

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

NOTE DE SYNTHÈSE



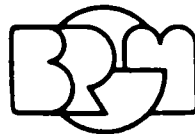
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

NOTE DE SYNTHÈSE



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer, 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00

1 - LE GISEMENT

HISTORIQUE DE LA DECOUVERTE

Dans le cadre d'une politique de mise en valeur des ressources locales, le Conseil Général des Landes confiait au B.R.G.M. en fin 1981, un inventaire systématique des ressources du sous-sol de la Haute-Lande. Ce programme pluri-annuel était soutenu financièrement par le département des Landes, la Région Aquitaine, la D.A.T.A.R. et le B.R.G.M. Ce programme fut entamé en 1982 par la partie Sud-Ouest de la zone (feuille au 1/100 000 de Soustons).

Dès mars 1982, un certain nombre d'indices intéressants de lignite furent mis en évidence dans le *secteur de Mézos-Onesse*. Par ailleurs, des travaux, financés par le Ministère de l'Industrie dans le cadre de l'inventaire en charbon du territoire métropolitain, et destinés initialement à déterminer l'extension des gisements existants, de type "Arjuzanx", furent recentrés sur MEZOS-ONESSE après accord du Comité de l'Inventaire. A la suite des résultats prometteurs obtenus en 1982, le Comité de l'Inventaire décide d'intensifier en 1983-84 les travaux de prospection dans la région de Mézos-Onesse -Escource, travaux qui avaient pour but de cerner la géométrie du gisement découvert et d'effectuer une première évaluation des ressources.

En fin 1984, seule la bande centrale du gisement de Mézos a été prospectée alors que des indices disséminés de part et d'autre de cette zone centrale laissent supposer l'existence de deux bandes latérales supplémentaires.

LES RESERVES

Situé à 15 km à l'Ouest de Morcenx et à 80 km au Sud de Bordeaux, la bande centrale du gisement de Mézos s'allonge suivant une direction sensiblement Nord-Sud. Elle a fait l'objet d'une précubature sur une longueur de 17 km environ. Elle n'a pas été délimitée vers le Nord, où des forages positifs ont été réalisés en fin de campagne 1984 dans son prolongement sur 6 km. La bande centrale se décompose en trois taches distinctes dont les réserves géologiques sont les suivantes :

- Mézos-Sud 30 millions de tonnes de lignites bruts
- Mézos-Centre 35 millions de tonnes de lignites bruts
- Mézos-Nord 20 millions de tonnes pour la seule partie méridionale qui a été cubée, d'autres indices prolongeant cette tache vers le Nord.

**LOCALISATION DES
PRINCIPAUX GISEMENTS
DE LIGNITE LANDAIS**



Lignites



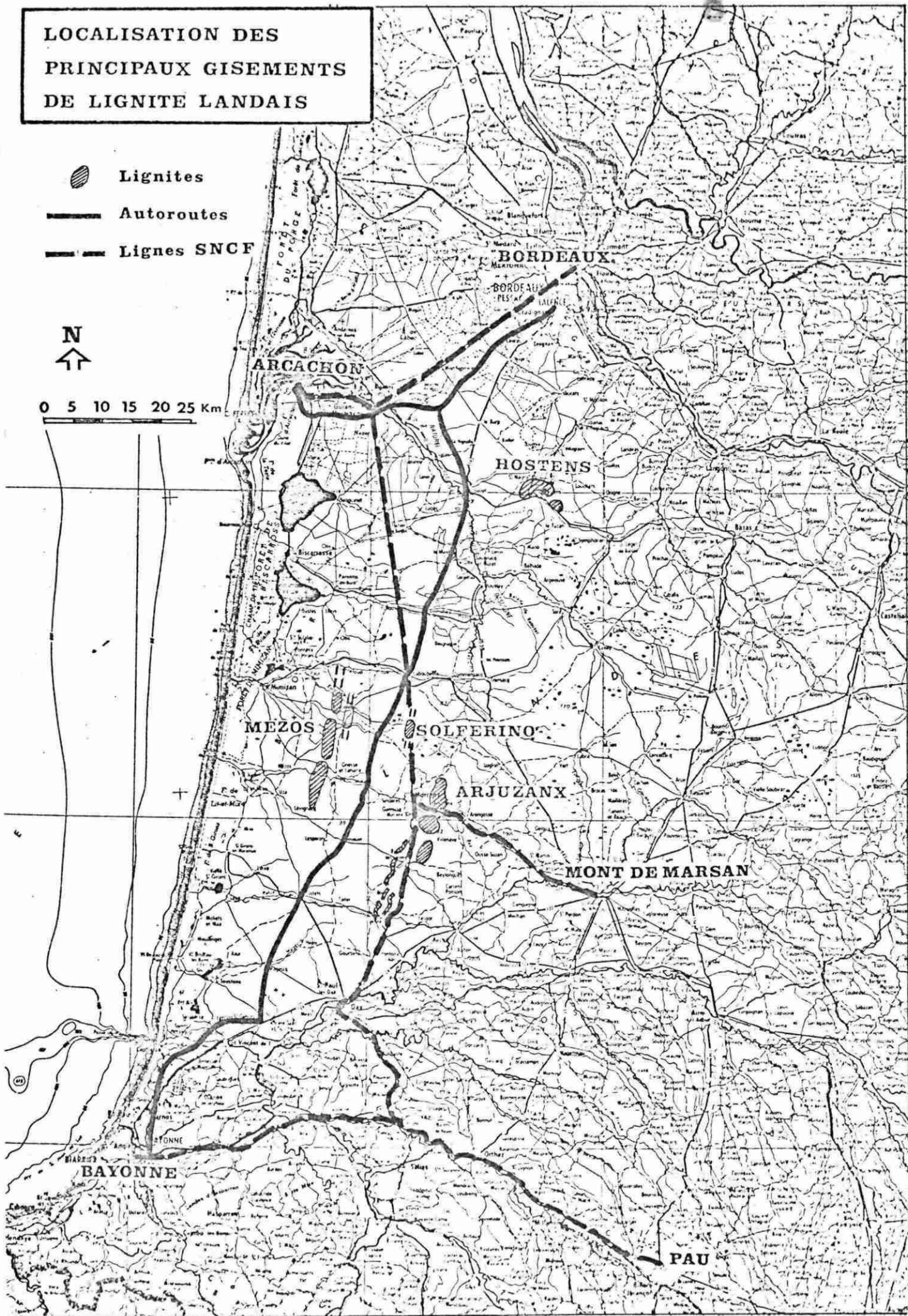
Autoroutes



Lignes SNCF



0 5 10 15 20 25 Km



Au stade actuel, on peut dire que la bande centrale de Mézos totalise au moins *100 millions de tonnes de lignites bruts*.

Hors de la bande centrale de Mézos, les différents indices rencontrés sur les bandes parallèles laissent supposer la présence de nouvelles taches accroissant notablement les réserves.

En dehors de ce gisement, des indices reconnus du même âge et dans le même contexte géologique (différent de celui d'Arjuzanx), à Solférino, Labouheyre, Hostens, laissent supposer que ce bassin lignitifère, insoupçonné il y a trois ans, peut renfermer des réserves très importantes. Il n'est pas évident que le gisement de Mézos se présente dans les meilleures conditions d'exploitabilité, d'autres gisements du même type pourraient en effet se situer à plus faible profondeur.

Ces incertitudes engagent à la poursuite de la prospection pour accroître les réserves et pour localiser au mieux le site d'une exploitation. Un programme est prévu avec cet objectif en 1985.

LA GEOMETRIE DU GISEMENT

Les épaisseurs de lignite rencontrées dans la bande centrale du gisement de Mézos sont pour l'essentiel supérieures à 4 mètres en une seule couche et peuvent atteindre jusqu'à 10-12 mètres (voir carte ci-après). La puissance de la découverte varie suivant les taches : de 30 à 45 m sur Mézos-Sud, de 45 à 60 m sur Mézos-Centre, de 40 à 50 m sur Mézos-Nord.




Les travaux de prospection avaient montré que la couverture et le substratum des lignites étaient constitués par des terrains aquifères.

2 - LA PREFAISABILITE DE L'EXPLOITATION DU GISEMENT DE MEZOS-SUD

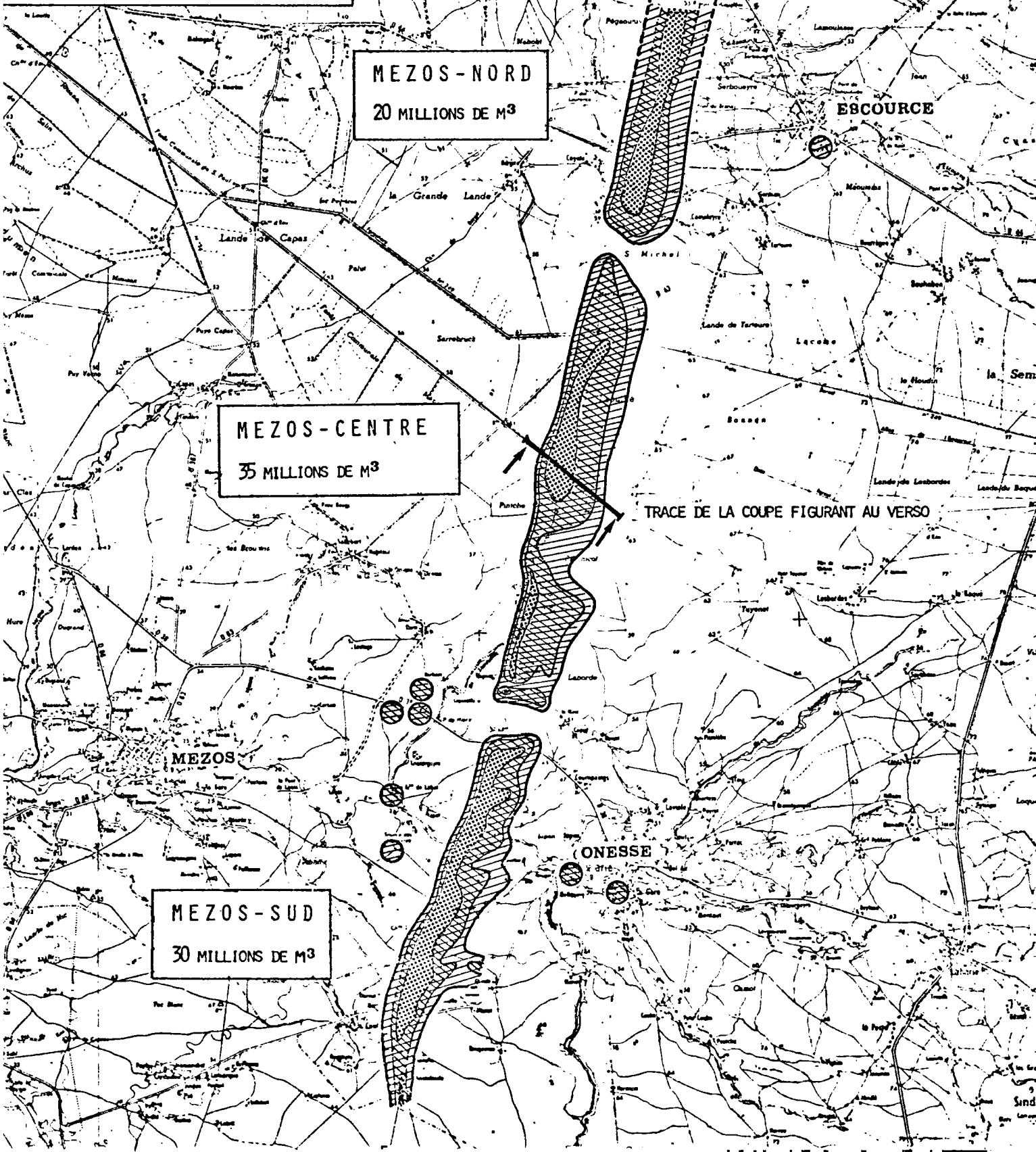
En début 1984, au vu de l'importance du gisement, il a été décidé sur un financement conjoint du Ministère de l'Industrie, après décision du Comité de l'Inventaire, du Département des Landes, de la Région Aquitaine, de l'A.F.M.E. et d'E.D.F., d'effectuer une étude de préfaisabilité minière et économique sur le gisement de Mézos-Sud, le mieux défini à l'époque.

LIGNITES DES LANDES (MEZOS)

Carte en isopaques des lignites

-  12 à 8 m
-  8 à 4 m
-  inférieur à 4 m

0 1 2 3 km



MEZOS-NORD
20 MILLIONS DE M³

MEZOS-CENTRE
35 MILLIONS DE M³

MEZOS-SUD
30 MILLIONS DE M³

TRACE DE LA COUPE FIGURANT AU VERSO

ESCOURCE

ONESSE

Parallèlement, était exécuté, à la demande du Département des Landes, sur financement du B.R.G.M., un examen préliminaire des utilisations potentielles du lignite en fonction des caractéristiques du produit, déterminées dans l'étude de préfaisabilité.

Le but de l'étude de préfaisabilité minière et économique était *la conception d'une méthode d'extraction à ciel ouvert de ce lignite, compte tenu des contraintes hydro-géotechniques qui devaient être au préalable déterminées vu l'importance tenue par l'eau, abondante dans ce gisement. Le coût de l'extraction serait alors évalué.*

En outre, on réaliserait l'extraction d'une quantité significative (quelques dizaines de tonnes) de lignite pour des essais ultérieurs (programme 1985) en laboratoires et pré-pilotes selon les utilisations potentielles du produit.

LES CONTRAINTES HYDROGÉOTECHNIQUES

Les lignites de Mézos-Sud sont à une profondeur de 30 à 45 m dans la zone retenue pour l'étude d'exploitation ; ils sont inclus dans une formation détritique très perméable contenant une puissante nappe d'eau. L'exploitation minière est envisagée à ciel ouvert et à sec, ce qui nécessite un rabattement préalable aux excavations.

Deux études lourdes à base de forages, pompages et essais spécifiques ont permis d'acquérir les paramètres hydrogéologiques et géotechniques de Mézos-Sud, puis d'assurer la modélisation mathématique du gisement afin de déterminer les conditions d'assèchement et de stabilité d'une fosse à ciel ouvert. Le dispositif d'exhaure mis au point a été optimisé puis chiffré. Les conditions de roulage des engins miniers sur sols dénoyés et la propagation des tassements consécutifs au dénoyage ont également été examinés (voir fascicules hydrogéologie - exhaure et géotechnique). D'une manière générale, les paramètres hydrogéologiques et géotechniques mesurés à Mézos-Sud sont assez facilement extrapolables à l'ensemble des gisements de Mézos connus à ce jour, sous réserve de certains contrôles spécifiques.

Le rabattement de la nappe conduit à pomper de l'ordre de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ en permanence grâce à un dispositif approprié de forages. Ces débits,

constitués d'eau de *nappe propre et de bonne qualité*, seraient canalisés vers le ruisseau d'Onesse. La nappe profonde puissante et peu utilisée ne souffrira pas de ce prélèvement. Les eaux de pluie tombées dans la fosse, susceptibles de contenir des fragments de lignite en suspension, seraient par contre épurées avant rejet (il s'agit de faibles volumes).

LE MODE D'EXPLOITATION

Après dénoyage préalable, l'exploitation se fera à ciel ouvert, une tranchée découvre une certaine surface de lignite à l'aide de deux roues-pelles sur chenilles, relayées chacune par une sauterelle ou par un ensemble trémie-extracteur (rockbelt) disposé au pied du stérile et alimenté depuis le haut du stérile par de gros bulldozers travaillant en poussage. *Les morts-terrains enlevés pour découvrir le lignite sont remis en place dans la zone exploitée au fur et à mesure de l'enlèvement du lignite.*

Le lignite est extrait à l'aide d'une roue-pelle. L'exploitation simulée à Mézos-Sud s'effectue dans le sens Nord-Sud du gisement et progresse, pour un million de mètres-cubes de production annuelle de lignite, sur une emprise de l'ordre de 20 hectares par an pendant 20 ans.

Après quelques années réservées au tassement de ces remblais, les terrains seront réaménagés et replantés. *Une provision financière a été constituée pour le réaménagement* ; elle a été prise en compte pour le calcul économique dans l'étude de pré faisabilité minière. Les études détaillées de ce réaménagement ressortent d'une étape ultérieure.

COUT D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION - PRIX DE REVIENT DE LA THERMIE

L'étude économique fait apparaître, au stade actuel de la pré faisabilité technique qui comporte encore de nombreuses incertitudes (marge d'erreur sur les coûts de plus ou moins 25 %), sur la base d'une exploitation au rythme de 1 million de mètres-cubes de lignite par an pendant 20 ans, *un prix de revient à la thermie de 3,8 centimes* avec un financement par des emprunts de type courant. L'annexe à cette note de synthèse détaille le mode de calcul de ce prix de revient à partir des coûts extraits de l'étude minière.

Selon le même mode de calcul, on a extrapolé les approches des coûts miniers pour des exploitations à des rythmes différents avec les résultats suivants :

- pour 2 millions de m³/an de production de lignites, le coût à la thermie est de 2,8 centimes,
- pour 0,5 million de m³/an, le coût à la thermie s'élève à 4,8 centimes.

Il convient de préciser que ces coûts extrapolés présentent une plus grande marge d'incertitude : plus ou moins 30 % au stade de la préfabricabilité.

Ces prix sont des prix de revient du lignite disponible au carreau de la mine.

L'investissement en francs constants 1984 s'élève à 170 millions de francs pour une production de 1 million de m³/an, les coûts d'exploitation étant en moyenne de 71 millions de francs par an. Ce niveau d'exploitation correspond à 150 emplois permanents.

COMPOSITION DU LIGNITE - PERSPECTIVES D'UTILISATION

Le lignite de Mézos a un pouvoir calorifique supérieur sur sec de 5 600 calories/gramme et un pouvoir calorifique inférieur sur sec de 5 400 calories/g. Les caractéristiques du produit disponible au carreau de la mine ont été prises à 2 200 thermies/tonne avec 53 % d'eau. Les analyses de laboratoire ont montré que ce produit perd son eau par égouttage et réessuyage jusqu'à une teneur minimale de l'ordre de 20 % d'eau (P.C.I. 4 200 th/t) ce qui en ferait un produit transportable. Il reste à mesurer dans des conditions significatives de stockage les pertes d'eau par égouttage naturel et celles qui pourraient permettre d'accélérer le phénomène par des procédés complémentaires, mécaniques (type compression en briquettes) ou énergétiques (séchage) avec les coûts correspondants. Le soufre (2,9 % sur sec) est essentiellement sous forme organique (entre 50 et 65 %) et sulfates ; *il n'y a pas ou peu de sulfures (pyrites) susceptibles de provoquer l'oxydation avec auto-inflammation au stockage.* Sur le plan des nuisances, le lignite contient peu de cendres (6 à 10 % sur sec), très peu d'azote (0,4 % sur sec) et le soufre libéré à la combustion dans les fumées sous forme de SO₂ et SH₂ demeure en quantités a priori maîtrisables (à vérifier par des essais de combustion en vraie grandeur, avec mesures de concentration dans les fumées).

Les principales voies d'utilisation de ce lignite paraissent actuellement les suivantes :

- . *Combustion du produit brut égoutté* à proximité du gisement, sans transformation, par de gros utilisateurs existants (cimentiers, papetiers, par exemple) ou par de gros consommateurs d'énergie venant s'installer sur le gisement.

- . *Combustion sur le gisement*, sans transformation, dans une centrale de production électrique nouvelle type 600 MW, voire éventuellement dans la centrale d'Arjuzanx, si celle-ci supporte d'être prolongée au-delà de 1989-90.

- . *Fabrication d'un combustible solide* à 4 200 th/t et 20 % d'eau substituable aux charbons importés. La conception du produit et l'étude de marché demeurent à faire, sachant que le prix actuel du charbon en vrac tout-venant au départ du port de Bordeaux est supérieur à 7 c/th sur la base d'un dollar à 9 francs et pour de gros utilisateurs (type cimenteries).

- . A plus long terme, *la gazéification* sur le gisement est une possibilité à regarder, avec d'éventuels prolongements vers *la synthèse de méthanol ou d'ammoniac*. Une unité de production de méthanol à partir de lignites est en effet en cours de construction en Allemagne de l'Ouest.

- . Enfin, un *mélange lignite-eau* transportable par carbo-duc est peut-être à examiner avec les spécialistes français de ces combustibles ; cependant, ce sujet qui se développe à partir de charbon semble à peu près vierge à partir de lignite.

De toutes manières, la taille du gisement est déjà compatible avec simultanément plusieurs des utilisations (autres que la gazéification) énumérées ci-dessus ; sa configuration en "taches" bien circonscrites permet éventuellement des affectations successives à des activités différentes ayant leurs propres rythmes d'exploitation.

ANNEXE

PROJET D'EXPLOITATION DU GISEMENT DE LIGNITE

DE MEZOS - SUD -

Prix de revient de la thermie

1 - CAPACITE DE PRODUCTION

La capacité de production retenue comme hypothèse de travail - à confirmer par un examen du marché - est de 1 Mm³/an de lignite, soit 1,2 Mt/an ou 2 640 Mth/an.

Au total, le volume remué est compris entre 4,8 et 6,5 Mm³/an.

2 - COUT D'INVESTISSEMENT

Le coût d'investissement établi par SOCOMINE est récapitulé à l'annexe 1. Compte tenu du stade d'élaboration de l'étude, les chiffres de SOCOMINE ont été majorés de 10 % pour "divers et non recensés" pour le matériel minier et de 15 % pour les installations auxiliaires, les travaux de préexploitation et l'exhaure.

A ce coût s'ajoutent les dépenses du maître d'ouvrage et les prestations du maître d'oeuvre, évaluées, au total, à environ 8,5 % de l'investissement technique.

Finalement, le coût d'investissement total s'établit comme suit, en monnaie constante (1984) (Cf. tableau 1).

.../...

Tableau 1

Coût d'investissement

| | <u>kF</u> | <u>kF</u> |
|---|---------------|----------------|
| <u>1. Frais d'établissement :</u> | | |
| - Préexploitation | 40 800 | |
| - Exhaure, forages | 13 366 | |
| Sous total | <u>54 166</u> | |
| Divers et non recensés (15 %) ... | 8 124 | |
| Sous total | <u>62 290</u> | |
| - Dépenses Maître d'ouvrage et prestations maître d'oeuvre | 8 200 | |
| Total 1 | <u>70 490</u> | 70 490 |
| | | |
| <u>2. Immobilisations corporelles :</u> | | |
| - Achat terrains | 1 500 | |
| - Matériel minier | 77 125 | |
| - Installations auxiliaires | 10 760 | |
| Sous total | <u>89 385</u> | |
| Divers et non recensés | 9 325 | |
| Total 2 | <u>98 710</u> | 98 710 |
| | | |
| <u>TOTAL 1 + 2</u> | | <u>169 200</u> |

.../...

3. PLAN DE FINANCEMENT

3.1. Fonds de roulement

Les coûts d'exploitation s'établissent en moyenne, à 71 MF/an - y compris 10 % de "divers et non recensés".

Le fonds de roulement est évalué à 4 mois de coûts d'exploitation, soit 24 MF.

3.2. Inflation

Nous retenons un taux d'inflation de 7 % par an pendant les deux années de construction et la première année d'exploitation.

Nous effectuons ensuite les calculs en monnaie constante ce qui a pour effet de majorer la part relative du service de la dette et conduit à une évaluation prudente du prix de revient de la thermie.

3.3. Hypothèses de financement

a) Fonds propres :

Nous admettons que les fonds propres sont investis sous forme de capital (pas d'avances d'actionnaires) et représentent 35 % de l'investissement majoré du fonds de roulement, hors intérêts intercalaires.

b) Emprunts :

Nous supposons que 65 % de l'investissement majoré du fonds de roulement, hors intérêts intercalaire est financé par des emprunts sur 10 ans au taux moyen de l'inflation majoré de 4 % soit :

- 11 % pendant les années de construction et la première année d'exploitation,
- 4 % pendant les autres années.

Il en résulte le plan de financement suivant :

.../...

Tableau 2

Plan de financement

| | Construction | | Production | TOTAL |
|--------------------------------------|--------------|--------|------------|--------|
| | - 2 | - 1 | 1 | |
| MONNAIE CONSTANTE (MF) | | | | |
| - Coût d'investissement | 21,16 (1) | 148,04 | | 169,20 |
| - Fonds de roulement | - | 24,00 | | 24,00 |
| TOTAL | 21,16 | 172,04 | | 193,20 |
| MONNAIE COURANTE (MF) | | | | |
| - Coefficient d'inflation | 1,00 | 1,07 | 1,14 | |
| - Coût d'investissement | 21,16 | 184,08 | | 205,24 |
| - Fonds de roulement | - | 25,68 | | 25,68 |
| TOTAL | 21,16 | 209,76 | | 230,92 |
| FONDS PROPRES (CAPITAL) | 21,16 | 59,66 | | 80,82 |
| EMPRUNTS | | | | |
| - Principal | - | 150,10 | | 150,10 |
| - Intérêts intercalaires capitalisés | - | 16,51 | 18,33 | 34,84 |
| - Sous total emprunts | | 166,61 | 18,33 | 184,94 |
| TOTAL DES BESOINS ou FINANCEMENT | 21,16 | 266,27 | 18,33 | 265,76 |

(1) Matériel minier : $17,11 \times 1,10 = 18,82$
 VRD : $0,73 \times 1,15 = 0,84$
 Terrain : 1,50
 TOTAL 21,16

.../...

4 - COUTS DE PRODUCTION ET POINTS MORTS

En monnaie constante, les coûts de production et les points morts du projet sont les suivants, en centimes par thermie :

| | <u>Centimes par thermie</u> |
|---|-----------------------------|
| Coûts de production | 2,69 |
| Coûts de production + Amortissements + frais financiers (point mort de résultat) | 3,30 |
| "Cash costs" (Coûts de production + service de la dette) | 3,07 |
| Prix de vente annulant le cash flow (1) | 3,80 |

(1) Cf annexe 2

Annexe 1

COUT D'INVESTISSEMENT

| | <u>kF</u> | <u>kF</u> |
|---|-----------|---------------------|
| 1/ <u>Matériel minier</u> : | | |
| 1.1. Chantier "stériles" | | |
| - Rockbelt et manutentions | 27 670 | |
| - Bouteurs | 15 540 | |
| 1.2. Chantier "lignite" | 12 650 | |
| 1.3. Matériel minier auxiliaire | 21 265 | |
| Sous total | 77 125 | |
| Divers et non recensés (10 %) | 7 712 | |
| | <hr/> | |
| TOTAL 1 | | 84 837 |
| 2/ <u>Installations auxiliaires</u> : | | |
| 2.1. Bâtiments | 7 050 | |
| 2.2. V.R.D. | 3 630 | |
| 2.3. Evacuation des eaux d'exhaure | 80 | |
| Sous total | 10 760 | |
| Divers et non recensés (15 %) | 1 613 | |
| | <hr/> | |
| TOTAL 2 | | 12 373 |
| 3/ <u>Divers</u> : | | |
| 3.1. Achat terrains | 1 500 | |
| 3.2. Préexploitation | 40 800 | |
| 3.3. Exhaure, forages | 13 366 | |
| Sous total | 55 666 | |
| Divers et non recensés (15 % de 3.2 et 3.3) | 8 124 | |
| | <hr/> | |
| TOTAL 3 | | 63 790 |
| | | |
| TOTAL 1 + 2 + 3 | | <hr/> <hr/> 160 990 |

ANNEXE 2

COMpte D'EXPLOITATION ET DE RESULTAT (MF - Monnaie courante)

Prix de vente 3,8 ct/th

| | - 2 | - 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| PRODUCTION (Mth) | | | 1320 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2540 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 2640 | 1320 |
| RECETTES | | | 97,4 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 114,9 | 52,4 |
| Coûts d'exploitation | | | 73,3 | 82,9 | 82,1 | 80,0 | 78,0 | 83,2 | 83,7 | 72,0 | 70,5 | 71,9 | 91,4 | 78,3 | 87,9 | 76,5 | 78,8 | 80,9 | 78,9 | 75,8 | 85,3 | 76,7 | 31,3 | |
| Amortissements | | | 34,3 | 34,4 | 34,4 | 34,4 | 34,5 | 4,7 | 7,9 | 9,6 | 12,0 | 12,6 | 8,4 | 8,5 | 8,1 | 10,0 | 9,4 | 9,2 | 10,3 | 11,5 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | |
| Frais financiers | | | | 7,4 | 6,8 | 6,1 | 5,5 | 4,8 | 4,1 | 3,3 | 2,5 | 1,7 | 0,9 | | | | | | | | | | | |
| SOUS TOTAL | | | 108,1 | 124,7 | 123,3 | 120,5 | 118,0 | 92,7 | 94,7 | 84,9 | 84,0 | 86,2 | 100,7 | 86,4 | 96,0 | 86,5 | 88,2 | 90,1 | 89,2 | 87,3 | 93,9 | 85,3 | 39,9 | |
| Bénéfices (Pertes) de l'exercice | | | (50,7) | (9,8) | (8,4) | (5,6) | (3,1) | 22,2 | 19,2 | 30,0 | 30,9 | 28,7 | 14,2 | 28,1 | 18,9 | 28,4 | 26,7 | 24,8 | 25,7 | 27,6 | 21,0 | 29,6 | 17,5 | |
| Pertes reportées | | | | | | | | 22,2 | 4,7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bénéfice imposable | | | (50,7) | (9,8) | (8,4) | (5,6) | (3,1) | - | 11,5 | 30,0 | 30,9 | 28,7 | 14,2 | 28,1 | 18,9 | 28,4 | 26,7 | 24,8 | 25,7 | 27,6 | 21,0 | 29,6 | 17,5 | |
| Impôts | | | - | - | - | - | - | - | 7,3 | 15,0 | 15,5 | 14,3 | 7,1 | 14,0 | 9,5 | 14,2 | 13,3 | 12,4 | 12,8 | 13,8 | 10,5 | 14,8 | 9,8 | |
| Résultat net | | | (50,7) | (9,8) | (8,4) | (5,6) | (3,1) | 22,2 | 11,9 | 15,0 | 15,4 | 14,4 | 7,1 | 14,1 | 9,4 | 14,2 | 13,4 | 12,4 | 12,9 | 13,8 | 10,5 | 14,8 | 9,7 | |
| Amortissements | | | 34,3 | 34,4 | 34,4 | 34,4 | 34,5 | 4,7 | 7,9 | 9,6 | 12,0 | 12,6 | 8,4 | 8,5 | 8,1 | 10,0 | 9,4 | 9,2 | 10,3 | 11,5 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | |
| Capacité d'autofinancement | | | (16,4) | 24,6 | 26,0 | 28,8 | 31,4 | 26,9 | 19,8 | 24,6 | 27,4 | 27,0 | 15,5 | 22,6 | 17,5 | 24,2 | 22,8 | 21,6 | 23,2 | 25,3 | 19,1 | 23,4 | 18,3 | |
| Fonds propres et renouvellements | (21,2) | (59,7) | (0,3) | (0,4) | (0,4) | (2,2) | (16,4) | (16,5) | (8,8) | (23,0) | (5,3) | (0,7) | (16,8) | (6,9) | (9,9) | (2,3) | + 0,5 | (20,4) | (9,7) | (4,4) | - | - | - | |
| Remboursements d'emprunts | | | | (15,4) | (16,0) | 16,7 | (17,3) | (18,0) | (18,7) | (19,5) | (20,3) | (21,1) | (21,9) | | | | | | | | | | | |
| Cash-flow | (21,2) | (59,7) | (16,7) | 8,8 | 9,6 | 9,9 | (2,3) | (7,6) | (7,7) | (17,9) | - 1,8 | 5,2 | (23,2) | 15,7 | 7,6 | 21,9 | 23,3 | 1,2 | 13,5 | 20,9 | 19,1 | 23,4 | 18,3 | |
| Cash-flow déflaté | (21,2) | (55,8) | (14,6) | 7,7 | 8,4 | 8,7 | (2,0) | (6,6) | (6,8) | (15,6) | 1,6 | 4,5 | (20,3) | 13,7 | 6,6 | 19,1 | 20,4 | 1,1 | 11,8 | 18,3 | 16,7 | 20,4 | 16,0 | |
| Cash-flow déflaté cumulé | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (21,0) | (4,3) | 16,1 | 32,1 | |

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

ÉTUDE ANALYTIQUE
ET RÉACTIONNELLE DU LIGNITE
UTILISATIONS POSSIBLES
DU LIGNITE



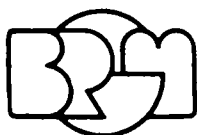
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

ÉTUDE ANALYTIQUE ET RÉACTIONNELLE DU LIGNITE UTILISATIONS POSSIBLES DU LIGNITE



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer, 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00

NOTE DE PRESENTATION DES RESULTATS D'ANALYSES

UTILISATIONS POSSIBLES DU LIGNITE

LES LIGNITES, EXPLOITATIONS et UTILISATIONS

Le lignite est un produit de l'évolution vers des charbons de matières végétales enfouies sous un recouvrement de terrains détritiques. C'est un produit intermédiaire entre la tourbe et le charbon qui, du fait des conditions particulières et du temps d'enfouissement, présente des qualités variables d'un gisement à l'autre.

De très importantes réserves de lignites existent dans le monde et sont récapitulées ci-après (en millions de TEC exploitables techniquement et économiquement) :

- ETATS UNIS 64 000 - U R S S 27 000 - R F A 11 000 -
- YOUGOSLAVIE 8 500 - R D A 7 600 - BRESIL 5 600, etc.

Les réserves mondiales exploitables en combustibles solides sont constituées à 78 % par des charbons et 22 % par des lignites.

Les plus importantes exploitations de lignites en EUROPE se situent actuellement en R.D.A (250 millions de tonnes/an), en R.F.A. (150 millions de tonnes/an), en HONGRIE, en TCHECOSLOVAQUIE, en ESPAGNE et en GRECE. En FRANCE, deux exploitations existent à Gardanne (2 millions T/an) et à Arjuzanx à 20 km à l'Est de MEZOS (1 million de tonnes/an) toutes deux destinées à la combustion pour de la production électrique.

Le lignite est beaucoup utilisé pour la production électrique (60 % en R.D.A - 84 % en R.F.A) mais pas exclusivement. Jusqu'à présent, on fabriquait en ces deux pays, d'importantes quantités de briquettes (lignite comprimé) transportables hors des lieux de production et servant

de matières premières pour d'autres utilisations : gazéification, coke, chimie, chauffage domestique pour l'essentiel ; les tonnages de briquettes fabriquées sont de l'ordre de 20 millions de tonnes/an en R.F.A. et 80 millions de tonnes/an en R.D.A.

D'autres types de productions sont en développement : poussières de lignite pour cimenteries - gaz de synthèse - mélanges liquides : lignite-eau.

Il est intéressant de situer le lignite de MEZOS par rapport aux autres lignites exploités dans les pays voisins en sachant que les gros producteurs disposent de plusieurs types différents de gisements et qu'il s'agit donc de moyennes assez grossières (R.F.A. surtout).

| GISEMENTS à CIEL OUVERT | R.F.A. | R.D.A. (Nochten) | ESPAGNE (La Corogne) | FRANCE | |
|---|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| | | | | ARJUZANX Reylongue S | MEZOS (Projet) |
| Gisement : ratio découverte sur lignite | 3/1 à 6/1 | 5/1 | 3/1 | 7,8/1 | 4,6/1 |
| Profondeurs des exploitations | jusqu'à 300 m. | 80 m | jusqu'à 250 m. | 35 m. | jusqu'à 50 m. |
| Pouvoir calorifique sur brut en K calories/kg | 1 600 à 2 900 | 2 000 à 2 500 | 2 280 | 2 050 | 2 250 |
| Humidité en % | 50 à 60 | 50 à 60 | 50 à 60 | 50 à 60 | 50 à 60 |
| Soufre sur sec en % | 2 à 8 % | 1,0 | 2,6 | 2,3 | 2,9 |

Globalement, tous ces produits semblent proches mais il n'en est rien dans le détail. Les taux respectifs de cendres et de produits volatiles, la nature du soufre (minéral ou organique) et les facultés de réessuyage du produit brut sorti du gisement, en font des matières au comportement différent en stockage, transport, utilisations.

Les analyses effectuées sur les lignites de MEZOS, récapitulées ci-après, ont permis d'orienter la recherche des utilisations potentielles de ce produit (voir conclusions du chapitre 2). Chaque voie retenue est un vaste domaine technique souvent en pleine évolution tant au niveau de la recherche qu'au niveau industriel où des procédés nouveaux sont en cours d'expérimentation sur des installations pilotes fonctionnant aux ETATS-UNIS, en EUROPE et au JAPON en particulier.

Il est exclu de récapituler ici, l'état de la technique et des perspectives dans chacune des voies, car c'est l'objet de nombreux ouvrages spécifiques et l'on s'est donc attaché essentiellement, à définir avec des experts dans chacune des technologies, des programmes d'essais en laboratoires ou pré-pilotes, destinés à définir les produits les mieux adaptés susceptibles d'être fabriqués puis soumis à une étude de marché.

COMMERCIALISATION DU LIGNITE BRUT

Le pouvoir calorifique inférieur du lignite est très sensible à la teneur en eau du produit. Or les études analytiques et réactionnelles (chapitre 2.1 ci-après) ont montré que ce produit après séchage puis réexposition à l'air ambiant ou bien après exposition prolongée à l'air, tendait vers une teneur en eau uniforme de l'ordre de 20 %. Dans le gisement, la teneur en eau moyenne est de 58 %.

Il ressort d'essais complémentaires réalisés sur des blocs de lignites (0,3 x 0,3 x 0,3 m³) prélevés en début novembre 1984 dans la partie supérieure de la couche que la perte en eau à l'air libre est très rapidement sensible au coeur des blocs : perte de 8 à 10 % d'eau en une semaine et perte de 29 % d'eau en 8 semaines (mois de novembre et décembre 1984).

Le fait d'extraire le lignite du gisement et de le mettre en stock sur le carreau de la mine pendant quelques jours avant de le reprendre pour le livrer à un quelconque utilisateur entraînera un égouttage du produit. Pour tenir compte des effets de granulométrie et de mise en tas que l'on ne peut quantifier actuellement et qui sont à mesurer précisément lors du gros prélèvement prévu pour début 1985, on a retenu l'hypothèse pessimiste d'une perte en eau de 5 % par égouttage au stockage sur le carreau de la mine. Dans ces conditions, le produit aurait, au carreau de la mine, une humidité de 53 %, soit un pouvoir calorifique inférieur de 2 200 thermies/tonne.

Un tel combustible ne supporte économiquement qu'un très court transport. Aussi, est-il essentiel d'effectuer des mesures sur son réessuyage naturel à l'air libre en fonction du temps et du mode de stockage susceptibles d'accroître la valeur du produit (à 30 % de teneur en eau, le P.C.I. est de 3 600 thermies/tonne) et permet d'envisager un transport dans un rayon de l'ordre de 100 à 150 km autour de la mine (cimenteries du Nord et du Sud - papeteries etc ...). A noter qu'en fin 1984 des essais ont été réalisés sur un mélange charbon importé - lignites de Dordogne (P.C.I. 3 800 th/t à 30 % d'eau) dans les deux cimenteries de Bussac (Ciments Français) et La Couronne - Angoulême (Ciments LAFARGE) sans problème majeur.

On peut donc raisonnablement envisager de commercialiser quelque 300 000 à 400 000 tonnes/an de lignite dans la région, sans coûts excessifs de

transport, dans la mesure où il s'égoutte naturellement au stockage de manière significative (teneur en eau résiduelle de l'ordre de 30 % en première approximation).

En ce qui concerne la combustion du produit brut en centrale thermique de production électrique, on dispose de la référence ancienne de HOSTEINS, dont le lignite était à peu près du même âge et de qualité voisine de celui de MEZOS (P.C.S. sur sec entre 5 000 et 5 400 thermies/tonne, contre 5 600 th/t à Mézos).

Par contre, on relève d'importantes différences analytiques avec le lignite des gisements d'Arjuzanx distants d'une vingtaine de kilomètres.

Les différences essentielles sont les suivantes :

- Le P.C.S. sur brut du lignite de MEZOS (2 270 thermies/tonne) est supérieur à celui d'ARJUZANX (2 040 thermies/tonne). En outre, le produit MEZOS s'égoutte à l'air libre et cette perte d'eau accroît évidemment son P.C.I., alors que le lignite d'ARJUZANX conserve sa teneur en eau initiale.

- Le taux de cendres d'ARJUZANX est plus de deux fois celui de MEZOS. On explique cette différence par le fait que le lignite d'ARJUZANX est de constitution argileuse, ce qui expliquerait également la rétention de l'eau interstitielle.

- Si les taux de soufre sont voisins, on a vu dans l'étude analytique et réactionnelle qu'à MEZOS le soufre était pour 50 à 65 % sous forme organique et pour le reste sous forme de sulfates demeurant dans les cendres de la combustion (sulfures = pyrite, absents).

Deux conséquences :

- émission de composés soufrés en fumées (point à vérifier par essais de combustion) a priori maîtrisable pour le produit MEZOS.
- pas d'oxydation des pyrites provoquant l'auto-inflammation du lignite avec le produit MEZOS qui, de ce fait, est stockable sous réserve de vérifications sur un gros échantillon tout-venant.

En conséquence, rien ne semble au vu des analyses (chapitre 1 ci-après), s'opposer à la combustion du lignite de MEZOS en centrale de production thermique, sous réserve de confirmation par des thermiciens de E.D.F., spécialistes de telles applications.

FABRICATION D'UN COMBUSTIBLE SOLIDE TRANSPORTABLE.

Le fait que le lignite de MEZOS perde une partie de son eau après extraction du gisement :

- par égouttage naturel pendant sa mise en stock,
- éventuellement, par un traitement complémentaire (mécanique ou énergétique),

puis, n'est plus ensuite susceptible de revenir à une saturation supérieure à 20 % en atmosphère humide, incite à étudier la fabrication d'un produit commercialisable régionalement pour de la combustion en chaudière ou cimenterie, sans trop de pénalisation au niveau du transport.

Des produits de ce genre existent déjà :

. Briquettes en R.D.A et R.F.A. Fabriquées à partir de lignites convenablement broyés en plusieurs étapes jusqu'à 1 mm., puis compactés sous 800 à 1200 kg/cm² et enfin séchés à 170°C. Ces briquettes ont des résistances différentes selon l'utilisation prévue (combustible - gazéification - coke ...) et sont confectionnées sans liant. Leur teneur en eau varie entre 10 et 20 % (PCI de l'ordre de 4500 th/t). On peut également envisager la fabrication de produits sans liant, possédant d'autres formes géométriques et des tailles adaptées aux besoins grâce à des procédés différents d'extrusion de l'eau.

. Boulets fabriqués à partir de fines de charbon, agglomérées par un liant (brai de houille ou bitume), soumis ensuite à un traitement de défumage destiné à oxyder le liant pour éviter les fumées lors de la combustion, sans nuire pour autant à la réactivité du combustible. Il n'est peut-être pas exclu de fabriquer de tels produits à partir de lignite.

. Produit pré-carbonisé (semi-coke) puis aggloméré par un liant pouvant être un des sous-produit de la carbonisation. Débarassé des produits volatiles du lignite (et peut-être d'une part de soufre), ce combustible aurait un fort pouvoir calorifique (6 000 à 7 000 th/t) et pourrait entrer sur le marché des charbons à grilles du type flambant sec. Une telle fabrication nécessiterait une valorisation des gaz sur place, que l'on ne peut concevoir pour le moment. Un tel produit est commercialisé en ALLEMAGNE.

Des essais de fabrication seront nécessaires corrélativement à une étude du marché régional pour de tels combustibles (formes, tailles, qualités mécaniques ...) ; ils devront être suivis par des essais et analyses de combustibles permettant de définir la qualité du produit (PCI, teneur en eau, caractéristiques de combustion, etc.), la qualité des rejets (eau extrudée, cendres, fumées ..) et les coûts de fabrication.

GAZEIFICATION ET GAZ DE SYNTHÈSE

S'il paraît, au stade actuel, peu réaliste d'imaginer une fabrication de gaz susceptible d'être substitué à du gaz naturel (prix de revient - pouvoir calorifique plus faible - installations de transport et d'utilisation existantes non adaptées) il semble par contre intéressant d'approcher par une étude très théorique et très préliminaire, les coûts d'une installation de gazéification + fabrication de méthanol (et amoniac éventuellement) sur le site du gisement.

Une unité "Standard" de fabrication de méthanol (production 600 000 t/an) consommerait en effet de l'ordre de 1,6 million de t/an de lignite et pourrait correspondre à l'exploitation d'une "tache" du type MEZOS SUD.

Le prix de revient du méthanol est fonction du prix de la matière première de départ et aussi de la technique de conversion de cette dernière pour obtenir le gaz de synthèse. Actuellement, le gaz naturel est de très loin la matière première la plus employée dans le monde, mais la réalisation d'une unité de méthanol à partir de lignite est en cours en ALLEMAGNE de l'OUEST. Il conviendrait donc d'examiner la compétitivité d'un prix de fabrication à partir du lignite de MEZOS pour un investissement, de toutes façons très important (plus de 2 milliards de Francs 1984) et donc probablement à long terme.

MELANGE LIGNITE - EAU

D'importantes recherches se poursuivent dans le monde (USA - SUEDE - JAPON) sur des installations pilotes de fabrication et d'utilisation de mélanges charbon-eau transportables par carboducs.

Un grand carboduc (BALCK MESA) : 435 km. de long, fonctionne aux ETATS-UNIS depuis 1970 entre une mine de charbon du Nord-Est de l'ARIZONA et une centrale électrique au Sud du NEVADA, alors que de grands projets sont à l'étude dans l'Ouest des ETATS-UNIS pour assurer un transport sur des distances de 1 500 à 2 200 km. Bien d'autres installations de transport de produits sous forme boueuse, dans des canalisations, ont fonctionné ou fonctionnent encore dans le monde ; deux carboducs sont en service en LORRAINE sur 10 et 7,5 km pour approvisionner la centrale thermique de la HOUVE grâce à des procédés propres, économiques et bien maîtrisés techniquement.

Une approche théorique a été effectuée par ELF-AQUITAINE en juillet 1984 à partir des données existantes à l'époque sur les analyses du lignite de MEZOS, deux hypothèses de prix d'extraction et des références à des données de fabrication de mélanges charbon-eau. ELF a en effet constaté la quasi-inexistence des références bibliographiques sur d'éventuelles recherches concernant un mélange lignite-eau. La conclusion est pour l'essentiel que ce sujet est vierge et nécessiterait des recherches spécifiques sur le mélange, les additifs, la combustion et les coûts.

Seul, le groupe ELF AQUITAINE semble actuellement en mesure de juger l'intérêt d'entreprendre de telles recherches pour lesquelles il devrait être le principal opérateur, en référence à son avance technologique dans ce domaine très particulier et très novateur.

ANALYSES DU LIGNITE

Cette partie récapitule toutes les analyses du lignite de MEZOS disponibles en fin d'année 1984.

Tous les échantillons analysés ont été prélevés sur des carottes de sondages.

On traite en deux chapitres distincts :

CHAPITRE I

Les analyses thermiques et chimiques du lignite et des cendres effectuées par la Société de Contrôle et de réception de combustibles (SOCOR),
11 rue Storez - 59500 DOUAI.

CHAPITRE II

Etude analytique et réactionnelle portant sur le lignite de MEZOS par le Laboratoire de chimie organique A de la Faculté des Sciences de MARSEILLE (Professeur DOU) - Mai 1984.

CHAPITRE I - ANALYSES THERMIQUES ET CHIMIQUES PAR SOCOR, DU
LIGNITE ET DES CENDRES.

Toutes ces analyses ont été effectuées sur des échantillons provenant de sondages carottés de la campagne 1983.

Les carottes C 102 - C 103 - C 104 - C 105 - C 108 proviennent de MEZOS-SUD. La carotte C 109 provient du Sud de MEZOS CENTRE. Au total, 16 échantillons ont été analysés sur MEZOS.

En outre, deux autres échantillons, C 18 et C 20 proviennent des indices d'une bande parallèle à MEZOS, à l'Ouest.

A titre comparatif, un échantillonnage a été effectué sur le lignite en cours d'exploitation sur le gisement de E.D.F. à ARJUZANX, soit 20 km à l'Est de MEZOS.

Les échantillons C 110 - C 111 - C 112 proviennent de la "tache" BEYLONGUE-SUD en exploitation ; l'échantillon C 113 a été prélevé sur la "tache B" en cours d'étude de faisabilité d'exploitation. Au total, 6 échantillons proviennent d'ARJUZANX.

Tous les échantillons ont été conditionnés dans des tubes plastiques paraffinés dès leur prélèvement afin de préserver la teneur en eau du matériel brut.

Chaque carotte de sondage a été échantillonnée en plusieurs points sur une même verticale afin d'obtenir des résultats représentatifs de l'ensemble du gisement.

ANALYSES THERMIQUES DU LIGNITE

Elles sont récapitulées dans le tableau 1 ci-après, telles que fournies par la SOCOR.

Il s'agit d'analyses sur le lignite brut dans le gisement, prélevé par carottage au carottier double à l'eau claire, comportant injection d'eau, mise en circulation pour assurer la lubrification de l'outil ; l'eau de circulation, citernée depuis le point d'eau le plus proche n'est donc pas de l'eau du gisement.

A la sortie du carottier, la carotte de lignite est directement enfilée dans une gaine plastique immédiatement fermée aux deux extrémités et hermétiquement bouchée par de la paraffine. L'échantillon est expédié sous cette forme à la SOCOR pour analyses.

On note une assez grande homogénéité des mesures des pouvoirs calorifiques inférieurs et supérieurs sur sec ainsi que des teneurs en hydrogène dans les échantillons provenant de la bande centrale de Mézos. La dispersion est beaucoup plus importante dans les échantillons provenant d'Arjuzanx.

MOYENNES DES MESURES SOCOR A MEZOS ET ARJUZANX

| | MEZOS Bande centrale | ARJUZANX (Beylongue-Sud + tache B) |
|------------------------|-------------------------|--|
| P.C.I. sur sec en kcal | 5 382 | 4 707 |
| P.C.S. sur sec | 5 615 | 4 919 |
| Hydrogène (% sur sec) | 4,26 | 3,90 |

Les mesures d'humidité sont par contre très dispersées et probablement sujettes à un certain nombre de facteurs difficiles à apprécier au niveau de l'échantillonnage sur carottes : présence de bois et influence de l'eau introduite pour le carottage notamment.

