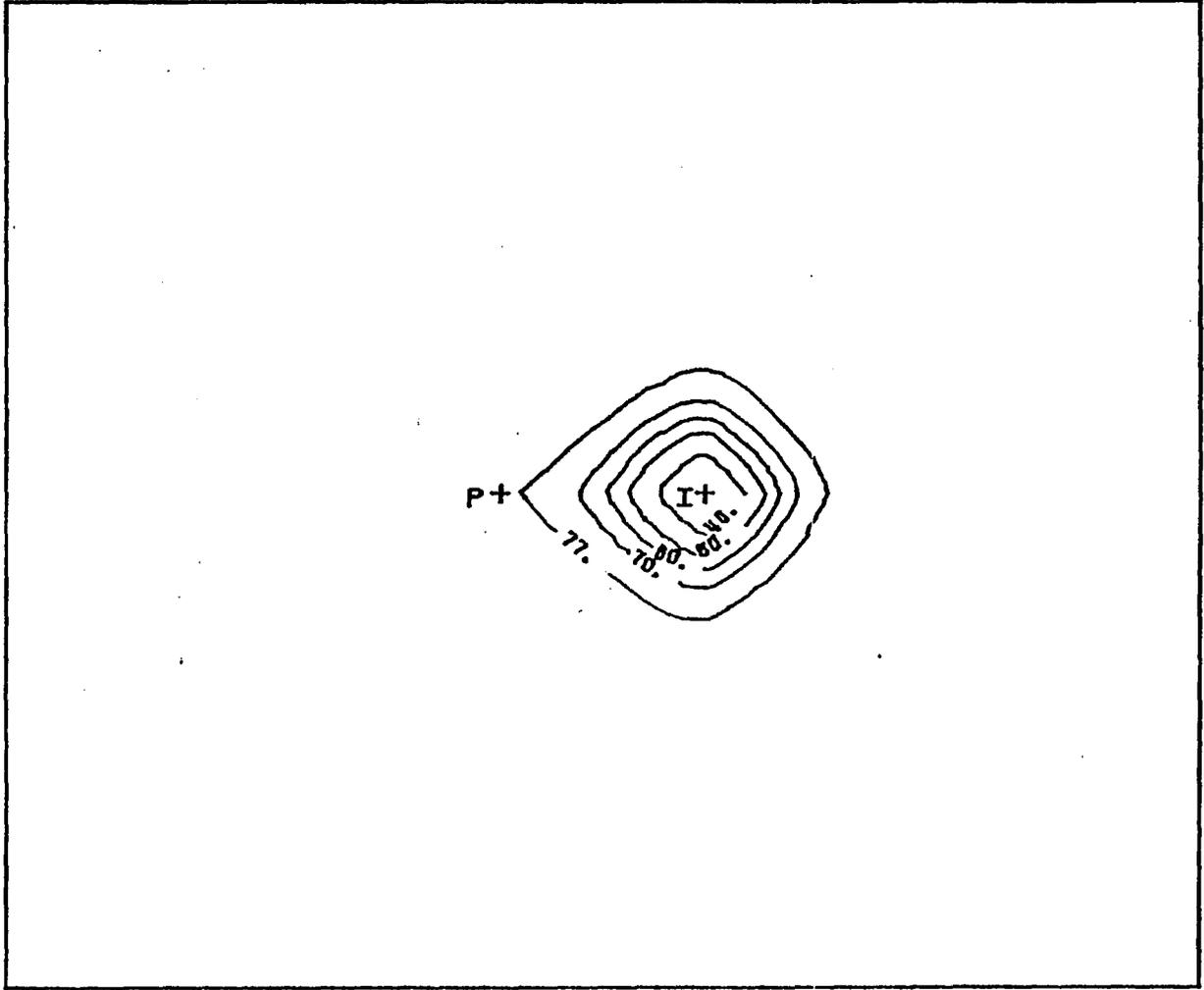
- 41 -

1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUIES : 500 METRES

EPAISSEUR : 50 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -

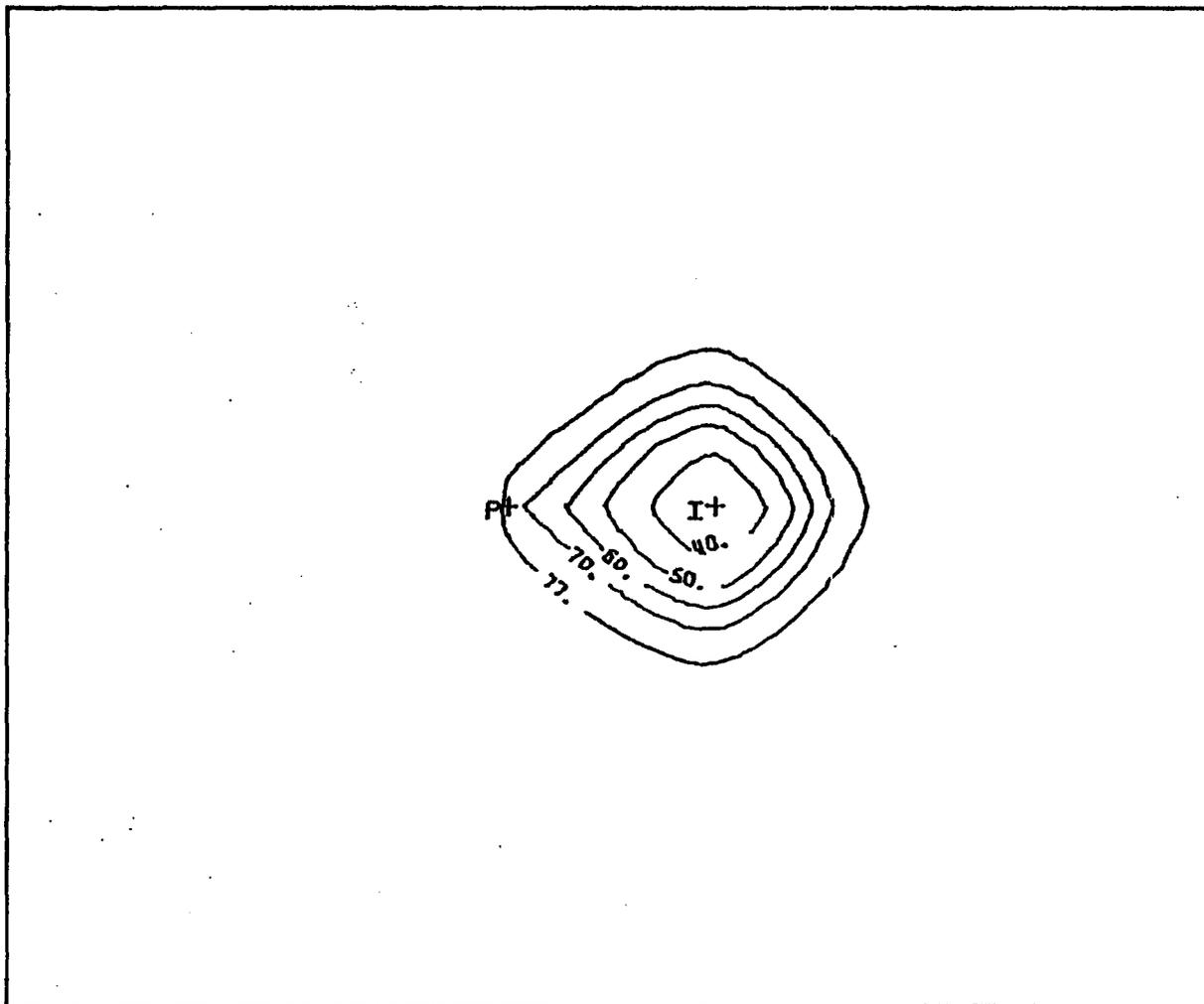


1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUIT : 900 METRES

EPAISSEUR : 50 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