Ces teneurs en eau dans le gisement sont néanmoins assez proches à Mézos et à Arjuzanx et par ailleurs tout à fait dans les limites moyennes 50 à 60 % des gisements de lignites peu évolués et d'âge récent comparables, connus en Europe.

| ECHANT. | PROFONDEUR | HUMIDITE | | CENDRES %/SEC | M.V.* %/SEC | M.V.* %/PUR | SOUFRE TOTAL %/SEC | CHLORE %/SEC | AZOTE %/SEC | CARBONE %/SEC | HYDRO- GENE %/SEC | PCS/SEC en CALORIES | PCI/SEC en CALORIES | ATMOSPHERE OXYDANTE | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------|
| | | % | %/SEC | | | | | | | | | | | Point de déformation en °C | Point de fusibilité en °C | Point de fluidité en °C | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C.102 | A | 37,85-39,29 | 53,5 | 12,8 | 49,1 | 56,3 | 2,46 | 0,06 | 0,46 | 59,3 | 4,31 | 5 639 | 5 406 | 975 | 1 185 | 1 200 | Bande centrale | MEZOS |
| | B | 40,55-41,00 | 61,7 | 7,6 | 49,8 | 53,9 | 2,77 | 0,05 | 0,43 | 61,3 | 4,20 | 5 683 | 5 456 | 965 | 1 325 | 1 340 | | |
| | C | 42,48-43,48 | 57,5 | 9,2 | 47,8 | 52,6 | 2,95 | 0,06 | 0,62 | 61,8 | 3,98 | 5 698 | 5 483 | 935 | 1 320 | 1 335 | | |
| C.103 | A | 34,35-34,85 | 57,7 | 13,5 | 46,8 | 54,1 | 3,86 | 0,07 | 0,35 | 58,4 | 4,18 | 5 536 | 5 310 | 1 085 | 1 205 | 1 270 | | |
| | B | 36,92-37,31 | 61,5 | 11,6 | 48,4 | 54,8 | 2,85 | 0,04 | 0,36 | 60,4 | 4,08 | 5 553 | 5 333 | 1 025 | 1 200 | 1 230 | | |
| | C | 39,33-39,83 | 61,6 | 9,2 | 49,1 | 54,1 | 2,98 | 0,03 | 0,37 | 61,1 | 4,12 | 5 654 | 5 432 | 1 035 | 1 295 | 1 330 | | |
| | D | 41,56-42,06 | 62,3 | 10,9 | 46,5 | 52,2 | 4,30 | 0,06 | 0,50 | 60,6 | 3,86 | 5 525 | 5 317 | 1 035 | 1 265 | 1 275 | | |
| C.104 | A | 40,40-40,90 | 63,7 | 11,1 | 50,3 | 56,6 | 2,76 | 0,03 | 0,33 | 58,9 | 4,37 | 5 464 | 5 228 | 1 070 | 1 195 | 1 205 | | |
| | B | 45,67-46,17 | 48,7 | 8,1 | 50,8 | 55,3 | 2,78 | 0,07 | 0,52 | 62 | 4,33 | 5 889 | 5 655 | 1 005 | 1 275 | 1 375 | | |
| C.105 | A | 46,31-46,81 | 57,5 | 22,6 | 45 | 58,1 | 2,82 | 0,05 | 0,34 | 53,4 | 4,13 | 5 109 | 4 886 | 1 050 | 1 450 | 1 450 | | |
| | B | 50,86-51,36 | 63 | 8 | 49,2 | 53,5 | 2,88 | 0,06 | 0,41 | 61,6 | 4,33 | 5 670 | 5 436 | 995 | 1 230 | 1 320 | | |
| C.108 | A | 33,01-33,51 | 56,3 | 8 | 51,6 | 56,1 | 2,15 | | 0,41 | 61,6 | 4,55 | 5 787 | 5 541 | 975 | 1 195 | 1 240 | | |
| | B | 36,98-37,48 | 59,8 | 9,7 | 48,7 | 53,9 | 3,02 | | 0,41 | 60,1 | 4,37 | 5 646 | 5 410 | 990 | 1 205 | 1 215 | | |
| | C | 38,88-39,38 | 58,5 | 10,8 | 46,6 | 52,2 | 3,02 | | 0,53 | 59,4 | 3,95 | 5 428 | 5 215 | 990 | 1 260 | 1 300 | | |
| C.109 C.22 | A | 51,60-52,10 | 60,9 | 7,7 | 49,5 | 53,6 | 2,69 | | 0,42 | 62,1 | 4,26 | 5 852 | 5 622 | 1 140 | 1 245 | 1 275 | | |
| | | | 42,7 | 9,1 | 49,7 | | 3,02 | | | | | 5 708 | | | | | | |
| C.18 C.20 | | | 35,6 | 9,3 | 49,5 | | 2,78 | | | | | 5 658 | | | | | | |
| | | | 39,7 | 10,0 | 50,0 | | 2,46 | | | | | 5 765 | | | | | | |
| MEZOS, moyennes hors bande Ouest | | | 57,9 | 10,50 | 48,8 | 54,48 | 2,92 | 0,05 | 0,43 | 60,1 | 4,26 | 5 615 | 5 382 | 1 020 | 1 254 | 1 301 | | |
| C.110 C.111 C.112 | A | 1,60- 2,10 | 59,5 | 19,1 | 47,2 | 58,3 | 2,57 | | 0,49 | 54,4 | 4,43 | 5 275 | 5 036 | 1 035 | 1 210 | 1 320 | Beylongue Sud | ARJUZANX |
| | A | 1,10- 1,60 | 59,7 | 22,4 | 43,4 | 55,9 | 3,51 | | 0,61 | 53 | 3,67 | 4 994 | 4 796 | 1 080 | 1 395 | 1 450 | | |
| | | 2,80- 3,30 | 50,7 | 46,9 | 31,7 | 59,7 | 1,73 | | 0,44 | 35,2 | 2,84 | 3 310 | 3 157 | 1 005 | 1 325 | 1 395 | | |
| A | 21,50-22,00 | 53,4 | 21 | 46,5 | 58,9 | 2,38 | 0,03 | 0,46 | 54,3 | 4,44 | 5 238 | 4 998 | 1 060 | 1 265 | 1 345 | | | |
| C.113 C.113 | A | 36,87-37,87 | 54,9 | 13,9 | 47,3 | 54,9 | 2,09 | 0,02 | 0,51 | 57,2 | 4,09 | 5 399 | 5 178 | 1 005 | 1 235 | 1 280 | Tache B | |
| | B | 38,85-39,85 | 61,7 | 15,9 | 46,6 | 55,4 | 1,65 | 0,04 | 0,57 | 56,7 | 4,03 | 5 297 | 5 079 | 950 | 1 225 | 1 245 | | |
| ARJUZANX, moyennes | | | 56,6 | 23,2 | 43,8 | 57,2 | 2,32 | 0,03 | 0,51 | 51,8 | 3,90 | 4 919 | 4 707 | 1 022 | 1 276 | 1 339 | | |

TABLEAU 1

* Matières volatiles

ANALYSES CHIMIQUES

On retiendra essentiellement que la teneur moyenne en cendres sur sec est de 10,5 %, valeur faible par rapport à ARJUZANX (23,2 %). Les matières volatiles en % sur sec sont élevées : 48,8 % en moyenne (43,8 % à ARJUZANX) ainsi que le taux de carbone sur sec : 60,1 % (51,8 % à ARJUZANX). Pour les autres éléments analysés, les valeurs sont comparables.

A noter tout de même que la teneur en soufre de MEZOS : 2,94 % en moyenne, est supérieure à celle d'ARJUZANX. On verra au chapitre 2, que les sulfures de MEZOS sont pour 50 à 65 %, d'origine organique, donnant des composés soufrés dans les fumées en quantités maîtrisables, car le reste du soufre est sous forme de sulfates (pas de pyrite). Cette absence de sulfures explique l'absence d'oxydation du produit (auto-inflammation) au stockage.

ANALYSES DES CENDRES

Elles sont récapitulées dans le tableau 2, ci-après.

On y relève une forte proportion de sulfates (résultat de la combinaison des sulfures dans les cendres) et de calcium. Fer + titane sont moins abondants qu'à ARJUZANX, ainsi que la silice.

TABLEAU 2 - ANALYSES CHIMIQUES DES CENDRES, ELEMENTS MAJEURS, SUR CAROTTES DE SONDAGES

ORIGINE : SOCOR - DOUAI

| Echantillon - Profondeur | | Silicium en SiO ₂ | Aluminium en Al ₂ O ₃ | Fer en FE ₂ O ₃ + Titane en TiO ₂ | Calcium en CAO | Magnésium en MgO | Potassium en K 20 | Sodium en Na 20 | Sulfates en SO ₃ | Total analyse cendres |
|--------------------------|---------|---------------------------------|--|--|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <u>MEZOS</u> | | | | | | | | | | |
| C 102 A | 37,85 m | 34,0 % | 3,9 % | 14,1 % | 18,5 % | 2,6 % | 0,1 % | 0,2 % | 26,2 % | 99,6 % |
| B | 40,55 | 5,5 % | 6,0 % | 15,6 % | 26,2 % | 4,5 % | 0,1 % | 0,4 % | 41,3 % | 99,6 % |
| C | 42,48 | 2,3 % | 6,5 % | 16,1 % | 26,6 % | 4,9 % | 0,1 % | 0,3 % | 42,6 % | 99,4 % |
| C 103 A | 34,35 | 15,9 % | 5,7 % | 34,1 % | 19,7 % | 1,8 % | 0,1 % | 0,1 % | 22,8 % | 100,2 % |
| B | 36,92 | 23,8 % | 3,7 % | 12,2 % | 24,2 % | 3,1 % | 0,1 % | 0,2 % | 32,6 % | 99,9 % |
| C | 39,33 | 17,5 % | 5,4 % | 11,1 % | 25,7 % | 4,4 % | 0,2 % | 0,2 % | 35,8 % | 100,3 % |
| D | 41,56 | 5,4 % | 9,0 % | 27,0 % | 23,5 % | 4,2 % | 0,1 % | 0,3 % | 30,3 % | 99,8 % |
| C 104 A | 40,40 | 35,3 % | 4,9 % | 8,6 % | 20,6 % | 3,5 % | 0,3 % | 0,3 % | 26,4 % | 99,9 % |
| B | 43,76 | 49,1 % | 4,6 % | 8,5 % | 14,2 % | 2,9 % | 0,1 % | 0,1 % | 19,8 % | 99,3 % |
| C | 45,67 | 8,2 % | 8,0 % | 7,9 % | 27,6 % | 6,1 % | 0,1 % | 0,3 % | 41,3 % | 99,5 % |
| C 105 A | 46,31 | 69,9 % | 2,1 % | 4,4 % | 11,2 % | 1,7 % | 0,1 % | 0,1 % | 11,0 % | 100,5 % |
| B | 50,86 | 4,8 % | 5,9 % | 13,0 % | 30,8 % | 6,1 % | 0,1 % | 0,3 % | 39,5 % | 100,5 % |
| C 108 A | 33,01 | 20,5 % | 3,5 % | 14,8 % | 26,5 % | 4,4 % | 0,1 % | 0,3 % | 30,4 % | 100,5 % |
| B | 36,98 | 28,9 % | 6,6 % | 13,4 % | 20,7 % | 3,8 % | 0,6 % | 0,7 % | 25,0 % | 99,7 % |
| C | 38,88 | 7,0 % | 14,7 % | 13,4 % | 24,8 % | 5,3 % | 0,1 % | 0,5 % | 34,0 % | 99,8 % |
| C 109 A | 51,60 | 5,2 % | 9,4 % | 29,9 % | 22,4 % | 3,8 % | 0,1 % | 0,4 % | 28,6 % | 99,8 % |
| <u>MOYENNE MEZOS</u> | | 20,8 | 6,2 | 15,3 | 22,7 | 3,9 | 0,2 | 0,3 | 30,5 | |
| <u>ARJUZANX</u> | | | | | | | | | | |
| C 110 A | 1,60 | 42,9 % | 7,3 % | 32,3 % | 7,4 % | 2,8 % | 0,2 % | 0,2 % | 6,5 % | 99,6 % |
| C 111 A | 1,10 | 50,4 % | 3,0 % | 31,5 % | 6,2 % | 2,7 % | 0,1 % | 0,1 % | 5,5 % | 99,5 % |
| B | 2,80 | 69,3 % | 13,1 % | 10,2 % | 2,2 % | 1,2 % | 1,5 % | 0,2 % | 1,9 % | 99,6 % |
| C 112 A | 21,50 | 48,0 % | 12,1 % | 23,8 % | 5,6 % | 2,2 % | 0,8 % | 0,3 % | 6,7 % | 99,5 % |
| C 113 A | 36,87 | 14,8 % | 9,1 % | 27,6 % | 16,5 % | 2,8 % | 0,5 % | 0,4 % | 27,6 % | 99,3 % |
| B | 38,85 | 23,2 % | 13,5 % | 19,6 % | 16,6 % | 2,8 % | 0,6 % | 0,4 % | 22,6 % | 99,3 % |
| <u>MOYENNE ARJUZANX</u> | | 41,4 | 9,7 | 24,2 | 9,1 | 2,4 | 0,6 | 0,3 | 11,8 | |

FUSIBILITE DES CENDRES

Le comportement mécanique des cendres en fonction de la température a été déterminée à l'aide de la courbe de fusibilité dans les conditions suivantes :

AFNOR M 03-012

- Montre employée Tronc de pyramide à bases parallèles de 6 à 2 mm de côté - hauteur 12 mm.
- Atmosphère OXYDANTE Réalisée par injection d'air dans le tube réfractaire - Débit linéaire de 400 mm/mn.
- Atmosphère REDUCTRICE Réalisée par injection dans le tube réfractaire d'un mélange 50 % hydrogène et 50 % dioxyde de carbone - Débit linéaire de 400 mm/mn.

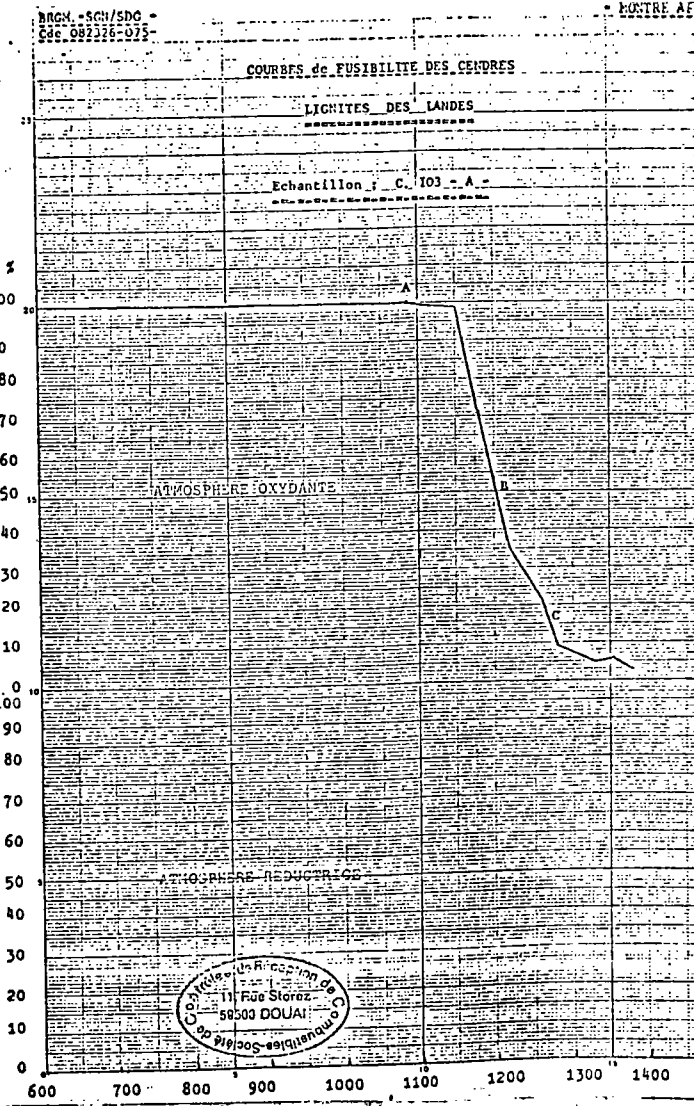
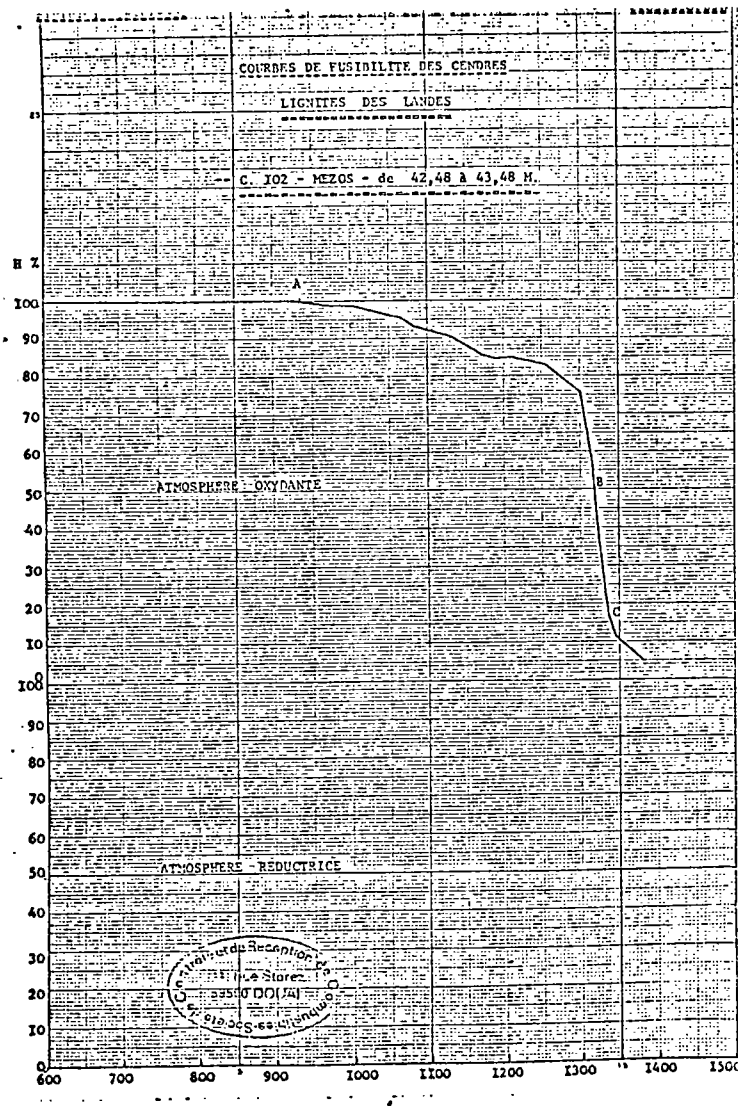
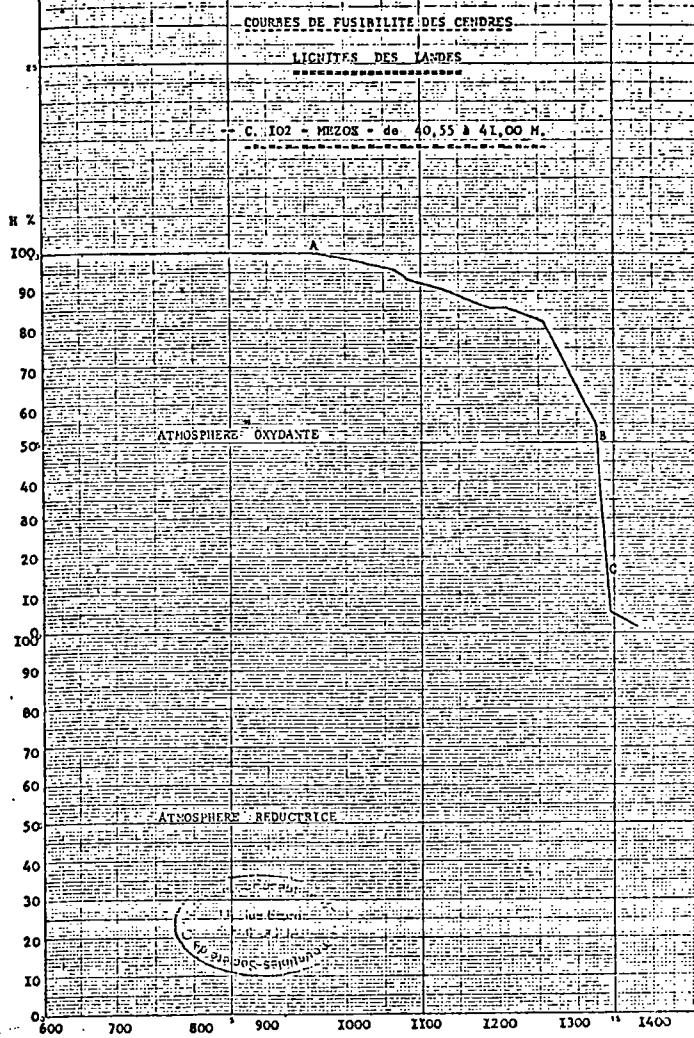
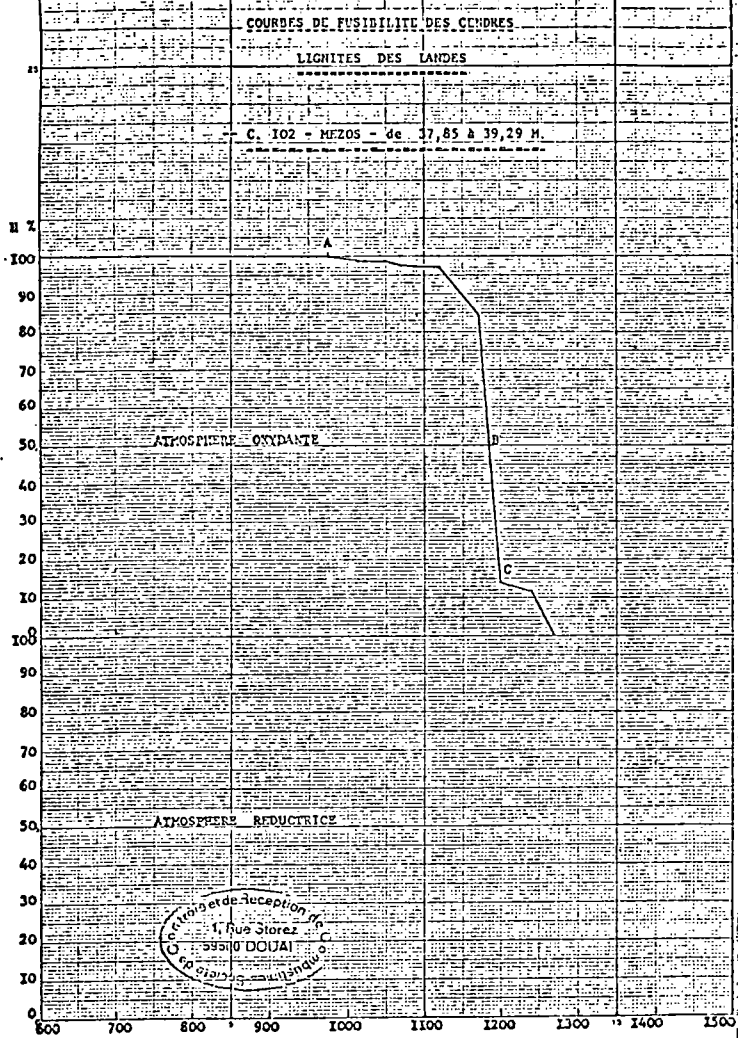
POINTS CARACTERISTIQUES

- Points de DEFORMATION Température lue lorsque le sommet de la pyramide ou une arête s'émousse, à défaut lorsque la hauteur commence à diminuer.
- Point de FUSIBILITE Température lue lorsque le sommet de la pyramide prend une forme correspondant à un affaissement à mi-hauteur.
- Point de FLUIDITE Température lue lorsque les cendres s'écoulent en une couche d'épaisseur égale au sixième de la hauteur primitive.

Dans le cadre de ces premières analyses, des résultats assez disparates ont été enregistrés au sein d'un même panneau de lignite (ex. C 102, C 104). Le plus souvent, le palier est de l'ordre de 200°C à 300°C, exceptionnellement supérieur (ex. C 105).

Des analyses complémentaires sont à envisager afin d'appréhender avec plus de précision ce paramètre qui tient une place très importante dans le cas de l'utilisation des lignites comme combustible en chaudière.

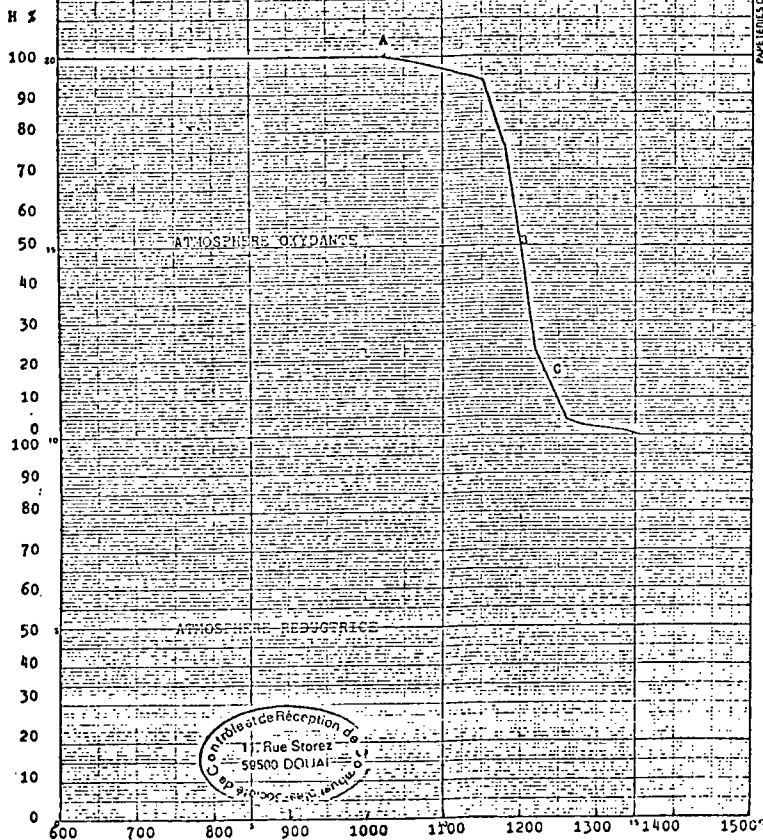
Les courbes ci-après présentent les résultats obtenus.



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

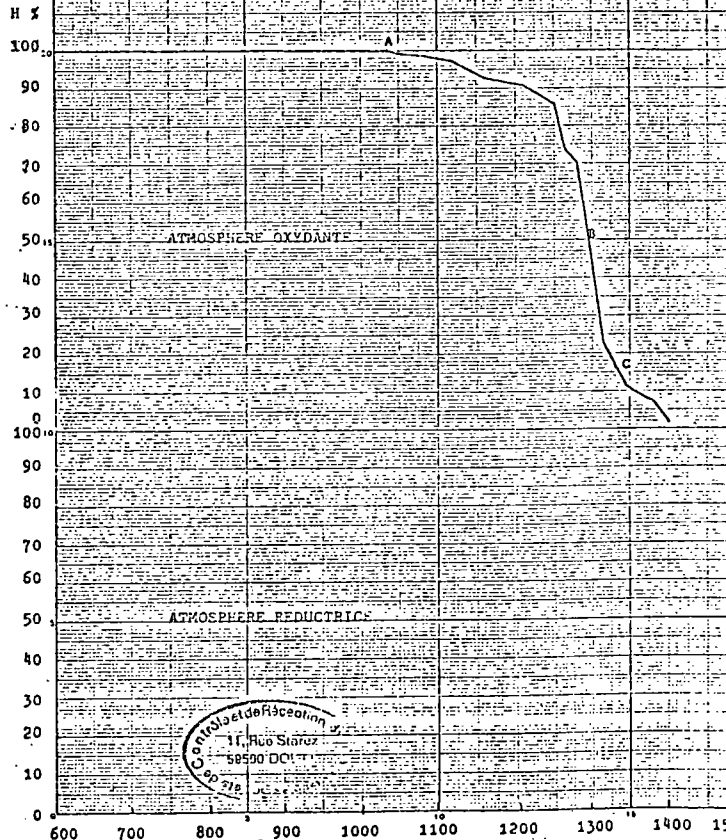
Echantillon : C. 103 - B -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

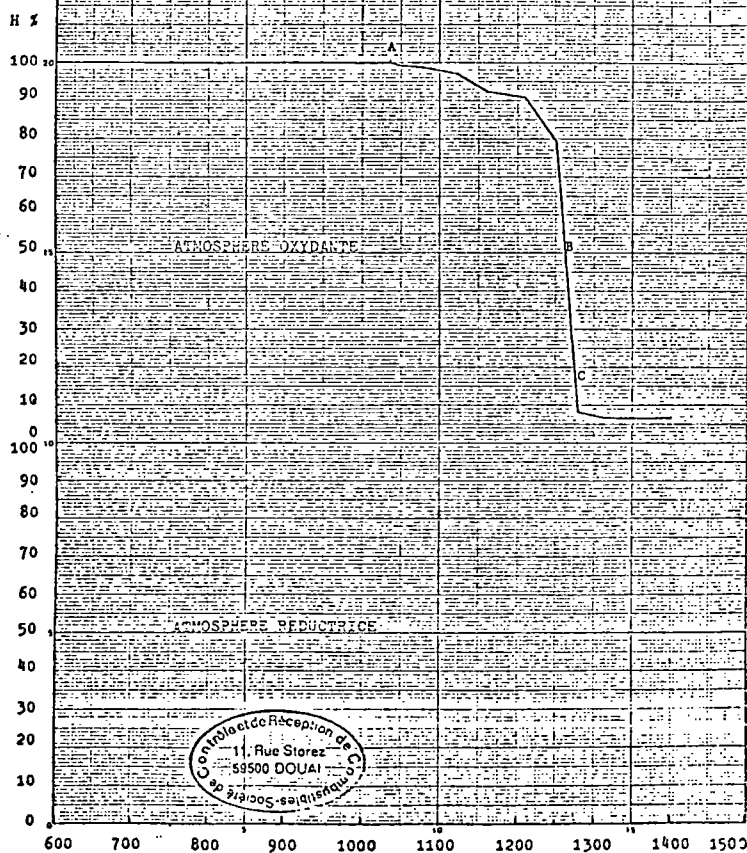
Echantillon : C. 103 - C -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

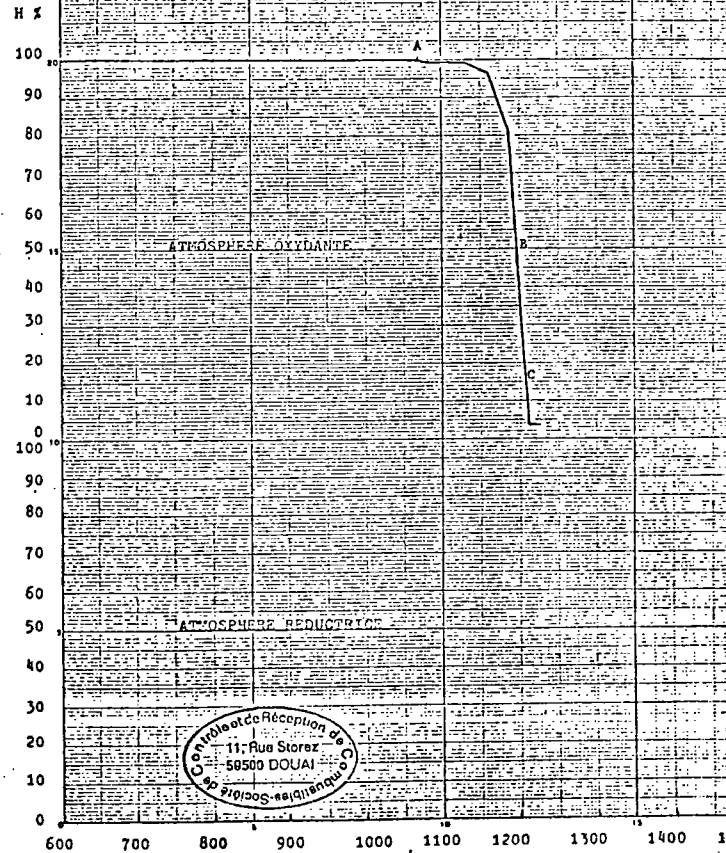
Echantillon : C. 103 - D -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

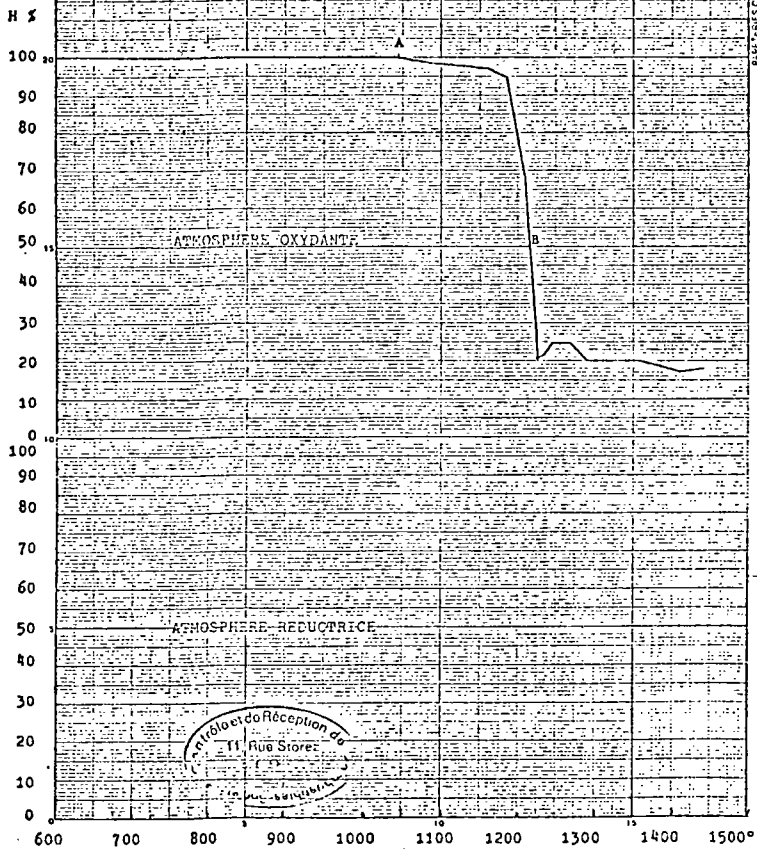
Echantillon : C. 104 - A -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

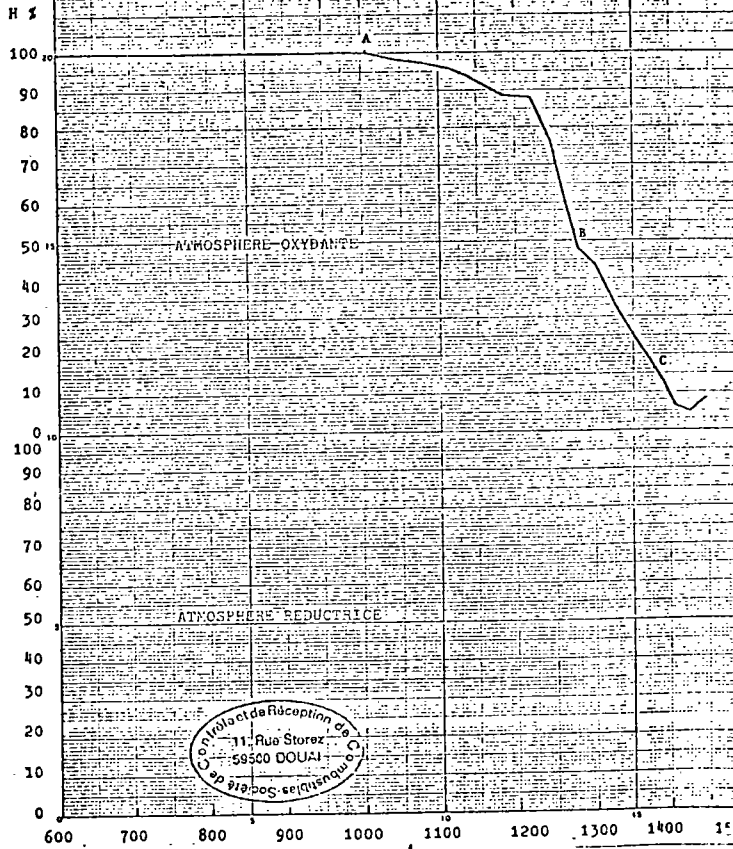
Echantillon : C. 104 - B -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

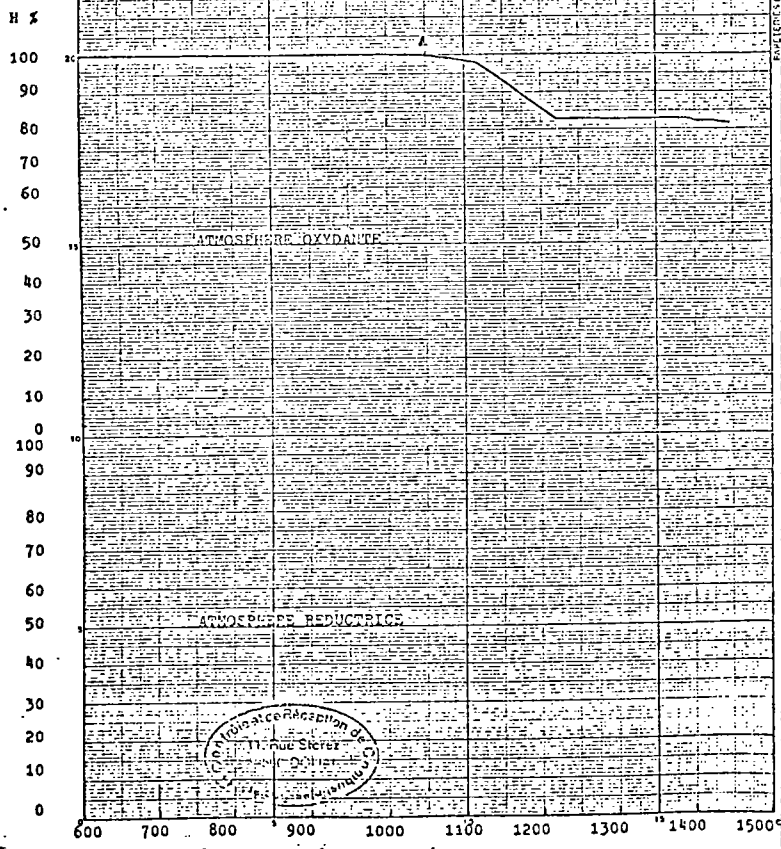
Echantillon : C. 104 - C -



COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

LIGNITES DES LANDES

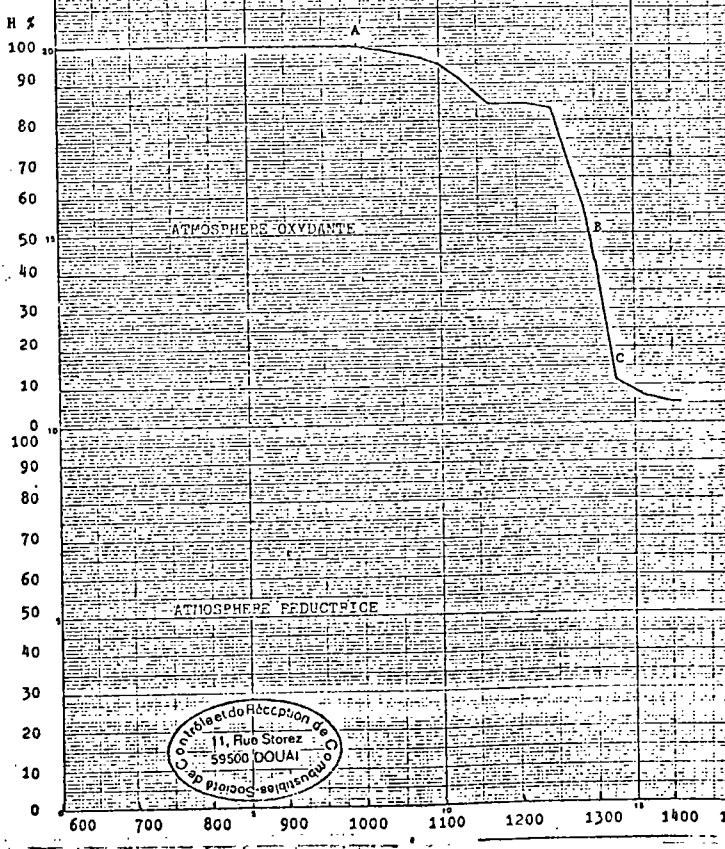
Echantillon : C. 105 - A -

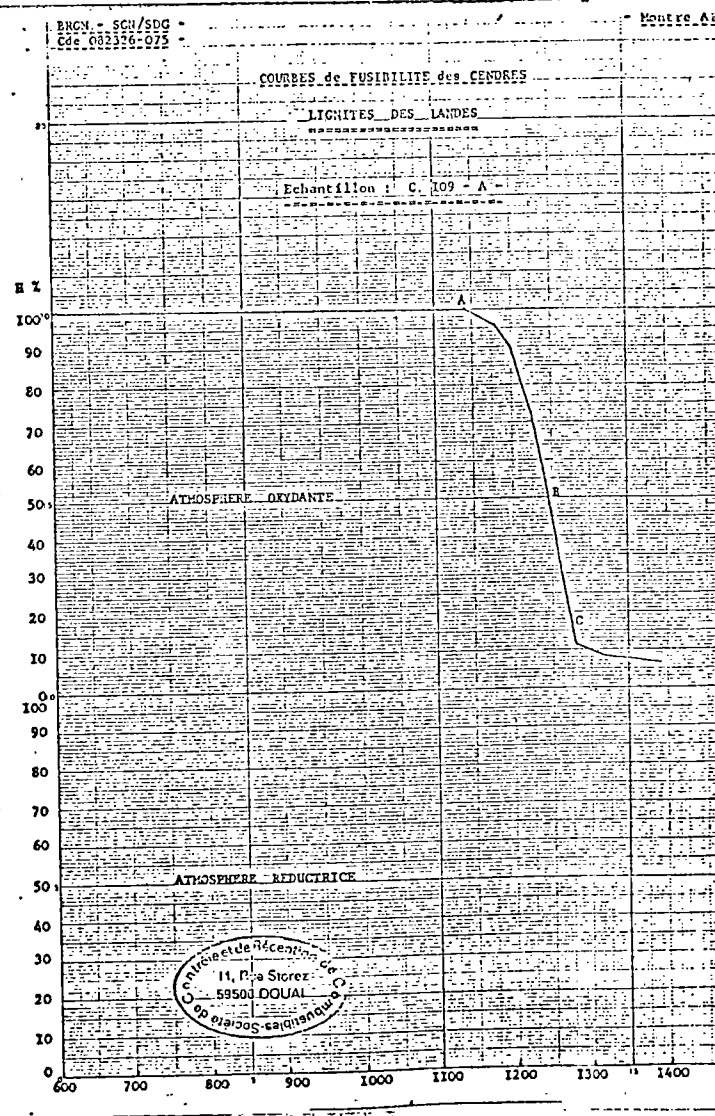
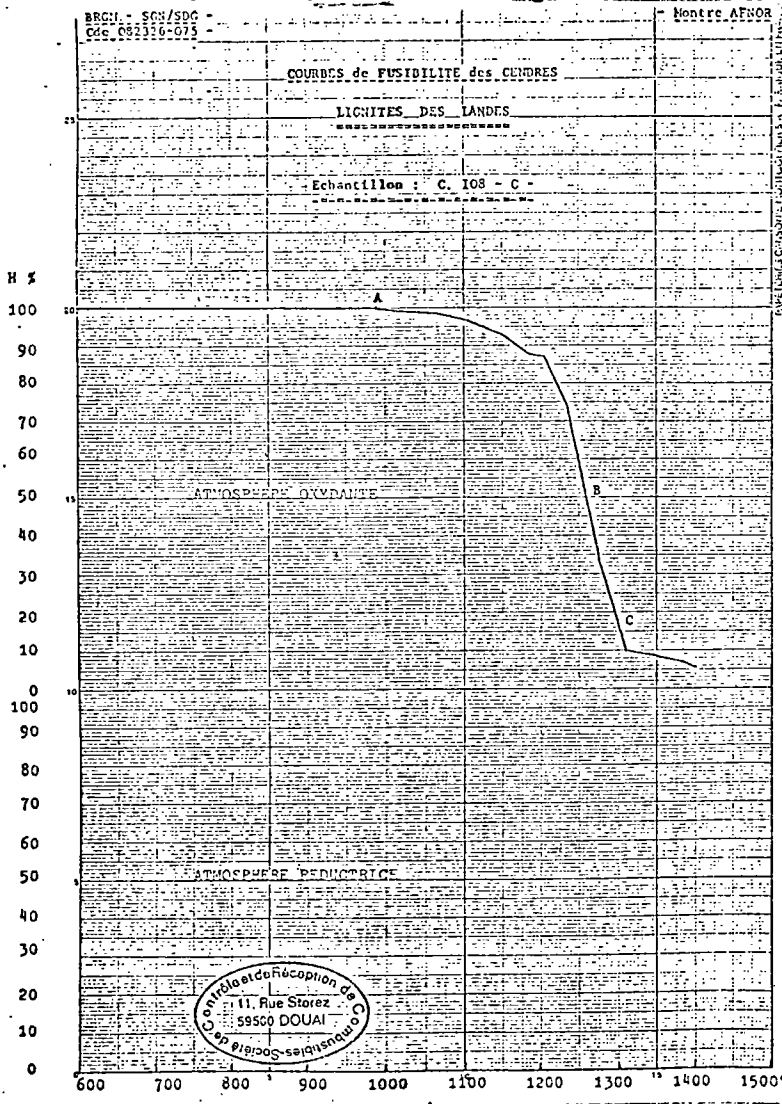
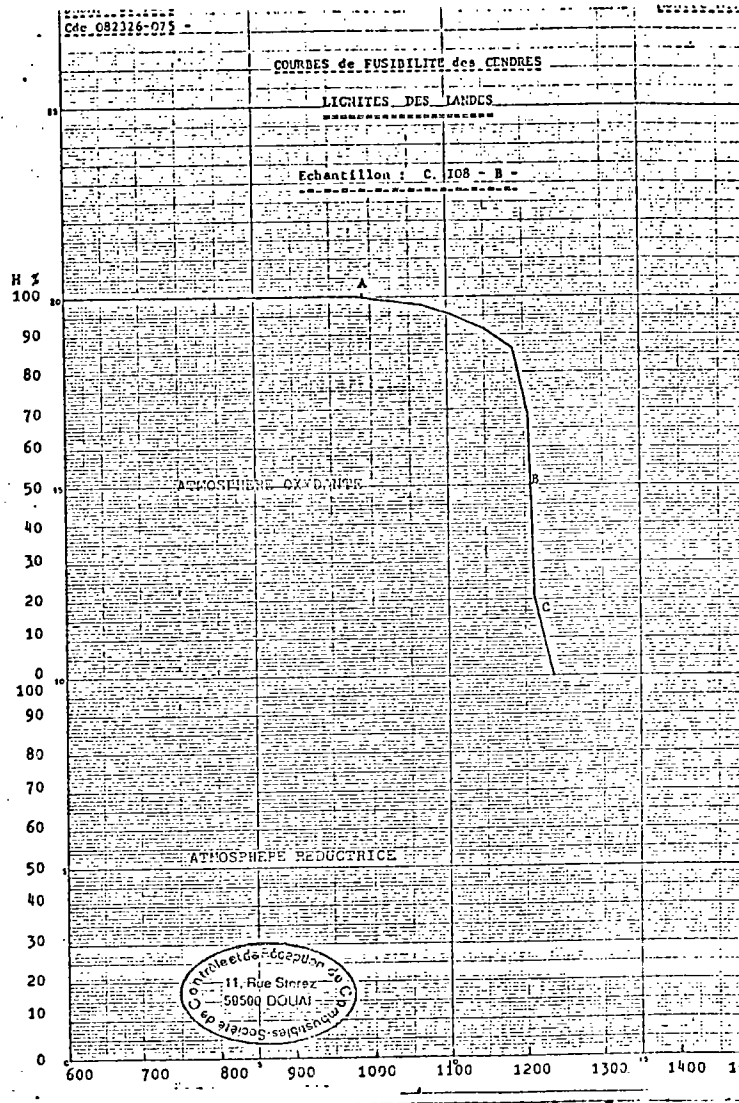
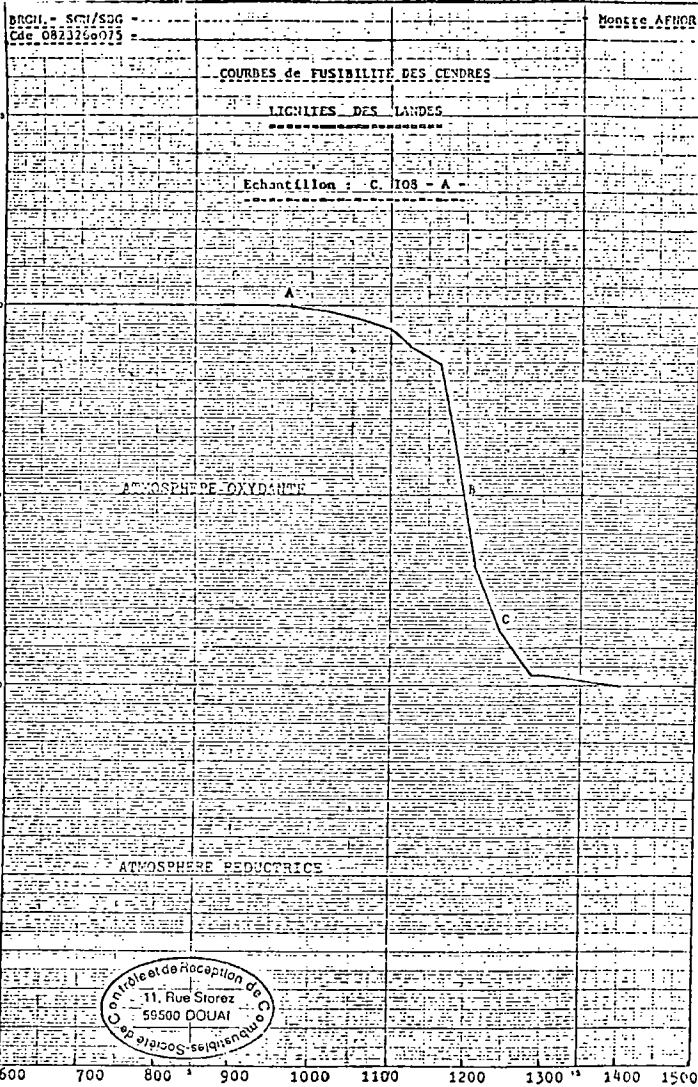


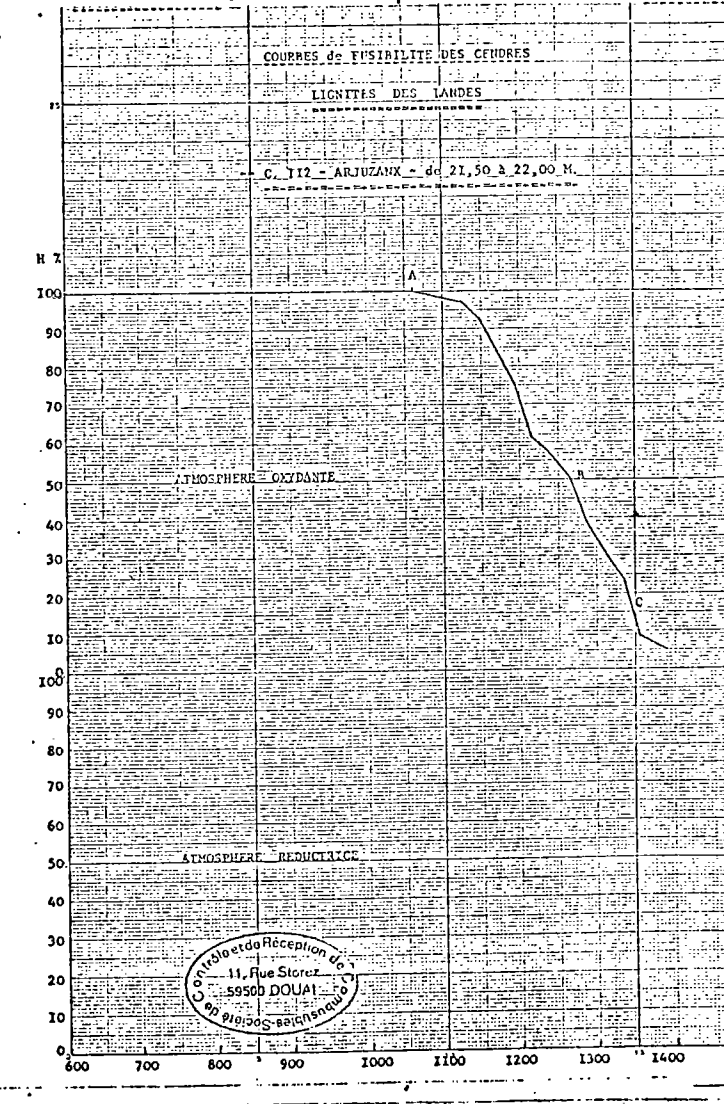
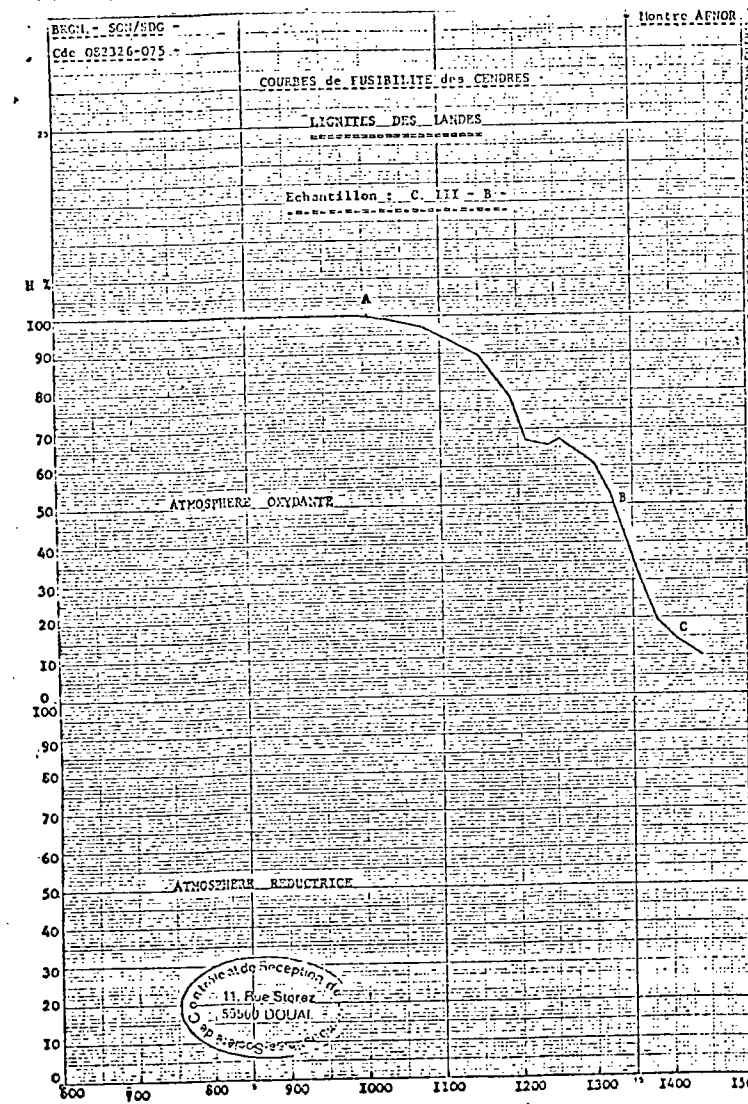
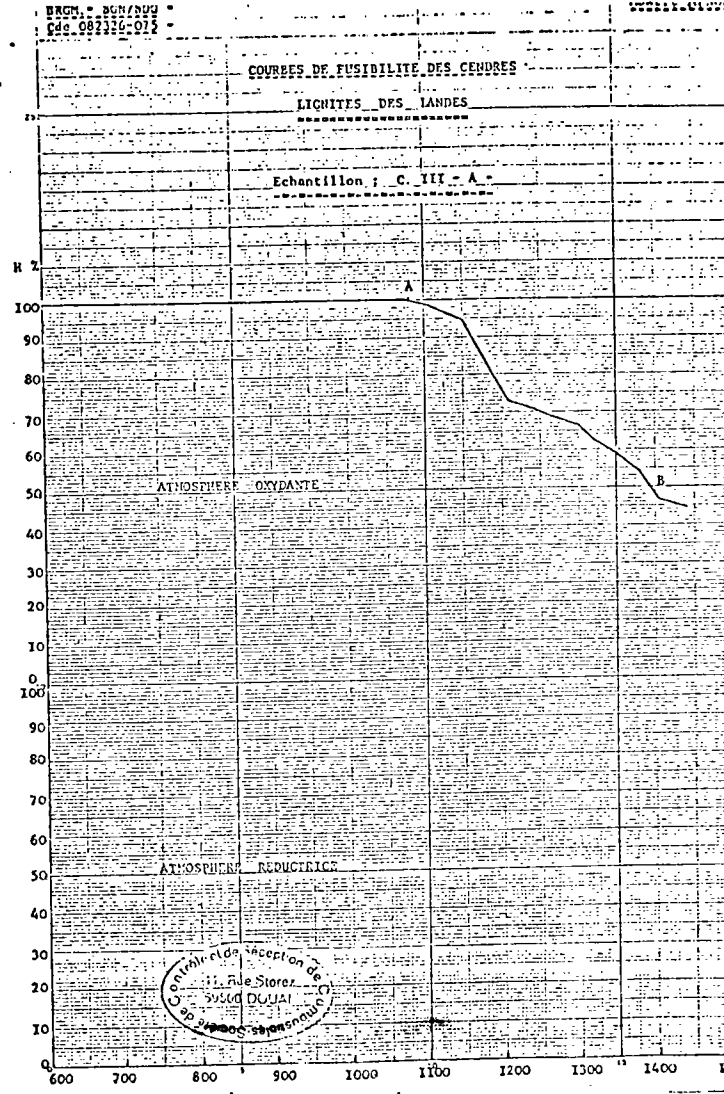
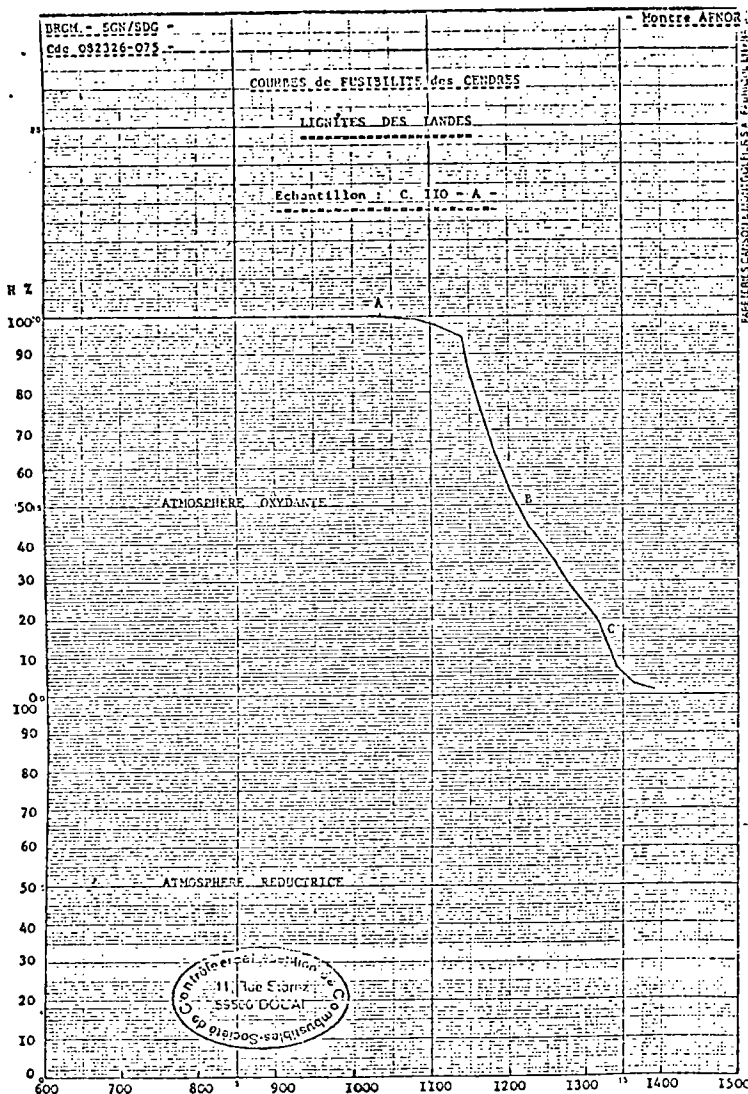
COURBES de FUSIBILITE des CENDRES

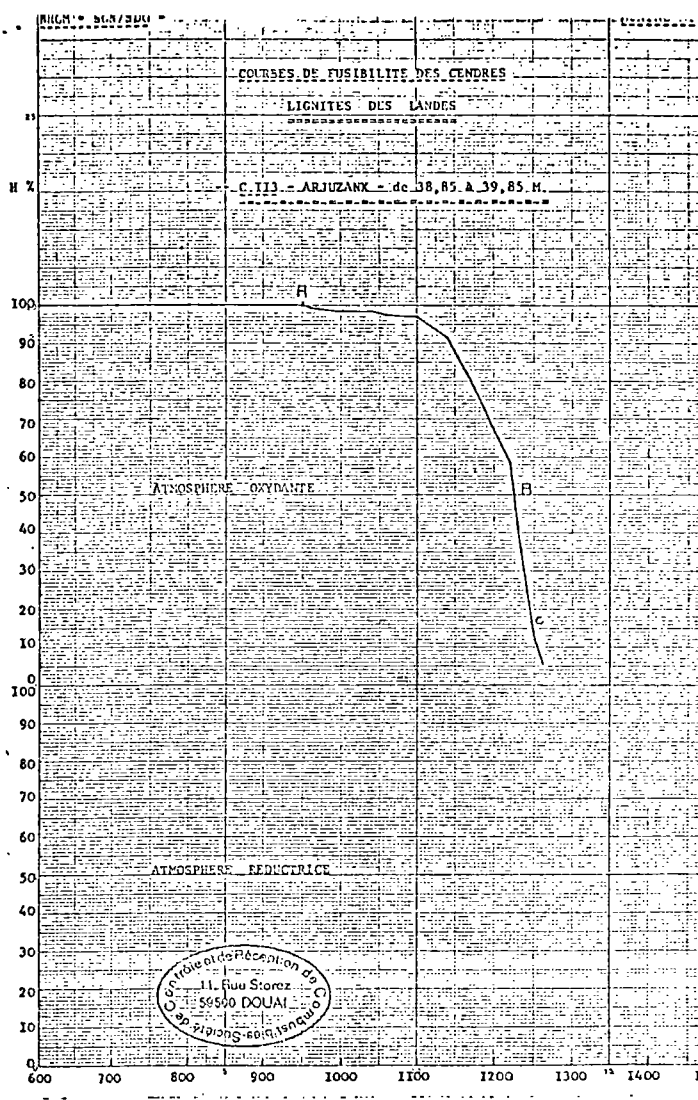
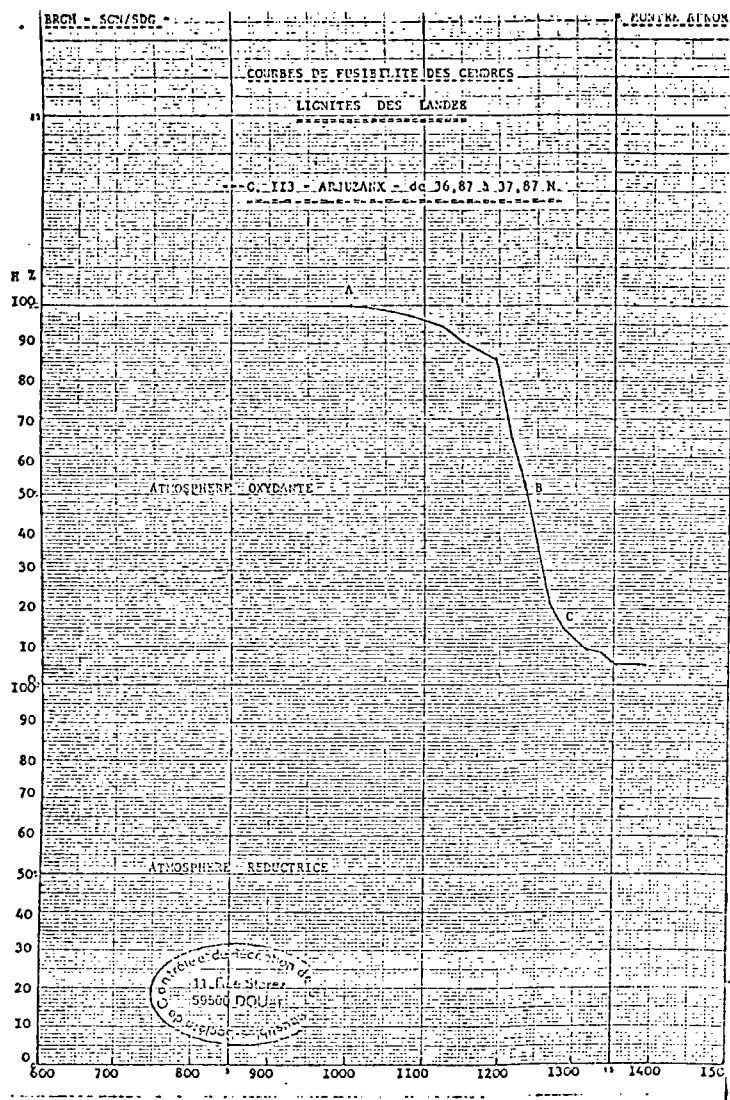
LIGNITES DES LANDES

Echantillon : C. 105 - B -









CHAPITRE 2 - ETUDE ANALYTIQUE ET REACTIONNELLE PORTANT
SUR LE LIGNITE DE MEZOS (Landes).

par

HENRI DOU

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

- MAI 1984 -

LABORATOIRE DE CHIMIE ORGANIQUE A

FACULTE DES SCIENCES DE MARSEILLE

TABLE DES MATIERES

- 1 - HYGROSCOPIE
 - 1.1 - Mesures effectuées
 - 1.2 - Microanalyses des échantillons avant séchage
 - 1.3 - Microanalyses des échantillons après séchage
 - 1.4 - Détermination de la capacité d'absorption de l'eau

 - 2 - EXTRACTION ET LIXIVATION A L'EAU
 - 3 - EXTRACTION EN MILIEU ACIDE
 - 4 - EXTRACTION EN MILIEU BASIQUE
 - 5 - DETERMINATION DU TYPE DE SOUFRE PRESENT DANS LES ECHANTILLONS
 - 6 - COMMENTAIRE SUR LES P.C.I.
 - 7 - SPECTRES INFRA-ROUGE DU LIGNITE DE DEPART
 - 8 - EXTRACTIONS PAR SOLVANTS ORGANIQUES
 - 8.1 - Chloroforme
 - 8.2 - Benzène-éthanol
 - 8.3 - Pyridine
 - 8.4 - Heptane

 - 9 - OXYDATIONS
 - 9.1 - Oxydation à l'air
 - 9.2 - Oxydation à l'eau oxygénée

 - 10 - PYROLYSE OU ECREMAGE
 - 11 - ENTRAINEMENT A LA VAPEUR D'EAU
 - 12 - CARACTERISTIQUES DU LIGNITE DE DEPART
 - 12.1 - Analyses centésimales
 - 12.2 - Spectrométrie infra-rouge

 - 13 - DETERMINATION DU COMPORTEMENT AU STOCKAGE
 - 14 - MESURES DE DENSITES DU LIGNITE
 - 15 - CONCLUSIONS CONCERNANT LES UTILISATIONS POSSIBLES DU LIGNITE DE MEZOS
- ANNEXES - SPECTRES INFRA-ROUGE
SPECTRES DE R M N

ETUDE ANALYTIQUE ET REACTIONNELLE PORTANT SUR LE LIGNITE DE MEZOS (Landes)

Le contrat passé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières et le Laboratoire de Chimie Organique de la Faculté des Sciences de MARSEILLE en mars 1984 porte sur des analyses préliminaires et n'est donc pas exhaustif puisqu'il ne fera que situer les potentialités du lignite étudié.

1 - HYGROSCOPIE

Le lignite étudié a montré dans les études préliminaires réalisées par le B.R.G.M., que le combustible avait une teneur en eau voisine de 50 à 60 %.

De ce fait, il était important de situer d'une part la quantité d'eau présente dans le lignite d'origine (pour cela il a été fait appel à un échantillon original sous carotte plastique), et aussi, après séchage, la capacité de réhydratation de ce dernier, lorsqu'il se trouve placé dans une atmosphère saturée en humidité (ceci pour les capacités de stockage en milieu ouvert et dans certains cas en présence de pluies).

1.1 - Mesures effectuées

Echantillons en provenance du B.R.G.M. de BORDEAUX (opérations effectuées sur deux échantillons) D.22c et D.61 MEZOS Nord.

. Premier échantillon :

Séchage pendant 48 heures à 105 degrés centigrades. 3,327 grammes au départ, perte 0,646 grammes soit en pourcentage : 19,41 %. Ceci montre que dans les conditions de stockage des carottes dans le local du B.R.G.M. de BORDEAUX, l'hydratation ne se maintient pas à un niveau très élevé (carottes à l'air libre, pendant 15 mois sous hangar clos).

. Deuxième échantillon :

Conditions identiques à celles utilisées ci-dessus. 3,247 grammes au départ, perte 0,655 grammes soit en pourcentage : 20,17 %. Même remarque que dans le cas précédent.

1.2 - Microanalyse des échantillons avant séchage

| ECHANTILLONS | CARBONE | HYDROGENE | AZOTE | CHLORURES | SOUFRE | CENDRES |
|--------------|---------|-----------|-------|-----------|--------|----------------|
| <u>D.22c</u> | 49,36 | 4,36 | 0,36 | 1,3 | 2,1 | 4 % environ |
| | 49,27 | 4,56 | 0,36 | 1,2 | 2,6 | |
| <u>D.61</u> | 48,96 | 4,04 | 0,55 | 1,8 | 3,6 | 5 % environ |
| | 48,87 | 4,20 | 0,77 | 2,1 | 3,9 | |

La valeur de l'oxygène n'a pas été déterminée par différence à cause de l'humidité présente.

1.3 - Microanalyse après séchage des échantillons

| ECHANTILLONS | CARBONE | HYDROGENE | AZOTE | CHLORURES | SOUFRE | CENDRES |
|--------------|---------|-----------|-------|---------------------|--------|----------------|
| <u>D.22c</u> | 57,92 | 4,83 | 0,56 | non déter- minés | 2,55 | 6 % environ |
| | 57,89 | 4,62 | 0,59 | | 2,31 | |
| <u>D.61</u> | 57,43 | 4,67 | 0,56 | non déter- minés | 3,24 | 5 % environ |
| | 57,51 | 4,69 | 0,47 | | 3,51 | |

(Le séchage a été effectué pendant 48 heures à 105 degrés C)

Note concernant les méthodes analytiques :

Les deux dernières analyses ont été déterminées à LYON au centre du C.N.R.S. Toutes les autres ont été réalisées à MARSEILLE au centre de microanalyses de la faculté. Dans ce dernier cas, les chlorures et le soufre sont dosés séparément.

1.4 - Détermination de la capacité d'absorption de l'eau

D.22C MEZOS SUD

Poids de départ (sec) : 2,681 grammes.

72 heures en air humide 82 %, prise de poids : 0,349 grammes.

A température ambiante, dans une atmosphère à 96 % d'eau, pendant 24 heures supplémentaires, prise de poids : 0,048 grammes. Soit au total : 0,397g
Soit en pourcentage (sur le sec) : 14,8 %.

D.61 MEZOS NORD

Poids de départ sec : 2,592 grammes, traités dans les mêmes conditions que ci-dessus, conduisent à : prise de poids totale : 0,474 g. Soit en pourcentage sur sec : 18,28 %.

On ne retrouve donc jamais la quantité d'eau initiale, simplement on remarque que le taux de réhydratation est parfaitement compatible avec le pourcentage d'eau contenu dans les échantillons stockés à l'air libre dans le magasin du B.R.G.M. à BORDEAUX.

Il est donc très probable qu'au niveau du stockage en cours d'exploitation, des valeurs d'humidité situées entre 19 et 22 % soient atteintes.

Détermination de l'humidité totale sur la carotte de lignite stockée préalablement sous PVC. Echantillon C 103, numéro 5, profondeur 38,18 mètres.

Cet échantillon nous est parvenu du B.R.G.M. d'ORLEANS.

Opération sur 100 grammes de lignite d'origine :

- séchage 48 heures à 105 degrés.
- Poids récupéré sec : 42 grammes, soit en pourcentage un taux d'humidité de 58 %.

Récapitulatif

- humidité totale : 58 %
- réhumidification sur sec : 20 % environ
- humidification après stockage au B.R.G.M. de BORDEAUX : 19 % environ

Diminution de volume après séchage

Divers essais ont été effectués ; on peut estimer la diminution du volume au séchage à l'air à environ 32 % au maximum.

Humidité de la carotte 5 (ORLEANS)

30,94 grammes de lignite ont été prélevés et séchés pendant 72 h. à 105 degrés. Il reste 19,03 grammes après évaporation de l'eau, soit un taux d'humidité de l'ordre de 40 %.

2 - EXTRACTION ET LIXIVATION A L'EAU

La lixivation à l'eau a été réalisée à chaud (100°Celsius) de façon à déterminer qu'elle serait la quantité maximale de composés extraits. La lixivation (ou extraction) a été réalisée avec de l'eau distillée.

Deux échantillons ont été traités :

D.22C

2,77 grammes ont été traités pendant 7 heures 30 minutes dans de l'eau à 100°Celsius, appareil de Soxhlet.

Poids extrait : 0,07 grammes, soit en pourcentage 2,57 %.

Analyse sur le lignite résiduel (reste 10 % d'eau) :

| | | | | |
|-------------|-------------|---|------|---|
| - carbone | 51,9 | - | 51,4 | % |
| - hydrogène | 5,00 | - | 4,70 | % |
| - azote | | | 0,00 | % |
| - chlorures | 1,8 | - | 1,3 | % |
| - soufre | 2,1 | - | 2,7 | % |
| - cendres | environ 3,7 | - | 4,1 | % |

Ces analyses sont à comparer à celles des composés de départ non secs. Ceci à cause du pourcentage d'eau résiduel après séchage pendant 10 heures à 90°Celsius.

D.61 MEZOS NORD

Dans les mêmes conditions que ci-dessus, on a traité 2,68 g. de lignite, on obtient 0,02 g. de matière extraite, soit en pourcentage 0,75 %.

Analyse sur le lignite extrait (reste 10 % d'eau)

(Même remarque que ci-dessus pour la comparaison des résultats analytiques).

| | | | | |
|-------------|-------------|---|-------|---|
| - carbone | 50,10 | - | 50,28 | % |
| - hydrogène | 4,31 | - | 4,32 | % |
| - azote | | | 0,00 | % |
| - chlorures | 1,2 | - | 1,2 | % |
| - soufre | 3,1 | - | 2,3 | % |
| - cendres | environ 5,1 | - | 4,6 | % |

L'extraction à la température ambiante n'a pas pu être effectuée, car trop peu de matières sont extraites, et les résultats ne seraient pas significatifs. Cette extraction sera effectuée dans une étape ultérieure, sur, environ 3 à 4 kg de lignite, pour être parfaitement représentative.

Les extraits aqueux ont été analysés qualitativement, au plan des anions. Nous avons mis en évidence :

- Absence de S^{2-} (sulfures)
- " de chlorures Cl^{-}
- présence de SO_4
- absence de nitrite.

On peut observer que dans cette extraction à l'eau, les composés azotés ont été extraits dans leur totalité. Par contre, les chlorures ne le sont pas, et seulement une partie du soufre.

L'absence d'ions chlorures dans les eaux d'extraction confirme cela, ainsi que l'absence de sulfures. Ceci amène à penser que les chlorures pourraient être d'origine organique, que peu ou pas de pyrite est présente, que le soufre minéral pourrait être essentiellement sous forme de sulfate.

3 - EXTRACTION EN MILIEU ACIDE

Nous avons effectué l'extraction avec de l'acide chlorydrique à 10 %, à la température de 100°Celsius.

D.22C

3,22 grammes ont été traités pendant 9 heures 30 minutes (Sohxlet).

Poids extrait : 0,78 grammes, soit en pourcentage 24,2 %, qui se présentent sous forme d'un résidu solide (couleur beige clair), après évaporation de l'acide utilisé.

ANALYSE CENTESIMALE DU LIGNITE EXTRAIT (SEC)

- chlorures : 1,9 - 1,5 %
- soufre : 2,6 - 2,8 %

D.61 MEZOS NORD

Nous avons traité dans les mêmes conditions 3,02 grammes de lignite pendant 9 heures 30 minutes. On extrait 0,75 grammes de composés, ce qui correspond à un pourcentage d'extraction de 24,8 %.

ANALYSE DU LIGNITE EXTRAIT (SEC)

- chlorures : 2,5 - 2,2 %
- soufre : 3,6 - 3,6 %

On remarque la présence de chlorures et la faible extraction du soufre, ce qui corrobore les remarques précédentes concernant l'extraction en milieu aqueux.

4 - EXTRACTION EN MILIEU BASIQUE

L'extraction a été réalisée avec de la soude à 10 % (préparée avec de l'eau distillée). On a opéré pendant 9 heures, au Soxhlet. Nous avons traité deux échantillons.

D.22C

Poids de lignite à extraire 2,08 grammes, poids de composé extrait 0,72 grammes, soit en pourcentage : 34,60 %.

Dans le cas de cet échantillon, la partie extraite à la soude a été traitée par HCl 10 % de façon à libérer les composés organiques acides (ou phénoliques) non solubles dans l'eau.

Nous obtenons après traitement des 0,72 grammes un précipité de 0,235 grammes soit un pourcentage de 32,6 % de composés organiques extraits à la soude.

D.61 MEZOS NORD

On traite comme ci-dessus 2,12 grammes de lignite. On extrait à la soude 0,52 grammes soit en pourcentage 24,52 %.

Le traitement à l'acide, d'une façon identique à la précédente, conduit à un très faible précipité, pratiquement infiltrable (ou in centrifugeable). Sa quantité estimée est de l'ordre de 6 % en poids de produits extraits à la soude. Ceci est en accord avec le plus faible pourcentage de composés extraits à la soude, si on compare à l'échantillon D.22C.

Ces composés organiques, sont sans doute des acides humiques, la différence entre les deux échantillons montrant que leur répartition dans la masse du lignite n'est sans doute pas homogène.

5 - DETERMINATION DU TYPE DE SOUFRE PRESENT DANS LES ECHANTILLONS

Pour déterminer le soufre présent (organique ou minéral), et si possible de quel type en ce qui concerne le soufre minéral), nous nous sommes basés sur les résultats obtenus par extraction à l'eau bouillante, sur un traitement complémentaire à l'acide, ainsi que sur les résultats obtenus lors des analyses centésimales des échantillons de lignite de départ, ainsi que sur les analyses centésimales des cendres.

Traitement complémentaire du lignite avec de l'acide chlorhydrique : Ce traitement a été effectué pour mettre en évidence une possible présence de pyrite. En effet, le traitement à l'acide chlorhydrique concentré permet de former à partir des sulfures du gaz sulfidrique (H₂S), qui est mis en évidence par noircissement d'un papier étalon à l'acétate de plomb. Le seuil de détection (sulfure de plomb noir) est très bas. Dans notre cas, et ceci pour trois échantillons, nous n'avons pas mis en évidence de noircissement. On peut donc écarter la présence de pyrite dans le lignite analysé.

La détermination du soufre (organique ou minéral nécessite généralement un travail important, avec des méthodes fines). Dans notre cas, étant donné l'urgence, nous avons utilisé une méthode approchée qui tient compte de l'ensemble des résultats obtenus.

En prenant une quantité de cendres située entre 5 et 10 %, et un pourcentage de sulfates de l'ordre de 40 % (voir analyse des cendres) ainsi qu'un pourcentage total de soufre sur lignite sec de l'ordre de 3,2 %, il est possible de donner approximativement une plage de valeur pour le soufre organique (évaluation pour 100 grammes de lignite) :

| | | | |
|--------------------|-------|---|-------|
| - cendres | 5 % | - | 10 % |
| - sulfate (mole) | 0,025 | - | 0,05 |
| - soufre (g) | 0,8 g | - | 1,6 g |
| - soufre organique | 50 % | - | 75 % |

Le pourcentage de soufre organique oscillerait entre 2,4 % et 1,6 %.

6 - COMMENTAIRE SUR LES PCI

La comparaison du lignite d'ARJUZANX avec le lignite de MEZOS, conduit aux commentaires suivants :

- . Lignite d'ARJUZANX : PCI 4 700 sur sec
- . Lignite de MEZOS : 5 350 sur sec

La différence est importante et est due principalement aux taux de cendres : de l'ordre de 23 % à ARJUZANX (lignite argileux) contre 10 % à MEZOS

Cela ne fait que souligner l'importance du combustible de MEZOS et l'intérêt potentiel à extruder l'eau de ce dernier, puisque la matière minérale résiduelle sera très faible, comparée au lignite d'ARJUZANX.

7 - SPECTRES INFRA ROUGE DU LIGNITE DE DEPART

Les spectres ont été effectués sur le lignite sec, à l'aide d'un appareil NICOLLET 5DX à transformée de Fourier. Ils ont été effectués en pastilles de KBr, celles-ci ayant été séchées à l'étuve au préalable.

Les spectres des deux échantillons sont pratiquement identiques. Ils mettent en évidence la forte présence de bandes hydroxyles (OH), d'hydrogènes aromatiques et aliphatiques, ainsi que la présence de bandes carbonylées (C=O). La présence des deux bandes à 1701 et 1686 cm⁻¹ (pointage électronique qui n'a rien à voir avec une attribution à partir du spectre imprimé) met en évidence des composés du type quinoniques et carboxyliques.

La forte bande OH observée 3302 cm⁻¹ permet de penser que nous serions en présence à la fois d'acides organiques et de composés phénoliques (différence avec les bandes carbonyles).

Ceci est à comparer à titre indicatif au charbon de GARDANNE par exemple, où les bandes OH sont plus faibles et où le carbonyle n'est pas visible.

8 - EXTRACTIONS PAR SOLVANTS ORGANIQUES

Nous avons utilisé différents solvants organiques, avec des polarités croissantes, afin d'avoir le maximum d'information sur les quantités de composés organiques extraits, ainsi que sur leur structure. Ainsi ont été utilisés, le chloroforme, le mélange benzène-éthanol (50-50) et la pyridine.

8.1 - Chloroforme

Nous avons utilisé un échantillon D.22C de 3,22 grammes sec, qui a été extrait au Soxhlet pendant 6 heures. La quantité de matière organique extraite est de 0,07 grammes soit en pourcentage : 2,17 %.

L'extrait, après évaporation du chloroforme, conduit à un résidu solide brun-beige, à forte "odeur de bois".

Dans les mêmes conditions, un échantillon D.61 MEZOS NORD, a été extrait. Poids de lignite de départ (sec) 3,37 grammes, poids de produit extrait 0,08 grammes, soit en pourcentage : 2,37 %.

La même odeur de bois est perceptible.

Spectres I R des extraits au chloroforme

Echantillon D.22C

Le spectre bien résolu met en évidence la présence de deux bandes carbonyles acides vers 1736 cm^{-1} et 1712 cm^{-1} . Ceci exclut la présence de dérivés quinoniques ainsi qu'aromatiques : absence de la bande (ou simplement présence très faible) vers 1600 cm^{-1} . On serait ainsi en présence d'acide gras, à faible caractère insature, avec des fonctions C=O différenciées (doubles liaisons, alcools, diacides ...).

Spectres de R M N des extraits

Le spectre de RMN (Résonance magnétique nucléaire) montre aussi l'absence de protons aromatiques aux alentours de 6.5 - 7.5 ppm. et la présence de protons aliphatiques CH₂ et CH₃ ainsi que vers 2.5 ppm. des protons voisins des groupements carbonyles.

8.2 - Benzène-éthanol

L'échantillon D.22C a été traité par extraction au Soxhlet pendant 11 heures 30 minutes. Poids d'échantillon au départ (sec) 3,14 g., poids de composés extraits 0,13 grammes soit en pourcentage : 4,14 %.

L'échantillon D.61 MEZOS-NORD d'un poids de 3,44 grammes a été traité comme ci-dessus. Nous avons extrait 0,09 grammes, soit en pourcentage : 2,61 %.

Spectres I R des extraits au benzène-éthanol

Ces spectres I R mettent en évidence une présence très forte de composés carbonyles avec deux bandes 1736 et 1711 cm^{-1} ainsi qu'une bande OH plus faible que dans le cas du lignite de départ. Cette constatation est identique pour les bandes carbonyles. La présence de très fortes bandes CH aliphatiques vers 2849 cm^{-1} permet de penser que les composés extraits sont des acides organiques aliphatiques (acides gras). Cette supposition est aussi confirmée par l'augmentation des bandes du massif situé entre 1460 et 1200 cm^{-1} .

Spectres de R M N des extraits au benzène-éthanol

On constate l'absence de dérivés aromatiques, la présence d'un massif aliphatique centré sur 3.8 ppm. attribuable à des CH₂ de type CH₂-O dans des composés hétérocycliques et à des groupements méthoxy. De même entre 1.7 et 2.2 ppm. on distingue (assez faiblement) un groupe de protons CH₂ cycliques.

8.3 - Pyridine

Echantillon D.22C

3,42 grammes ont été traités pendant 7 heures au Soxhlet. Nous avons extrait 0,45 grammes soit en pourcentage : 13,15 %.

Echantillon D.61 MEZOS-NORD

3,52 grammes ont été traités de la même façon. Nous avons extrait 0,25 grammes, soit en pourcentage : 7,1 %.

Spectres I R des extraits à la pyridine

Ils sont identiques aux précédents. On constate la présence de protons aliphatiques, de fonctions C=O, peu de fonctions hydroxyles. Les C=O sont situés un peu plus bas 1707 cm⁻¹. On constate aussi une forte bande éther du type R-O-R' cyclique ou non vers 1200 cm⁻¹. Cependant, l'interprétation est compliquée par la présence des bandes résiduelles de la pyridine 1600, 750, 703 et 688 cm⁻¹.

8.4 - Extraction à l'heptane de la carotte 5 (ORLEANS)

Cette étude est qualitative. Le lignite humide a été extrait (sans séchage) par de l'heptane.

On constate en spectrométrie de fluorescence la présence de composés aromatiques à deux noyaux condensés (voir spectre ci-joint). Ces composés sont présents à l'état de trace, mais leur quantité devrait être établie dans le cas de l'extraction de quantité d'eau importante du lignite.

9 - OXYDATION

L'oxydation du lignite de MEZOS a été étudiée brièvement car il est important de connaître le comportement de ce produit lorsqu'il est laissé à l'air libre, à une température relativement élevée par rapport à la température ambiante (stockage).

9.1 - Oxydation à l'air

1 gramme de lignite (D.22C) a été finement broyé, puis mis en présence d'air ambiant à la température de 42°C pendant 48 heures. Pour déterminer le degré d'oxydation on a effectué le spectre IR du produit oxydé et on a comparé celui-ci au spectre de départ. Si une oxydation a eu lieu, celle-ci sera mise en évidence par une augmentation des bandes carbonyles, ainsi que par des changements au niveau des massifs présents vers 1400 et 1100 cm⁻¹.

On constate qu'à 42° et pendant 48 heures, aucune oxydation n'a été détectée.

Un essai sur de plus grandes quantités a été effectué à partir de la carotte numéro 5 (ORLEANS).

Il a été réalisé à partir de 100 grammes de lignite. Celui-ci après un broyage grossier est laissé tel quel (voir photographie) et la température est contrôlée par un thermomètre durant une période de 15 jours. On n'obtient pas une augmentation de température significative (voir tableau ci-joint). De même, il n'y a pas de changement de couleur en surface, et le séchage partiel est obtenu en 7 jours environ.

9.2 - Oxydation à l'eau oxygénée

Celle-ci a été réalisée pour que nous puissions apprécier réellement les possibilités d'oxydation du lignite, puisque nous n'avons rien détecté à l'air ambiant.

1 gramme de lignite (D.22C) finement broyé a été mélangé avec 20 cm³ d'eau oxygénée à 30 %. Le mélange est ensuite placé au repos pendant 48 heures, à la température de 43°C. Après filtration du lignite et séchage de celui-ci, le spectre I R ne met pas en évidence une oxydation caractérisée.

Nous avons, sur un échantillon identique, réalisé une oxydation dans des conditions de températures plus fortes, et sous agitation (60°C et 70°C) pendant 2 heures et 1 heure, puis pendant 48 heures à la température ambiante. En fin de réaction, le pH du filtrat est acide : environ 3. Le résidu filtré et séché montre une forte bande carbonyle vers 1716 cm⁻¹, qui indique qu'une oxydation a eu lieu.

Pour corroborer les résultats précédents, une oxydation a été effectuée à l'air ambiant, pendant 14 jours, sur 1 gramme de lignite finement broyé et à la température de 80°C. Nous avons obtenu un spectre I R superposable à celui du lignite de départ D.22C, ce qui met en évidence l'absence d'oxydation.

C'est donc seulement en présence d'un agent oxydant important, et de conditions de température assez éloignées de la normale, que l'oxydation se produit.

10 - PYROLYSE OU ECREMAGE

La pyrolyse a été réalisée sous un vide partiel de 12 mm de Hg, et sous atmosphère d'azote. L'échantillon D.22C a été utilisé.

1,3 grammes de lignite ont été pyrolysés à la température de 690°C pendant 10 minutes.

Poids de résidu non pyrolysé : 0,67 g. ce qui correspond à un pourcentage de matières volatiles de 48,46 %.

La matière organique condensée dans l'appareil de pyrolyse a été extraite par différents solvants : pentane, benzène et éthanol. Afin de permettre une meilleure identification des produits obtenus, les différentes fractions ont été analysées en spectroscopie IR et en spectroscopie de fluorescence (mise en évidence du nombre de moyaux). Etant donné l'urgence, les résultats concernant la spectroscopie de RMN ne nous sont pas encore parvenus.

La spectroscopie de fluorescence met en évidence pour les trois fractions, une absorption aux alentours de 312-335, 306-329, 306-329 (absorption émission). Ceci montre que les produits extraits auraient principalement une structure mono ou diaromatique.

Le résidu pyrolysé

Ce résidu qui représente environ 52 % en poids a été analysé :

| | | | |
|-------------|---------|---|-------|
| - Carbone | 74 | - | 72 % |
| - Hydrogène | 2,8 | - | 2,7 % |
| - Azote | 0,0 | | % |
| - Chlorures | 1,6 | - | 1,5 % |
| - Soufre | 2,2 | - | 1,1 % |
| - Cendres | environ | | 9 % |

Oxygène par différence : 10,40 %

Ceci est à comparer à l'analyse élémentaire du lignite de départ :

| | | | |
|-------------|---------|---|---------|
| - Carbone | 49,36 | - | 49,27 % |
| - Hydrogène | 4,36 | - | 4,56 % |
| - Azote | 0,36 | - | 0,36 % |
| - Chlorures | 1,3 | - | 1,2 % |
| - Soufre | 2,1 | - | 2,6 % |
| - Cendres | environ | | 4 % |

Oxygène par différence : 38,52 %

Le spectre I R du résidu pyrolysé, montre qu'il n'y a plus de fonction carbonyle, ainsi qu'une diminution des fonctions hydroxylées et des bandes CH aliphatiques, tandis que les bandes CH aromatiques seraient en augmentation (ceci par rapport au spectre du lignite de départ).

Ainsi la pyrolyse conduit à la formation de composés organiques présentant des fonctions oxygénées variées. Ces composés comptabiliseraient aussi le tiers du soufre organique.

Le résidu de la pyrolyse, soit 52 % du total serait constitué par une matrice carbonée complexe, principalement à base de composés condensés polyaromatiques à caractère phénolique.

Bilan

- . Pyrolyse à 690°C
- . Résidu : 52 % en poids polynoyaux, caractères phénoliques
- . Matière volatile condensée : 50 % en poids, caractère : hydrogène (OH et C=O), majorité de mono et dinoyaux aromatiques
- . Matière volatile non condensée (gaz) : 30 - 50 % en poids.

- . Pyrolyse à pression atmosphérique et à l'air libre :
Nous avons chauffé à l'air libre 0,6 g. de lignite D.22C, à la température de 400° environ. Après 12 minutes, on pèse le résidu, après séchage sur P205. On obtient 0,38 g. soit 0,22 g. de matières volatiles, représentant 36,66 % en poids.

11 - ENTRAINEMENT A LA VAPEUR D'EAU

Celui-ci a été réalisé de façon classique sur 5 g. de lignite. Le condensat a ensuite été extrait au chloroforme, pour isoler les composés organiques. Après évaporation, nous n'avons pas obtenu un poids de produits organiques significatif.

12 - CARACTERISTIQUES DU LIGNITE DE DEPART

Les différents échantillons de lignite ont été préparés par broyage et tamisage : broyeur électrique et passage au tamis de 0,250 mm (60 meshes). Toutes les opérations d'analyse et de réaction ont eu pour origine ces préparations.

12.1 - Analyses centésimales

D.22C

| | | | |
|-------------|---------|---|---------|
| - carbone | 49,36 | - | 49,27 % |
| - hydrogène | 4,36 | - | 4,56 % |
| - azote | 0,36 | - | 0,36 % |
| - chlorures | 1,3 | - | 1,2 % |
| - soufre | 2,1 | - | 2,6 % |
| - cendres | environ | | 4 % |

D.61 MEZOS NORD

| | | | |
|-------------|---------|---|---------|
| - carbone | 48,96 | - | 48,87 % |
| - hydrogène | 4,04 | - | 4,20 % |
| - azote | 0,55 | - | 0,77 % |
| - chlorures | 1,8 | - | 2,1 % |
| - soufre | 3,6 | - | 3,9 % |
| - cendres | environ | | 5 % |

Spectrométrie Infra Rouge

Les spectres ont été effectués sur le lignite sec, à l'aide d'un appareil NICOLLET 5 DX à transformée de Fourier. Ils ont été effectués en pastilles de KBr, celles-ci ayant été séchées à l'étuve au préalable.

Les spectres des deux échantillons sont pratiquement identiques. Ils mettent en évidence, la forte présence de bandes hydroxyles (OH), d'hydrogènes aromatiques et aliphatiques, ainsi que la présence de bandes carbonylées (C=O).

La présence des deux bandes à 1701 et 1686 cm^{-1} (pointage électronique qui n'a rien à voir avec une attribution à partir du spectre imprimé) met en évidence des composés du type quinoniques et carboxyliques.

La forte bande OH observée 3302 cm^{-1} permet de penser que nous serions en présence à la fois d'acides organiques et de composés phénoliques (différence avec les bandes carbonyles).

Ceci est à comparer à titre indicatif au charbon de GARDANNE, par exemple, où les bandes OH sont plus faibles et où le carbonyle n'est pas visible.

13 - DETERMINATION DU COMPORTEMENT AU STOCKAGE

Ceci a été effectué en prenant pour témoin un tas de lignite d'environ 100 grammes, issu de la carotte 5 (ORLEANS). Ce lignite a été broyé grossièrement pour être représentatif des conditions de stockage. Le tas a été laissé à la température ambiante et les variations de températures contrôlées durant une quinzaine de jours. Les résultats sont rapportés dans le tableau suivant :

| DATE | HEURE | t°C TAS | t°C AMBIANTE |
|-------|---------|---------|--------------|
| 16/04 | 18 h 25 | 19,5 | 20 |
| 17/04 | 9 h | 15 | 17 |
| | 12 h 10 | 18,5 | 19,5 |
| | 15 h 10 | 19,5 | 20 |
| | 19 h | 17,5 | 19 |
| 18/04 | 10 h | 15,5 | 18 |
| | 11 h 30 | 18 | 20 |
| | 14 h | 19,5 | 20 |
| | 16 h | 19 | 20 |
| | 18 h | 17,5 | 19 |
| 19/04 | 9 h 45 | 16 | 18,5 |
| | 11 h | 17,5 | 19,5 |
| | 16 h | 20 | 20,5 |
| | 19 h | 17 | 19,5 |
| 20/04 | 8 h 30 | 16 | 18 |
| | 11 h | 19 | 20 |
| | 15 h | 21 | 21 |
| | 16 h | 20 | 20,5 |
| 24/04 | 9 h 30 | 17 | 19,5 |
| | 11 h | 20 | 20 |
| | 13 h 30 | 22 | 21 |
| | 17 h 30 | 20 | 21 |
| | 19 h | 19,5 | 20 |
| 25/04 | 9 h 30 | 19,5 | 20 |
| | 11 h | 22 | 20,5 |
| | 14 h | 23,5 | 22 |
| | 18 h | 21,5 | 21 |
| 26/04 | 9 h 30 | 20 | 20,5 |
| | 11 h | 22 | 21 |
| | 14 h | 24 | 22,5 |
| | 16 h | 22,5 | 22 |
| | 17 h | 22 | 21,5 |
| 27/04 | 9 h 45 | 21 | 20 |
| | 11 h | 22,5 | 21 |
| | 12 h | 23,5 | 22 |
| | 15 h | 24 | 23 |
| | 16 h 30 | 24 | 23 |
| 30/04 | 12 h | 23 | 21 |
| | 16 h 30 | 22 | 20,5 |
| 02/05 | 9 h 30 | 19,5 | 18,5 |
| | 11 h 30 | 19,5 | 19 |
| | 13 h | 21,5 | 20 |
| | 16 h | 21 | 19,5 |
| 03/05 | 13 h 30 | 20 | 19 |
| | 16 h | 21 | 20 |
| 04/05 | 11 h | 20 | 19 |
| | 17 h | 19 | 18,5 |

Comparaison entre les deux thermomètres servant aux mesures :

. températures dans le même environnement 18°C pour les 2 thermomètres.

On constate ainsi que, dans une première période, les températures du tas ont été inférieures à celles de la pièce. Ceci est explicable par la perte de chaleur due à l'évaporation de l'eau. Cela a duré environ 8 jours. Ensuite, les températures deviennent pratiquement égales, avec un léger avantage au tas de lignite, dont la couleur noire-brune doit absorber plus de lumière.

Un test, pendant 5 jours à 100°C, sur du lignite présent dans le tas depuis 9 jours a permis de déterminer une humidité résiduelle de 15 %, ce qui est cohérent avec tous les résultats précédents.

14 - MESURES DE DENSITE DU LIGNITE

- Lignite brut à 58 % d'humidité (carotte intacte), densité : 1,14
- Lignite séché à 20 % d'humidité (carotte séchée), densité : 0,85

15 - CONCLUSIONS CONCERNANT LES UTILISATIONS POSSIBLES DU LIGNITE DE MEZOS

Dans l'étude qui a été effectuée, nous nous sommes efforcés de mettre en évidence les points importants pouvant permettre d'envisager différentes utilisations.

Notons tout d'abord que le PCI du lignite sec ou aux environs de 15 à 20 % d'eau, a une valeur suffisante pour que ce dernier soit considéré comme un combustible de valeur.

La situation du bassin, en découverte et l'importance de ce dernier, doivent être pris en compte, même au plan chimique, pour dégager des utilisations.

Le fait que ce lignite soit très jeune, le rend au point de vue aspect physique proche du bois. Mais, ce "bois" est en fait vieux de plusieurs millions d'années, ce qui interdit tout développement d'une chimie du bois, telle qu'elle est pratiquée dans la région Aquitaine.

Sur le plan des nuisances, ce lignite ne contient que peu de cendres, très peu d'azote, pas de pyrites. Le soufre est réparti entre 1/2 à 2/3 sous forme organique, et donnera du SO₂ ou du SH₂ à la combustion, mais en quantités parfaitement maîtrisables (un essai de mesure de concentration dans les fumées effectué en vraie grandeur devrait être fait). Au plan du stockage, nous n'avons pas constaté d'oxydation, ce qui est positif. En outre, l'eau ne semble pas, à terme (le temps dépend de la température et du volume à sécher), se fixer dans le lignite, un séchage jusqu'à 20 % d'eau est parfaitement envisageable.

Restent donc possibles les voies "classiques" d'exploitation que nous allons détailler :

A - la pyrolyse

Ce lignite contient des composés volatiles, de l'ordre de 40 à 50 % dont certains se retrouvent gazeux et d'autres liquides ou solides. L'éventualité d'une pyrolyse, avec utilisation en combustion du résidu est envisageable, mais restera limitée car les produits obtenus ne peuvent pas être directement utilisés comme fuel (au sens transport et combustion directe). Cette utilisation ne semble donc pas satisfaisante au départ.

B - La gazéification

Le lignite, de par sa structure, est un composé qui se prête bien à la gazéification. Des procédés divers (cf. la littérature) permettent l'obtention d'un gaz dilué ou non avec de l'azote selon la source d'oxygène. La température de fusibilité des cendres autorise de tels procédés dans le cas du lignite considéré. Les sous-produits fatals (dans notre cas, principalement H₂S) ne seraient pas nombreux et permettraient une exploitation à grande échelle. Notons que pour gazéifier, il faut des installations de l'ordre de 1 million de tonnes/an de combustible.

C - La combustion directe

Il faut ici considérer deux cas :

- La combustion sur le site à très grande échelle, de l'ordre du million de tonnes/an. Ce serait le cas pour une centrale électrique uniquement. Cela est envisageable, le sous-produit fatal serait du SO₂, mais à un taux "maîtrisable" compte-tenu de la quantité de soufre assez faible et de l'absence de pyrites.
- La combustion "répartie" vers les utilisateurs actuels de charbon importé. Cette solution est parfaitement envisageable, mais il faut au préalable sécher le lignite (fort pourcentage d'eau à ne pas transporter), et lui donner une forme physique manipulable et compatible avec les chaudières classiques. Cette solution serait rapidement envisageable.
- La combustion "pulvérisée", elle n'est pas envisageable compte-tenu de la texture du composé de départ.
- La combustion sans transformation vers de gros utilisateurs. Elle est envisageable pour des industries comme les cimenteries suivant des essais et un protocole (séchage,) à mettre au point.

Compte-tenu de la situation, il nous semble qu'au départ, il faut rechercher l'utilisation dans les voies suivantes :

- 1 - Transformation en combustible solide substituable aux charbons importés,
- 2 - Utilisation près du site et sans transformation vers de "gros utilisateurs" tels que les cimentiers par exemple,

- 3 - Utilisation sur le site et sans transformation pour une centrale électrique.
- 4 - Gazéification à terme, avec couplage sur la chimie de LACQ (synthèse de méthanol par exemple). Cette solution, à plus long terme dépend uniquement de la taille globale du gisement et nécessitera des études bien plus approfondies que celles afférentes aux première et seconde solution.

EN RESUME :

Il faut prouver sur place la fiabilité du gisement, et ceci vers des utilisateurs potentiels déjà existants. Pour cela, il faut leur fournir un combustible approprié proche de celui qu'ils utilisent déjà.

Cette solution pourrait être mise en jeu très rapidement, un essai du lignite sur chaudière en vraie grandeur serait nécessaire pour étudier les rejets réels dans les fumées.

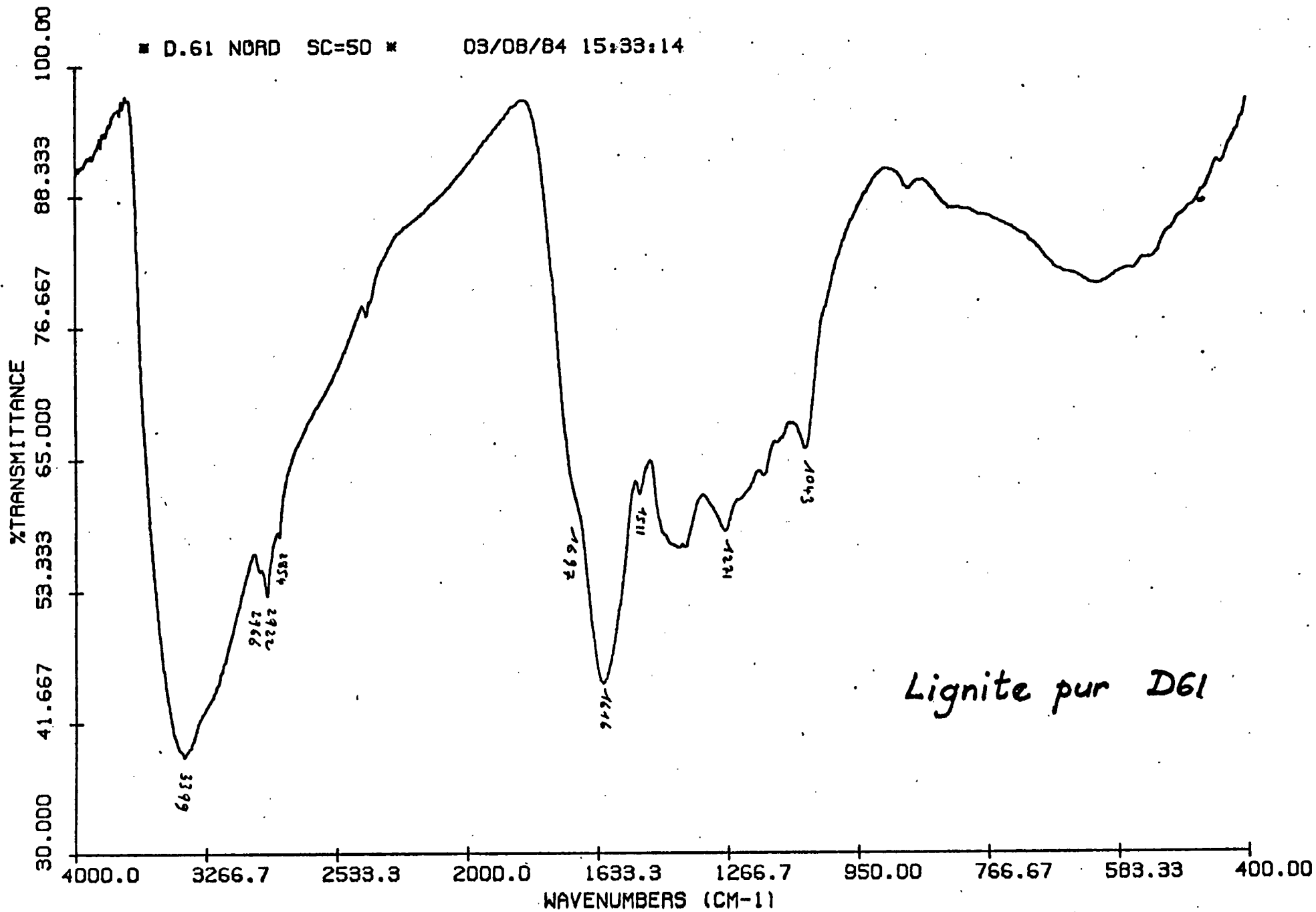
Parallèlement, il faudra aussi essayer de brûler le combustible tel quel sur place au niveau de gros utilisateurs.