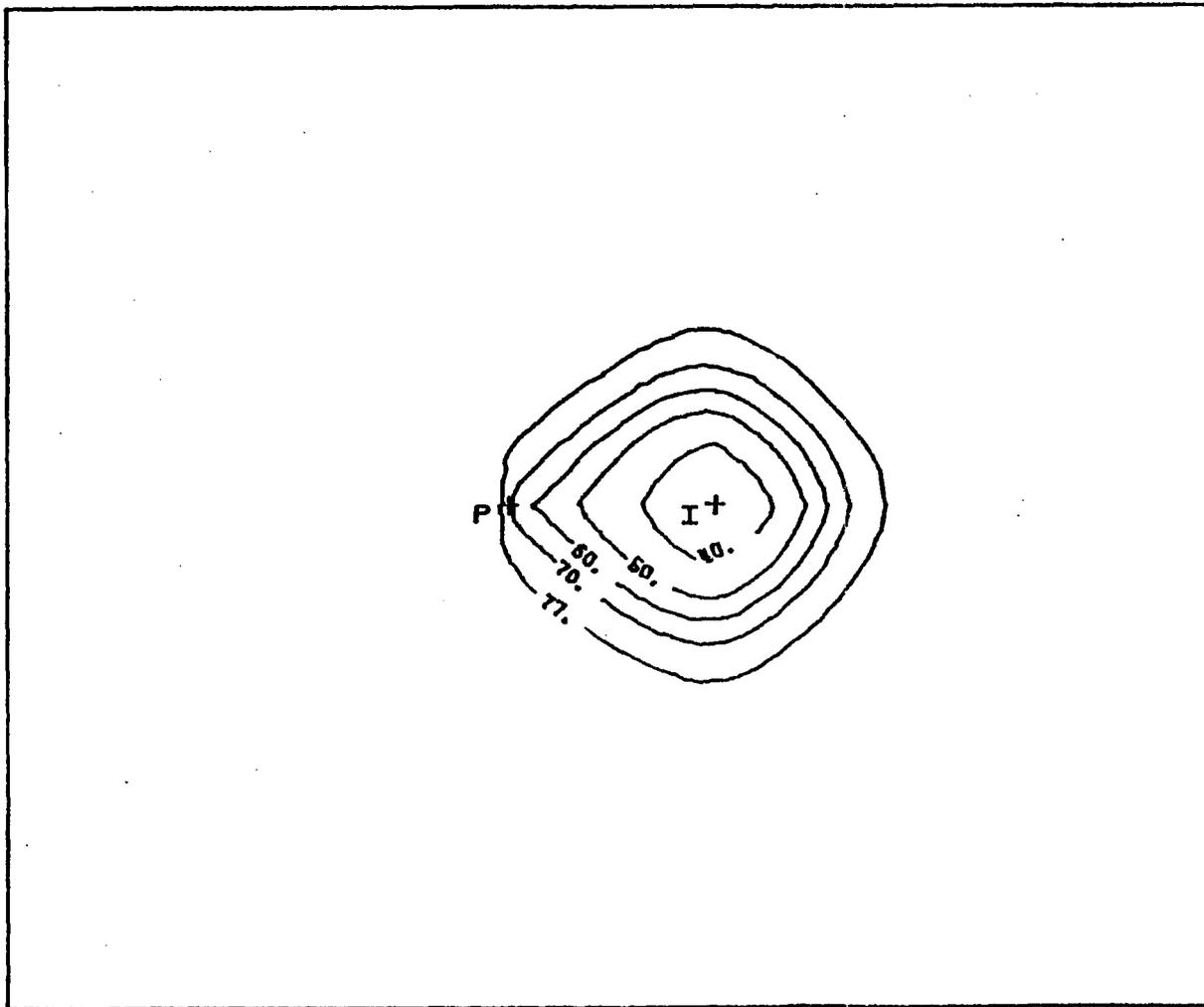
- 43 -

1000 METRES

~~DISTANCE ENTRE PUITS : 800 METRES~~

EPAISSEUR : 50 METRES

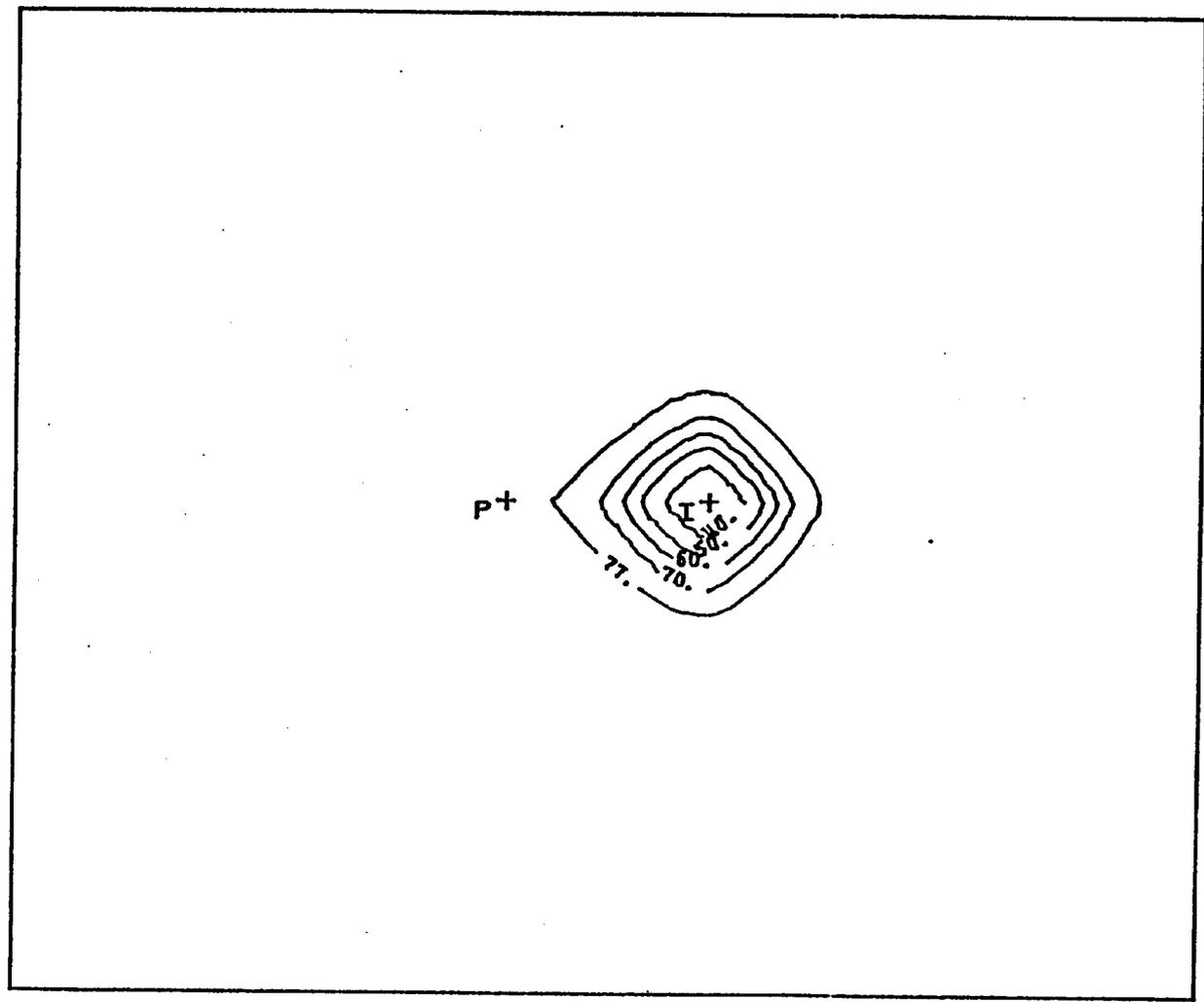
- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



1000 METRES

EPAISSEUR : 70 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 10 ANS D'EXPLOITATION -