Ce sont, à notre avis, les deux solutions les plus rapides à mettre en oeuvre et elles devraient être développées en priorité.

oooooooo

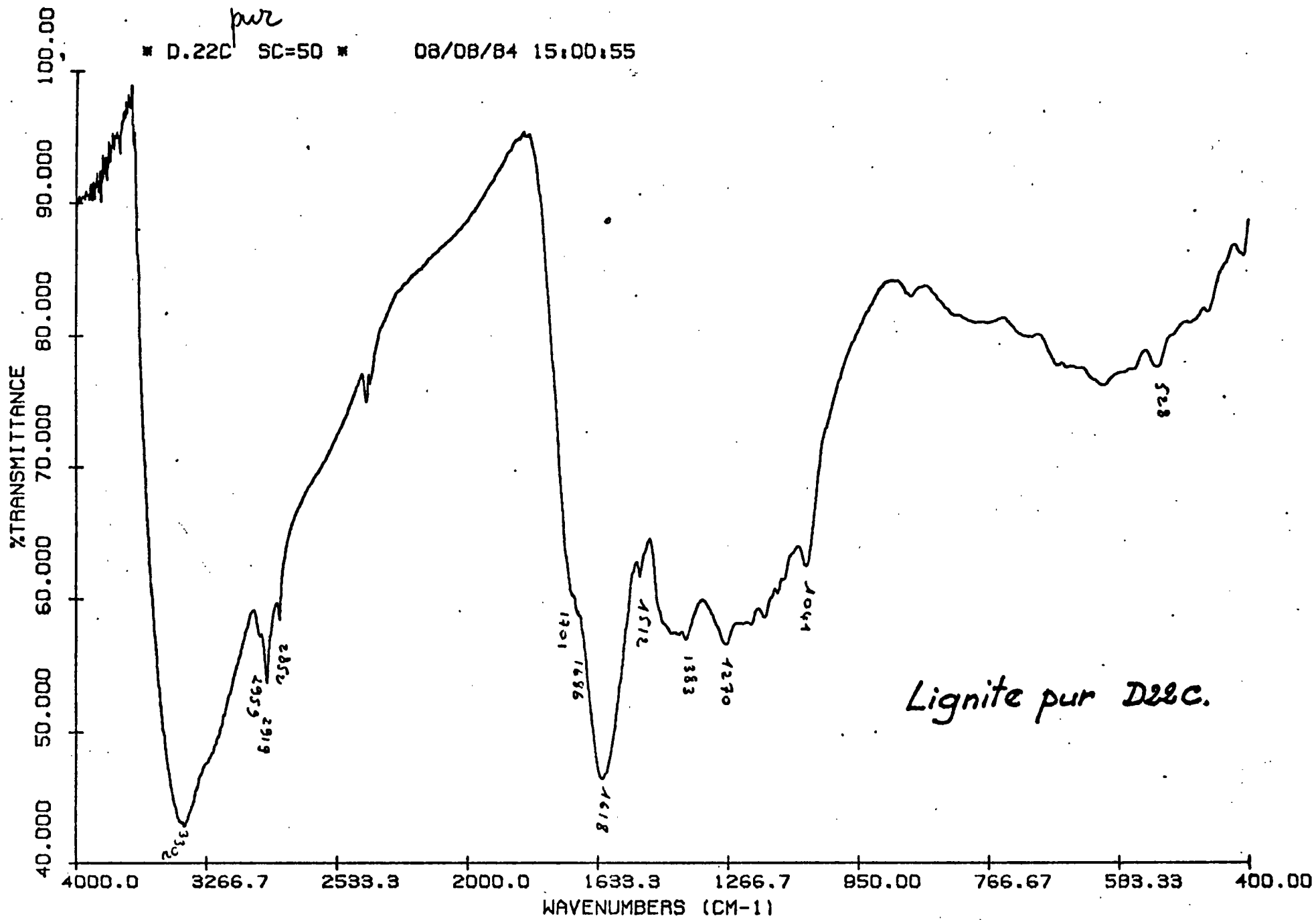
SPECTRES INFRA-ROUGE

■ D.61 NORD SC=50 ■ 03/08/84 15:33:14



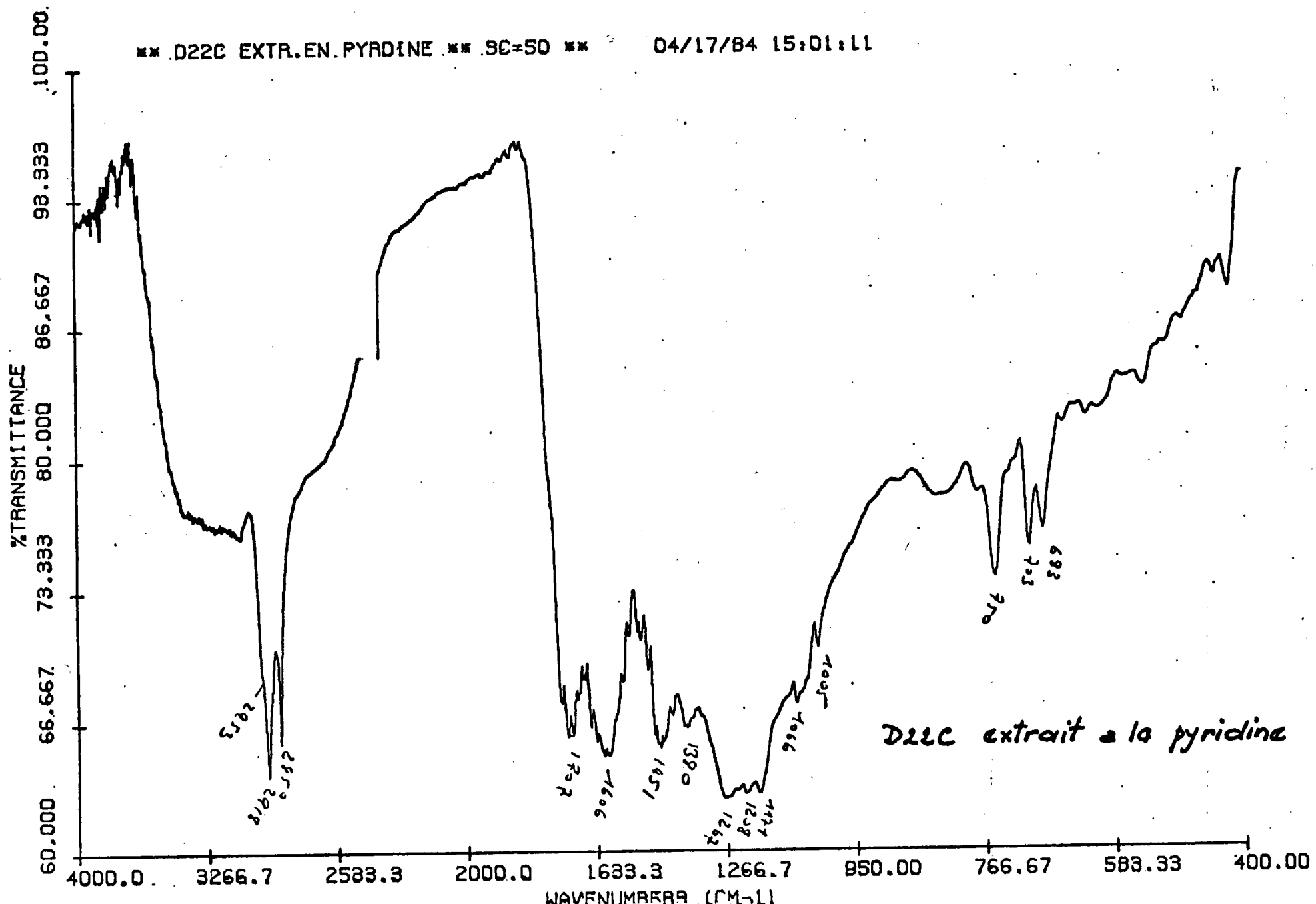
Lignite pur D61

chain pur.



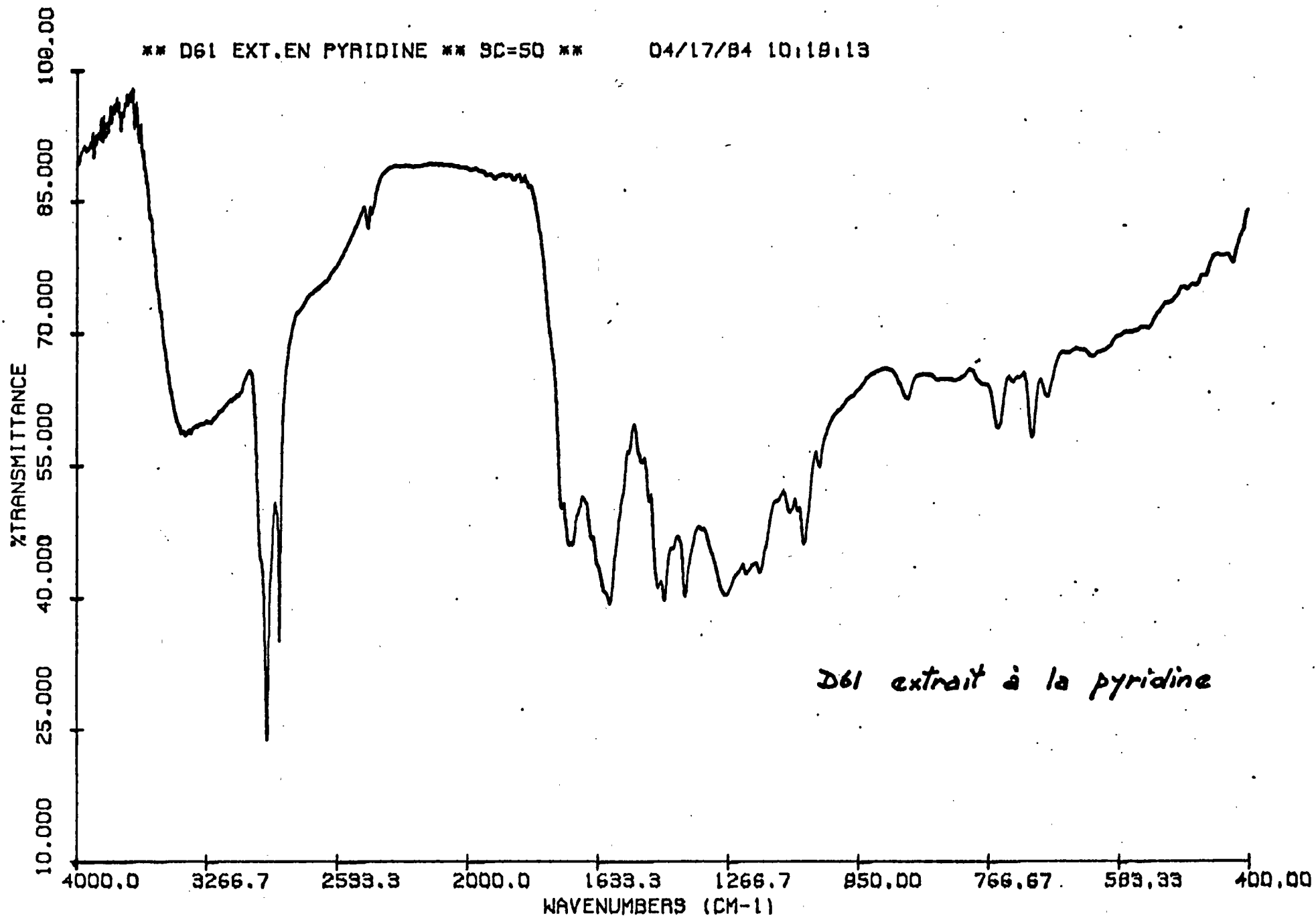
Lignite pur D22C.

** D22C EXTR.EN.PYRDINE ** SC=50 ** 04/17/84 15:01:11



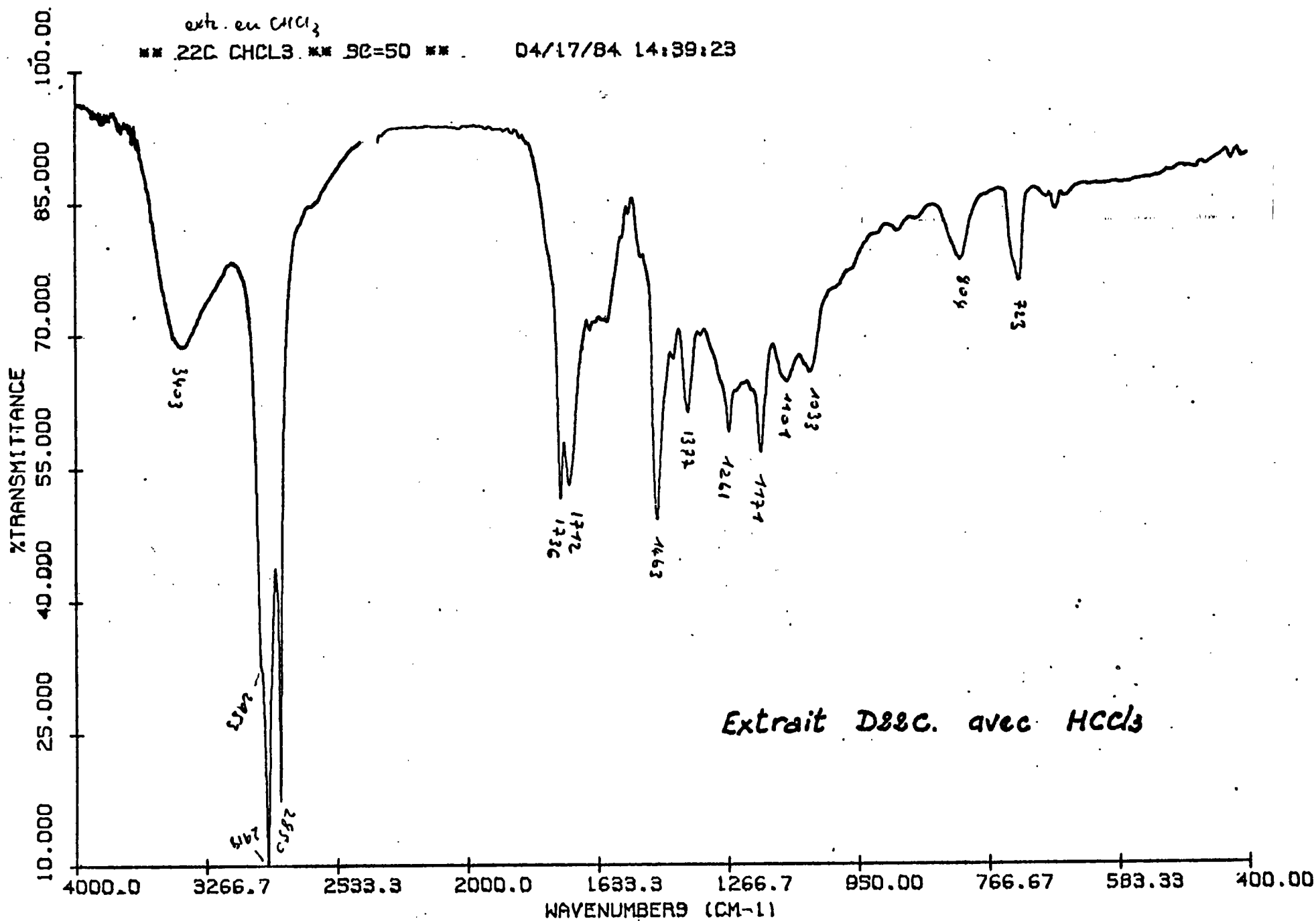
** D61 EXT.EN PYRIDINE ** 9C=50 **

04/17/84 10:19:13

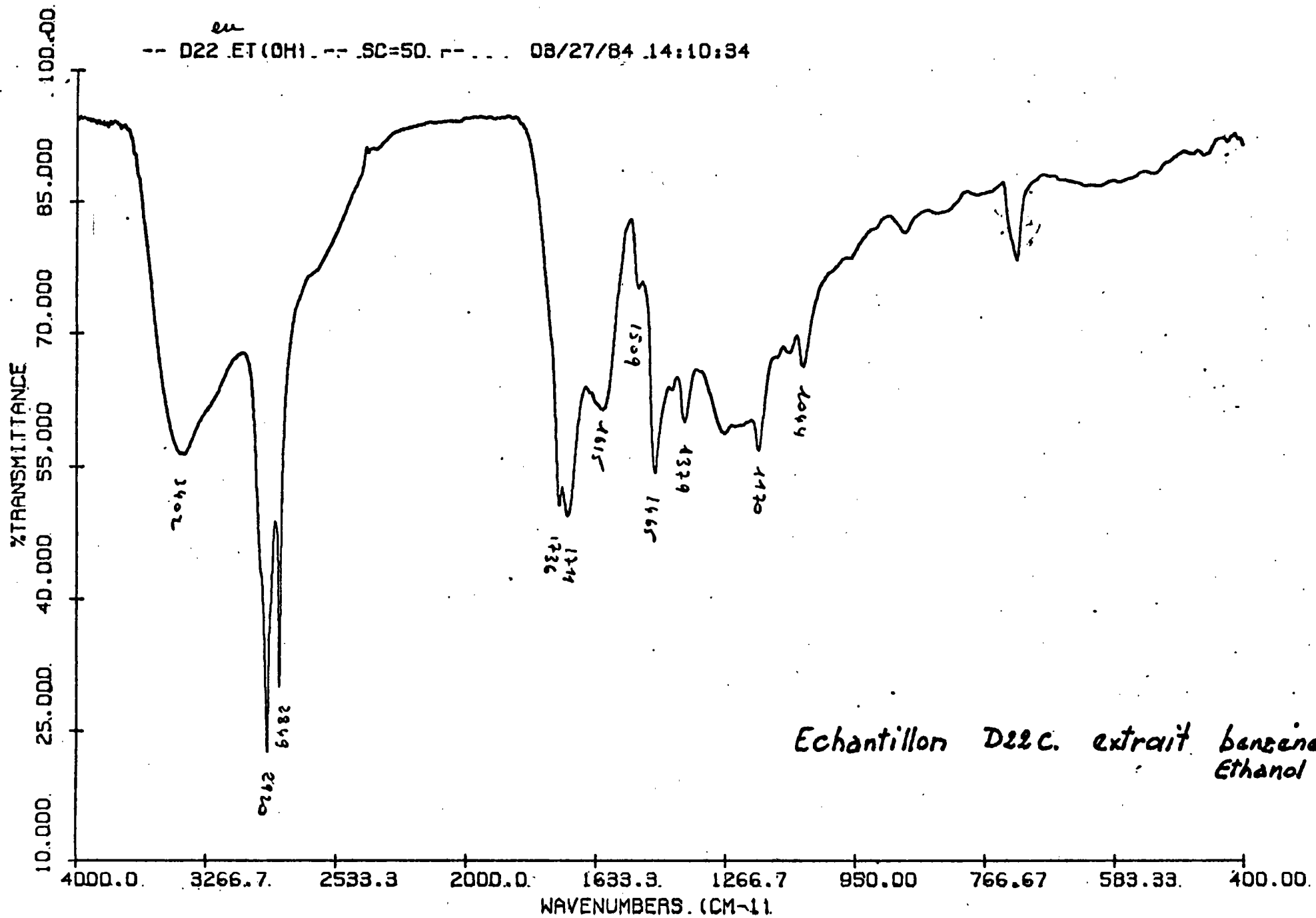


D61 extrait à la pyridine

ext. en CHCl_3
** 22C CHCl_3 ** 50=50 ** 04/17/84 14:39:23

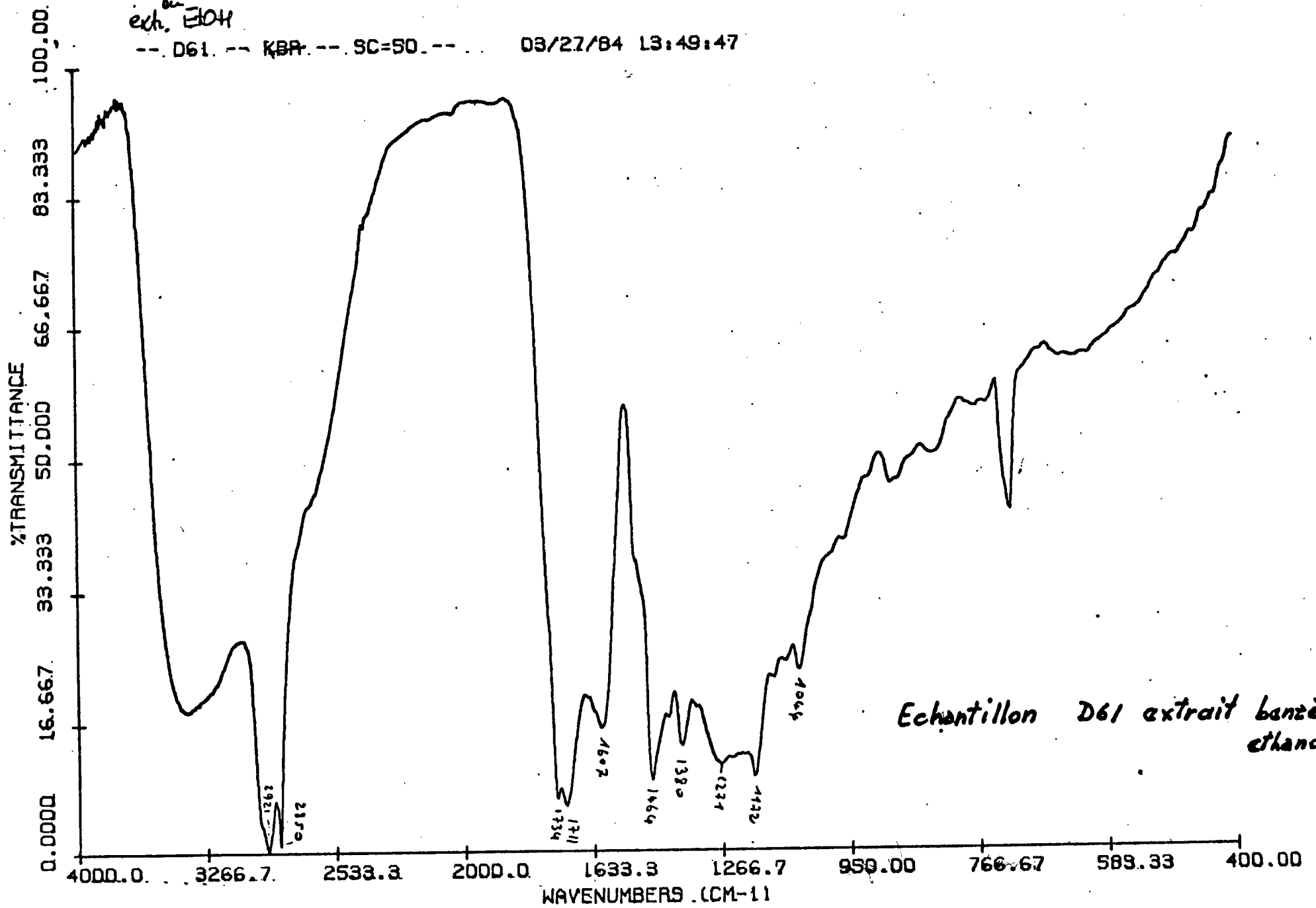


Extrait D&C. avec HCl_3



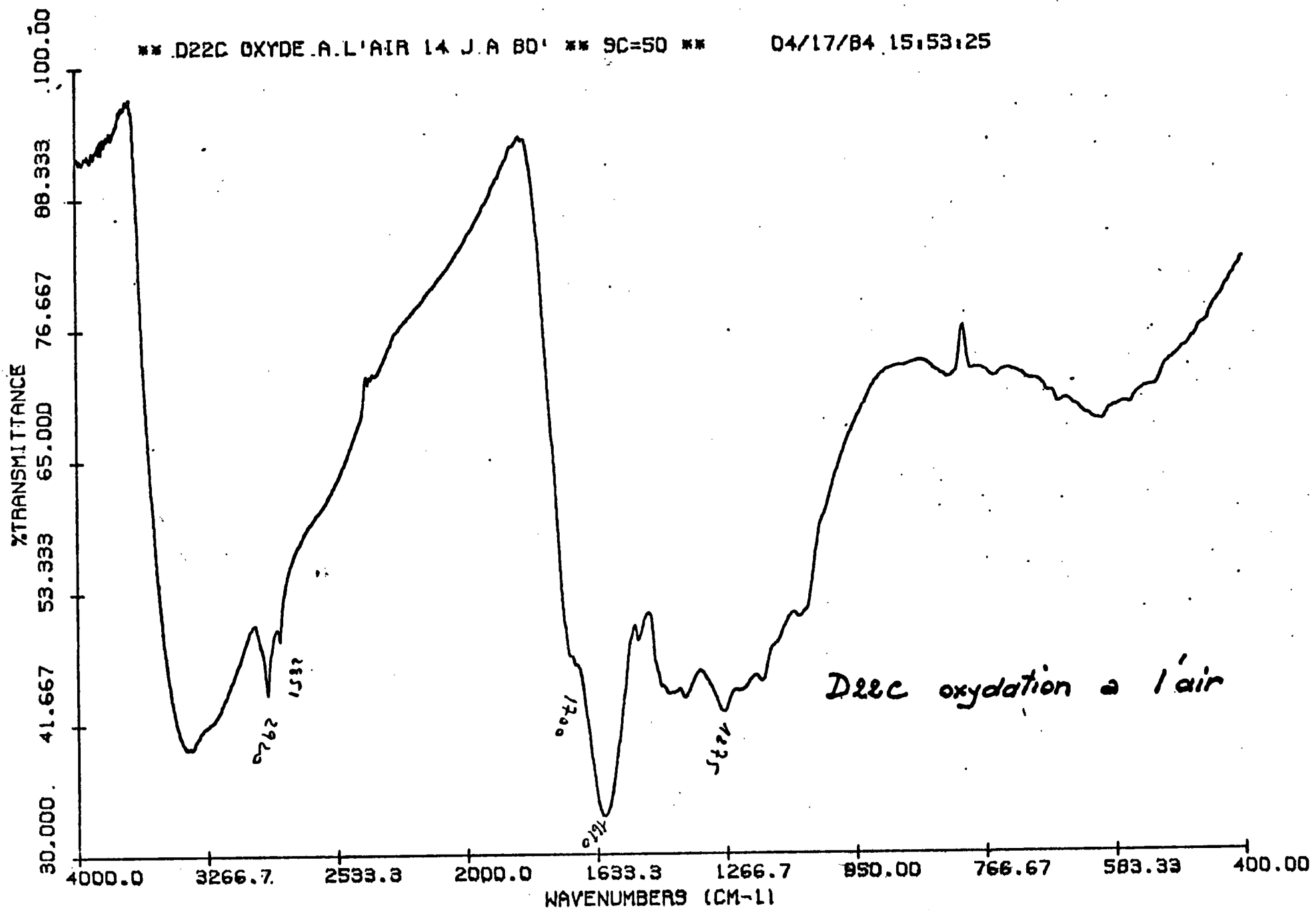
ech. EOH

--- D61. --- KBR. --- SC=50. --- 03/27/84 13:49:47



** D22C OXYDE A.L'AIR 14 J.A 80' ** 9C=50 **

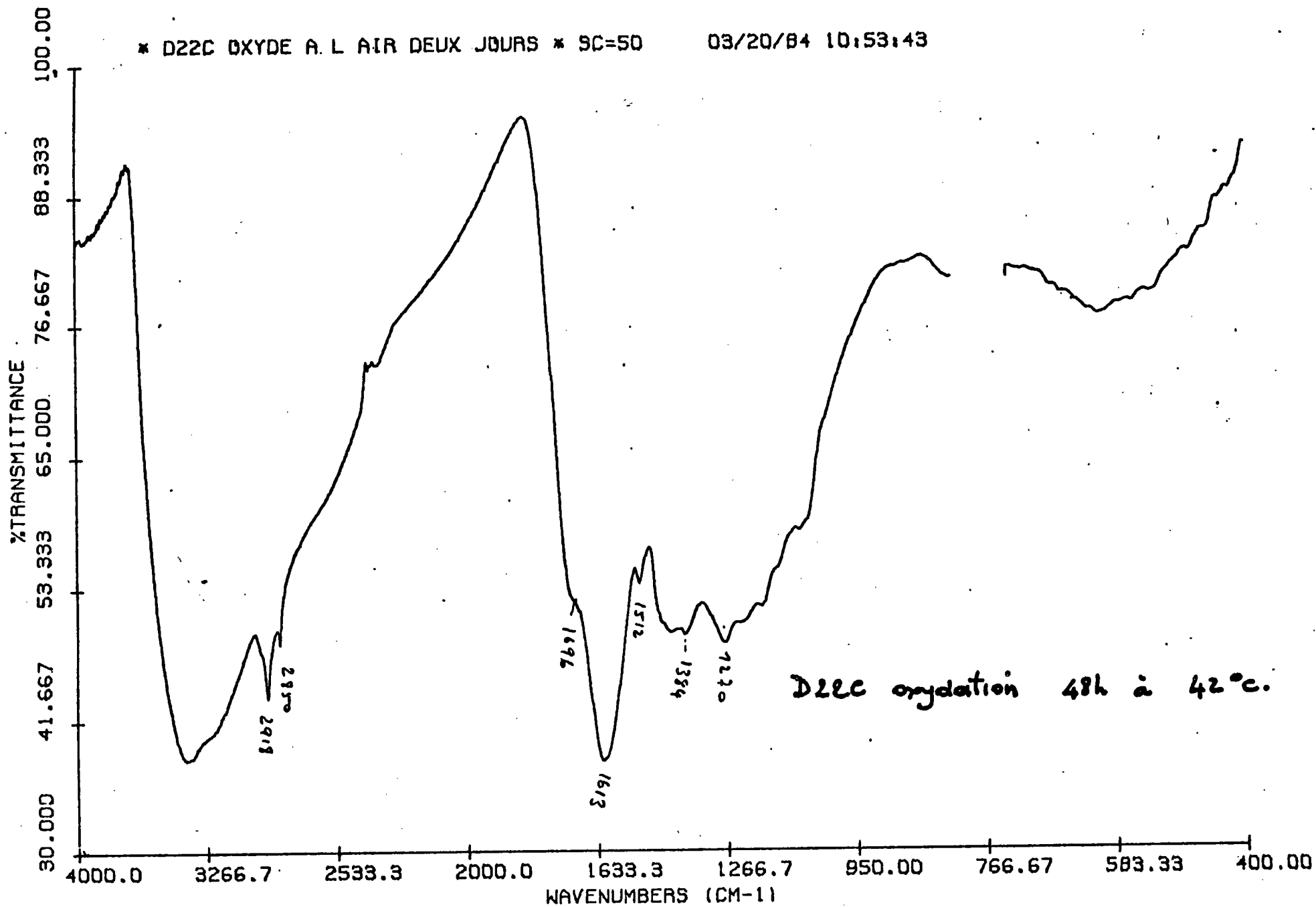
04/17/84 15:53:25



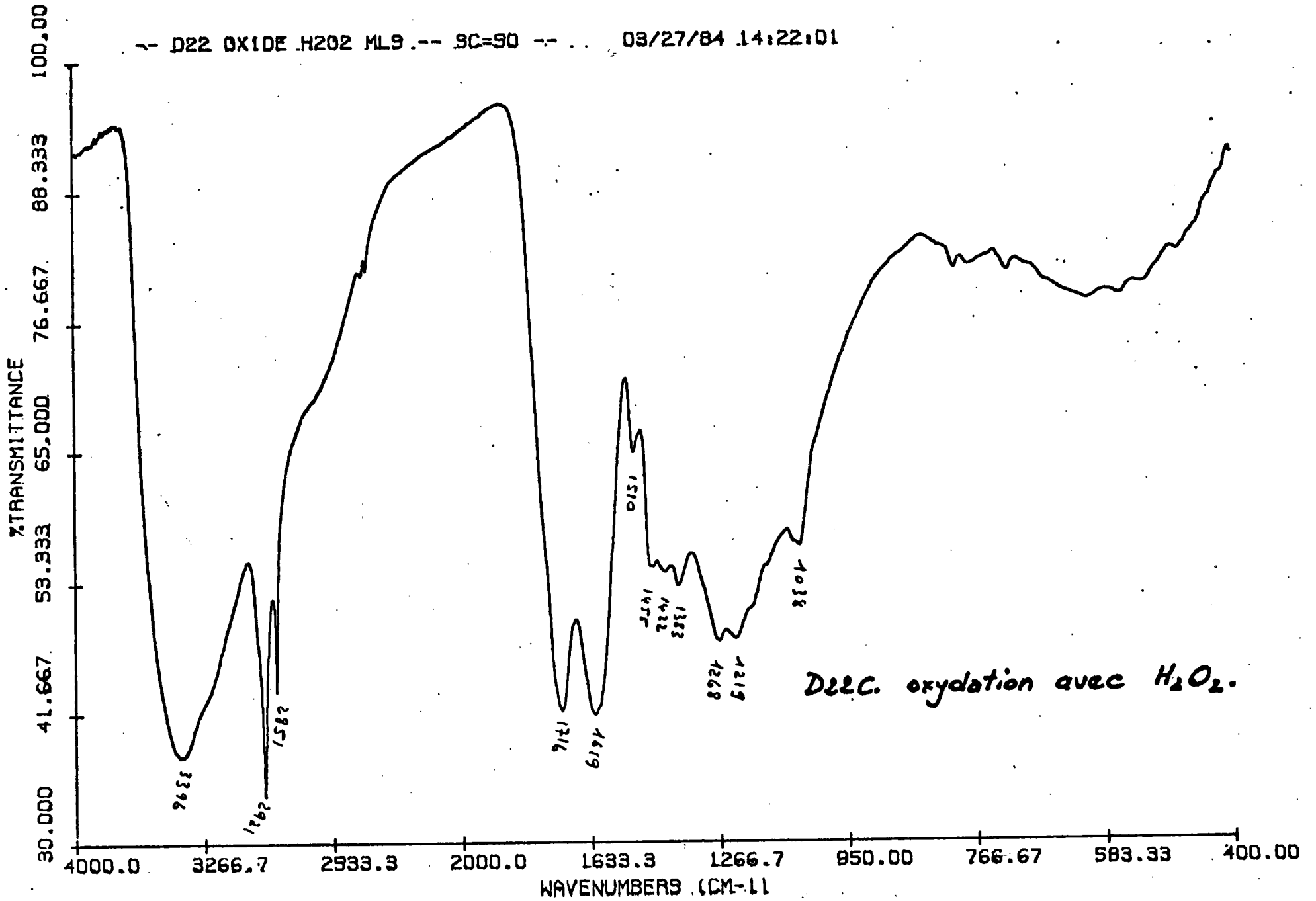
D22C oxydation a l'air

* D22C OXYDE A. L AIR DEUX JOURS * 9C=50

03/20/84 10:53:43

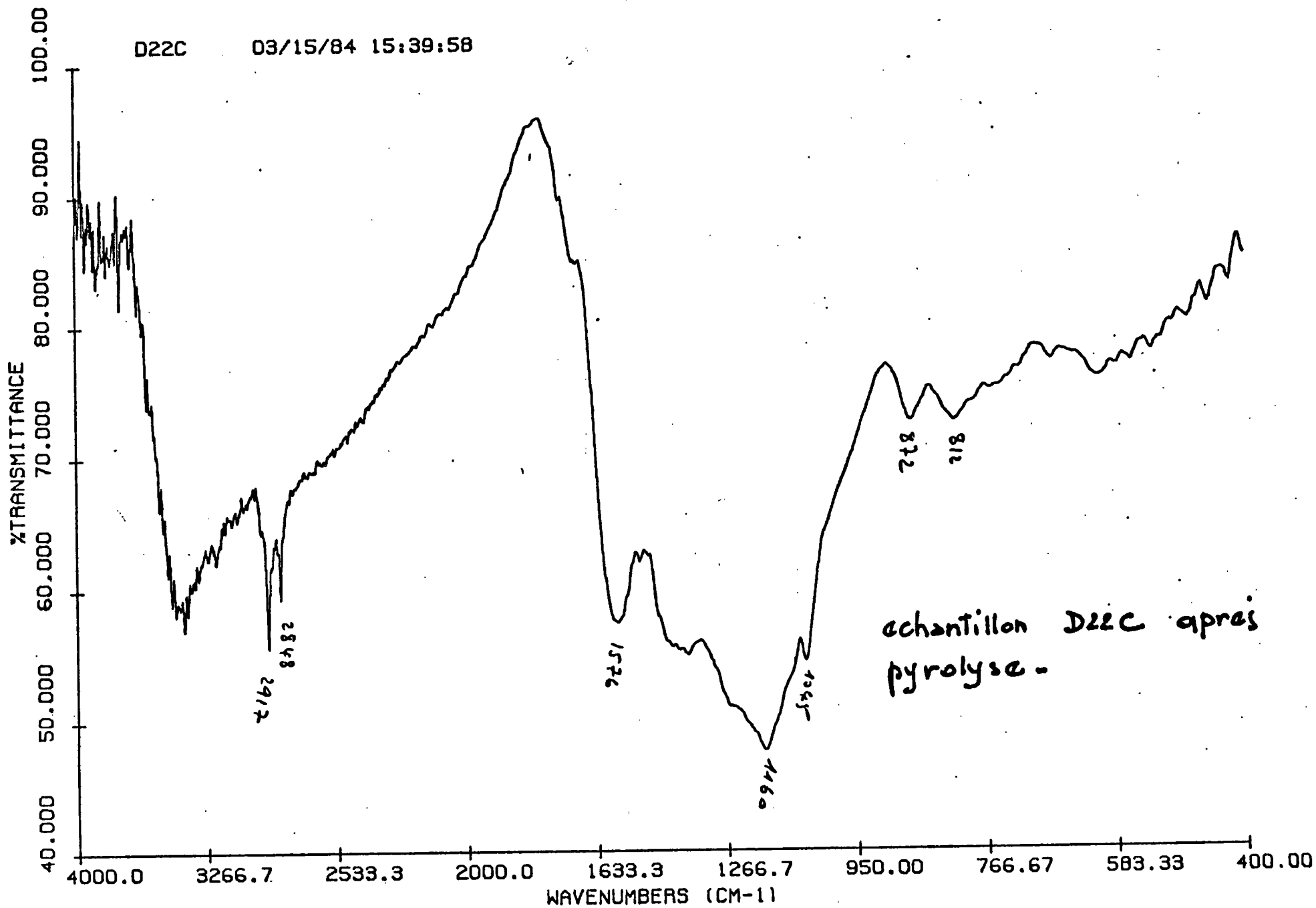


-- D22 OXIDE H2O2 ML9 --- SC=90 -- . . . 03/27/84 14:22:01



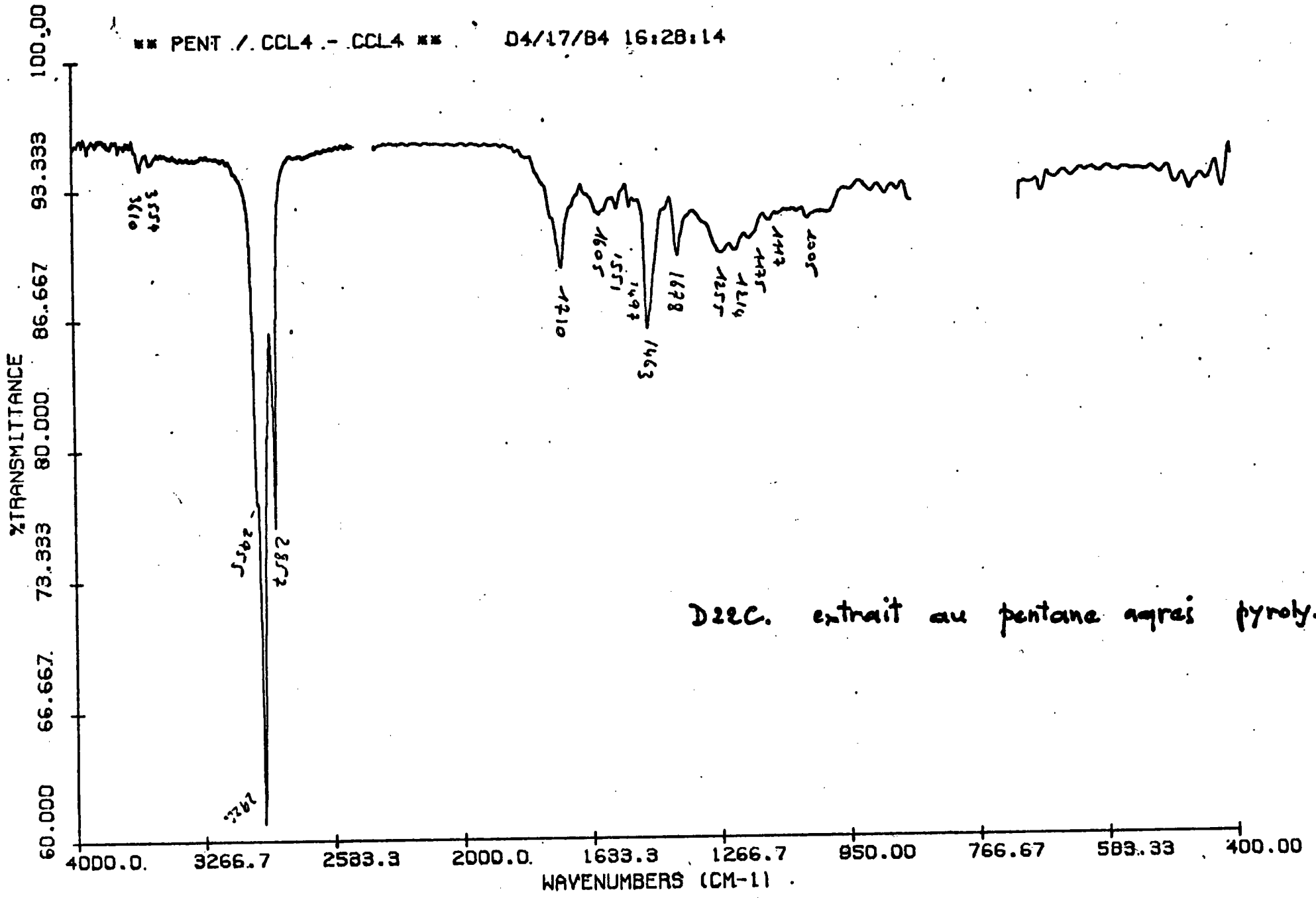
D22C. oxydation avec H₂O₂.

D22C 03/15/84 15:39:58



echantillon D22C apres
pyrolyse.

** PENT ./ CCL4 .- CCL4 ** D4/17/84 16:28:14

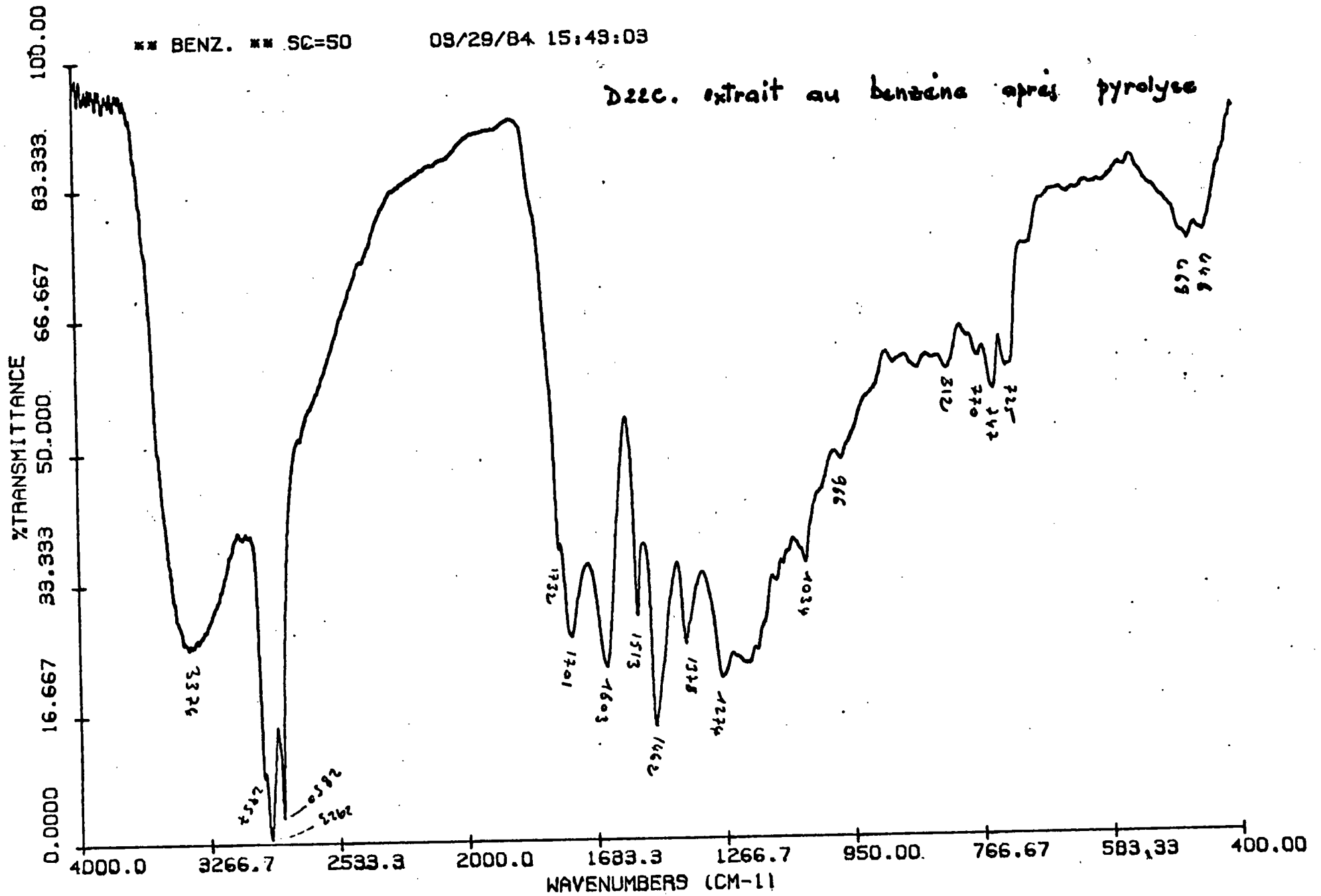


D22C. extrait au pentane apres pyrolyse

** BENZ. ** SC=50

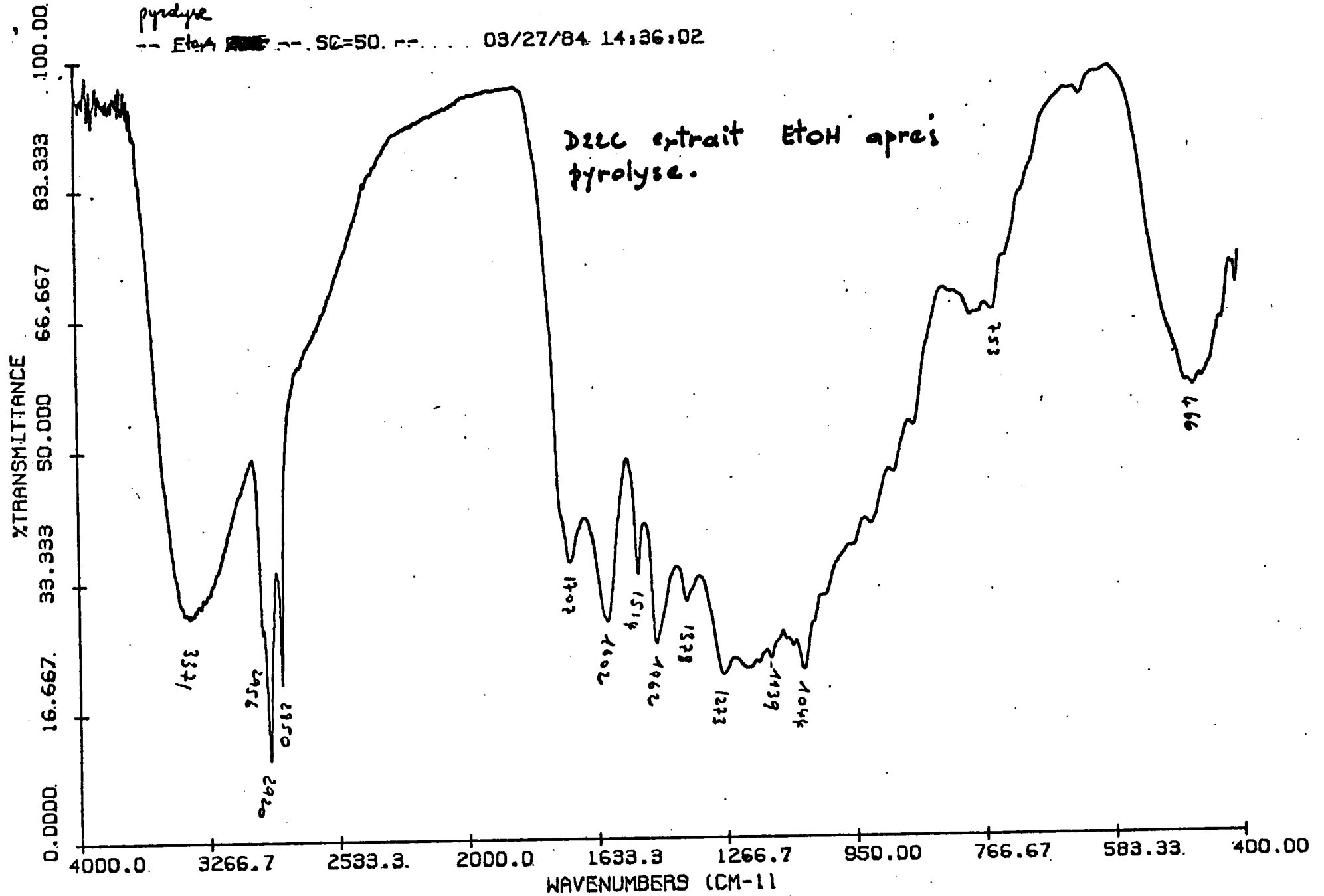
09/29/84 15:49:03

D22C. extrait au benzene apres pyrolyse



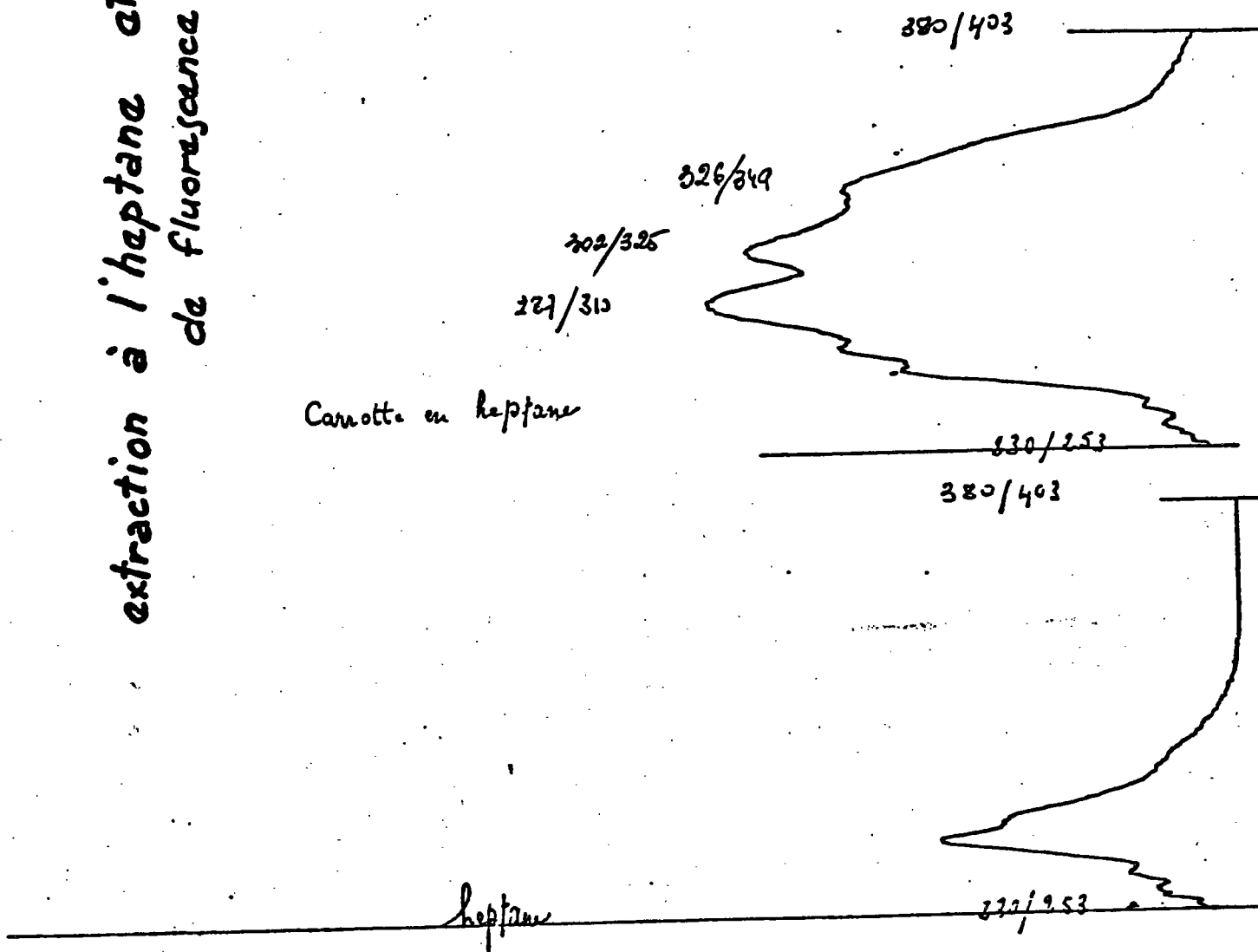
pyridyl

-- EtOH ~~SC=50~~ SC=50. 03/27/84 14:36:02



SPECTRES DE FLUORESCENCE

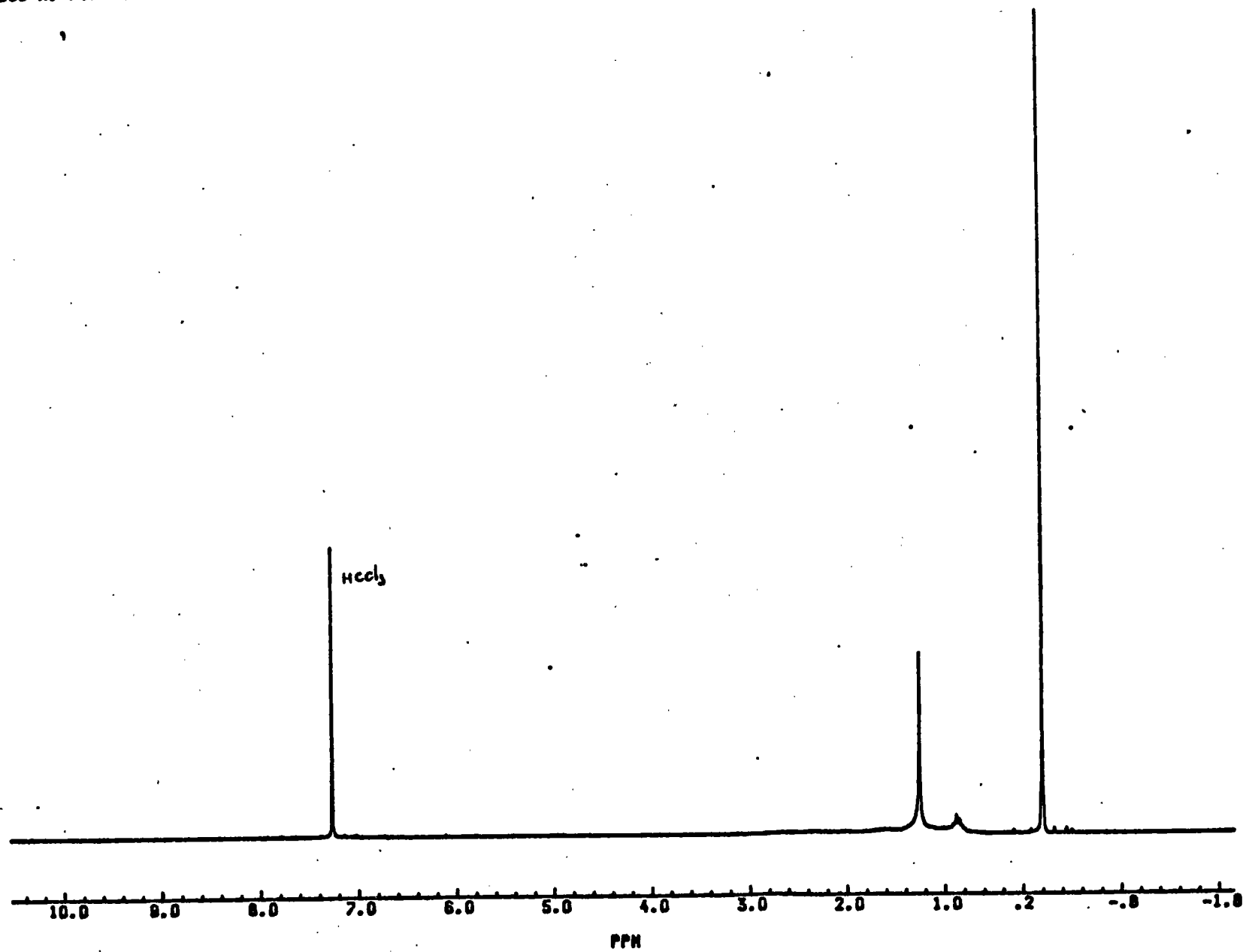
extraction à l'heptane et spectre
de fluorescence.



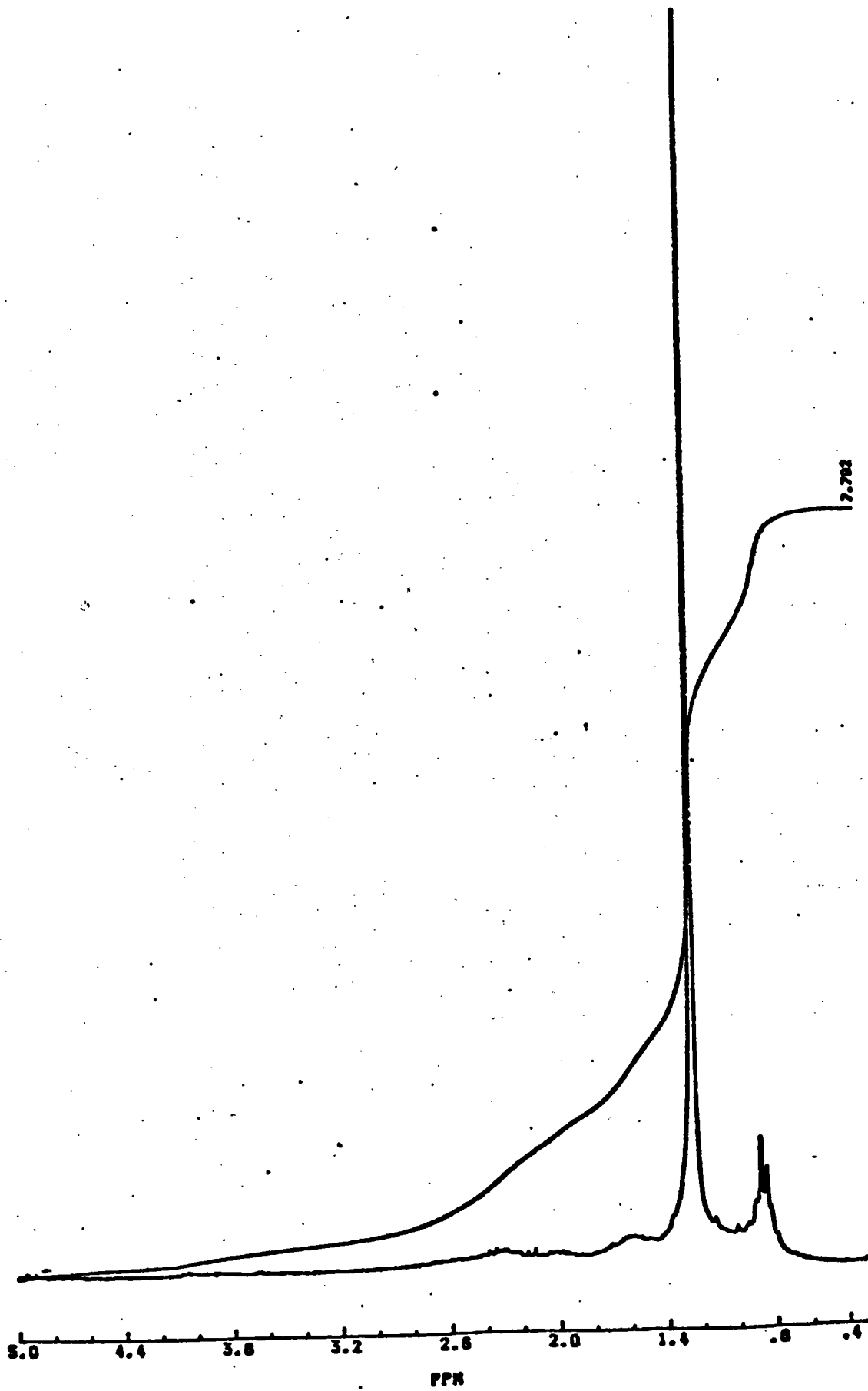
extraction de la carotte en heptane.

SPECTRES DE RMN

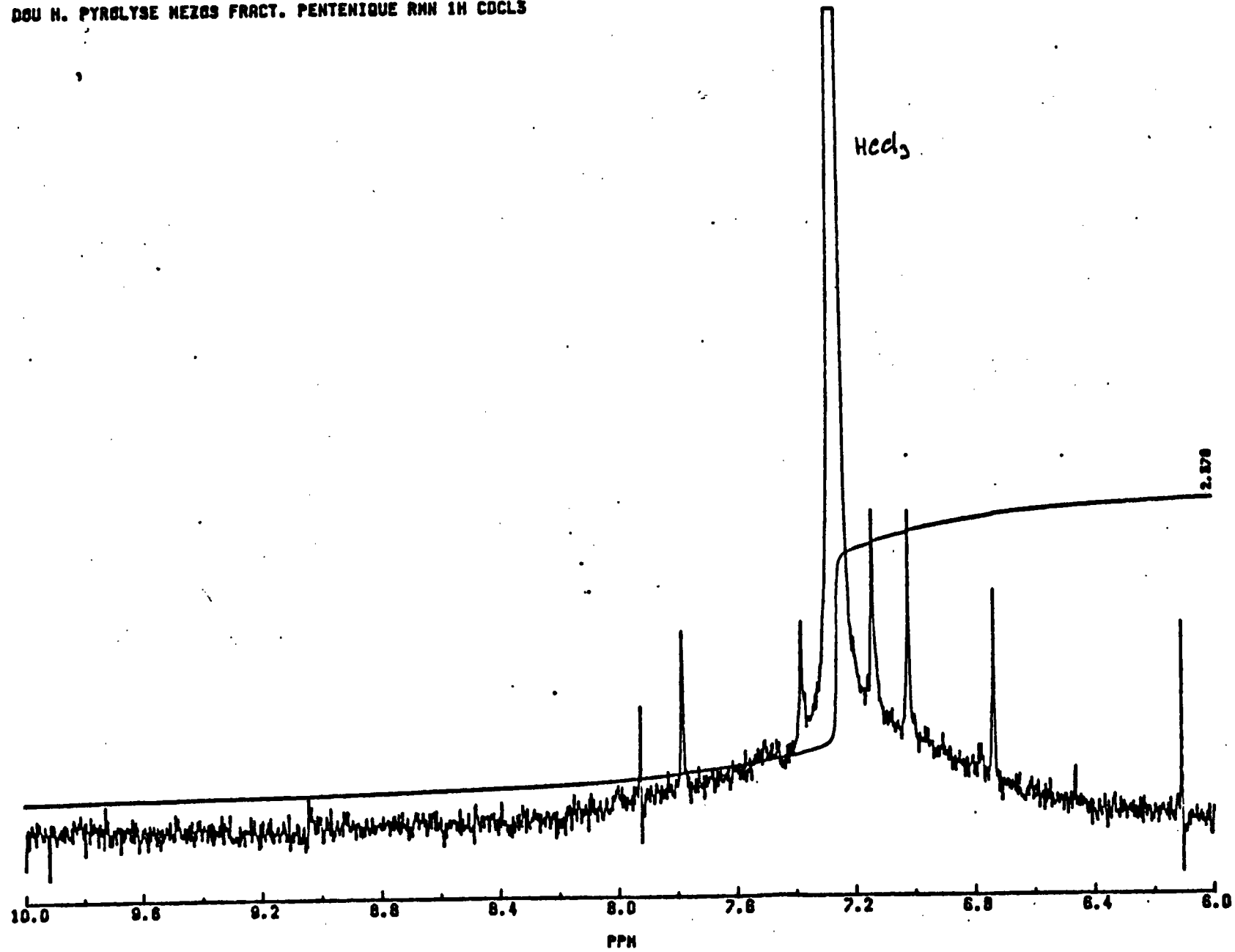
DOU N. PYROLYSE NEZOS FRACT. PENTENIQUE RMN 1H COCL3



DOU H. PYROLYSE MEZOS FRACT. PENTENIQUE RMN 1H CDCL3

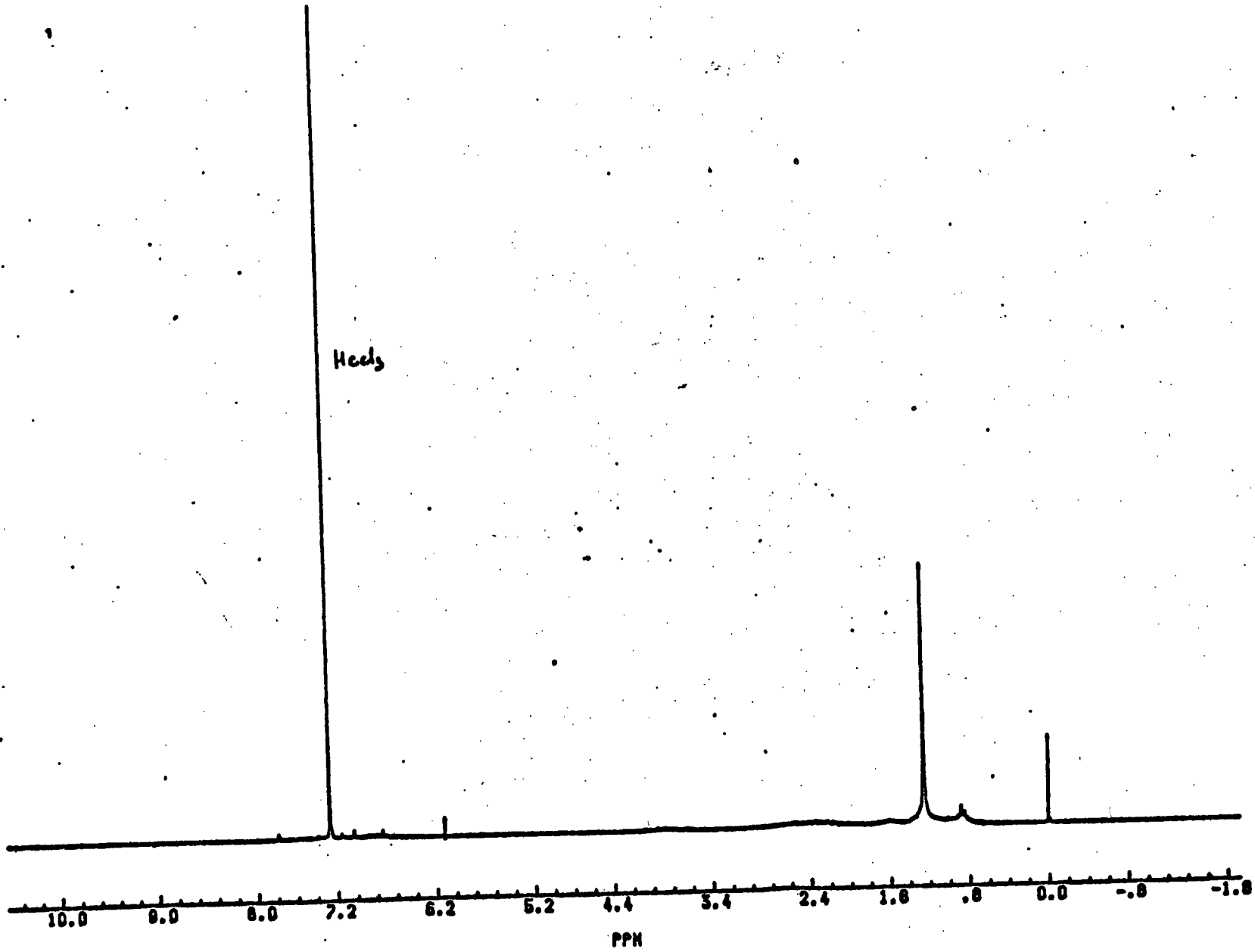


DOU N. PYROLYSE NEZOS FRACT. PENTENIQUE RMN 1H COCL3

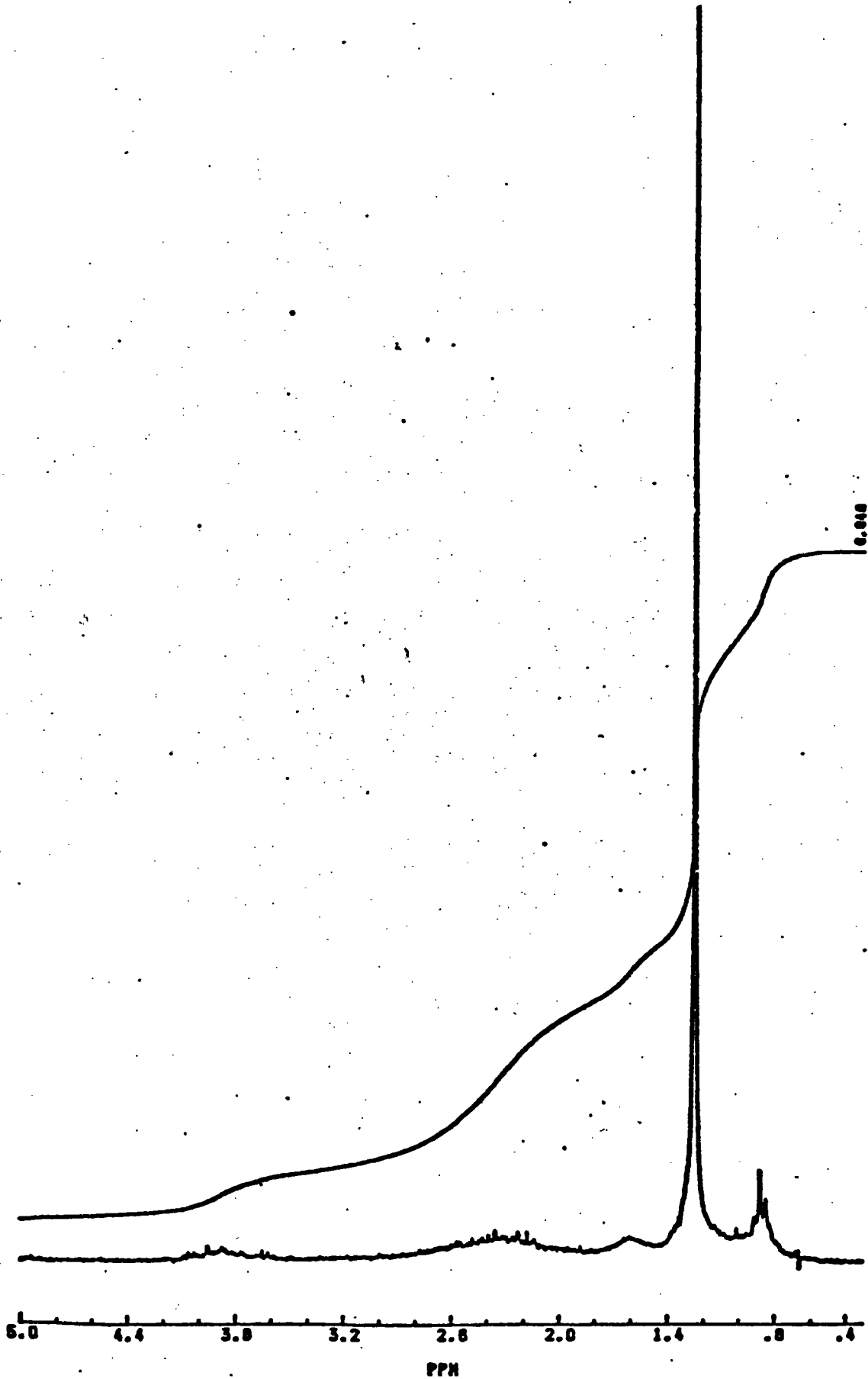


PYROLYSE MEZOS FRACT. BENZ.

DOU H. ~~FRANCE~~ ~~FRANCE~~ ~~FRANCE~~ RMN 1H COCL2

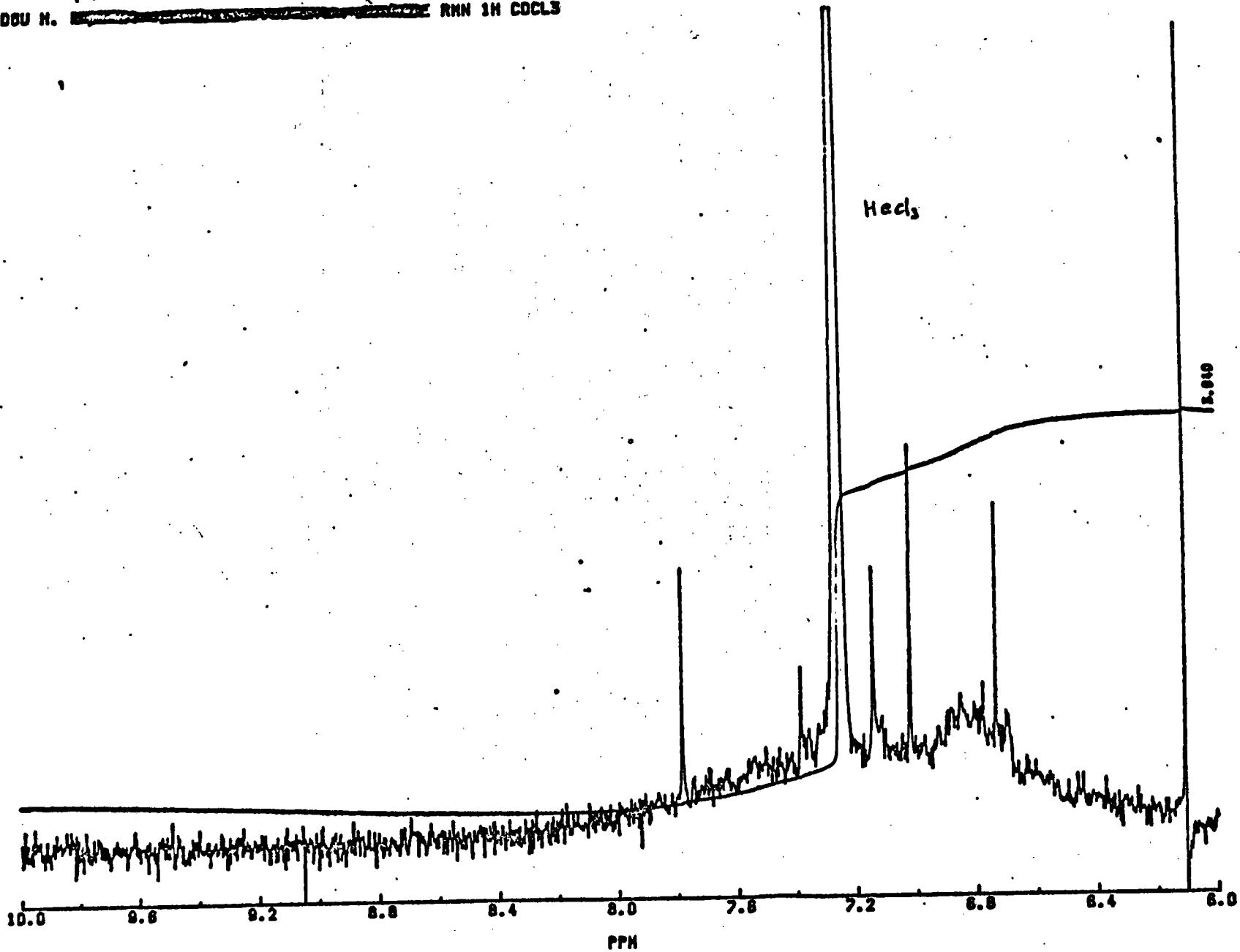


PYROLYSE MEZOS FRACT. BENZ.
DBU H. ~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~ RMN IN CDCL3

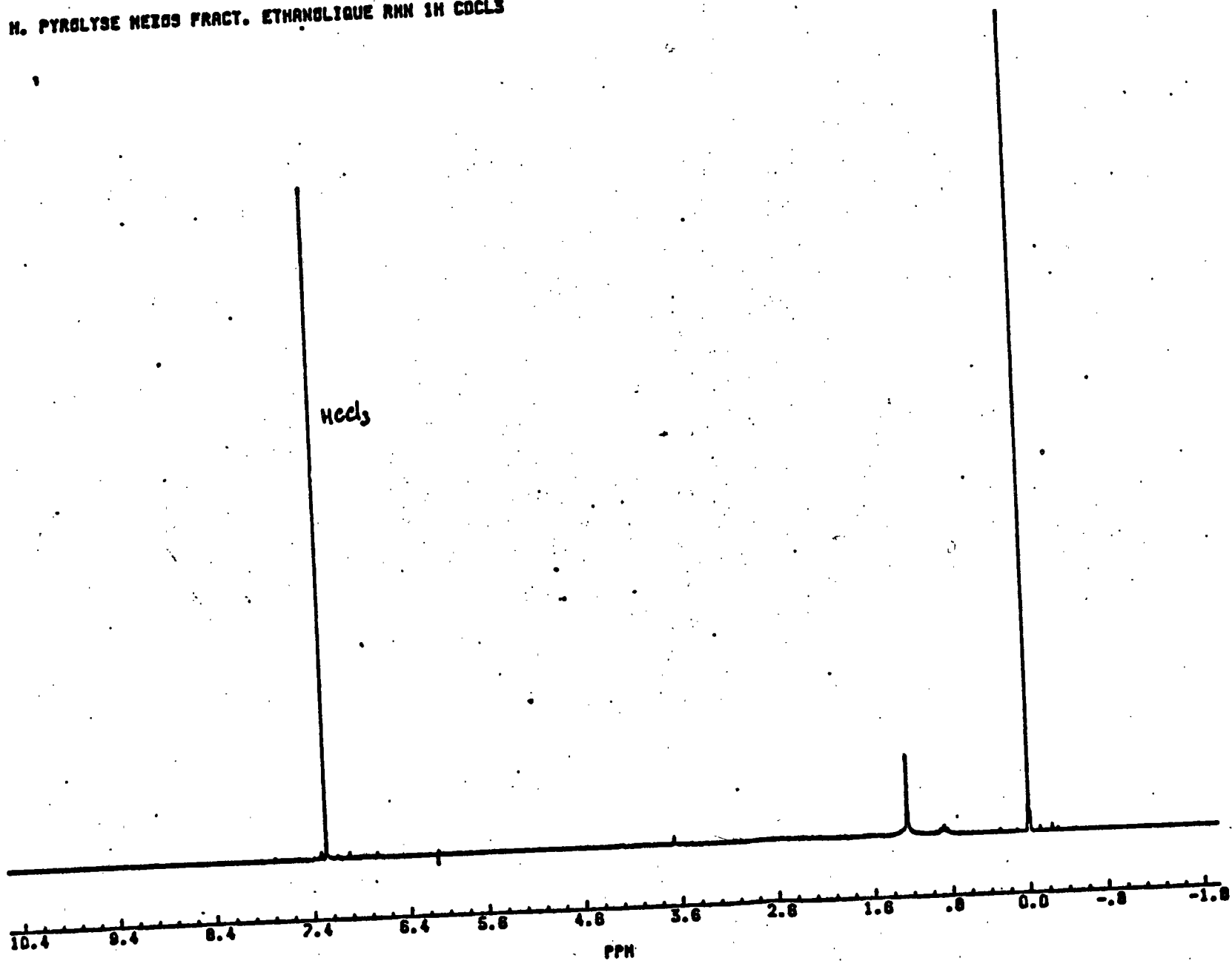


PYROLYSE MEZOS FRACT. BENZ.

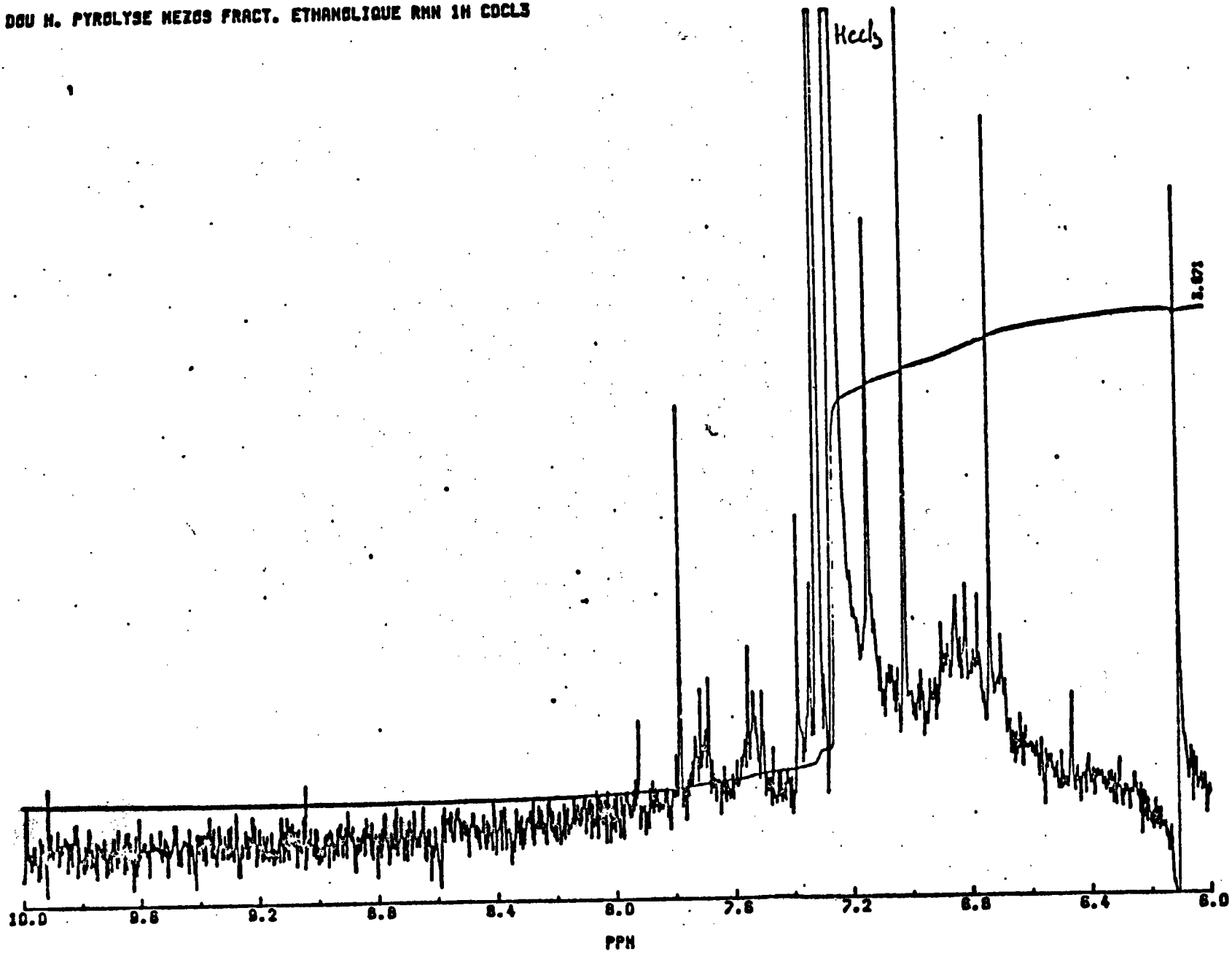
DOU N. ~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~ RHN 1H COCL3



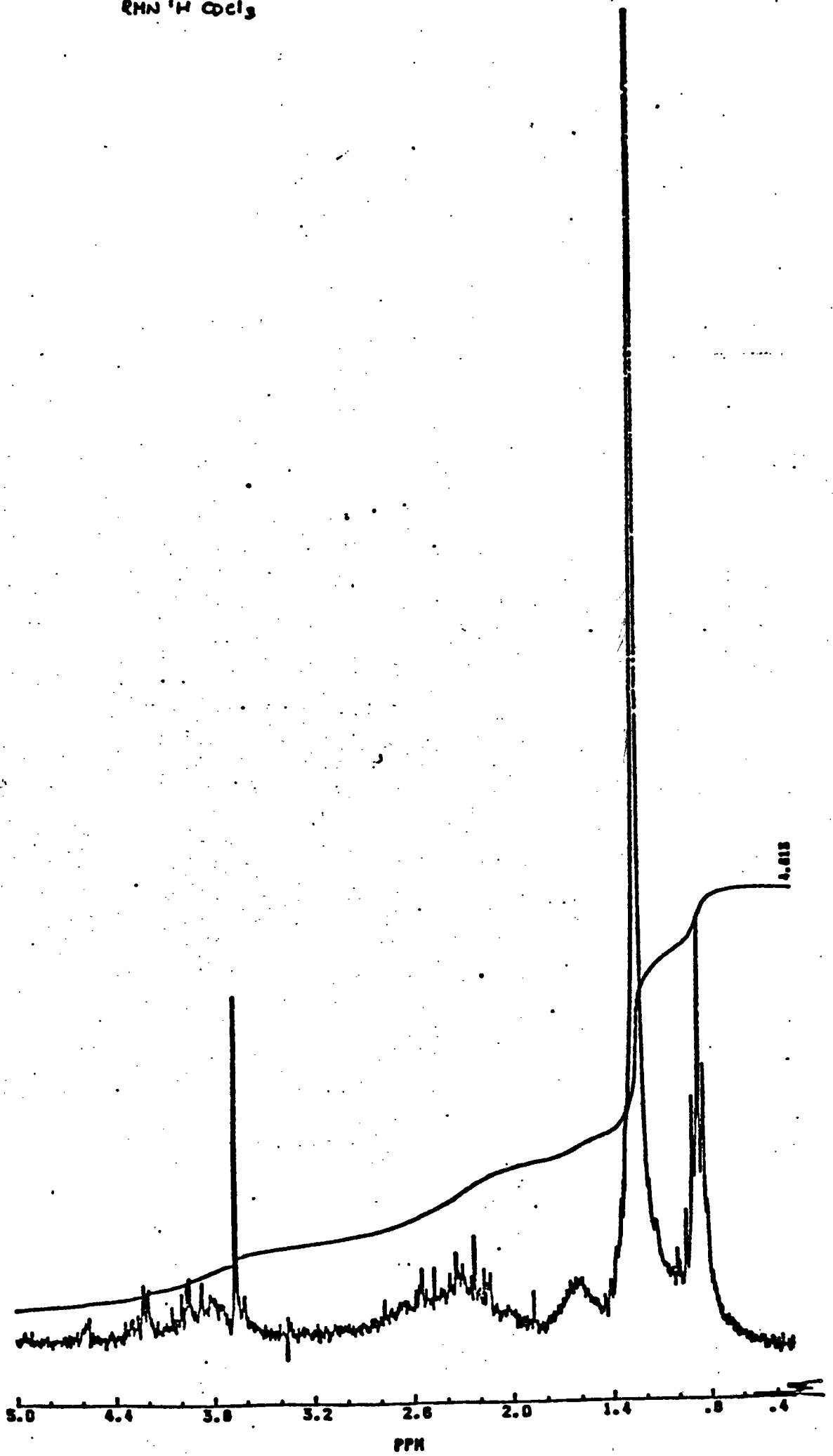
DCU N. PYROLYSE NEZDS FRACT. ETHANOLIQUE RMN IN COCL3



DOU N. PYROLYSE NEZGS FRACT. ETHANOLIQUE RMN 1H COCL3



DOU.H. PYROLYSE NEZOS FRACT. ETHANOLIQUE
RMN ¹H CCl₃



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

ÉTUDE MINIÈRE ET ÉCONOMIQUE



SOCOMINE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

ÉTUDE MINIÈRE ET ÉCONOMIQUE



SOCOMINE

185/189, Av. Charles-de-Gaulle - 92521 NEUILLY SUR SEINE CEDEX - Tél. (1) 722.49.49

S O M M A I R E

- CHAPITRE 1 - GENERALITES
1. Préambule
 2. Données de base
- CHAPITRE 2 - RESERVES MINIERES - ORGANISATION DE L'EXPLOITATION
1. Calcul des réserves exploitables
 2. Programme de production
 3. Méthode d'exploitation
 - 3.1. Extraction des stériles
 - 3.2. Evacuation des stériles
 - 3.3. Abattage et évacuation du lignite
- CHAPITRE 3 - EQUIPEMENT MINIER
- 3.1. Généralités
 - 3.2. Terrassement des morts-terrains
 - 3.2.1. Bouteurs d'alimentation du rockbelt
 - 3.2.2. Rockbelt
 - 3.2.3. Ligne de convoyeurs
 - 3.2.4. Remblayeur
 - 3.3. Extraction et transport du lignite
 - 3.3.1. Roue pelle
 - 3.3.2. Ligne de convoyeurs
 - 3.4. Matériel minier auxiliaire

./...

CHAPITRE 4 - INSTALLATIONS AUXILIAIRES

4.1. Bâtiments

4.1.1. Ateliers, magasins et station service

4.1.2. Bureaux, locaux du personnel

4.2. VRD

4.2.1. Réseau de distribution d'électricité

4.2.2. Terrassements, assainissements,
voieries et autres4.3. Installations et ouvrages de recueil des
eaux d'exhaure

4.4. Aménagement du ruisseau d'Onesse

CHAPITRE 5 - COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

5.1. Coûts d'investissement

5.1.1. Matériel minier

5.1.2. Installations auxiliaires

5.1.3. Autres coûts

5.2. Coûts d'exploitation

5.2.1. Données de base

5.2.2. Terrassement : coûts directs

5.2.3. Matériel auxiliaire : coûts matières

5.2.4. Entretien bâtiments, VRD

5.2.5. Coûts salariaux non compris dans les
coûts directs de terrassement

5.2.6. Services extérieurs

5.2.7. Taxes diverses

5.3. Récapitulation des dépenses d'investisse-
ments et d'exploitation**CHAPITRE 6 - SYNTHESE ECONOMIQUE**6.1. Niveau de production : 500 000 m³/an

6.1.1. Coûts d'investissement

6.1.2. Coûts d'exploitation

6.2. Niveau de production : 2 000 000 m³/an6.2.1. Coûts d'investissement et d'exploita-
tion

ANNEXE n° 1 - Comparaison entre la solution "Rockbelt" et la solution "roue pelle" pour le terrassement des morts terrains

ANNEXE n° 2 - Choix de l'engin d'abattage du lignite

ANNEXE n° 3 - Coûts directs d'extraction du lignite

-:-:-

| | | |
|------------|---|---|
| TABLEAU 1 | - | Boueurs - parc/renouvellement |
| TABLEAU 2 | - | Caractéristiques principales du matériel de manutention |
| TABLEAU 3 | - | Coûts d'investissement du matériel minier auxiliaire (en KF) |
| TABLEAU 4 | - | Récapitulation des coûts d'investissement (en KF) |
| TABLEAU 5 | - | Effectifs d'entretien du matériel auxiliaire |
| TABLEAU 6 | - | Récapitulation des dépenses de matières |
| TABLEAU 7 | - | Récapitulation des coûts d'exploitation |
| TABLEAU 8 | - | Récapitulation des dépenses |
| TABLEAU 9 | - | Niveau de production 0,5 Mm ³ /an - coûts d'investissement |
| TABLEAU 10 | - | Niveau de production 0,5 Mm ³ /an - coûts d'exploitation |
| TABLEAU 11 | - | Coûts de terrassement des stériles - niveaux de production 0,5 et 2 Mm ³ /an |
| TABLEAU 12 | - | Niveau de production 0,5 Mm ³ /an - récapitulation des dépenses |
| TABLEAU 13 | - | Niveau de production 2 Mm ³ /an - coûts d'investissement |
| TABLEAU 14 | - | Niveau de production 2 Mm ³ /an - coûts d'exploitation |
| TABLEAU 15 | - | Niveau de production 2 Mm ³ /an - récapitulation des dépenses |
| TABLEAU 16 | - | Comparaison entre la solution "rockbelt" et la solution "roue-pelle" |
| TABLEAU 17 | - | Solution "roue-pelle" - caractéristiques principales du matériel de terrassement des stériles |

PLANS ET FIGURE

- Plans MEZ 001.0 à 21 - Coupes 0 à 21
- Plan MEZ 002 - Isophyses du toit des lignites
- Plan MEZ 003 - Isopaches des lignites
- Plan MEZ 004 - Situation annuelle du front d'exploitation des lignites
- Plan MEZ 005 - Situation annuelle du front d'exploitation des stériles
- Plan MEZ 006 - Méthode d'exploitation
- Plan MEZ 007 - Méthode d'exploitation des stériles à deux roues Pelles
- Plan MEZ 008 - Convoyeur articulé sur chassis chenillé

CHAPITRE 1

GENERALITES

1. PREAMBULE

Les travaux de recherches entrepris en 1982 puis 1983 dans le cadre de l'Inventaire des ressources nationales en charbon ont abouti à la découverte d'un gisement important de lignite dans le secteur de MEZOS (département des Landes).

L'objet du présent rapport est d'esquisser les grandes lignes d'un projet d'exploitation et d'en faire les premières évaluations économiques. L'étude porte sur la partie sud du gisement (MEZOS-SUD) ; les résultats pourront sans difficulté être extrapolés par la suite au reste du gisement, lorsqu'il sera mieux connu.

Le but de l'étude est d'estimer, au niveau de précision d'une étude de pré faisabilité (+ 25%), les coûts de production d'un lignite rendu "carreau mine".

Le rythme d'extraction sera, dans l'hypothèse de base, de 1 million de mètres cubes de lignite par an (durée de vie de l'exploitation de MEZOS-SUD de l'ordre de 20 ans). Les coûts seront également approchés pour des rythmes d'extraction de 500 000 m³/an et de 2 000 000 m³/an.

On étudiera pour l'hypothèse de base :

- le programme de production
- la méthode d'exploitation
- l'équipement minier
- les installations auxiliaires directement liées à l'exploitation
- les coûts d'investissement et d'exploitation.

./...

2. DONNEES DE BASE

Géologie

Le lignite se dispose suivant une bande d'orientation sensiblement Nord-Sud, sur environ 6 000 m de long et 500 à 1 000 m de large. Sa puissance est au plus de 12 m (carte MEZ 003).

La couverture, essentiellement sableuse, a une épaisseur de 20 à 50 m.

Les coupes interprétatives MEZ 001.0 à MEZ 001.21, réalisées tous les 200 m du Nord au Sud, montrent la variation de l'épaisseur des morts-terrains. On voit également que la forme du corps ligniteux est assez constante avec une partie Ouest plus puissante que la partie Est. Le toit des lignites est relativement plat, avec tout au plus un pendage de 2 à 3° dans sa partie Ouest (voir également carte MEZ 002). Les réserves géologiques de MEZOS-SUD se montent à une trentaine de millions de mètres cubes de lignite.

Densités :

| | |
|----------------------------------|-----|
| Densité en place du lignite : | 1,2 |
| Densité foisonnée du lignite : | 0,8 |
| Densité en place des stériles : | 2,0 |
| Densité foisonnée des stériles : | 1,7 |

Les densités en place ont été mesurées sur les carottes du sondage géotechnique réalisé par le BRGM. Les densités foisonnées ont été estimées par analogie avec des matériaux semblables.

./...

Pouvoir calorifique du lignite

La valeur retenue pour le pouvoir calorifique inférieur du lignite extrait et disponible en stock au carreau de la mine est de 2 200 thermies/tonne pour 53 % d'eau (perte de 5 % d'eau à l'extraction et au stockage - voir fascicule étude analytique et réactionnelle du lignite).

Géotechnique

Les essais effectués sur les carottes de morts-terrains provenant du sondage géotechnique permettent de retenir un angle de stabilité des parements (de moins de 60 m de haut) de 30°, avec un coefficient de sécurité supérieur à 1,2.

CHAPITRE 2

RESERVES MINIERES - ORGANISATION DE L'EXPLOITATION

1. CALCUL DES RESERVES EXPLOITABLES DE MEZOS-SUD

L'emprise de l'exploitation a été dessinée sur les bases suivantes :

- pente des parements dans les morts-terrains : 30°
- pente des parements dans le lignite : 90°
- taux de recouvrement ponctuel inférieur à 7
(rapport épaisseur de stérile sur puissance du lignite).

Les limites de l'exploitation ont été dessinées sur chacune des coupes MEZ.001.0 à MEZ.001.25 et reportées sur les cartes MEZ 004 et MEZ 005.

Sur chacune des coupes on a mesuré la surface des sections de stérile et de lignite comprises à l'intérieur des limites de l'exploitation.

Les volumes totaux sont ensuite calculés suivant la formule ci-dessous :

$$V = \left(\frac{S_1}{2} + S_2 + S_3 + \dots + S_{19} + \frac{S_{20}}{2} \right) \times 200$$

S_1 étant la surface de la section sur la coupe MEZ.001.i et la distance entre coupes étant de 200 m.

L'inventaire des matériaux contenus dans les limites de l'exploitation donne les résultats suivants :

- . lignite : 20 000 000 m³
- . stérile : 91 000 000 m³

soit un taux moyen volumétrique de découverte de : 4,6

./...

2. PROGRAMME DE PRODUCTION

La production annuelle de lignite a été fixée, dans l'hypothèse de base, à 1 000 000 m³ (500 000 m³ pendant l'année 1, année de montée en production).

Le tableau d'inventaire des matériaux, section par section, s'établit comme suit :

(la section i est la portion du gisement exploité comprise entre la coupe i et la coupe i + 1).

| Sections | Volumes en milliers de m ³ | | Taux moyen de découverte |
|------------|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| | lignite | stérile | |
| Talus Nord | | 790 | |
| 1 | 858 | 4613 | 5,4 |
| 2 | 940 | 5005 | 5,3 |
| 3 | 1098 | 5601 | 5,1 |
| 4 | 1398 | 6026 | 4,3 |
| 5 | 1520 | 5847 | 3,8 |
| 6 | 1487 | 5217 | 3,5 |
| 7 | 1409 | 4522 | 3,2 |
| 8 | 1104 | 3620 | 3,3 |
| 9 | 672 | 2617 | 3,9 |
| 10 | 502 | 2682 | 5,3 |
| 11 | 784 | 3812 | 4,9 |
| 12 | 1122 | 4522 | 4,0 |
| 13 | 1321 | 5117 | 3,9 |
| 14 | 1281 | 5620 | 4,4 |
| 15 | 1022 | 4975 | 4,9 |
| 16 | 872 | 4522 | 5,2 |
| 17 | 927 | 4915 | 5,3 |
| 18 | 962 | 5180 | 5,4 |
| 19 | 820 | 4812 | 5,9 |
| Talus Sud | | 820 | |
| | 20000 | 91000 | 4,6 |

On a cherché à établir une séquence d'exploitation permettant de lisser au maximum les taux de découverte, et en particulier de diminuer le plus possible les taux instantanés maxima, qui conditionnent la taille et le nombre des engins miniers. La méthode consiste à faire varier la distance entre le front des lignites et le front des stériles dans une fourchette de 70 à 130 m, ce qui permet d'exploiter une certaine quantité de stérile en avance, en prévision des années à fort taux de découverte.

On aboutit au programme annuel d'extraction suivant :

| Années | Milliers de m3 | | distance front lig. st. | Observations |
|-----------------|----------------|---------|----------------------------|---|
| | lignite | stérile | | |
| Préexploitation | - | 3400 | 70 | y compris route d'accès au fond de la fosse |
| 1 | 500 | 4300 | 130 | |
| 2 | 1000 | 5190 | 130 | |
| 3 | 1000 | 5440 | 70 | |
| 4 | 1000 | 5000 | 80 | |
| 5 | 1000 | 4380 | 100 | |
| 6 | 1000 | 4570 | 130 | |
| 7 | 1000 | 3140 | 130 | |
| 8 | 1000 | 3010 | 130 | |
| 9 | 1000 | 2440 | 130 | |
| 10 | 1000 | 2600 | 130 | |
| 11 | 1000 | 4247 | 130 | |
| 12 | 1000 | 4703 | 70 | |
| 13 | 1000 | 4450 | 70 | |
| 14 | 1000 | 4370 | 70 | |
| 15 | 1000 | 4760 | 100 | |
| 16 | 1000 | 4470 | 100 | |
| 17 | 1000 | 4780 | 85 | |
| 18 | 1000 | 5350 | 70 | |
| 19 | 1000 | 5180 | 70 | |
| 20 | 1000 | 4150 | 70 | |
| 21 | 500 | 1492 | - | ./... |

3. METHODE D'EXPLOITATION (voir schéma MEZ 006)

L'exploitation se fera à ciel ouvert. Une tranchée découvre une certaine surface de lignite qui est ensuite exploitée par passes successives. Les morts terrains enlevés pour découvrir le lignite sont rejetés dans la zone exploitée au fur et à mesure de l'enlèvement du lignite.

Les méthodes exposées ci-après impliquent un dénoyage des nappes d'eau souterraine dans le secteur des terrassements. L'exhaure sera effectuée par pompages en forages; le dispositif mis en place et les coûts correspondants sont exposés dans le fascicule "Etude hydrogéologique", rédigé par le B.R.G.M.