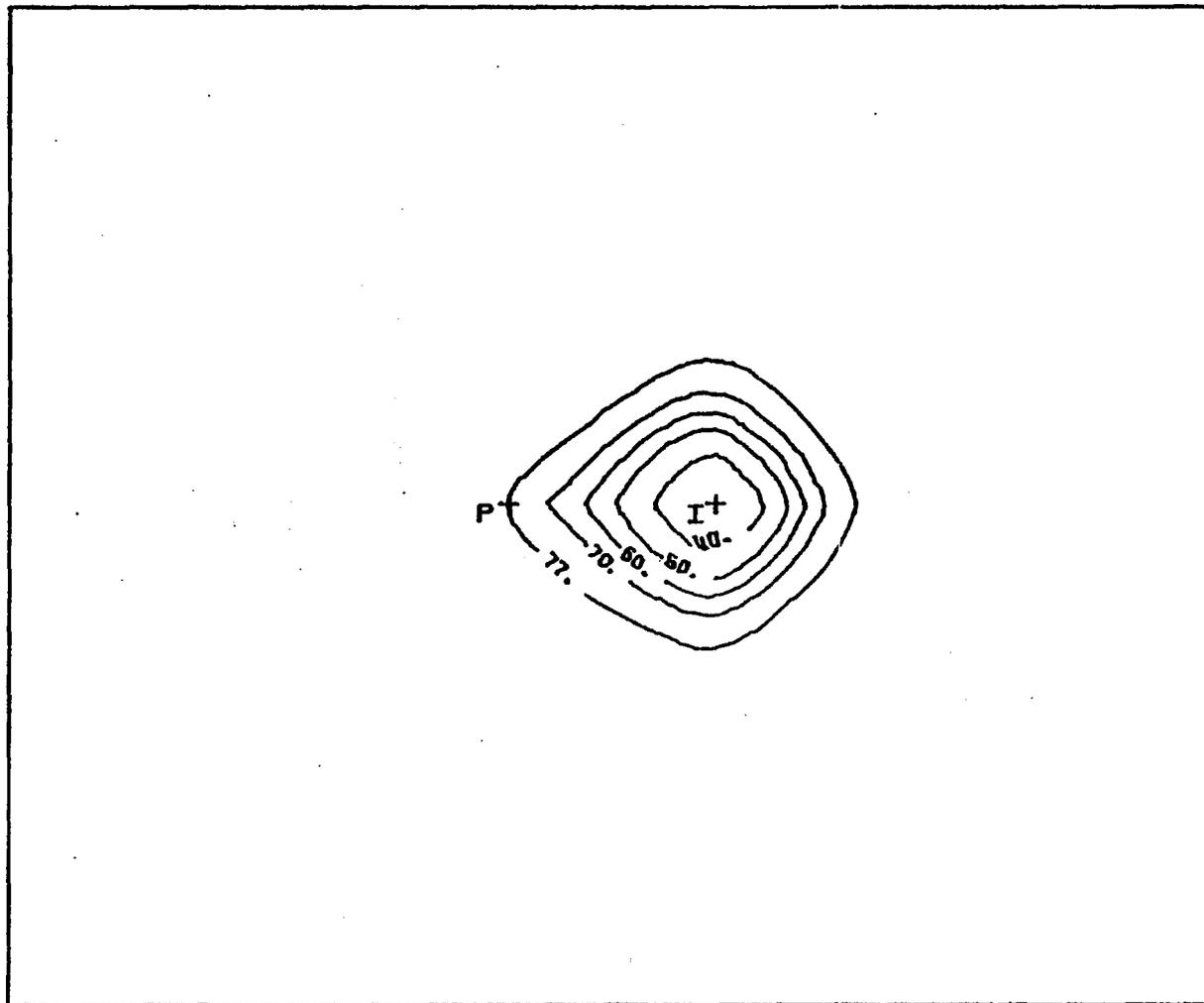
- 45 -

1000 METRES

DISTANCE ENTRE PUITS : 600 METRES

EPAISSEUR : 70 METRES

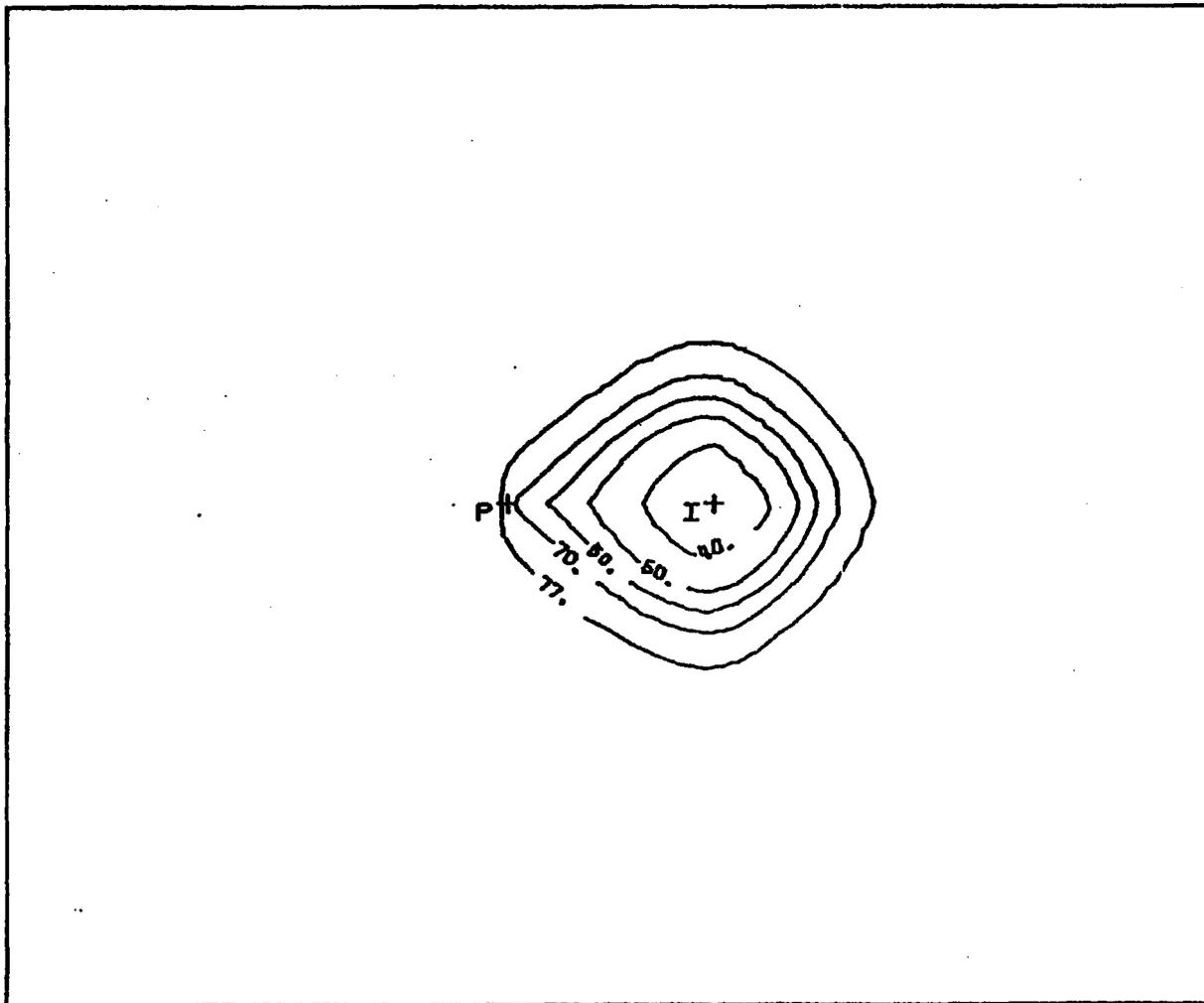
- ISOTHERMES (°C) APRES 20 ANS D'EXPLOITATION -



DISTANCE ENTRE PUIES : 800 METRES

EPAISSEUR : 70 METRES

- ISOTHERMES (°C) APRES 30 ANS D'EXPLOITATION -



1000 METRES