3.1. Extraction des stériles

Deux méthodes d'exploitation ont été examinées :

a) la première consiste à décaper les sables de recouvrement au moyen de 2 roues-pelles sur chenilles, relayées chacune par une sauterelle sur chenilles. Les matériaux sont déversés dans des trémies mobiles se déplaçant au-dessus de deux convoyeurs ripables (voir schéma MEZ 007).

b) la seconde méthode utilise un rockbelt qui n'est autre qu'un ensemble trémie-extracteur disposé au pied du front des stériles et alimenté par de gros bulldozers (voir schéma MEZ 006).

Les bulldozers (1) travaillent à un instant donné sur un bloc dont la surface est formée généralement de deux carrés accolés. Ils attaquent le terrain à la partie supérieure en courbes parallèles et poussent en contrebas, au-dessus du rockbelt (2) les matériaux excavés. Au fur et à mesure qu'avance le travail d'excavation, le niveau du terrain descend jusqu'à atteindre, en fin de travail, le niveau inférieur souhaité.

Le rockbelt déverse les matériaux extraits sur une sauterelle (3) assurant la liaison avec un convoyeur ripable (4).

La comparaison économique entre les deux méthodes est effectuée à l'annexe 1. Pour la cadence d'extraction envisagée, la méthode "rockbelt" s'avère plus avantageuse, l'écart entre les deux solutions n'étant cependant que de 2 à 4 %, ce qui est nettement inférieur à la précision de cette étude. Lors du choix définitif de la méthode d'exploitation il conviendra donc d'affiner la comparaison entre les deux solutions.

Pour la suite de cette étude nous retiendrons la solution "rockbelt".

3.2. Evacuation des stériles (voir schéma MEZ 006)

3.2.1. Les stériles sont remontés hors de la tranchée par un convoyeur à clapets (5) permettant de transporter les matériaux sur des pentes atteignant 30°. Ce convoyeur est porté par une poutre mobile montée sur chenilles qui porte également le convoyeur d'évacuation des lignites (voir plus loin). Au fur et à mesure de la progression des fronts, la poutre se déplace en suivant le parement Ouest (plus rectiligne que le parement Est).

Une alternative plus classique à ce système aurait pu être un transporteur monté également sur châssis chenillé, mais équipé d'une bande ordinaire permettant la remontée des matériaux à un angle maximal de 17°.

Le transporteur doit alors être articulé en 3 éléments, les trains de chenilles intermédiaires se déplaçant sur des banquettes horizontales construites sur le parement Ouest (voir schéma MEZ 008).

./....

Un convoyeur du même type aurait servi à l'évacuation des lignites. Ce qui au total conduit à des dépenses d'investissement très voisines pour l'ensemble "convoyeurs à clapets" et l'ensemble "convoyeurs articulés".

Nous avons éliminé le deuxième car nous estimons que la manoeuvre des chassis chenillés sur les banquettes n'offre pas des garanties de sécurité suffisantes (difficulté de coordonner le déplacement simultané de 4 trains de chenilles, dont 2 sur banquettes peu larges).

3.2.2. Les stériles sont ensuite acheminés vers les zones déjà exploitées par un convoyeur allongeable (6), parallèle à la limite Ouest du gisement. Périodiquement, ce convoyeur est partiellement démonté et remonté de façon à lui faire suivre l'exploitation.

Le transfert entre ce convoyeur allongeable (6) et le convoyeur ripable (8) situé à l'arrière de la zone de rejet est réalisé par un chariot verseur (7), de même que le transfert entre le convoyeur (8) et le remblayeur (10). Etant donné la faible portance des remblais, le remblayeur sera monté sur chassis chenillé.

3.3. Abattage et évacuation du lignite

De la comparaison effectuée entre trois méthodes possibles :
(voir annexe 2).

- pelle hydraulique + broyeur mobile
- excavateur à godets
- roue pelle

il ressort que l'utilisation de ce dernier engin est assez nettement la plus économique. Elle autorise de plus une bien meilleure récupération du gisement que l'emploi d'un excavateur à godets.

Pour la suite de cette étude, nous retiendrons donc la roue-pelle comme engin d'abattage du lignite.

La flèche arrière de la roue-pelle déverse le lignite excavé dans une trémie mobile qui alimente un convoyeur ripable (voir schéma MEZ 007). La liaison entre ce convoyeur (12) et le convoyeur à clapets (5) est réalisée par une ou deux sauterelles (13).

Après sa sortie de la tranchée le lignite est acheminé vers le carreau de la mine (stock ou trémie) par un convoyeur allongeable (14).

EQUIPEMENT MINIER

3.1. Généralité

L'exploitation fonctionnera tous les jours sauf dimanches et jours de fêtes, ce qui donne :

- . nombre de jours annuels : 365
- . dimanches - 52
- . fêtes et jours chomés - 13

soit 300 jours effectivement travaillés.

On suppose que le terrassement des stériles se fera à 3 postes de 8 heures et l'extraction du lignite à 2 postes de 8 h.

Le nombre d'heures annuelles de travail est alors :

- chantier stérile : 7 200 h/an
- chantier lignite : 4 800 h/an

Chaque machine sera caractérisée par son taux d'utilisation U et son taux de disponibilité D ; le nombre d'heures totales annuelles possibles pour chaque machine étant dans ces conditions :

$$\text{Nb d'heures travaillées} \times D \times U$$

3.2. Terrassement des morts-terrains

3.2.1. Bouteurs d'alimentation du rockbelt

On travaillera avec de gros bouteurs de 460 ch (type CAT D9L) et 700 ch (type Cat D10).

Si on retient des blocs de travail de surface 2 x 60 x 50 m², la distance moyenne de poussage est :

$$d = 0,57 \sqrt{60^2 + 50^2} = 45 \text{ m}$$

./...

Le rendement moyen horaire des boteurs est :

D10 : 420 m³/h = 720 t/h

D9L : 300 m³/h = 510 t/h

On adoptera un DU = 0,8 x 0,75 = 0,60 soit 4 320 h possibles par engin.

Les années qui suivent l'achat du matériel, (investissement initial ou renouvellement) on pourra cependant obtenir D = 0,85.

Le coefficient U pourrait également être élevé jusqu'à 0,8. Au total, les années favorables on pourrait donc avoir DU = 0,68 soit 4 900 h possibles par engin.

Renouvellement : les boteurs seront renouvelés toutes les 20 000 h.

On trouvera au tableau 1 année par année le parc de boteurs nécessaire et le nombre d'heures de marche. Le terrassement nécessaire (terrassement principal) est calculé à l'annexe 1 .

3.2.2. Rockbelt

On utilisera un rockbelt de capacité 2 500 t/h équipé d'une bande largeur 1 800 mm, de 16 m d'entr'axe, déversant les matériaux extraits à une hauteur de 4,90 m. Pour le débit maxi de 2 500 t/h la vitesse de la bande est d'environ 0,5 m/s. La puissance installée est de 160 KW. Le poids de l'ensemble, bouclier compris est de 60 t.

L'utilisation d'un deuxième bouclier, éliminant certains temps morts lors du changement de bloc exploité, augmente la rapidité de déplacement et donc la productivité.

./...

3.2.3. Ligne de convoyeurs

On trouvera au tableau 2 ci-après les caractéristiques des convoyeurs, sauterelles, chariots verseurs utilisés.

3.2.4. Remblayeur

Nous avons retenu un remblayeur assez léger (90 t) monté sur chassis chenillé du fait de la faible portance du remblai. Le remblayeur pivote autour d'un axe vertical passant par le chassis chenillé. Il est solidaire du chariot verseur par sa flèche arrière (liaison par glissière permettant une tolérance de positionnement). C'est donc la double combinaison du mouvement des chenilles et du chariot verseur qui permet au remblayeur de s'orienter. Du fait de la grande longueur de flèche avant (30 m) le chassis chenillé reste à plus de 20 m du bord du remblai, et le convoyeur ripable à 40 m, ce qui est un important facteur de sécurité.

3.3. Extraction et transport du lignite

3.3.1. Roue-pelle

Il s'agit d'une roue-pelle à commande électro-hydraulique.

Poids en ordre de marche : 100 t environ

Tension d'amenée : 5 000 V

Tension de service : 380 V

Moteurs d'entraînement pour l'installation hydraulique 160 KW

Moteurs d'entraînement pour les bandes transporteuses 90 KW

./...

| | |
|------------------------------------|---------|
| Capacité nominale du godet | 250 l |
| Nombre de godets | 10 |
| Diamètre de la roue pelle | 5,0 m |
| Hauteur d'abattage | 8 m |
| Portée de la roue-pelle | 7,5 m |
| Portée de la bande de déchargement | 15 m |
| Vitesse de déplacement maxi | 10 m/mn |
| Rampes que l'engin peut prendre : | |
| - pendant le travail | 5 % |
| - lors du déplacement | 10 % |
| Rendement moyen dans le lignite | 540 t/h |

On admettra $DU = 0,6$ soit 2 880 h de travail effectif par an.

La puissance maximale de lignite étant de 12 m, l'abattage pourra se faire en 2 gradins - un gradin supérieur de 8 m
- un gradin inférieur de 4 m

Le convoyeur ripable alimenté par la flèche arrière de la roue pelle restera au toit du lignite (voir schéma MEZ 006).

3.3.2. Ligne de convoyeurs

On trouvera au tableau 2 les caractéristiques des convoyeurs, trémie-enrouleur de câble, sauterelles ... utilisés pour l'évacuation du lignite.

3.4. Matériel minier auxiliaire

- 4 boteurs de 330 ch (type CAT D 8L) pour le dessouchage, le nettoyage du toit des lignites et le nivellement du remblai.
Fonctionnement : 4 000 h/an chacun - renouvellement : toutes les 20 000 h.

- 2 bulldozers de 220 ch (type KOMATSU D85), équipés d'une flèche latérale et d'un dispositif de ripage pour le ripage des convoyeurs. En dehors de cette utilisation spécifique, ils pourraient être utilisés à divers travaux de servitude (route d'accès, déplacement du rockbelt, etc...)
Fonctionnement : 2 700 h/an chacun - renouvellement : toutes les 20 000 h.
- 1 pelle hydraulique de 150 ch (type POCLAIN 125) pour le creusement de fossés de drainage (route d'accès, fond de la tranchée) et petits travaux divers.
Fonctionnement : 1 400 h/an - renouvellement : 15 000 h
- 1 chargeur sur chenilles de 110 ch (type CAT 953) pour le nettoyage du rockbelt, la confection de la route d'accès ...
Fonctionnement : 2 800 h/an - renouvellement : 15 000 h.
- 4 camions 6 x 6 de 240 ch, 26 t de PTAC pour le transport des matériaux chargés par la pelle hydraulique et le chargeur.
Fonctionnement : 2 800 h/an chacun - renouvellement : tous les 4 ans.
- 1 niveleuse de 135 ch (type CAT 12 G) pour la confection et l'entretien de la piste d'accès.
Fonctionnement : 800 h/an - non renouvelée
- 1 compacteur de classe V1b ou V2b (selon la classification LTR) (par exemple type DYNAPAC CA 15) pour la confection et l'entretien de la piste d'accès.
Fonctionnement : 600 h/an - non renouvelé.
- 1 grue sur pneus de 20 t pour travaux de levage divers .
non renouvelée.
- 1 dispositif d'exhaure de chantier (capacité 1 500 m³/h sous 60 m HMT). Par exemple : 4 pompes FLYGT B2400 MT.
- 1 dispositif d'éclairage de chantier
- 1 système de télécommunication VHF.

./...

- matériel divers :

- . 7 véhicules 4 x 4 (20 000 km/an)
- . 1 citerne GO (8 000 l) (2 200 h/an)
- . 1 camion-atelier (1 200 h/an)
- . 4 dérouleurs de câble électrique
- . 2 camions 4 x 4 de 13 t de PTAC (1 500 h/an chacun)
- . 1 camion incendie 4 x 4 équipé d'une citerne de 2 800 l,
d'une pompe, d'un dévidoir avec tuyau, d'extincteurs à poudre.

Renouvellement : tous les 5 ans sauf le camion incendie et les
dérouleurs de câble.

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Terrassement ppal. (x1000 m3) | 3850 | 4659 | 5056 | 4695 | 4115 | 4333 | 2985 | 2895 | 2335 | 2411 | 3756 | 4279 | 4078 | 4035 | 4331 | 4013 | 4249 | 4687 | 4363 | 3207 | 1199 |

| D10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|-------|------|---|---|---|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| parc | 3 | 3 | 3 | 3 | 3/2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3/2 | 2 | 2 | 2 | |
| 1-3 H | 3565 | 4314 | 4681 | 4347 | 3093 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hc | 3565 | 7879 | 12560 | 16907 | 20000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-5 H | | | | | 1076 | 4444 | | | | | 3828 | 4327 | 3776 | 3736 | 4010 | 323 | | | | | | |
| Hc | | | | | 1076 | 5520 | | | | | 3828 | 8155 | 11931 | 15667 | 19677 | 20000 | | | | | | |
| 6 H | | | | | | | | | | | | 4327 | 3776 | 3736 | 4010 | 3608 | 543 | | | | | |
| Hc | | | | | | | | | | | | 4327 | 8103 | 11839 | 15849 | 19457 | 20000 | | | | | |
| 7 H | | | | | | | | | | | | | 3776 | 3736 | 4010 | 3608 | 3753 | 1117 | | | | |
| Hc | | | | | | | | | | | | | 3776 | 7512 | 11522 | 15130 | 18883 | 20000 | | | | |
| 8 H | | | | | | | | | | | | | | | | 3608 | 3753 | 4395 | 4475 | 3289 | 480 | |
| Hc | | | | | | | | | | | | | | | | 3608 | 7361 | 11756 | 16231 | 19520 | 20000 | |
| 9 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 3753 | 4395 | 4475 | 3289 | 1669 | |
| Hc | | | | | | | | | | | | | | | | | 3753 | 8148 | 12623 | 15912 | 17581 | |

| D9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|--|--|------|------|-------|-------|--|
| parc | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 1 H | | | | | | | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2/0 | | | | | | | | | |
| Hc | | | | | | | 4444 | 3902 | 3784 | 3052 | 3152 | 1666 | | | | | | | | | | |
| 2-3 H | | | | | | | 4444 | 8346 | 12130 | 15182 | 18334 | 20000 | | | | | | | | | | |
| Hc | | | | | | | | 3902 | 3784 | 3052 | 3152 | 3828 | 2282 | | | | | | | | | |
| 4 H | | | | | | | | 3902 | 7686 | 10738 | 13890 | 17718 | 20000 | | | | | 4395 | 4475 | 3289 | 1669 | |
| Hc | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4395 | 8870 | 12159 | 13828 | |

| reventes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|
| modèle | | | | | | | | | | | D10 | | | | | | | | | | | D10 | D9 |
| nb d'heures | | | | | | | | | | | 5520 | | | | | | | | | | | 17581 | 13828 |
| nb d'années | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | | | 5 | 4 |

TABLEAU 1 - BOUTEURS - PARC/RENOUVELLEMENT

| | Débit nominal (t/h) | Déni- vellation (m) | Entr'axe (m) | Largeur de bande (mm) | Vitesse de bande (m/s) | Poids (t) | Puissance installée (KW) | Prix départ usine (KF) |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1) Chantier stérile | | | | | | | | |
| (2) Rockbelt | 2 500 | - | 16 | 2 200 | 0,5 | 60 | 160 | 2 100 |
| (3) Convoyeur d'antenne | 2 500 | - | 20 | 1 000 | 3,8 | 20 | 37 | 360 |
| (4) Convoyeur ripable | 2 500 | 4,5 | 700 | 1 000 | 3,8 | 215 | 250 | 2 600 |
| (5) Convoyeurs à clapet | | | | | | | | |
| . stérile | 2 500 | 50 | 120 | 1 200 | 2,5 | | 470 | |
| . lignite | 680 | 50 | 110 | 800 | 3,3 | 250 | 130 | 7 500 |
| . moteurs de translation | | | | | | | 4 x 20 | |
| (6) Convoyeur allongeable | 2 500 | 4 | 300 | 1 000 | 3,8 | 70 | 150 | 1 280 |
| (7) Chariot verseur | | | | | | 28 | 2 x 5,5 | 630 |
| (8) Convoyeur ripable | 2 500 | 4 | 850 | 1 000 | 3,8 | 250 | 295 | 2 980 |
| (9) Chariot verseur | | | | | | 28 | 2 x 5,5 | 630 |
| (10) Remblayeur | 2 500 | 4,5 | 55 | 1 000 | 3,8 | 90 | 70 | 2 880 |
| . chenilles automotrices | | | | | | | 2 x 13,5 | |
| 2) Chantier lignite | | | | | | | | |
| (11) Roue-pelle | 540 | | | | | 100 | 250 | 5 800 |
| . trémie enrouleur | | | | | | 20 | 2 x 10 | 1 500 |
| (12) Convoyeur ripable | 680 | 4,5 | 700 | 800 | 3,3 | 165 | 90 | 2 030 |
| (13) Sauterelles (x2) | 680 | 9 | 30 | 800 | 3,3 | 15 | 30 | 450 |
| (14) Convoyeur allongeable | 680 | 12 | 350 | 800 | 3,3 | 37 | 75 | 740 |

CHAPITRE 4

INSTALLATIONS AUXILIAIRES

4.1. Bâtiments

4.1.1. Ateliers, magasins et station service

L'atelier d'entretien , les magasins et la station service sont regroupés dans un bâtiment unique de 1 500 m² disposant à son voisinage d'une surface libre d'environ 2 000 m² pour le parking des engins et les stocks de rechanges non-couverts.

Ces installations comprennent :

- des ateliers généraux de chaudronnerie, de mécanique, d'électricité et d'instrumentation sur une surface de 600 m²
- un atelier engins et une station service sur une surface de 300 m²
- des magasins situés à l'arrière, le long des ateliers sur une surface de 600 m².
- une cuve de stockage de fuel oil de 40 000 l (environ une semaine de consommation) et une station de distribution.

Ces installations sont conçues pour assurer l'entretien courant et le dépannage urgent des équipements. Il est prévu de faire appel à la sous-traitance pour tout le reste (remise en état importante ...). Les magasins sont dimensionnés pour abriter le stock courant des pièces d'usure et des pièces de rechange de première urgence. Le personnel travaille sur la base de deux postes par jour.

./...

4.1.2. Bureaux, locaux du personnel

Les bureaux du chef d'exploitation, des services administratifs, des responsables des services techniques (carrière, entretien) sont installés dans un bâtiment type préfabriqué couvrant une surface de 200 m².

Les chefs de poste du service production, et les contre-maîtres lignite et stérile ont leurs bureaux dans une baraque de chantier semi-mobile qui suit la progression des fronts d'exploitation.

Les locaux du personnel abritent le réfectoire, le vestiaire général, les douches, une salle de premier secours et une salle de réunion pour les représentants du personnel. Ils couvrent une surface au sol de l'ordre de 200 m².

4.2. VRD

4.2.1. Réseau de distribution d'électricité

On supposera que le site sera alimenté par EDF par une ligne 20 KV.

La distribution aux pompes d'exhaure en forage, et aux équipements miniers se fera en 5 KV. Les installations comprendront essentiellement :

- 1 poste abaisseur 20 KV/5KV semi-mobile
- 3 postes abaisseurs 5 KV/380V semi-mobiles
- le réseau de distribution MT (5 KV)
- le réseau de distribution BT
- une ligne aérienne 20 KV le long du gisement (4 km)

./...

4.2.2. Terrassements, assainissements, voiries et autres

Les installations fixes couvrent une surface de l'ordre de 1 ha.

Les principaux travaux généraux à réaliser sur le site comprennent :

- . le déforestation et le débroussaillage préalable ;
- . les travaux de terrassement des principales plate-formes et des voies de liaison.
- . la réalisation des voies bitumées, des parkings, de la piste empierrée de liaison longeant l'ensemble du gisement sur les côtés Est et Ouest.
- . les aménagements des réseaux de drainage des eaux pluviales et d'évacuation des eaux usées, les tranchées des réseaux de distribution d'électricité, d'eau potable téléphone ...
- . la clôture des installations et de la portion du gisement en cours d'exploitation.

4.3. Installations et ouvrages de recueil des eaux d'exhaure

Les eaux d'exhaure provenant des forages seront rejetées directement. Les eaux d'exhaure provenant du fond de la tranchée, chargées en matières en suspension, seront décantées dans des bassins avant d'être évacuées par le même réseau que les eaux de forage.

Pour la partie de l'exploitation située au Nord du ruisseau d'Onesse :

- les eaux provenant de la partie Ouest du gisement seront dirigées vers le ruisseau de Pinaut, puis vers le ruisseau d'Onesse.

./...

Le débit à prendre en compte est de l'ordre de 1,3 m³/s

Il faut prévoir :

- (1) un canal de 500 m l'année 0
(préexploitation) (pente maxi : 1 %)
- (2) 170 m/an de canaux de l'année 2 à l'année 5
(pente maxi : 0,5 %)
- (3) un canal de 600 m l'année 6
(pente maxi : 0,5 %)

- les eaux provenant de la partie Est seront dirigées vers le ruisseau de Couey, puis vers le ruisseau de Compaings

Pour un débit de 1,4 m³/s, il faut prévoir :

- (4) un canal de 700 m l'année 0
(pente maxi : 1 %)
- (5) 100 m de canaux/an à partir de l'année 6 jusqu'à l'année 8
(pente maxi : 3 %)

Pour la partie de l'exploitation située au Sud du ruisseau d'Onesse :

- les eaux provenant de la partie Ouest seront dirigées vers le ruisseau d'Onesse, puis le ruisseau de Grivoch.

Pour un débit de 0,9 m³/s, il faut prévoir :

- (6) 250 m de canaux/an de l'année 9 à l'année 14
(pente maxi : 0,8 %)
- (7) un canal de 500 m l'année 14
(pente maxi : 0,6 %)
- (8) 200 m de canaux/an de l'année 15 à l'année 21
(pente maxi : 1 %)

- les eaux provenant de la partie Est seront dirigées vers le ruisseau d'Onesse

Pour un débit de 1,0 m³/s.

Il faut prévoir :

- (9) 200 m de canaux/an à partir de l'année 9
(pente maxi : 1 %)

./...

Calcul de la section des canaux

L'angle des rives des canaux avec l'horizontale sera pris égal à 45°. On a alors les égalités suivantes si h est la profondeur du canal (pour un canal à section optimale)

largeur du canal : $l = 2,83 h$

section du canal : $S = 1,82 h^2$

rayon hydraulique : $Rh = h/2$

La vitesse d'écoulement est donnée par la formule de Bazin

$$v = \frac{87 \sqrt{RhI}}{1 + \frac{C}{\sqrt{Rh}}}$$

ou I est la pente longitudinale du canal

C un coefficient de rugosité des parois (on prendra $C = 1,3$)

on a donc :

$$v = \frac{61,5 \sqrt{HI}}{1 + \frac{1,8}{\sqrt{h}}}$$

Le débit du canal est $Q = v.S$

On résout l'équation $Q - v'S' = 0$ d'où on tire h' , S' , v'

Or pour les canaux naturels on doit avoir $v < 0,5/s$

si $v' < 0,5$ m/s on retient $h = h'$

Sinon on prend $S = \frac{Q}{0,5}$ et on en tire $h = h'$ et i la pente corrigée.

./...

Résultats

| n° Canal | h (m) | S (m2) | V (m/s) | Pente corrigée |
|----------|-------|--------|---------|----------------|
| 1 | 1,2 | 2,6 | 0,5 | 0,4 %. |
| 2 | 1,2 | 2,6 | 0,5 | 0,4 %. |
| 3 | 1,2 | 2,6 | 0,5 | 0,4 %. |
| 4 | 1,25 | 2,9 | 0,5 | 0,35 %. |
| 5 | 1,25 | 2,9 | 0,5 | 0,35 %. |
| 6 | 1,0 | 1,8 | 0,5 | 0,5 %. |
| 7 | 1,0 | 1,8 | 0,5 | 0,5 %. |
| 8 | 1,0 | 1,8 | 0,5 | 0,5 %. |
| 9 | 1,05 | 2,0 | 0,5 | 0,5 %. |

La différence de pente entre la topographie et la pente du canal oblige à un supplément de terrassement..

$$\text{Pour } 100 \text{ m } V = \frac{2S + \sqrt{(1 + 100 I) 100 I S + S^2}}{3} \times 100$$

où I est la pente de la topographie

Résultats

| n° canal | année | longueur annuelle à construire (m) | volume annuel à terrasser (m3) |
|----------|---------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 0 | 500 | 1 600 |
| 2 | 2 à 5 | 170 | 500 |
| 3 | 6 | 600 | 1 700 |
| 4 | 0 | 700 | 2 400 |
| 5 | 6 à 8 | 100 | 500 |
| 6 | 9 à 14 | 250 | 500 |
| 7 | 14 | 500 | 1 000 |
| 8 | 15 à 21 | 200 | 500 |
| 9 | 9 à 21 | 200 | 500 |

./...

Récapitulation

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| année | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Vol. à terrasser (10 ³ m ³) | 4 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 2,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

4.4. Aménagement du ruisseau d'Onesse

Afin de permettre la progression de l'exploitation sans interruption le ruisseau d'Onesse sera dévié l'année 8.

Le débit de crue instantané de 50 ans de période de retour du ruisseau de Magesq, déterminé à Magesq est de 16 m³/s, pour un bassin versant de 60 km².

Au droit du gisement le bassin versant du ruisseau d'Onesse est de 140 km². Son débit spécifique est le même que celui du ruisseau de Magesq.

Par analogie, on prendra pour débit de crue instantané, de 50 ans de période de retour : $Q = 35 \text{ m}^3/\text{s}$.

La pente de la rivière au droit du gisement est de l'ordre de 1 pour mille.

Environ 400 m seraient faits à l'air libre dans un canal cimenté de profondeur $h = 2,50 \text{ m}$ et de largeur $l = 5,0 \text{ m}$.

Sur l'emprise du gisement, la traversée se faisant sur remblais non totalement consolidés, on prévoira des buses à joints élastiques. (4 buses de 2,50 m de diamètre sur 800 m de long soit au total 3200 m de buses).

A la fin de l'exploitation, on construira un canal cimenté identique à celui décrit ci-dessus.

COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

Tous les coûts sont donnés hors TVA

5.1. Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement sont récapitulés au tableau 4

5.1.1. Matériel minier**1) extraction des stériles****1.a. rockbelt et manutention :**

Prix départ usine
(KF)

| | |
|-----------------------------|-------|
| rockbelt (2) | 2 100 |
| convoyeur d'antenne (3) | 360 |
| convoyeur ripable (4) | 2 600 |
| convoyeur à clapets (5) | 7 500 |
| convoyeur allongable (6) | 1 280 |
| chariots verseurs (7) + (9) | 1 260 |
| convoyeur ripable (8) | 2 980 |
| remblayeur (10) | 2 880 |

S/total 20 960

Transport, montage (12 %) 2 520

Electrification, commandes (20 %) 4 190

27 670 KF

1.b. prix unitaire d'achat des boteurs :

D10 = 5 180 KF

D9L = 3 370 KF

./...

Prix de revente : le calcul est effectué conformément aux publications du CCME (Fédération des Travaux Publics) selon la formule suivante :

$$V_r = V_o \frac{1 - \left(\frac{h}{d}\right)^2}{(1 + i)^n}$$

V_r = valeur résiduelle des équipements

V_o = prix d'achat neuf

h = heures effectuées par la machine

d = durée de vie "utile" de la machine (en heures)

i = inflation moyenne

u = âge de la machine (en années)

Pour les D9 et D10 nous prendrons $d = 20\ 000$ h

$i = 5\ %$

On se reportera au tableau 1 (page 3.6) pour connaître l'échéancier des achats et reventes de bouteurs.

2) Extraction du lignite

| | Prix départ usine (KF) |
|-------------------------------------|---------------------------|
| roue-pelle (11) | 5 800 |
| trémie enrouleur mobile | 1 500 |
| convoyeur ripable (12) | 2 030 |
| convoyeur allongeable (14) | 740 |
| sauterelles (13) | 620 |
| | <hr/> |
| | 10 690 |
| Transport, montage (12 %) | 1 280 |
| Equipement élect., commandes (20 %) | 680 |
| | <hr/> |
| | 12 650 KF |

3) Matériel minier auxiliaire

| | KF |
|---|-----------|
| - boteurs de 330 ch (D8L) - 1 393 KF x 4 = | 7 736 |
| - boteurs de 220 ch (D85) - 1 217 KF x 2 = | 2 434 |
| - pelle hydraulique | 936 |
| - chargeur sur chenilles | 604 |
| - camions 6 x 6, 26 t - 600 KF x 4 = | 2 400 |
| - niveleuse de 135 ch (12G) | 1 000 |
| - compacteur | 400 |
| - grue | 1 100 |
| - exhaure de chantier (pompes + alimentation elec. + tuyauterie) | 1 111 |
| - dispositif d'éclairage de chantier | 120 |
| - système de télécommunications VHF | 300 |
| - véhicules légers 4 x 4 - 97 KF x 7 = | 679 |
| - citerne GO | 365 |
| - camion atelier | 558 |
| - dérouleurs de câble électrique - 110 KF x 4 = | 440 |
| - camions 4 x 4, 13 t - 316 KF x 2 = | 632 |
| - véhicule incendie | 450 |
| TOTAL | 21 265 KF |

La fréquence des renouvellements est donnée au § 3.4

On trouvera au tableau 3, les investissements en matériel auxiliaire, année par année.

Remarque : Le matériel minier auxiliaire n'étant renouvelé qu'à la fin de sa durée de vie on considèrera qu'il n'a aucune valeur de revente.

./...

3) Ouvrages d'évacuation des eaux d'exhaure

Le terrassement sera effectué par les engins miniers auxiliaires (pelle rétro hydraulique et camions).

On le mentionne pour mémoire.

L'imperméabilisation est estimée à environ 20 F/m³ terrassé.

4) Aménagement de la rivière Onesse

- coût du canal : 5 000 F/ml
- coût des buses de 2 500 mm: 4 000 F/ml
- pose des buses : 1 000 F/ml

On obtient donc les coûts suivants

. investissement année 8 :

$$5\,000 \text{ F/m} \times 400 \text{ m} + 5\,000 \text{ F/m} \times 3\,200 \text{ m} = 18\,000 \text{ KF}$$

. investissement année 21 :

$$5\,000 \text{ F/m} \times 800 \text{ m} = 4\,000 \text{ KF}$$

5.1.3 Autres coûts

1) achat des terrains

L'emprise totale de l'exploitation est de l'ordre de 400 ha (4 400 m x 900 m).

On achètera les terrains au fur et à mesure, pour 5 ans d'exploitation soit environ 100 ha par achat

On admettra que le prix de l'hectare tout compris est de l'ordre de 15 000 F (hectare nu, déboisé, non dessouché; taxes comprises).

./...

2) Préexploitation

Il y a 3,4 Mm³ de stériles à terrasser pour exécuter la première tranchée.

On prendra un coût de 12 F/m³ en place soit au total : 40 800 KF

5.2. Coûts d'exploitation

On trouvera la récapitulation des coûts d'exploitation au tableau 6.

5.2.1. Données de base**1) prix du carburant et de l'électricité**

gas oil détaxé (pour engins non immatriculables) : 2,73 F/

electricité : 0,25 F/KWh (calcul effectué à partir des barèmes EDF en tenant compte de la puissance souscrite et de l'énergie consommée).

2) Coûts de la main d'oeuvre

On a retenu les coûts annuels basés sur la grille du statut du mineur (année 1984), ce qui donne le tableau suivant :

./...

| Fonction | Catégorie | Indice | Coût annuel en KF |
|--|-----------|--------|-------------------|
| Directeur de l'exploitation | C | 21 | 468 |
| Chef du service administratif | C | 17 | 339 |
| Chef du service entretien | C | 15 | 279 |
| Chef du service mine | C | 15 | 279 |
| Comptable | M | 14 | 252 |
| Topographe - dessinateur | M | 13 | 221 |
| Chef de poste | M | 12 | 209 |
| Magasinier | M | 10 | 183 |
| Ouvrier instrumentaliste | O | 10 | 183 |
| Secrétaire de direction | M | 10 | 183 |
| Conducteur de roue-pelle, de pelle | O | 9 | 174 |
| Autres conducteurs d'engin | O | 8 | 164 |
| Ouvrier électricien, électro mécanicien | | | |
| - qualifié | O | 8 | 164 |
| - non qualifié | O | 6 | 147 |
| Secrétaire | E | 8 | 164 |
| Gardien | E | 4 | 123 |
| Personnel de ménage, nettoyage, coursier | E | 3 | 119 |

C : Cadre

M : Maîtrise

O : Ouvrier

E : Employé

5.2.2. Terrassement : coûts directs

On trouvera les coûts d'extraction du stérile à l'annexe 1 et ceux du lignite à l'annexe 3.

5.2.3. Matériel auxiliaire : coûts matières

- bouteurs de 330 CH (CAT D 8 L)

| | | |
|--------------------|-------------------|---------|
| carburant | : 46 l/h x 2,73 = | 126 F/h |
| lubrifiant | = | 13 F/h |
| train de roulement | = | 44 F/h |
| rechanges | = | 74 F/h |

$$\begin{aligned} & 257 \text{ F/h} \times 16\,000 \text{ h} = \\ & \underline{\underline{4\,112 \text{ KF/an}}} \end{aligned}$$

- bouteurs de 220 ch (KOMATSU D 85)

| | | |
|--------------------|-------------------|--------|
| carburant | : 27 l/h x 2,73 = | 74 F/h |
| lubrifiant | = | 7 F/h |
| train de roulement | = | 39 F/h |
| rechanges | = | 57 F/h |

$$\begin{aligned} & 177 \text{ F/h} \times 5\,400 \text{ h} = \\ & \underline{\underline{956 \text{ KF/an}}} \end{aligned}$$

- Pelle hydraulique de 150 ch (POCLAIN 125)

| | | |
|------------|-------------------|--------|
| carburant | : 17 l/h x 2,73 = | 46 F/h |
| lubrifiant | = | 9 F/h |
| rechanges | = | 47 F/h |

$$\begin{aligned} & 102 \text{ F/h} \times 1\,400 \text{ h} = \\ & \underline{\underline{143 \text{ KF/an}}} \end{aligned}$$

- chargeur sur chenilles de 110 ch (CAT 953)

| | | | |
|--------------------|---|-----------------|--------|
| carburant | : | 13 l/h x 2,73 = | 36 F/h |
| lubrifiant | | = | 5 F/h |
| train de roulement | | = | 30 F/h |
| rechanges | | = | 35 F/h |

$$\frac{106 \text{ F/h} \times 2\,800 \text{ h} =}{/ \quad 297 \text{ KF/an} \quad /}$$

- niveleuse

| | | | |
|------------|---|-----------------|--------|
| carburant | : | 19 l/h x 2,73 = | 52 F/h |
| lubrifiant | | = | 9 F/h |
| pneus | | = | 7 F/h |
| rechanges | | = | 40 F/h |

$$\frac{108 \text{ F/h} \times 800 \text{ h} =}{/ \quad 86 \text{ KF/an} \quad /}$$

- véhicules et appareils divers

a) camions, grue, compacteur

| | | | |
|--------------------|---|-----------------------|-----------|
| carburant | : | 115 000 l/an x 2,73 = | 314 KF/an |
| lubrifiant | | = | 31 KF/an |
| rechanges et pneus | | = | 94 KF/an |

$$/ \quad 439 \text{ KF/an} \quad /$$

b) VL

| | | | |
|---------------------|---|----------------------|----------|
| carburant (essence) | : | 14 000 l/an x 5,30 = | 74 KF/an |
| lubrifiant | | = | 8 KF/an |
| rechanges et pneus | | = | 22 KF/an |

$$/ \quad 104 \text{ KF/an} \quad /$$

./...

c) appareils divers

exhaure de chantier = 78 KF/an

éclairage de chantier = 42 KF/an

divers = 74 KF/an

194 KF/anTOTAL (matériel auxiliaire) : 6 331 KF/an

5.2.4. Entretien bâtiments, VRD

Les frais annuels correspondants sont fixés à :

- 3 % du coût des équipements = 135 KF/an

- 0,5 % du coût des bâtiments et réseaux divers = 31 KF/an

- 0,2 % du coût des routes, pistes et ouvrages
d'évacuation des eaux d'exhaure = 7 KF/an173 KF/an

On trouvera au tableau 6, la récapitulation des dépenses de matières, année par année.

5.2.5. Coûts salariaux non compris dans les coûts directs de terrassement.

Légende

. C = Cadre

. M = Maîtrise

. E = Employé

./...

| Fonction | Catégorie | Coût annuel (KF/an) |
|--|-----------|------------------------|
| <u>Service administratif</u> | | |
| . Chef d'exploitation | C21 | 468 |
| . Secrétaire de direction | M10 | 183 |
| . Responsable administratif | C17 | 339 |
| . Secrétaire | E8 | 164 |
| . Comptable | M14 | 252 |
| . Gardiens | 2 x 04 | 246 |
| . Personnel de ménage | 03 | 119 |
| <u>Service entretien</u> | | |
| . Responsable entretien | C15 | 279 |
| . Magasinier | M10 | 183 |
| . Manutentionnaires et divers | 2 x 03 | 2 x 119 = 238 |
| . Entretien du matériel auxiliaire (voir tableau 5) | 4 x M12 | 4 x 209 = 836 |
| | 2 x 010 | 2 x 183 = 366 |
| | 8 x 08 | 8 x 164 = 1 312 |
| | 6 x 06 | 6 x 147 = 882 |
| | 3 x 03 | 3 x 119 = 357 |
| <u>Service production</u> | | |
| . Chef de carrière | C15 | 279 |
| . Chefs de poste | 4 x M12 | 4 x 209 = 836 |
| . Contremaître lignite | 2 x M10 | 2 x 183 = 366 |
| . Contremaître stérile | 4 x M10 | 4 x 183 = 732 |
| . Topographe dessinateur | M13 | 221 |
| . Aide-topographe | M10 | 183 |

| |
|-------------------|
| TOTAL 8 841 KF/an |
|-------------------|

La récapitulation des effectifs globaux de l'exploitation minière, dans l'hypothèse : 1 Mm3/an de lignite, donne les résultats suivants :

| <u>Catégorie</u> | <u>Effectif</u> |
|------------------|----------------------|
| C21 | 1 |
| C17 | 1 |
| C15 | 2 |
| M14 | 1 |
| M13 | 1 |
| M12 | 16 |
| M10 | 9 |
| E8 | 1 |
| O10 | 6 |
| 09 | 3 |
| 08 | 66 |
| 06 | 18 |
| 04 | 2 |
| 03 | 13 |
| <hr/> | |
| <u>S/total</u> : | <u>140 personnes</u> |

A cet effectif, il convient d'ajouter le personnel affecté à l'exploitation et à l'entretien du système d'exhaure en forages (voir le rapport "étude hydrogéologique") soit :

| <u>Catégorie</u> | <u>Effectif</u> |
|------------------|--------------------|
| 010 | 1 |
| 08 | 2 |
| 06 | 2 |
| <hr/> | |
| <u>S/total</u> : | <u>5 personnes</u> |

L'effectif est donc de : 145 personnes

./...

5.2.6. Services extérieurs

Ils sont estimés à 10 % des matières hors carburant,
soit : 6,65 MF/an

5.2.7. Taxes diverses

On retiendra essentiellement les taxes suivantes :

- . taxe d'extraction : 0,43 F/tonne de lignite :
 - . année 1 = 258 KF
 - . années 2 à 20 = 516 KF
 - . année 21 = 258 KF
- . taxe foncière sur les propriétés bâties : 15 KF/an
- . taxe foncière sur les propriétés non bâties : 25 KF/an
- . taxe professionnelle :
 - . année 1 = 0
 - . années 2 à 20 = 2 100 KF/an
 - . année 21 = 1 850 KF

Au total les dépenses pour taxes seront les suivantes :

- . année 1 = 298 KF
- . années 2 à 20 = 2 666 KF
- . année 21 = 2 148 KF

5.3. Récapitulation des dépenses d'investissements et d'exploitation.

Aux coûts d'investissement et d'exploitation calculés au chapitre précédent on ajoute le coût d'exhaure en forages, calculé par ailleurs par le B.R.G.M (voir rapport "étude hydrogéologique").

L'ensemble des dépenses est récapitulé dans le tableau 8.

TABLEAU 3 - COUTS D'INVESTISSEMENT DU MATERIEL MINIER AUXILIAIRE

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|------------------------|-------|---|---|---|------|-------|---|---|------|-----|-------|----|------|----|----|-------|------|----|----|----|----|
| bouteurs de 330 ch | 7736 | | | | | 7736 | | | | | 7736 | | | | | 7736 | | | | | |
| bouteurs de 220 ch | 2434 | | | | | 2434 | | | | | 2434 | | | | | 2434 | | | | | |
| pelle hydraulique | 936 | | | | | | | | | 936 | | | | | | | | | | | |
| chargeur sur chenilles | 604 | | | | | 604 | | | | | 604 | | | | | | 604 | | | | |
| camions 6x6, 26t | 2400 | | | | 2400 | | | | 2400 | | | | 2400 | | | | 2400 | | | | |
| niveleuse | 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| compacteur | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grue | 1100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| exhaure de chantier | 1111 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| éclairage de chantier | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| télécommunications VHF | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VL 4x4 | 679 | | | | | 679 | | | | | 679 | | | | | 679 | | | | | |
| citerne GO | 365 | | | | | 365 | | | | | 365 | | | | | 365 | | | | | |
| camion atelier | 558 | | | | | 558 | | | | | 558 | | | | | 558 | | | | | |
| dériveurs de câbles | 440 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| camions 4x4, 13t | 632 | | | | | 632 | | | | | 632 | | | | | 632 | | | | | |
| véhicule incendie | 450 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 21265 | 0 | 0 | 0 | 2400 | 13008 | 0 | 0 | 2400 | 936 | 13008 | 0 | 2400 | 0 | 0 | 12404 | 3004 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(EN KF)

TABIEAU 4 - RECAPITULATION DES COUTS D'INVESTISSEMENT

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
|--|-------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| 1) MATERIEL MINIER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Chantier stérile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rackbelt et manutention | 9220 | 18450 | | | | | | | | | | | | 5180 | 5180 | | | 5180 | 5180 | 3370 | | | | |
| Boufeurs | 1550 | 13990 | | | | 10360 | 3370 | 6740 | | | | | | | | | | | | | | | -2370 | |
| Reventes de boufeurs | | | | | | | -3570 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 Chantier lignite | 4210 | 8440 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 Matériel minier auxiliaire | 2130 | 19135 | | | | 2400 | 13008 | | | 2400 | 936 | 13008 | | 2400 | | | | 12404 | 3004 | | | | | |
| 1.4 Pièces détachées | | | 5400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2) INSTALLATIONS AUXILIAIRES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Bâtiments | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ateliers, magasin | | 5150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bureaux, locaux du pers. | | 1900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 VRD | 730 | 2900 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 | 272 |
| 2.3 Ouvrages d'évacuation des eaux d'exhaure | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terrassement | | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. |
| Imperméabilisation | | 80 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 44 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 2.4 Aménagement de l'Onesse | | | | | | | | | | 18000 | | | | | | | | | | | | | | 4000 |
| 3) DIVERS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 terrains | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| achats | 1500 | | | | | 1500 | | | | | 1500 | | | | | 1500 | | | | | | | | |
| cessions | | | | | | | | | | | -700 | | | | | | | -700 | | | | | | -700 |
| 3.2 préexploitation | | 40800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 19340 | 110845 | 5672 | 282 | 282 | 1782 | 13042 | 13124 | 7022 | 18282 | 4182 | 528 | 13500 | 5472 | 7872 | 1812 | -408 | 17876 | 8476 | 3662 | 292 | -408 | 1922 | |

(en KF)

/ TABLEAU 5 - EFFECTIFS D'ENTRETIEN DU MATERIEL AUXILIAIRE /

| | Heures d'entretien annuelles | |
|------------------------------------|------------------------------|---------|
| | Maîtrise | Ouvrier |
| D8 | 3 460 | 19 320 |
| D85 | 918 | 5 130 |
| Pelles hydraulique | 149 | 479 |
| Chargeur | 317 | 1 783 |
| Niveleuse | 172 | 832 |
| Citerne et camion atelier | 408 | 1 700 |
| Autres camions, grue compacteur | 1 140 | 3 800 |
| VL | 84 | 560 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 6 648 | 33 644 |
| Effectifs (1 750 h/an) | 4 | 19 |
| Personnel nécessaire : 4 M12 | | |
| | 2 010 | |
| | 8 08 | |
| | 6 06 | |
| | 3 03 | |

1) Hors exhaure par forages.

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| prod. lignite (x 1000 m3) | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 500 | |
| terr. princ. stérile (x 1000 m3) | 3850 | 4659 | 5056 | 4695 | 4115 | 4333 | 2985 | 2895 | 2335 | 2411 | 3756 | 4279 | 4078 | 4035 | 4331 | 4013 | 4249 | 4687 | 4363 | 3207 | 1199 | |
| 1) ELECTRICITE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kwh/an (x 1000) | 6192 | 7277 | 7644 | 7311 | 6775 | 6976 | 5731 | 5648 | 5131 | 5201 | 6443 | 6926 | 6741 | 6701 | 6974 | 6681 | 6899 | 7303 | 7004 | 5936 | 3744 | |
| KF/an | 1560 | 1834 | 1926 | 1842 | 1707 | 1758 | 1444 | 1423 | 1293 | 1311 | 1624 | 1745 | 1699 | 1689 | 1758 | 1684 | 1738 | 1840 | 1765 | 1496 | 943 | |
| 2) CARBURANTS ET LUBRIFIANTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gas-oil (x 1000 l/an) | 2095 | 2310 | 2415 | 2319 | 2165 | 2223 | 1865 | 1841 | 1692 | 1713 | 2070 | 2209 | 2156 | 2144 | 2223 | 2138 | 2201 | 2317 | 2231 | 1924 | 1391 | |
| gas-oil (KF/an) | 5719 | 6306 | 6594 | 6332 | 5911 | 6070 | 5092 | 5026 | 4620 | 4675 | 5651 | 6030 | 5885 | 5853 | 6068 | 5837 | 6009 | 6326 | 6091 | 5253 | 3796 | |
| essence (x 1000 l/an) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | |
| essence (KF/an) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | |
| lubrifiants (KF/an) | 1143 | 1221 | 1250 | 1223 | 1181 | 1197 | 1099 | 1093 | 1052 | 1058 | 1155 | 1193 | 1179 | 1176 | 1197 | 1174 | 1191 | 1223 | 1199 | 1116 | 951 | |
| sous-total (KF/an) | 6922 | 7587 | 7904 | 7616 | 7153 | 7327 | 6251 | 6179 | 5733 | 5793 | 6866 | 7284 | 7123 | 7089 | 7325 | 7071 | 7260 | 7609 | 7351 | 6428 | 4807 | |
| 3) RECHANGES (KF/an) | 6485 | 7128 | 7364 | 7149 | 6804 | 6934 | 6131 | 6078 | 5744 | 5790 | 6590 | 6902 | 6782 | 6756 | 6933 | 6743 | 6884 | 7145 | 6952 | 6263 | 4907 | |

2) Y compris exhaure par forages.

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| prod. lignite (x 1000 m3) | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 500 | |
| terr. princ. stérile (x 1000 m3) | 3850 | 4659 | 5056 | 4695 | 4115 | 4333 | 2985 | 2895 | 2335 | 2411 | 3756 | 4279 | 4078 | 4035 | 4331 | 4013 | 4249 | 4687 | 4363 | 3207 | 1199 | |
| 1) ELECTRICITE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kwh/an (x 1000) | 25560 | 28593 | 28960 | 28627 | 28091 | 28292 | 27047 | 26964 | 26447 | 26517 | 27759 | 24534 | 24349 | 24309 | 24582 | 24381 | 19127 | 19531 | 19232 | 18164 | 15972 | |
| KF/an | 6441 | 7206 | 7298 | 7214 | 7079 | 7130 | 6816 | 6795 | 6665 | 6682 | 6995 | 6183 | 6136 | 6126 | 6195 | 6144 | 4820 | 4922 | 4846 | 4577 | 4025 | |
| 2) CARBURANTS ET LUBRIFIANTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gas-oil (x 1000 l/an) | 2095 | 2310 | 2415 | 2319 | 2165 | 2223 | 1865 | 1841 | 1692 | 1713 | 2070 | 2209 | 2156 | 2144 | 2223 | 2138 | 2201 | 2317 | 2231 | 1924 | 1391 | |
| gas-oil (KF/an) | 5719 | 6306 | 6594 | 6332 | 5911 | 6070 | 5092 | 5026 | 4620 | 4675 | 5651 | 6030 | 5885 | 5853 | 6068 | 5837 | 6009 | 6326 | 6091 | 5253 | 3796 | |
| essence (x 1000 l/an) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | |
| essence (KF/an) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | |
| lubrifiants (KF/an) | 1143 | 1221 | 1250 | 1223 | 1181 | 1197 | 1099 | 1093 | 1052 | 1058 | 1155 | 1193 | 1179 | 1176 | 1197 | 1174 | 1191 | 1223 | 1199 | 1116 | 951 | |
| sous-total (KF/an) | 6922 | 7587 | 7904 | 7616 | 7153 | 7327 | 6251 | 6179 | 5733 | 5793 | 6866 | 7284 | 7123 | 7089 | 7325 | 7071 | 7260 | 7609 | 7351 | 6428 | 4807 | |
| 3) RECHANGES (KF/an) | 6485 | 7128 | 7364 | 7149 | 6804 | 7825 | 6131 | 6078 | 5744 | 5790 | 7481 | 6902 | 6782 | 6756 | 6933 | 7634 | 6884 | 7145 | 6952 | 6263 | 4907 | |

TABLEAU 7 - RECAPITULATION DES COUTS D'EXPLOITATION

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| extraction stérile | 23780 | 26296 | 25306 | 23654 | 22045 | 22142 | 27094 | 17888 | 16678 | 17832 | 29245 | 24281 | 31815 | 22751 | 24444 | 24164 | 30693 | 27945 | 35903 | 28419 | 6683 | |
| extraction lignite | 3219 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 5072 | 2536 |
| mat. auxiliaire | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 6331 | 3165 |
| entretien bêt.,VRD | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 86 |
| frais personnel compl. | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 8841 | 4420 |
| services extérieurs | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 6650 | 3320 |
| taxes diverses | 298 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2666 | 2148 |
| TOTAL | 49292 | 56029 | 55039 | 53387 | 51778 | 51875 | 56827 | 47621 | 46411 | 47565 | 58978 | 54014 | 61548 | 52484 | 54177 | 53897 | 60426 | 57678 | 65636 | 58152 | 22358 | |

TABIEAU 8 - RECAPITULATION DES DEPENSES

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Production de lignite (x 1000 m3/an) | | | 500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 500 |
| INVESTISSEMENTS | 19340 | 110845 | 5672 | 282 | 282 | 1782 | 13042 | 13124 | 7022 | 18282 | 4182 | 528 | 13300 | 5472 | 7872 | 1812 | -408 | 17876 | 8476 | 3662 | 292 | -408 | 1922 |
| COUTS D'EXPLOITATION | | | 49292 | 56029 | 55039 | 53387 | 51778 | 51875 | 56827 | 47621 | 46411 | 47565 | 58978 | 54014 | 61548 | 52484 | 54177 | 53897 | 60426 | 57678 | 65636 | 58152 | 22358 |
| Exhaure-forages | | | 13219 | 9292 | 9779 | 10145 | 10145 | 14322 | 9652 | 9529 | 9529 | 9529 | 14211 | 8166 | 8256 | 8262 | 8354 | 12823 | 6579 | 6687 | 6794 | 6937 | 4225 |
| TOTAL | 19340 | 124064 | 64256 | 66090 | 65466 | 65314 | 74965 | 79321 | 73501 | 75432 | 60122 | 57622 | 86489 | 67652 | 77676 | 62558 | 62123 | 84596 | 75481 | 68027 | 72722 | 64681 | 28505 |

ETUDE DES NIVEAUX DE PRODUCTION DE LIGNITE 0,5 Mm³ ET 2 Mm³ PAR AN

6.1. Niveau de production 500 000 m³/an

Les réserves de MEZOS-SUD permettent une durée de vie de l'exploitation de 40 ans. On limitera cependant le calcul à 25 ans, espérance de vie de l'équipement lourd.

6.1.1. Coûts d'investissement (voir tableau 9)

Le matériel utilisé sera pratiquement identique à celui du niveau 1 Mm³/an (exceptés les bouteurs qui seront uniquement des D9). L'investissement initial sera donc presque le même. Les renouvellements et investissements additionnels seront modifiés du fait du rythme d'exploitation plus lent.

6.1.2. Coûts d'exploitation (voir tableau 10)

a) Main d'oeuvre

Les effectifs du personnel d'exploitation et d'entretien seront modifiés pour tenir compte de la réduction du nombre d'heures de travail (2 postes au stérile, 1 poste au lignite). Le personnel d'encadrement restera quasiment inchangé.

./...

b) Autres coûts

Les coûts directs d'extraction du stérile et du lignite ont été recalculés (voir tableau 11).

Les autres coûts ont été estimés à partir de la solution 1 Mm³/an en appliquant des ratios convenables.

6.2. Niveau de production : 2 000 000 m³/an

Les réserves de MEZOS-SUD ne permettent qu'une durée de vie de l'exploitation de 11 ans. Nous avons cependant admis que l'exploitation se prolongerait sur MEZOS-NORD (où des conditions similaires de gisement ont été mises en évidence) de façon à porter la durée de vie de l'exploitation à 20 ans.

Etant donné la taille de l'exploitation, l'extraction des stériles se fera par deux roues-pelles.

6.2.1. Coûts d'investissement et d'exploitation

Les calculs de coûts ont été menés de façon similaire à ceux du niveau 500 000 m³/an.

Les résultats figurent dans les tableaux 11, 13 et 14.

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 1) MATERIEL MINIER | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Chantier stérile | | | | | | | | | | | | | | |
| Rockbelt et manutention | 8300 | 16600 | | | | | | | | | | | | |
| Bouteurs | 1010 | 9100 | | | | | | 10110 | | | | | | |
| Reventes de bouteurs | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 Chantier lignite | 4210 | 8440 | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 Matériel minier auxiliaire | 1510 | 13640 | | | | | | 9655 | | | | | 9655 | |
| 1.4 Pièces détachées | | | 4400 | | | | | | | | | | | |
| 2) INSTALLATIONS AUXILIAIRES | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Bâtiments | | | | | | | | | | | | | | |
| ateliers,magasin | | 5150 | | | | | | | | | | | | |
| bureaux,locaux du pers. | | 1900 | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 VRD | 730 | 2900 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 |
| 2.3 Ouvrages d'évacuation des eaux d'exhaure | | | | | | | | | | | | | | |
| terrassement | | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. |
| imperméabilisation | | 80 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 22 |
| 2.4 Aménagement de l'Onesse | | | | | | | | | | | | | | |
| 3) DIVERS | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 terrains | | | | | | | | | | | | | | |
| achats | 1500 | | | | | 750 | | | | | 750 | | | |
| cessions | | | | | | | | | | | | | -350 | |
| 3.2 préexploitation | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 40800 | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 17260 | 98610 | 4536 | 141 | 141 | 891 | 141 | 9796 | 10251 | 141 | 891 | -209 | 9796 | 158 |

| Année | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|--|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 1) MATERIEL MINIER | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Chantier stérile | | | | | | | | | | | | | |
| Rockbelt et manutention | | | | | | | | | | | | | |
| Bouteurs | 10110 | | | | | | 10110 | | | | | | |
| Reventes de bouteurs | | | | | | | | | | | | | -3208 |
| 1.2 Chantier lignite | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 Matériel minier auxiliaire | | | | 9655 | | | | | 9655 | | | | |
| 1.4 Pièces détachées | | | | | | | | | | | | | |
| 2) INSTALLATIONS AUXILIAIRES | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Bâtiments | | | | | | | | | | | | | |
| ateliers,magasin | | | | | | | | | | | | | |
| bureaux,locaux du pers. | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 VRD | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 |
| 2.3 Ouvrages d'évacuation des eaux d'exhaure | | | | | | | | | | | | | |
| terrassement | | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. |
| imperméabilisation | | 22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2.4 Aménagement de l'Onesse | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 18000 | | | | | | | | | 4000 |
| 3) DIVERS | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 terrains | | | | | | | | | | | | | |
| achats | | 750 | | | | | 750 | | | | | 750 | |
| cessions | | | -350 | | | | | -350 | | | | | -350 |
| 3.2 préexploitation | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 10268 | 891 | -209 | 27796 | 141 | 141 | 11001 | -204 | 9801 | 146 | 146 | 896 | 588 |

| Année | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| extraction stérile | 13846 | 13846 | 15282 | 15290 | 14872 | 14889 | 13969 | 13977 | 13033 | 13043 | 13131 | 13140 | 11029 | 11037 | 10681 | 10689 | 9949 | 9959 | 10544 | 10552 | 13961 | 13973 | 14192 | 14194 | 13640 |
| extraction lignite | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 | 3490 |
| mat. auxiliaire | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 | 4430 |
| entretien bât.,VRD | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 | 173 |
| frais personnel compl. | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 | 6834 |
| services extérieurs | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 | 5054 |
| taxes diverses | 298 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 | 1986 |
| TOTAL | 34125 | 35813 | 37249 | 37257 | 36839 | 36856 | 35936 | 35944 | 35000 | 35010 | 35098 | 35107 | 32996 | 33004 | 32648 | 32656 | 31916 | 31926 | 32511 | 32519 | 35928 | 35940 | 36159 | 36161 | 35607 |

TABLEAU 12 : NIVEAU DE PRODUCTION 0,5 M³/AN - RECAPITULATION DES DEPENSES

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Production de lignite (x 1000 m ³ /an) | | | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| INVESTISSEMENTS | 17260 | 98610 | 4536 | 141 | 141 | 891 | 141 | 9796 | 10251 | 141 | 891 | -209 | 9796 | 158 |
| COUTS D'EXPLOITATION | | | 34125 | 35813 | 37249 | 37257 | 36839 | 36856 | 35936 | 35944 | 35000 | 35010 | 35098 | 35107 |
| Exhaure-forages | | | 13218 | 5500 | 5500 | 5700 | 5700 | 5710 | 8055 | 5710 | 5710 | 5710 | 7655 | 5310 |
| TOTAL | 17260 | 111828 | 44161 | 41454 | 43090 | 43848 | 42690 | 54707 | 51897 | 41795 | 41601 | 40511 | 52549 | 40575 |

| Année | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Production de lignite (x 1000 m ³ /an) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| INVESTISSEMENTS | 10268 | 891 | -209 | 27796 | 141 | 141 | 11001 | -204 | 9801 | 146 | 146 | 896 | 588 |
| COUTS D'EXPLOITATION | 32996 | 33004 | 32648 | 32656 | 31916 | 31926 | 32511 | 32519 | 35928 | 35940 | 36159 | 36161 | 35607 |
| Exhaure-forages | 5310 | 5310 | 5210 | 7555 | 5210 | 5210 | 5210 | 7110 | 5210 | 5210 | 4492 | 4492 | 4532 |
| TOTAL | 48574 | 48574 | 39205 | 37649 | 68007 | 37267 | 37277 | 48722 | 39425 | 50939 | 41296 | 40797 | 41549 |

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|-------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 1) MATERIEL MINIER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Chantier stérile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Roues-pelles et manut. | 29020 | 58030 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 Chantier lignite | 5980 | 11960 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 Matériel minier auxiliaire | 2570 | 23115 | | | | | 22000 | | | | | 22000 | | | | | 22000 | | | | | |
| 1.4 Pièces détachées | | | 9150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2) INSTALLATIONS AUXILIAIRES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Bâtiments | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ateliers, magasin | | 5150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bureaux, locaux du pers. | | 1900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 VRD | 730 | 2900 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 | 544 |
| 2.3 Ouvrages d'évacuation des eaux d'exhaure | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terrassement | | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. | p.m. |
| imperméabilisation | | 80 | 10 | 20 | 54 | 20 | 30 | 40 | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 2.4 Aménagement de l'Onesse | | | | | | 18000 | | | | | | | | | | | 4000 | | | | | |
| 3) DIVERS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 terrains | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| achats | 3000 | | | | | 3000 | | | | | 3000 | | | | | 3000 | | | | | | |
| cessions | | | | | | | | | | | -1400 | | | | | | -1400 | | | | | -1400 |
| 3.2 préexploitation | | 40800 | | | | | | | | | | 40800 | | | | | | | | | | |
| TOTAL | 41300 | 143935 | 9704 | 564 | 598 | 21564 | 574 | 22584 | 604 | 584 | 3584 | -816 | 63384 | 584 | 584 | 3584 | 3184 | 22584 | 584 | 584 | 584 | -816 |

TABIEAU 15 : NIVEAU DE PRODUCTION 2 Mm³/AN - RECAPITULATION DES DEPENSES

| Année | -2 | -1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Production de lignite (x 1000 m ³ /an) | | | 1000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |
| INVESTISSEMENTS | 41300 | 143935 | 9704 | 564 | 598 | 21564 | 574 | 22584 | 604 | 584 | 3584 | -816 | 63384 | 584 | 584 | 3584 | 3184 | 22584 | 584 | 584 | 584 | -816 | |
| COÛTS D'EXPLOITATION | | | 75158 | 76262 | 72245 | 65335 | 64749 | 81492 | 78616 | 83280 | 87891 | 99837 | 86124 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 | 87968 |
| Exhaire-forages | | 13618 | 13826 | 14961 | 14468 | 13852 | 13729 | 18390 | 12116 | 12471 | 10209 | 10674 | 23000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 23000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 | 17000 |
| TOTAL | 41300 | 157553 | 98688 | 91787 | 87311 | 100751 | 79052 | 122466 | 91336 | 96335 | 101684 | 109695 | 172508 | 105552 | 105552 | 108552 | 108152 | 133552 | 105552 | 105552 | 105552 | 104152 | |

Comparaison entre la solution "Rockbelt" et la solution "Roue-pelle"
pour le terrassement des morts terrains

1.1. Volumes à terrasser

Le terrassement total annuel est donné dans le corps principal du rapport page 2.3.

En déduction de ces volumes viennent les terrassements suivants :

- terrassement de la piste d'accès au fond de la tranchée
- terrassements auxiliaires :
 - . pour le rockbelt : nettoyage du rockbelt entre chaque changement de bloc
 - . pour les roues pelles : décapage de la partie superficielle au motorscraper lorsque la profondeur du toit des lignites dépasse la capacité de l'atelier roues pelles + sauterelles, et terrassement du fond de la tranchée lorsque le toit des lignites présente une pente trop forte pour les possibilités des roues pelles (maxi 5 % en travail).

De plus, dans la solution "roue-pelle" des rampes de communication doivent être aménagées entre chaque gradin.

Elles seront réalisées à l'aide de buteurs , les matériaux étant repris par la roue-pelle elle-même.

./...

Piste d'accès au fond (largeur 10 m - pente 10 %)

Pour un déplacement de front de 100 m les volumes à terrasser par des moyens auxiliaires sont les suivants (formules approchées) :

$$\text{Rockbelt : } \text{VRB} = 264 (h-10)^2 + 1\,000 h$$

$$\text{Roue-pelle : } \text{VRP} = 213 h^2 + 1\,000 h$$

h étant la profondeur du toit du lignite

On trouvera les volumes annuels correspondants, au tableau 15.
Le coût du m³ terrassé (en place) sera pris égal à 12 F.

Terrassement auxiliaire

a) Rockbelt

Les volumes annuels à terrasser sont donnés au tableau 15.

Les matériaux extraits seront déversés en arrière du front d'extraction du lignite - coût : 10 F/m³ en place

b) Roue-pelle

Les volumes à extraire figurent au tableau 15

- terrassement au toit du lignite (terr. auxiliaire 1)

- décapage par motorscrapers (terr. auxiliaire 2)

coût : 12 F/m³ en place

./...

Pistes de communication (roue-pelle)

Mêmes caractéristiques que la piste d'accès au fond.

Le terrassement annuel est le suivant :

$$V = (50 h^2 + 125 h) \frac{L}{13}$$

si h est la profondeur du toit du lignite

si L le déplacement annuel du front des stériles.

Le volume est à pousser sur 30 m par un boteur ayant un rendement de 400 m³/h et un coût horaire de 770 F/h

1.2. Coûts d'investissement et d'exploitation pour chacun des 2 solutions

1.2.1. Solution "Rockbelt"

a) investissements

voir page 5.1

Rockbelt et appareils de manutention : 27 650 KF

Boteurs - D10 : 5 180 KF

- D9 : 3 370 KF

b) renouvellements

voir tableau 15

Les bulls seront renouvelés toutes les 20 000 h.

c) coûts d'exploitation

C.1. Matières

C.1.1. Electricité

./...

Consommation horaire moyenne
 en charge à vide

| | | |
|---|-------------|-----------|
| Rockbelt (2) | 123 | 0 |
| Convoyeur d'antenne (3) | 19 | 8 |
| ripable (4) | 210 | 55 |
| convoyeur à clapets (5) (stérile) | 300 | 9 |
| Convoyeur al- longeable (6) | 124 | 29 |
| Convoyeur ripable (8) | 246 | 64 |
| Remblayeur (10) | 59 | 11 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 1 081 KWh/h | 176 KWh/h |

Nombre d'heures en charge : 3 960 h/an

Nombre d'heures à vide : 1 800 h/an

Consommation annuelle : $4\,598.10^3$ KWh

Coût du KWh : 0,252 F/KWh

Coût annuel : 1,16 MF/an

C.1.2. Carburant et lubrifiant

D10 : 98 l/h x 7 917 h/an = 776 000 l

D9 : 64 l/h x 3 959 h/an = 255 000 l

1 031 000 l

Carburant : 1 031 000 l x 2,73 F/h = 2,81 MCFA/an

./...

Lubrifiant :

| | |
|--|------------|
| . boteurs : 10 % du carburant | 0,28 MF/an |
| . manutention : 0,7 % du prix du matériel/an | |
| matériel/an | 0,19 MF/an |
| | <hr/> |
| | 0,47 MF/an |

TOTAL lubrifiant et carburant = 3,28 MF/an

C.1.3. Rechanges

Manutention :

| | |
|--------------------------------|------------|
| . 2,8 % du prix du matériel/an | 0,77 MF/an |
|--------------------------------|------------|

Boteurs :

| | |
|--------------------------------------|------------|
| . rechanges hors trains de roulement | |
| D10 : 118 F/h x 7 917 h | 0,93 MF/an |
| D9 : 93 F/h x 3 959 h | 0,37 MF/an |
| . trains de roulement | |
| D10 : 83 F/h x 7 917 h | 0,66 MF/an |
| D9 : 61 F/h x 3 959 h | 0,24 MF/an |

Transport 5 %

Total 3,12 MF/an

.C.2. Frais de personnel

Les effectifs sont basés sur une durée de travail de 1 750 h/an homme.

On prendra de plus un taux d'absenteisme de 5 %.

- conduite des boteurs et surveillance des appareils de manutention.

. Boteurs : $7\ 200\ h \times 3 \times 0,8/1750 =$
 $10 + 2\ remplaçants = 12\ 08$
 (disponibilité des engins : 0,8)

./...

. manutention : 4 hommes/poste x 4 postes =
16 + 1 remplaçant = 17 08

- entretien

. boteurs

| | h. d'ent./h. de marche | | effectifs | |
|-----|------------------------|----------|-------------|--------------|
| | maitrise | ouvriers | maitrise | ouvrier |
| D10 | 0,33 | 1,87 | 1,49 | 8,46 |
| D9 | 0,26 | 1,46 | 0,59 | 3,30 |
| | | | <u>2,08</u> | <u>11,76</u> |

soit donc les effectifs suivants :

2 M12

2 010

6 08 + 1 remplaçant = 7 08

4 06

- manutention

équipe fixe :

. chef d'équipe : M12

. électricien, instrumentaliste : 0 10 + 2 08

. ouvriers : 2 08 + 2 06

. OS : 2 03

équipes postées (d'intervention sur chantier)

. chefs d'équipe : 3 M12

. ouvriers : 3 08 + 3 06 + 3 03

Total manutention : 4 M12
1 010
8 08
5 06
5 03

./...

- récapitulation des effectifs et coûts salariaux

| entretien | conduite exploitation | coût annuel (KF) |
|-----------|--------------------------|---------------------|
| 6 M12 | | 1 254 |
| 3 010 | | 549 |
| 15 08 | 29 08 | 7 216 |
| 9 06 | | 1 393 |
| 5 03 | | 595 |
| | | <hr/> 10 937 KF |

Pour les calculs du tableau 15 on distinguera :

- les coûts fixes (salaires) : 1 0937 KF/an
- les coûts proportionnels (matières) :
7 560 KF pour $3\,880 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ soit : 1,95 F/m³

1.2.2. Solution "roue-pelle"

a) investissements

On trouvera au tableau 16 les principales caractéristiques des matériels utilisés.

Les coûts d'investissement sont les suivants :

| | KF |
|--------------------------|-------|
| roue-pelle n° 1 | 5 800 |
| sauterelle n° 1 | 3 000 |
| ripable n°1 | 2 330 |
| trémies mobiles | 1 800 |
| roue-pelle n°2 | 9 300 |
| sauterelle n°2 | 5 000 |
| ripable n°2 | 2 600 |
| sauterelles de transfert | 1 650 |
| convoyeur à clapets | 7 200 |

./...

| | KF |
|------------------------------------|-----------|
| allongeable + chariot verseur | 2 420 |
| ripable n°3 + chariot verseur | 4 010 |
| remblayeur | 3 100 |
| | <hr/> |
| | 48 210 |
| Transport + montage (12 %) | 5 790 |
| Electrification, commandes (20 %)* | 4 660 |
| | <hr/> |
| | 58 660 KF |

* excluses = roues pelles, trémies
sauterelles de liaison avec ripables.

b) coûts d'exploitation

b.1. Matières

b.1.1. Electricité

| | Consommation en charge (KWh/h) | Consommation à vide (KW/h) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| roue pelle n°1 | 150 | 40 |
| sauterelle n° 1 | 56 | 6 |
| roue pelle n°2 | 300 | 80 |
| sauterelle n°2 | 84 | 7 |
| ripable n°1 | 120 | 33 |
| ripable n°2 | 176 | 43 |
| sauterelle n°4 | - 17 | 6 |
| sauterelle n°5 | - 1 | 6 |
| sauterelle n°6 | 28 | 5 |
| convoyeur à clapets (stériles) | 335 | 15 |
| allongeable | 178 | 42 |
| ripable n°3 | 333 | 84 |
| remblayeur | 81 | 13 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 1 823 KWh/h | 380 KWh/h |

./...

Nombre d'heures de fonctionnement en charge :
2 635 h

Nombre d'heure de fonctionnement à vide :
3 125 h

Consommation totale :
5 991.10³ KWh/an
à 0,254 F/KWh

Dépense annuelle d'électricité :
1,52 MF/an

b.1.2. Rechanges

| | | |
|--------------------------|---------------|------------|
| Manutention | | 1,17 MF/an |
| roue pelle n°1 : 176 F/h | | |
| roue pelle n°2 : 251 F/h | | |
| | 447 x 2 745 h | 1,23 MF/an |
| | Total | 2,40 MF/an |

b.1.3. Lubrifiants

| | | |
|--------------|-------|------------|
| Manutention | | 0,29 MF/an |
| roues pelles | | 0,15 MF/an |
| | Total | 0,44 MF/an |

b.2. Frais de personnel

b.2.1. Effectifs

Conduite :

roues pelles : 2 x 4 = 8 09 + 1 remplaçant =
9 09

sauterelles mobiles : 2 x 4 = 8 08 } + 1 rem-
manutention : 4 x 4 = 16 08 } plaçant =
25 08

./...

entretien :

manutention (cf solution "rockbelt") :

4 M12

1 010

8 09

5 06

5 03

roues pelles :

h. d'entretien/h. de marche

| | maitrise | ouvriers |
|----------------|----------|----------|
| roue pelle n°1 | 0,37 | 1,90 |
| roue pelle n°2 | 0,57 | 2,93 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 0,94 | 4,83 |
| effectifs : | 2 | 8 |
| | 2 M12 | |
| | 1 010 | |
| | 4 08 | |
| | 3 06 | |

b.2.2. Coûts salariaux

| | expl. | entretien | total | coût (KF/an) |
|-----|-------|-----------|-------|-----------------|
| M12 | | 6 | 6 | 1 254 |
| 010 | | 2 | 2 | 366 |
| 09 | 9 | | 9 | 1 566 |
| 08 | 25 | 12 | 37 | 6 068 |
| 06 | | 8 | 8 | 1 176 |
| 03 | | 5 | 5 | 595 |
| | | | | <hr/> |
| | | | | 11 025 KF/a |

./...

Comme pour la solution "rockbelt" on distinguera :

- les coûts fixes (salaires) :

1 1025 KF/an

- les coûts proportionnels (matières) :

4 360 KF pour $3610 \cdot 10^3$ m³ soit 1,21 F/m³.

1.3. Comparaison entre les deux solutions

Le résultat des calculs se trouve au tableau 15. On constate que l'écart entre les deux solutions est très faible (2 à 4 %), bien inférieur à la précision de l'estimation, avec cependant un léger avantage en faveur de la solution "rockbelt".

Nous retiendrons donc cette solution dans cette étude.



| | Débit nominal (t/h) | Déni- vellation (m) | Entr'axe (m) | Largeur de bande (mm) | Vitesse de bande (m/s) | Poids (t) | Puissance installée (KW) | Prix départ usine (KF) |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Roue pelle n°1 | 1 080 | | | | | 100 | 250 | 5 800 |
| Sauterelle mobile n°1 | 1 350 | 12 | 40 | 800 | 3 | 60 | 90 | 3 000 |
| Trémies mobiles (x2) | | | | | | | 2 x 10 | 1 800 |
| Roue pelle n°2 | 1 660 | | | | | | 500 | 9 300 |
| Sauterelle mobile n°2 | 2 075 | 12 | 40 | 1 000 | 3 | 110 | 140 | 5 000 |
| Ripable n°1 | 1 350 | 4,5 | 700 | 800 | 3 | 190 | 140 | 2 330 |
| Ripable n°2 | 2 075 | 4,5 | 700 | 1 000 | 3 | 215 | 205 | 2 600 |
| Sauterelle n°3 | 1 350 | 10,8 | 35 | 800 | 3 | 20 | 22 | 600 |
| Sauterelle n°4 | 1 350 | 4,5 | 35 | 800 | 3 | 20 ^g | 6 | 600 |
| Sauterelle n°5 | 680 | 10,8 | 35 | 800 | 3,3 | 15 | 35 | 450 |
| Convoyeur à clapets : stérile | 2 075 | 40 | 100 | 1 200 | 3,3 | | 515 | |
| lignite | 680 | 40 | 90 | 800 | 3,3 | 240 | 110 | 7 200 |
| chenilles | | | | | | | 4 x 20 | |
| Convoyeur allongeable | 3 425 | 4 | 350 | 1 200 | 3,5 | 108 | 220 | 1 790 |
| Convoyeur ripable n°3 | 3 425 | 4 | 850 | 1 200 | 3,5 | 286 | 400 | 3 380 |
| Remblayeur | 3 425 | 4,5 | 55 | 1 200 | 3,5 | 100 | 130 | 3 100 |

Choix de l'engin d'abattage du lignite

Trois solutions ont été étudiées :

1. Pelle hydraulique. La taille des blocs de lignite extraits par la pelle dépassant vraisemblablement 800 mm, il est nécessaire d'effectuer un broyage pour pouvoir alimenter les convoyeurs d'évacuation. La pelle déverse le lignite extrait dans un broyeur mobile, dont la flèche arrière alimente le convoyeur ripable.
2. Excavateur à godets sur chenilles. La taille des godets rend le broyage avant alimentation des convoyeurs inutile. Pour permettre la comparaison avec la solution précédente, on prévoira cependant un broyage en station fixe, en aval du convoyeur allongeable d'évacuation du lignite (au carreau de la mine p.e.).
3. Roue-pelle sur chenilles et broyeur fixe alimenté par le convoyeur allongeable, comme dans la solution précédente.

Le tonnage annuel à extraire est de 1,2 Mt (1 Mm³).

./...

2.1. Pelle hydraulique + broyeur mobile2.1.1. Investissements

a) Type de pelle : POCLAIN 350 CK

Équipement : 7,70 x 2,75

Godet : 4 000 l

Durée du cycle : 25 s

Rendement : 294 t/h (travail à 3 postes pour amortir le
prix du broyeur)Prix rendu site : 2,5 MF

b) Broyeur de capacité : 450 t/h

Trémie de réception de 10 m³

Un extracteur à tablier métallique

Un concasseur à cylindres : 800 mm x 2 000 mm

Une flèche arrière de 20 m

Poids total : 200 tonnes environ

Puissance installée : 210 kW

Prix départ usine : 9,5 MF

Transport et montage 12%, soit au total : 10,6 MFPrix total pelle + broyeur : 13,1 MF2.1.2. Coûts d'exploitation (4082 h/an)

a) pelle :

. matières (gas-oil, lubrifiants
et rechanges) : 296 F/h soit 1208 KF/an

. main d'oeuvre (conduite, entre-
tien) : 1030 KF/an

./...

b) broyeur :

. matières (électricité, lubrifiants
et rechanges) : 530 KF/an

. main d'oeuvre (surveillance, entre-
tien) : 889 KF/an

T O T A L : 3657 KF/an

Prix de revient moyen du lignite chargé et broyé : /5,0 F/m3. /

2.2. Excavateur à godets2.2.1. Investissements

a) Excavateur à godets :

Poids en service : environ 150 tonnes
Capacité des godets : 350 l
Puissance installée : 315 kW
Débit moyen horaire : 400 m³/h (foisonnés) soit 320 t/h
Pression au sol : 1,25 Kg/cm²
Prix départ usine : 9,3 MF transport et montage 12%

Soit au total : 10,4 MF

b) Broyeur de capacité 650 t/h :

Concasseur à cylindres 1250 mm x 2000 mm
Extracteur à bande 1200 mm x 12 m

./...

Poids total : 70 tonnes environ
Puissance installée : 180 kW
Prix départ usine : 2,1 MF
Electricité, transport, montage, génie-civil : 45%
soit 1,0 MF

et donc au total : 3,1 MF

Prix total excavateur à godets + broyeur : 13,5 MF

2.2.2. Coûts d'exploitation (3750 h/an)

a) excavateur à godets :

- . matières (électricité, lubrifiants, rechanges) : 557 KF/an
- . main d'oeuvre (conduite, entretien) . : 997 KF/an

b) broyeur :

- . matières (électricité, lubrifiants et rechanges) : 192 KF/an
- . main d'oeuvre (surveillance, entretien) : 542 KF/an

T O T A L : 2288 KF/an

Prix de revient moyen du lignite extrait et broyé : / 3,2 F/m3. /

./...

2.3. Roue-pelle

2.3.1. Investissements

a) roue-pelle :

Poids en service : 100 tonnes

Capacité des godets : 250 l

Puissance installée : 300 kW

Débit théorique : 1 200 m³/h foisonnés

Débit effectif au lignite : 450 m³/h (en place) soit 540 t/h

Pression au sol : 1,3 kg/cm²

Prix départ usine : 5,8 MF; transport et montage 12%

Soit au total : 6,5 MF

b) broyeur :

(Voir paragraphe 2.2.1. b)

2.3.2. Coûts d'exploitation

a) roue-pelle :

. matières (électricité, lubrifiants et
rechanges) : 282 KF/an

. main d'oeuvre (conduite, entretien) ... : 997 KF/an

b) broyeur :

(Voir paragraphe 2.2.2. b)

T O T A L : 2013 KF/an

Prix de revient moyen du lignite extrait et broyé : / 2,7 F/m³ /

./...

2.4. Choix

Pour la présente étude on retiendra la roue-pelle comme engin d'abattage du lignite, elle s'avère l'engin le moins cher à l'investissement et à l'exploitation. De plus, elle autorise une bien meilleure récupération du gisement que l'excavateur à godets.

En effet, la roue-pelle permet de suivre les profils transversaux du toit et du mur du gisement, tandis que l'excavateur à godets effectue des passes d'épaisseur constante, obligeant l'exploitant à abandonner les parties minces ou hors de portée de la flèche.

ANNEXE 3

Coûts directs d'extraction du lignite

3.1. Matières

3.1.1. Electricité

| | Consommation en charge KWh/h | Consommation à vide KWh/h |
|----------------------------------|---|---|
| roue pelle | 150 | 40 |
| ripable | 80 | 36 |
| sauterelles | 25 x 2 50 | 6 x 2 12 |
| convoyeur à clapets (lignite) | 82 | 11 |
| allongeable | 62 | 21 |
| | <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 424 | <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 120 |

Nombre d'heures en charge : 2 222 h/an

Nombre d'heures à vide : 1 618 h/an

Consommation totale : $1,14 \cdot 10^6$ KWh/an

Coût annuel : 398 KF/an

3.1.2. Rechanges

| | |
|-----------------------------------|---|
| Manutention | 172 KF/an |
| Roue pelle : 145 F/h x 2 222 h/an | 322 KF/an |
| Total | <hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 494 KF/an |

./...

3.1.3. Lubrifiant

| | |
|--------------|-----------------|
| Manutention | 43 KF/an |
| Roue pelle | 39 KF/an |
| Total | 82 KF/an |

3.2. Frais de personnel

3.2.1. Effectifs

Exploitation :

roue pelle : 3 09

manutention : 3 x 3 = 9 08

Entretien :

manutention : 1 M12

1 010

3 08

2 06

2 03

roue pelle 1 M12

2 08

1 06

3.2.2. Coûts salariaux

| | Expl. | Entretien | Total | Coûts (KF/an) |
|-----|-------|-----------|-------|---------------|
| M12 | | 2 | 2 | 418 |
| 010 | | 1 | 1 | 183 |
| 09 | 3 | | 3 | 522 |
| 08 | 9 | 5 | 14 | 2 296 |
| 06 | | 3 | 3 | 441 |
| 03 | | 2 | 2 | 238 |

Total 4 098 KF/an

3.3. Récapitulation

Frais de personnel : 4 098 KF/an

Coûts matières : 974 KF/an

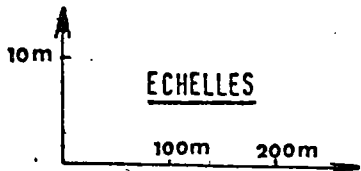
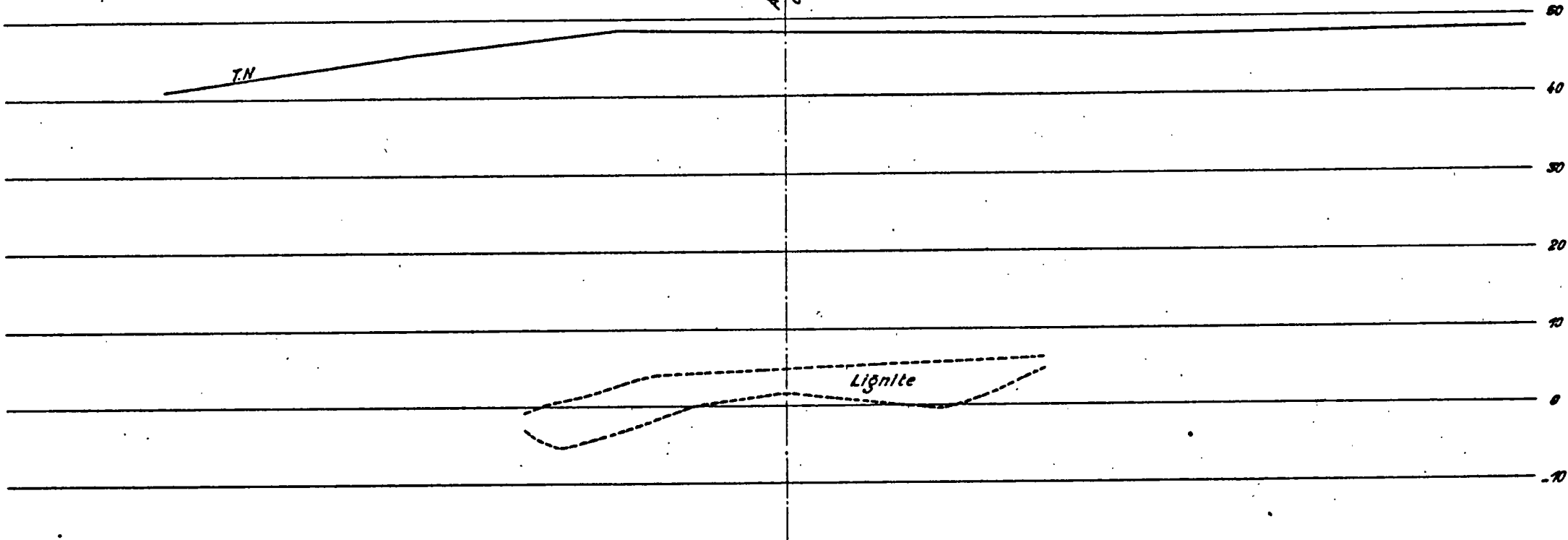
Total 5 072 KF/an (soit 5,07 F/m³ en place)

•
• •

Ouest

Est

Axe de rattachement
des coupes



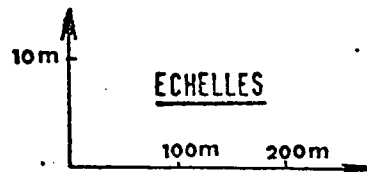
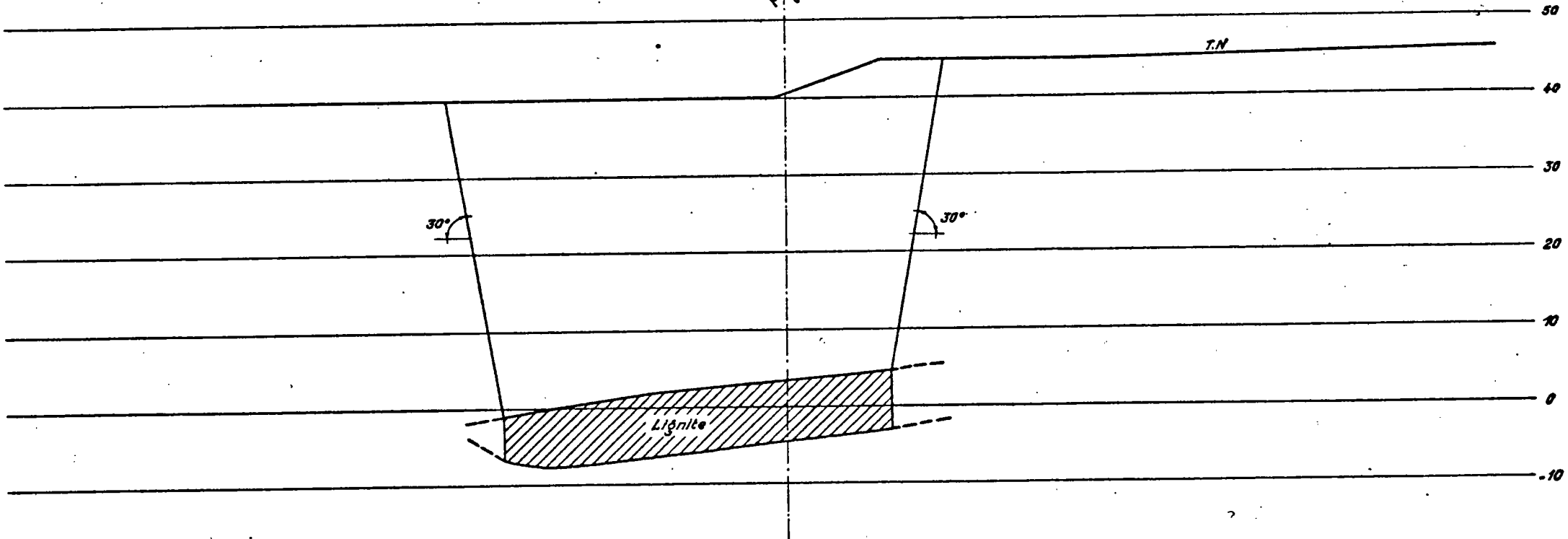
GISEMENT DE MEZOS SUD -- COUPE 0

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N° MEZ.001.0 Date : 26.10.84... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

Axe de raccord
des coupes



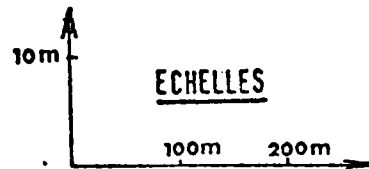
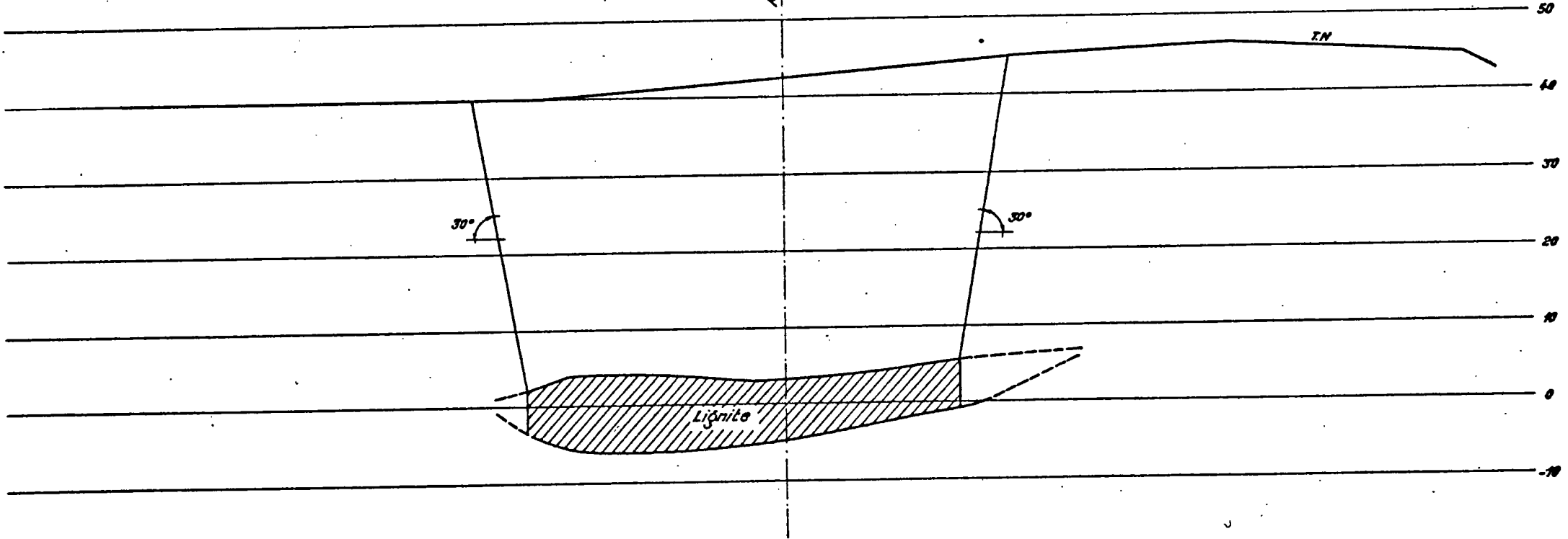
GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 1

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N°MEZ.001.1 Date : 26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

Axe de raccord
des coupes



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 2



socomine

N° MEZ.001.2 Date: 26.10.84...

| | |
|--|--|
| | |
| | |

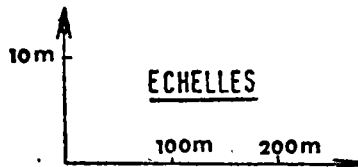
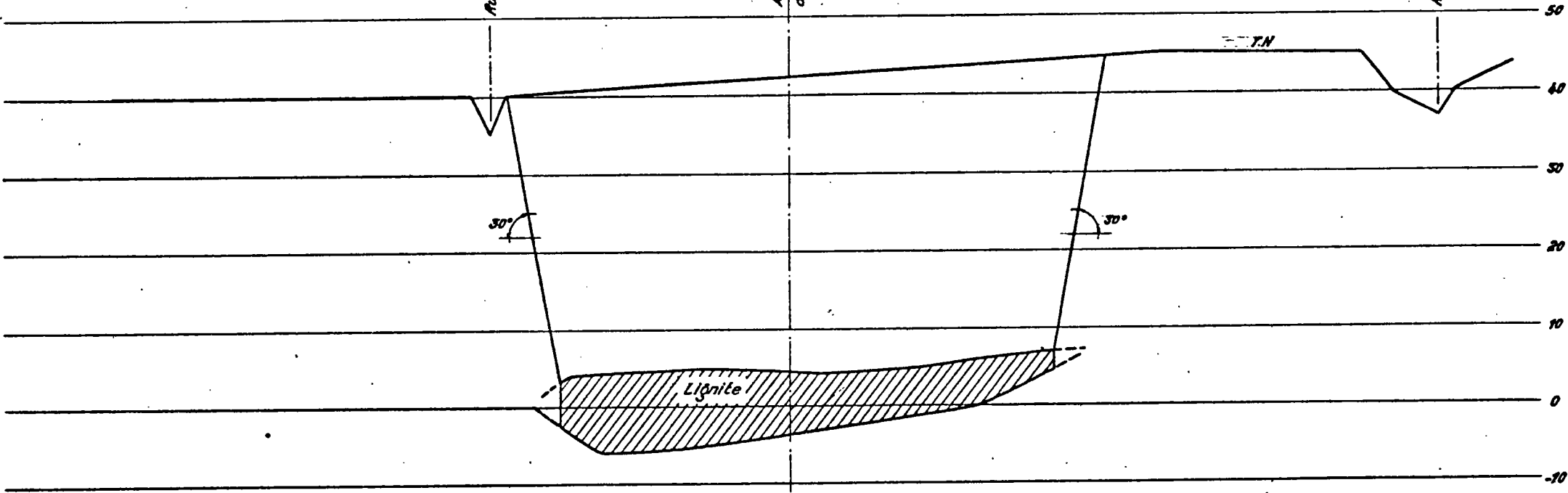
Ouest

Est

Ruisseau de Pinout

Axe de raccord
des coupes

Ruisseau de Couey

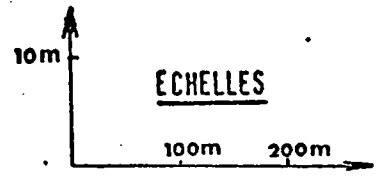
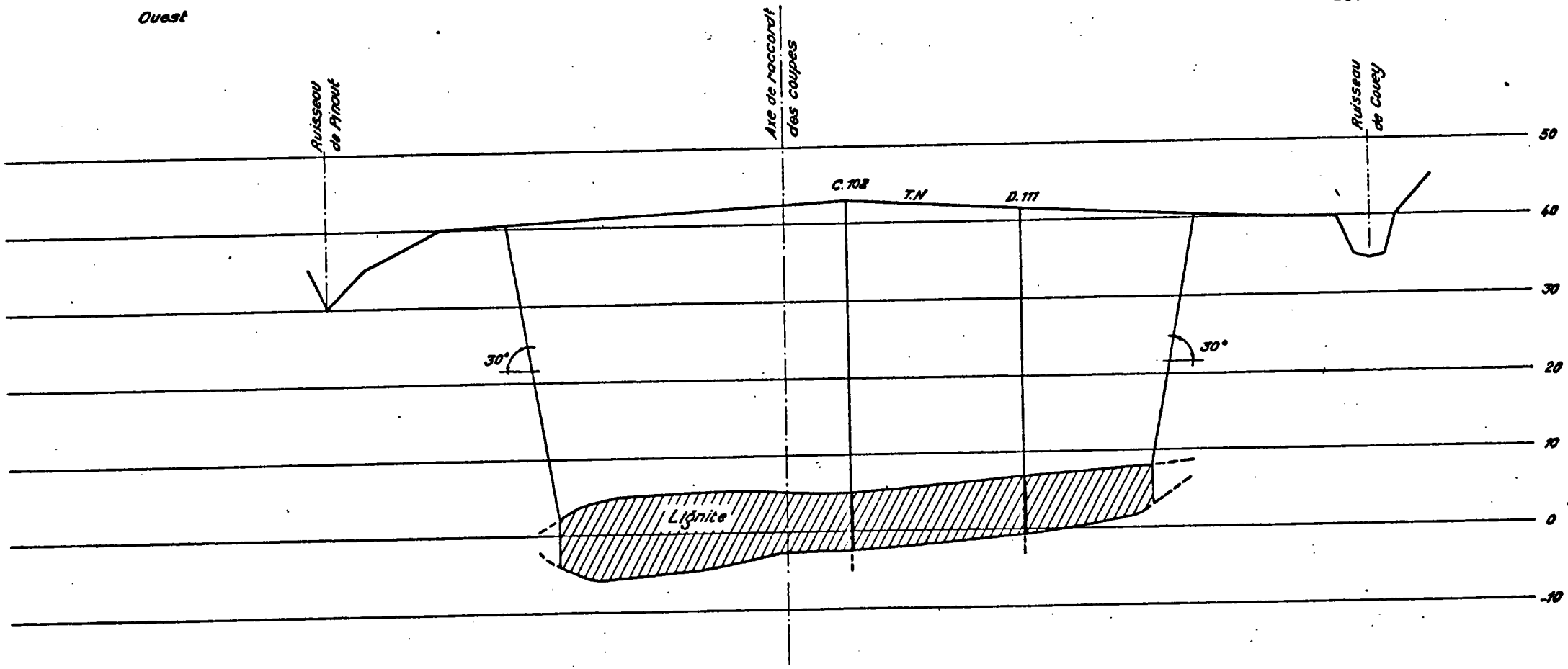


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 3

| | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--|--|
|  | socomine | N° MEZ.001.3 Date: 25.10.84 | | |
| | | | | |

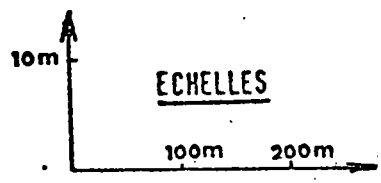
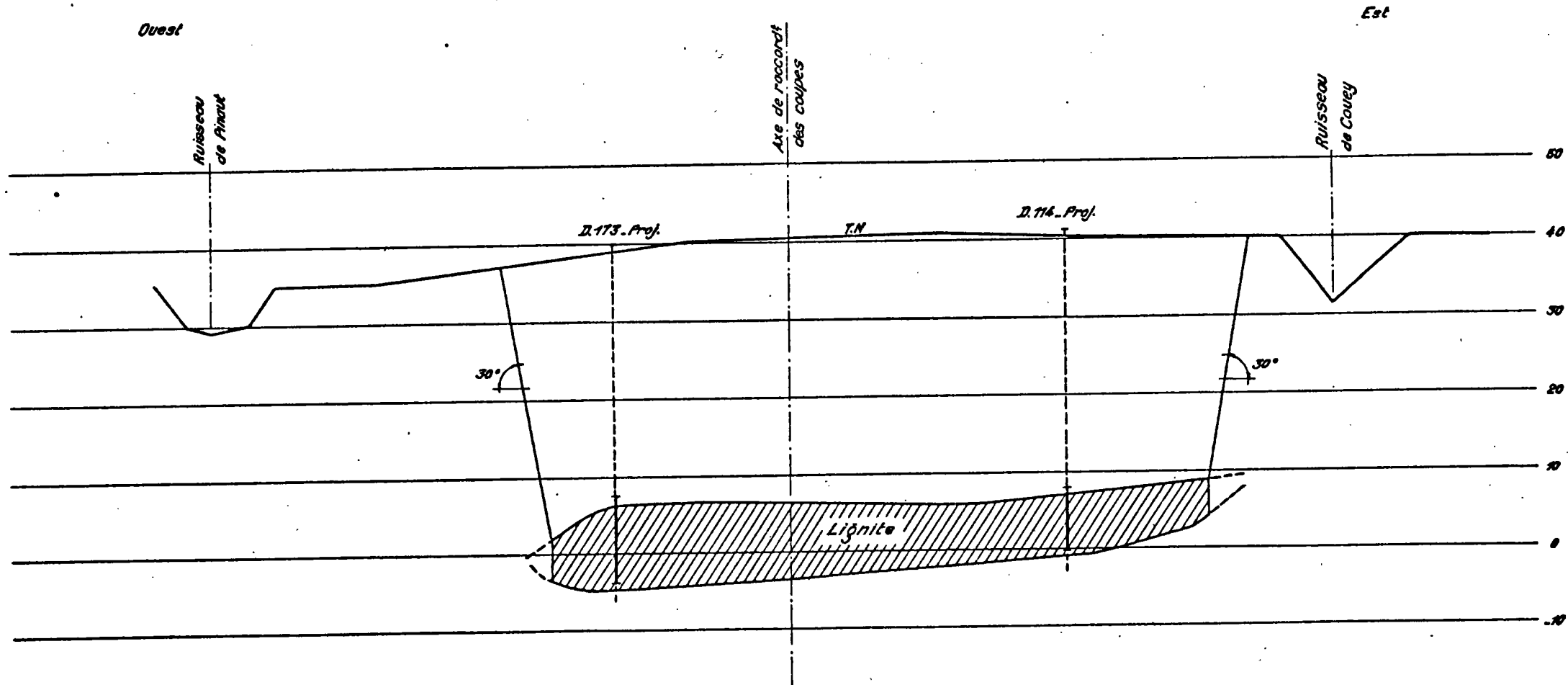
Ouest

Est



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 4

| | | | | |
|---|-----------------|-------------------------------|--|--|
|  | socomine | N°MEZ.001.4 Date: 26.10.84... | | |
| | | | | |



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 5

| | | | | |
|---|---------------------------------|--|--|--|
|  socomine | N° MEZ.001.5 Date : 26.10.84... | | | |
| | | | | |

Ouest

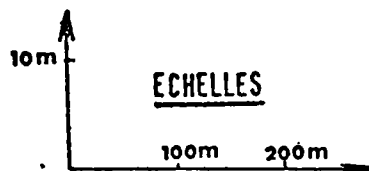
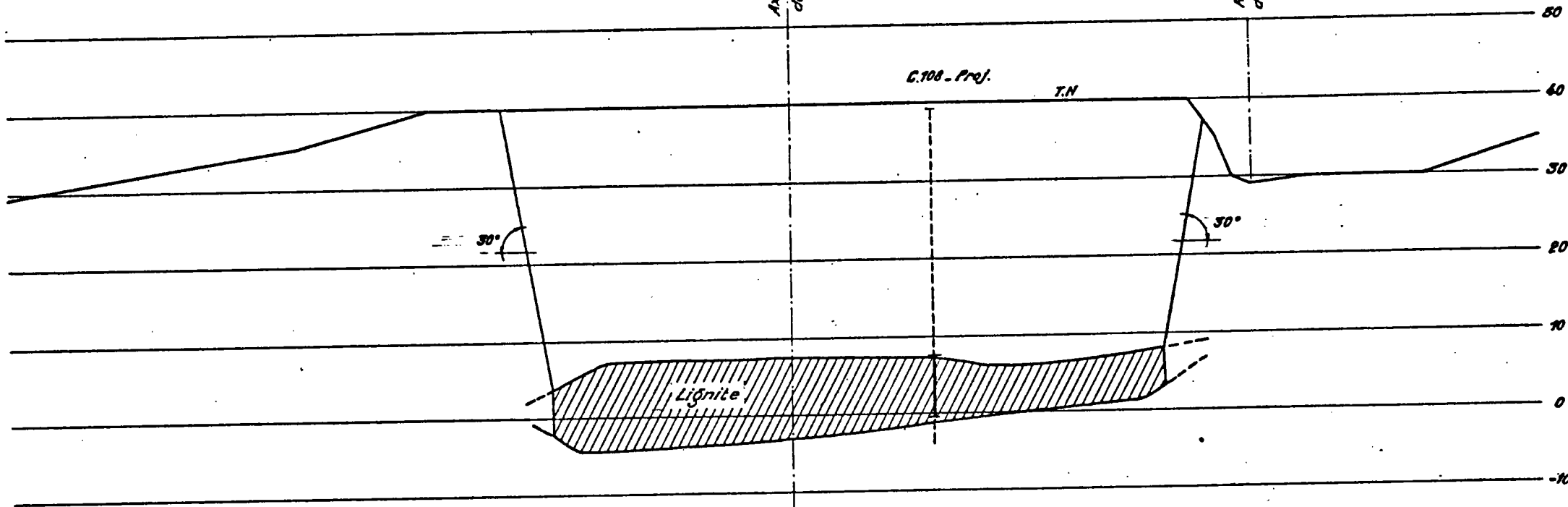
Est

Axe de raccordement
des coupes

Ruisseau
de Courcy

C.108 - Proj.

T.N



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 6

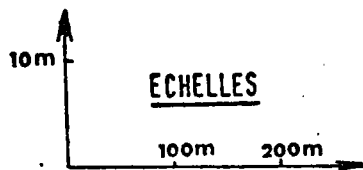
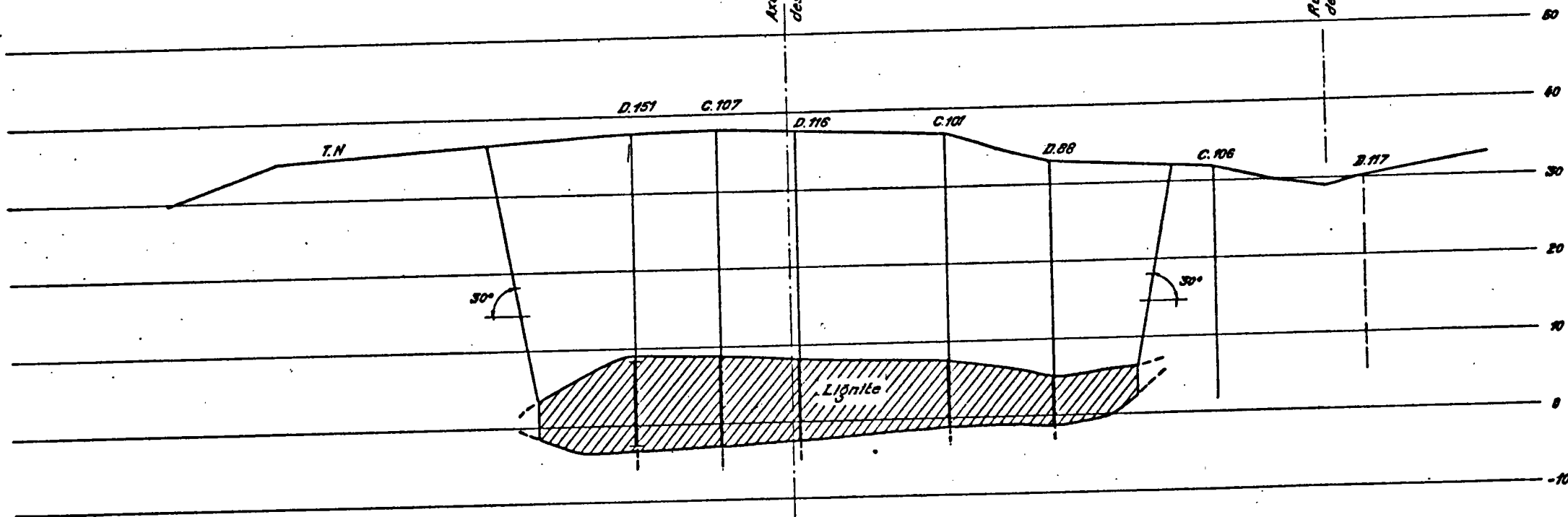
| | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N° MEZ.001.6 Date: 26.10.84... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest


Est

Arç de raccord
des coupes

Puisson
de Courcy

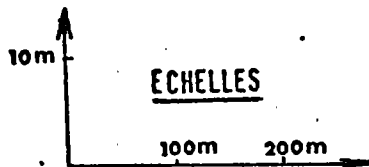
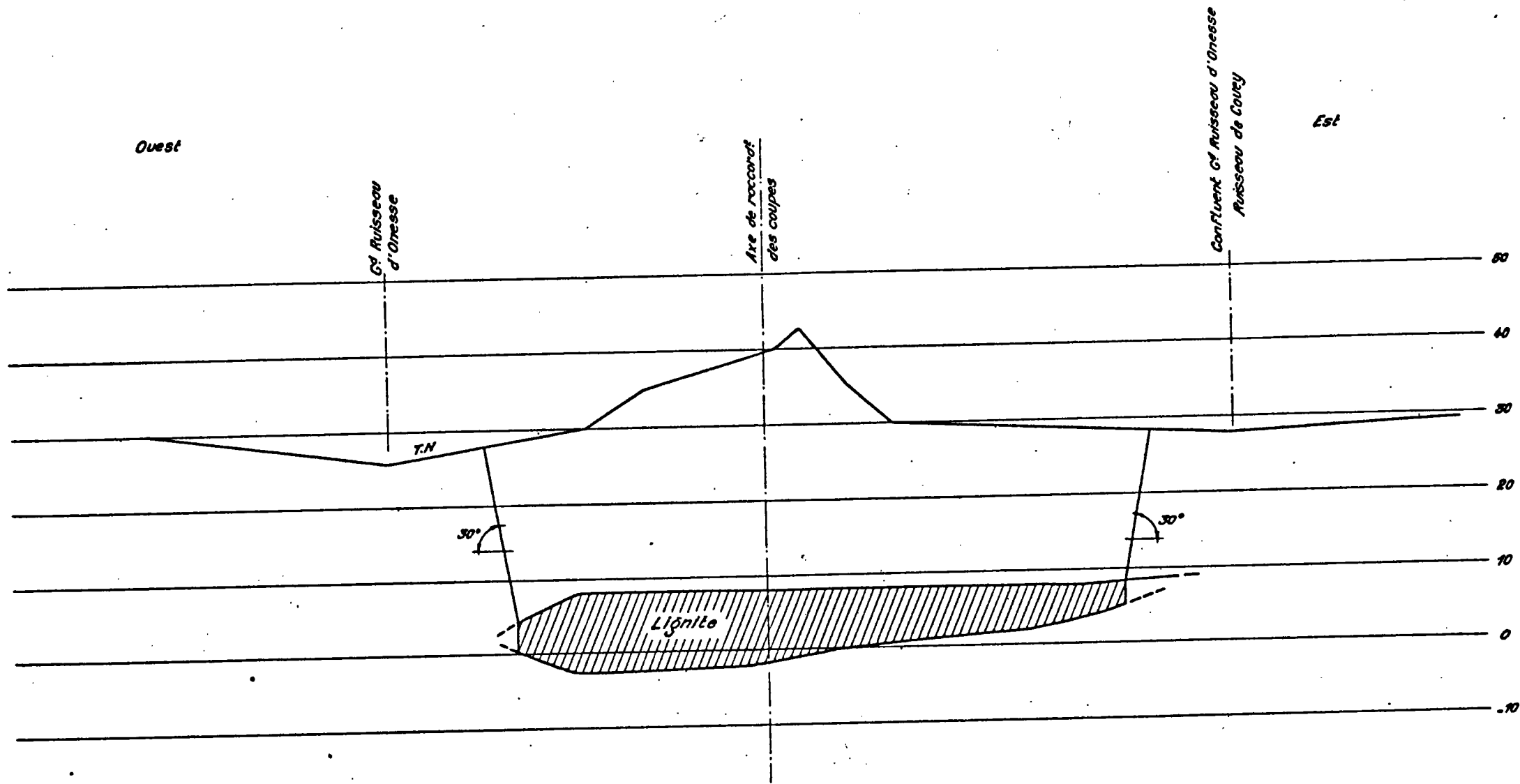


GISEMENT DE MEZOS SUD _ COUPE 7

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N°MEZ.001.7 Date:26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est



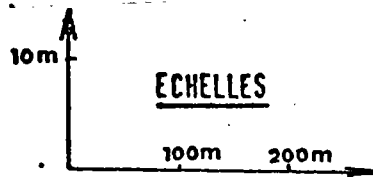
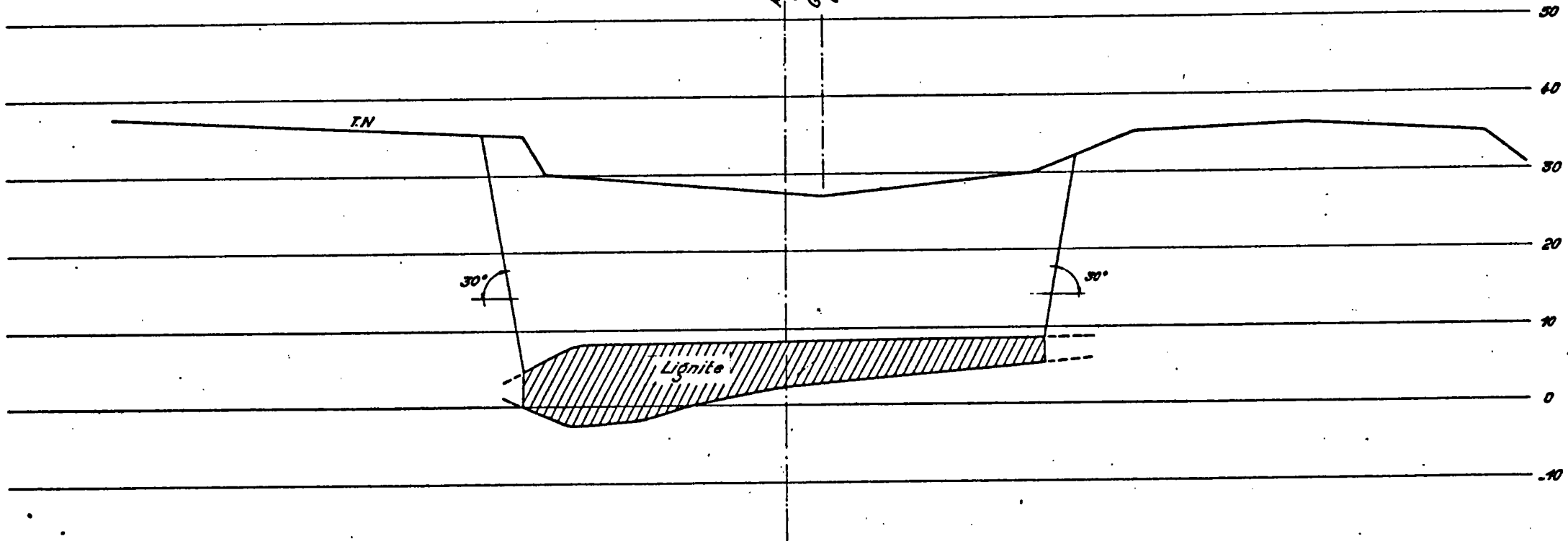
GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 8

| | | | |
|---|-----------------|---------------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N°MEZ.001. • Date : 26.10.84... | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

Axe de raccordement
des coupes
G^d Ruisseau
d'Onesse

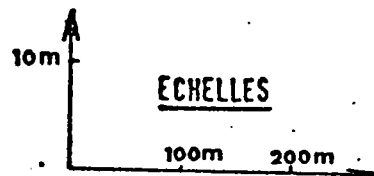
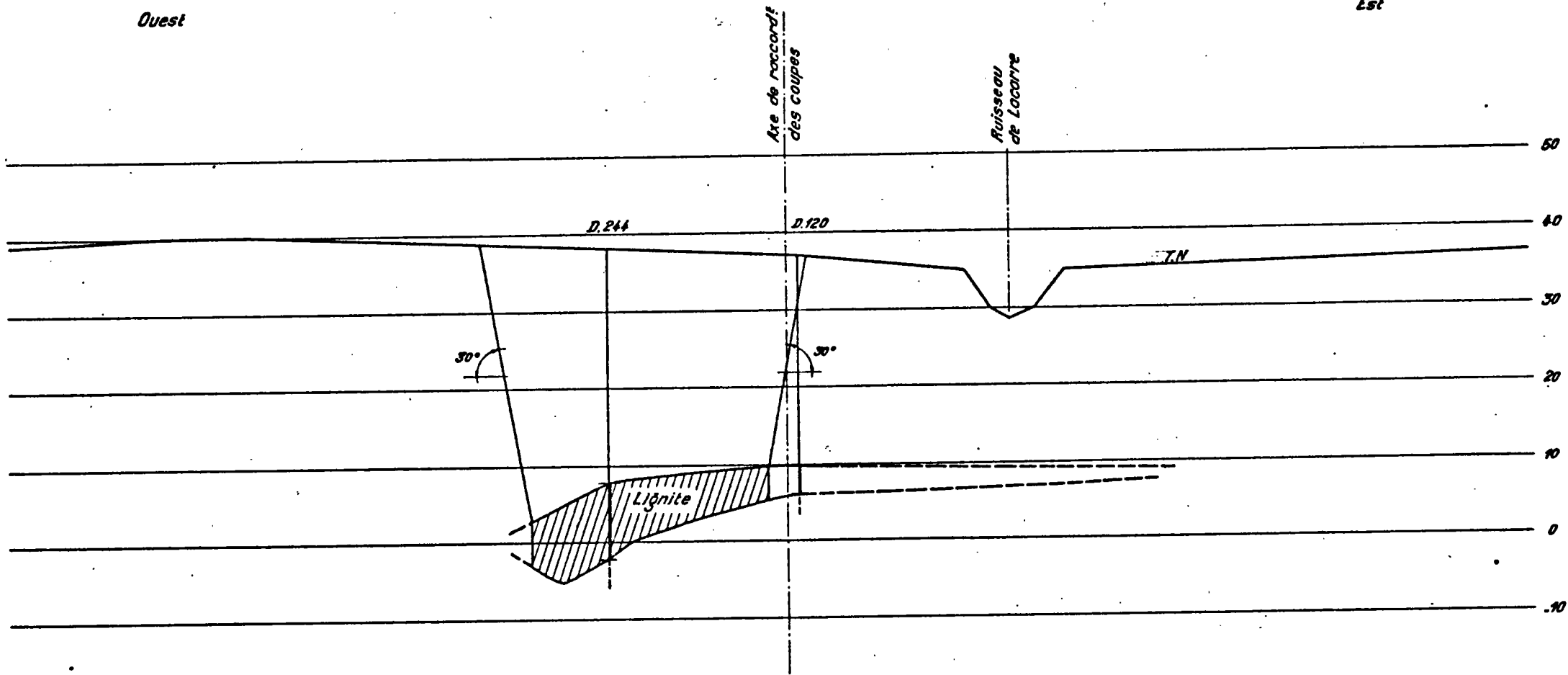


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 9

| | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N° MEZ.001.9 Date : 26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

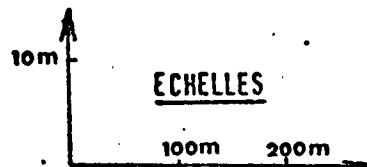
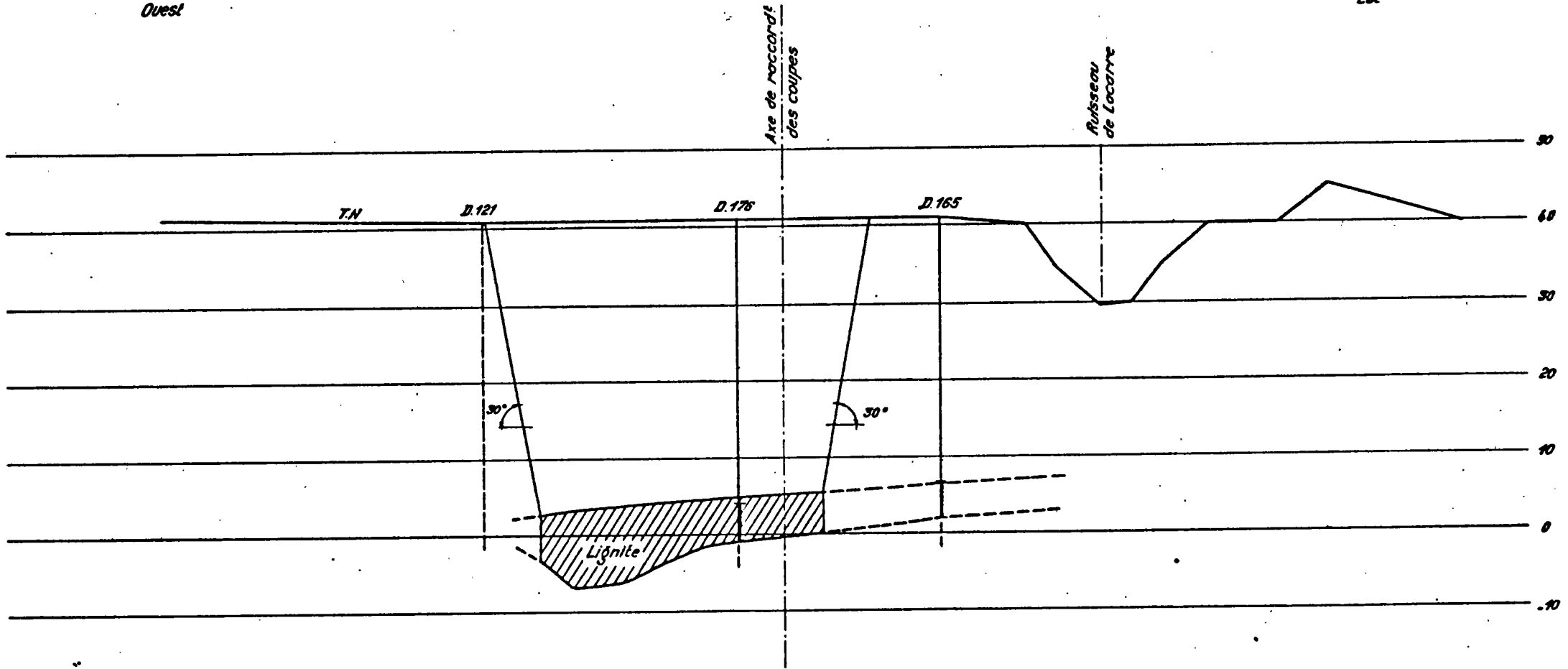


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 10

| | | | | |
|---|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N°MEZ.001.10 Date: 25.10.84... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est



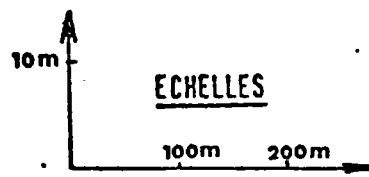
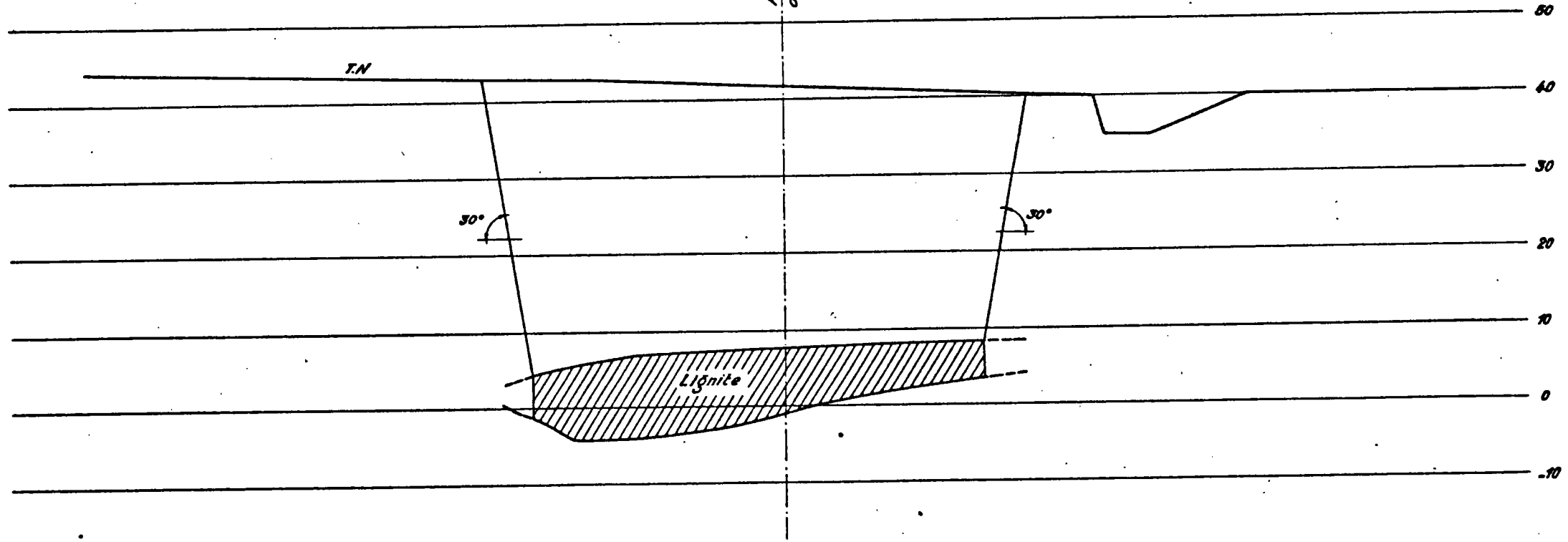
GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 11

| | | | | |
|---|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N°MEZ.001.11 Date: 26.10.94... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

Axe de raccordement
des coupes



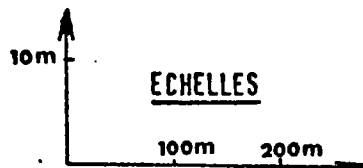
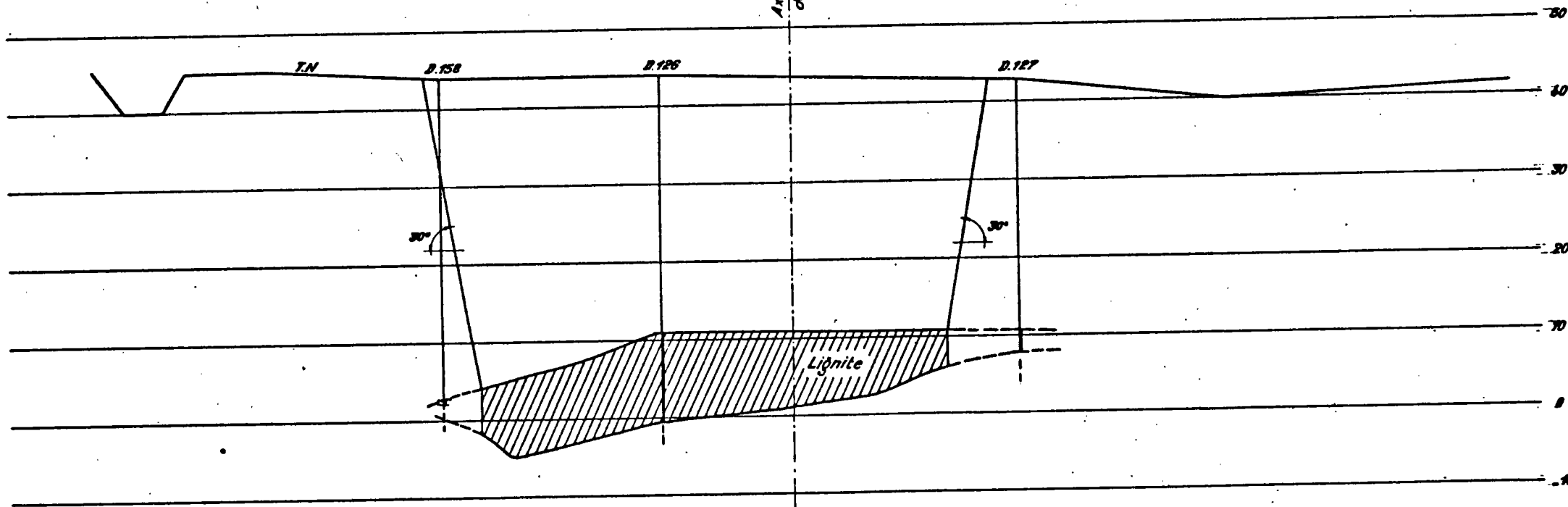
GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 12

| | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N° MEZ.001.12 Date : 26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |


Ouest

Est

Axe de raccordement
des coupes

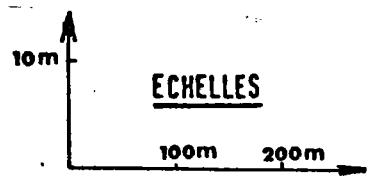
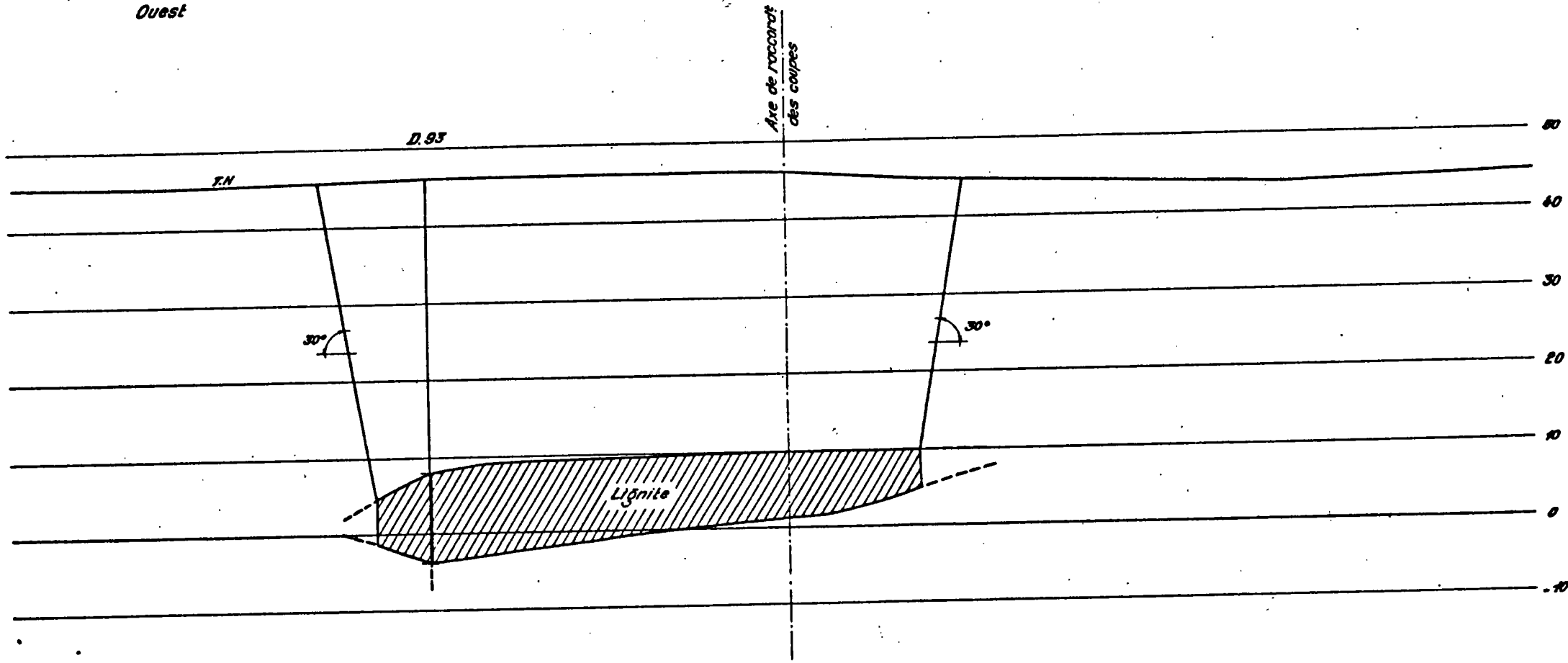


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 13

| | | | | |
|---|-----------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N°MEZ.001.13 Date : 26.10.84 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

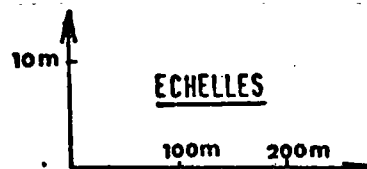
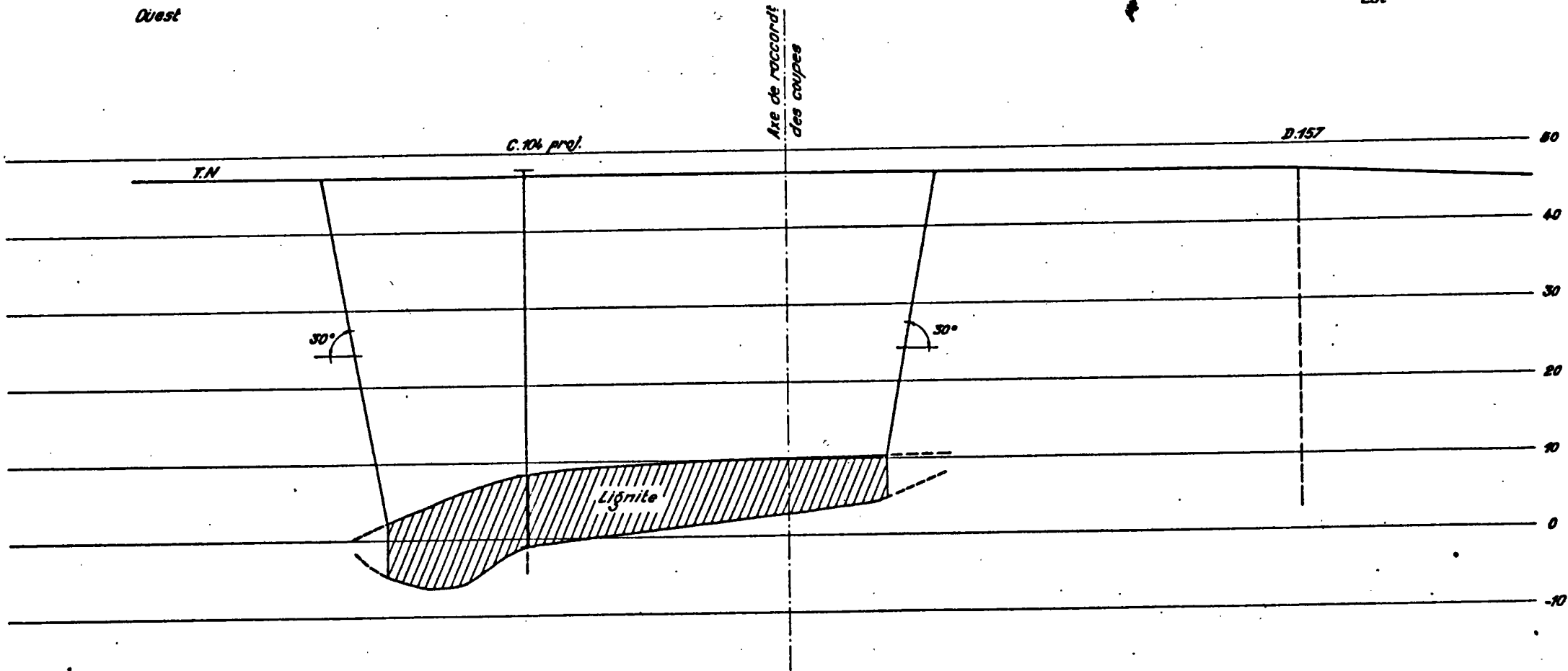


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 14

| | | | | |
|---|-----------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N° MEZ.001.14 Date: 26.10.94... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

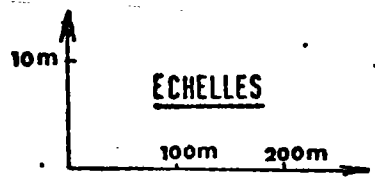
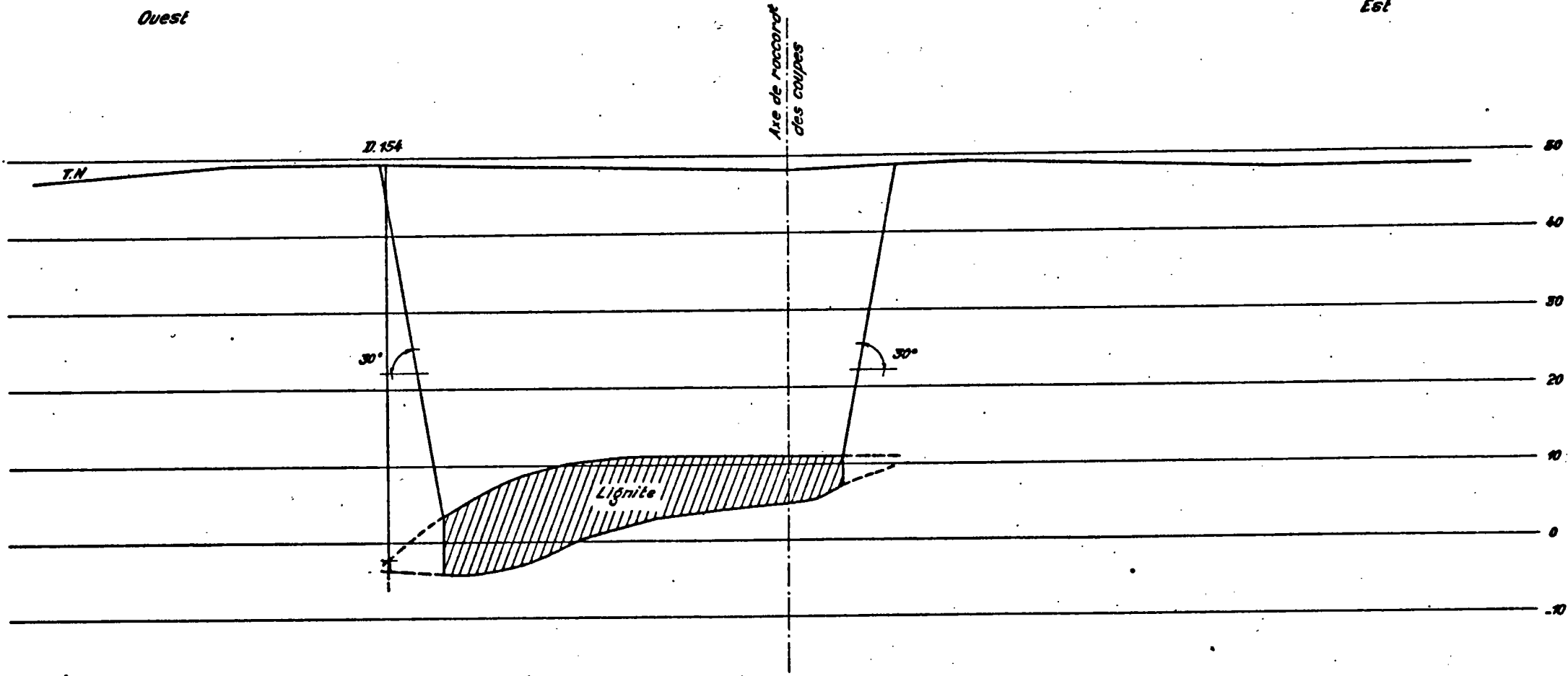


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 15

| | | | |
|---|-----------------|----------------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N° MEZ.001.15 Date : 26.10.84... | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

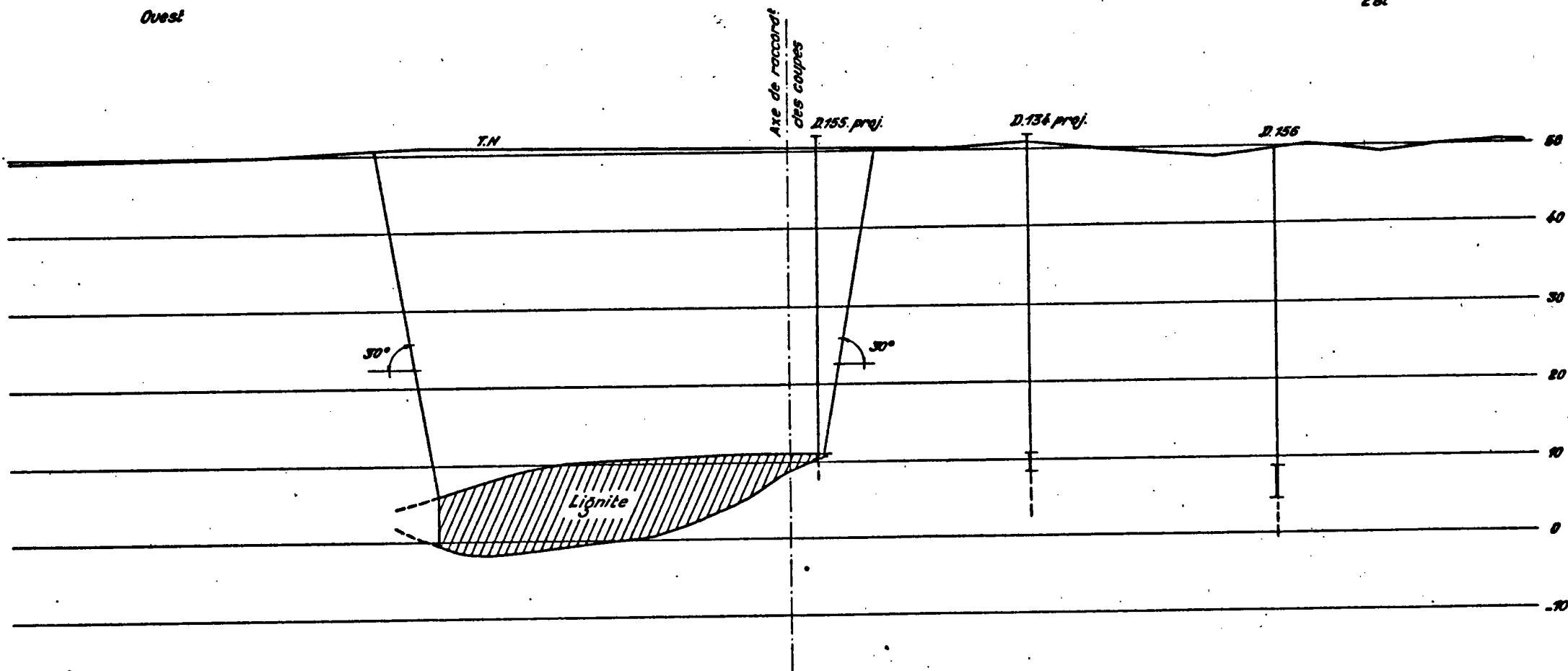


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 16

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N° MEZ.001.16 Date : 26.10.84 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

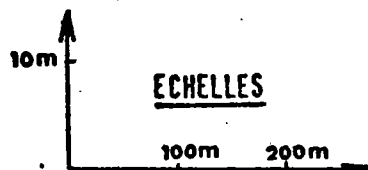
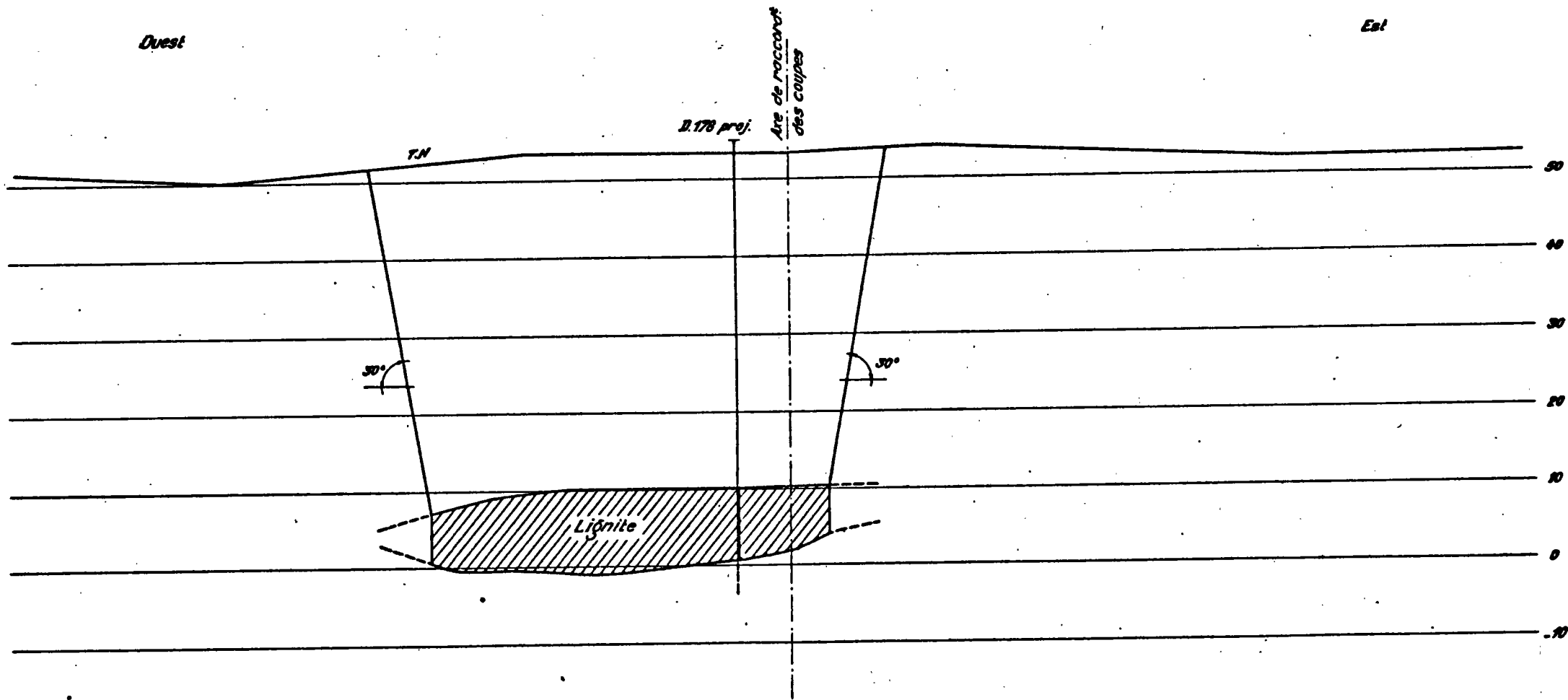


GISEMENT DE MEZOS SUD _ COUPE 17

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N°MEZ.001.17 Date :26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 18

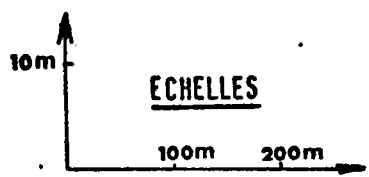
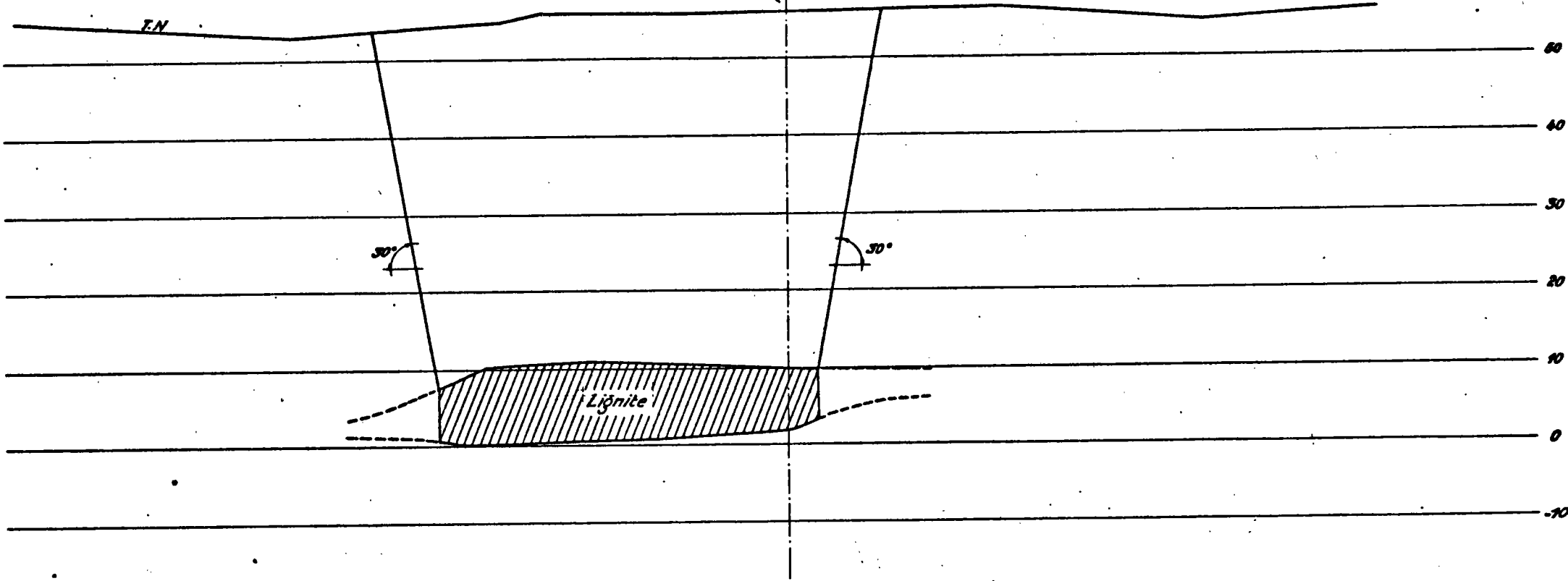
| | | | | |
|---|-----------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N° MEZ.001.18 Date : 26.10.04..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ouest

Est

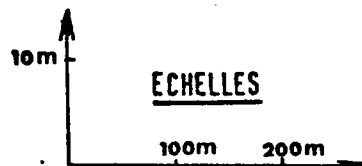
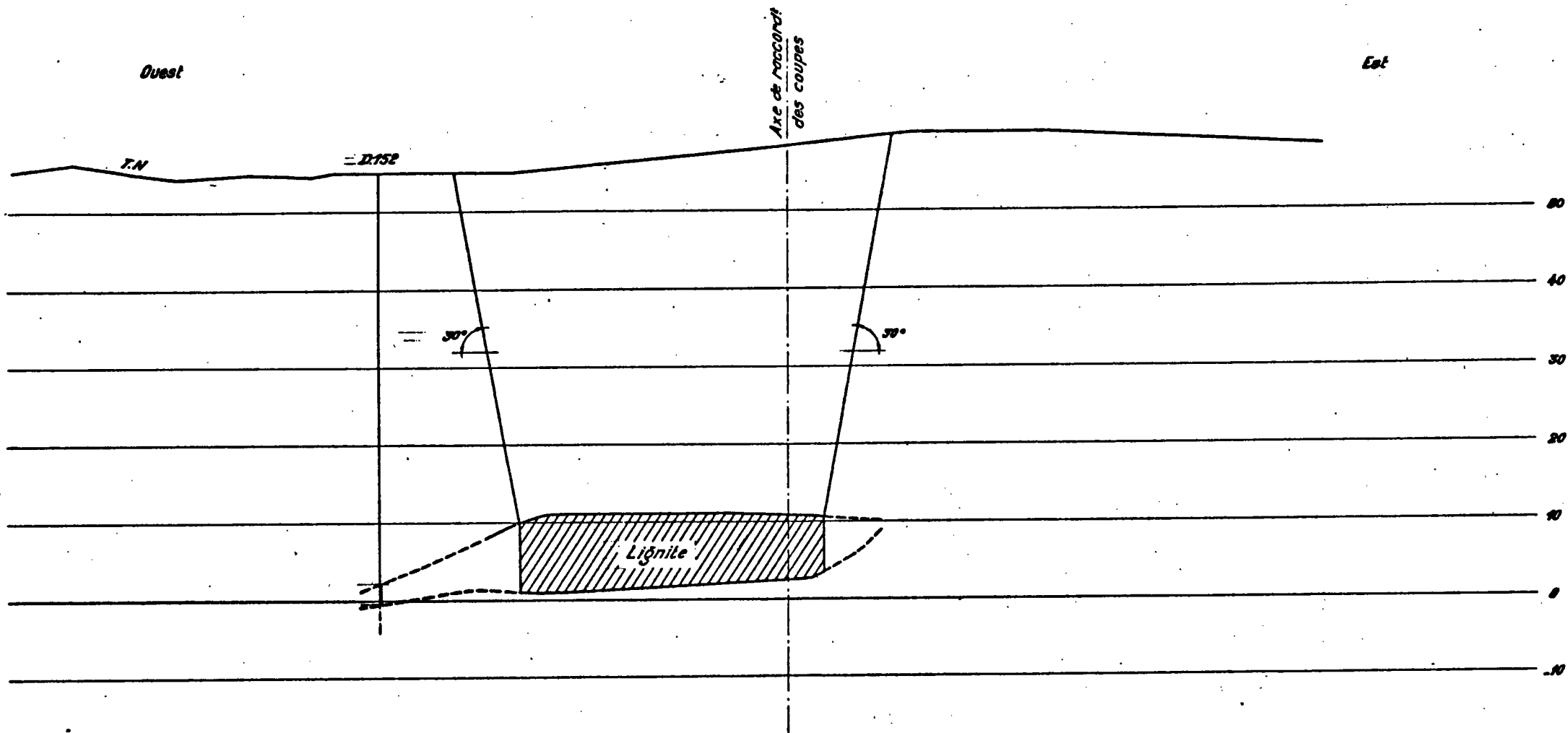
Axe de raccord
des coupes

T.N.



GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 19

| | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  socomine | N° MEZ.001.99 Date : 26.10.84.... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



GISEMENT DE MEZOS SUD _ COUPE 20

| | | | | |
|---|-----------------|---------------------------------|--|--|
|  | socomine | N° MEZ_001_20 Date: 26.10.84... | | |
| | | | | |

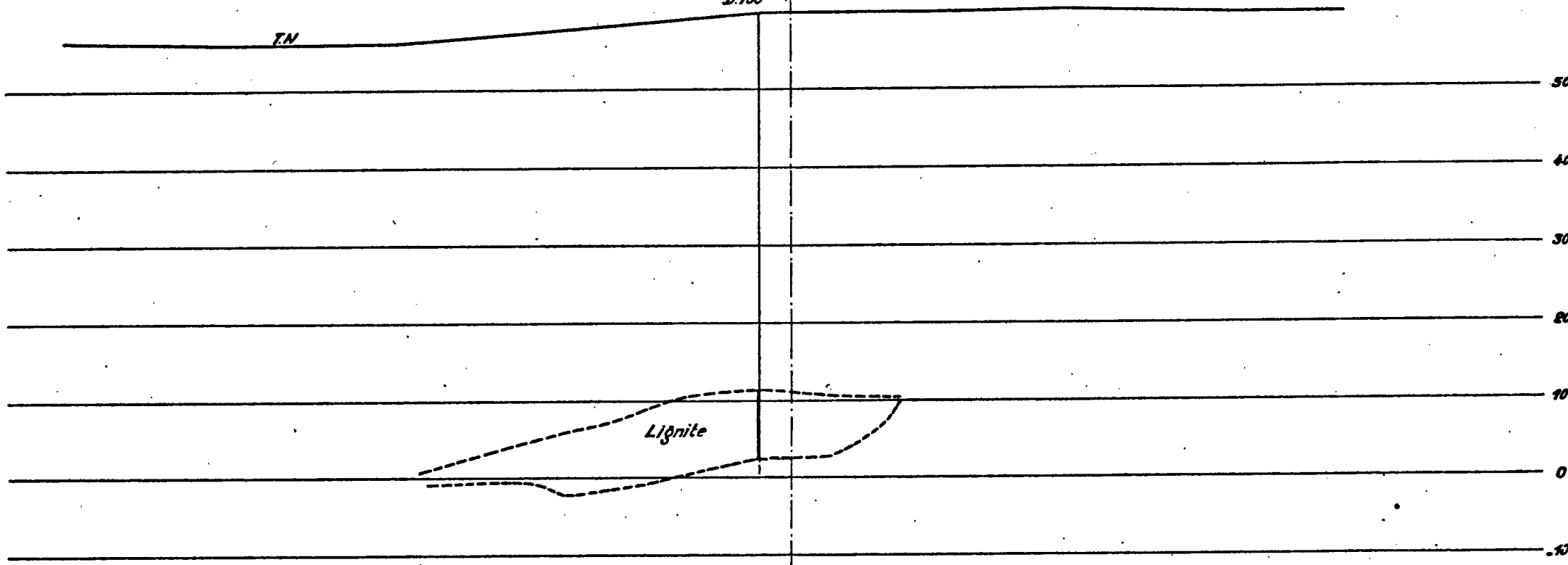
Ouest

Est

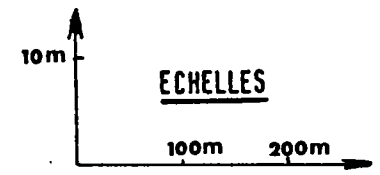
D.153

Axe de raccordement
des coupes

T.N



Lignite

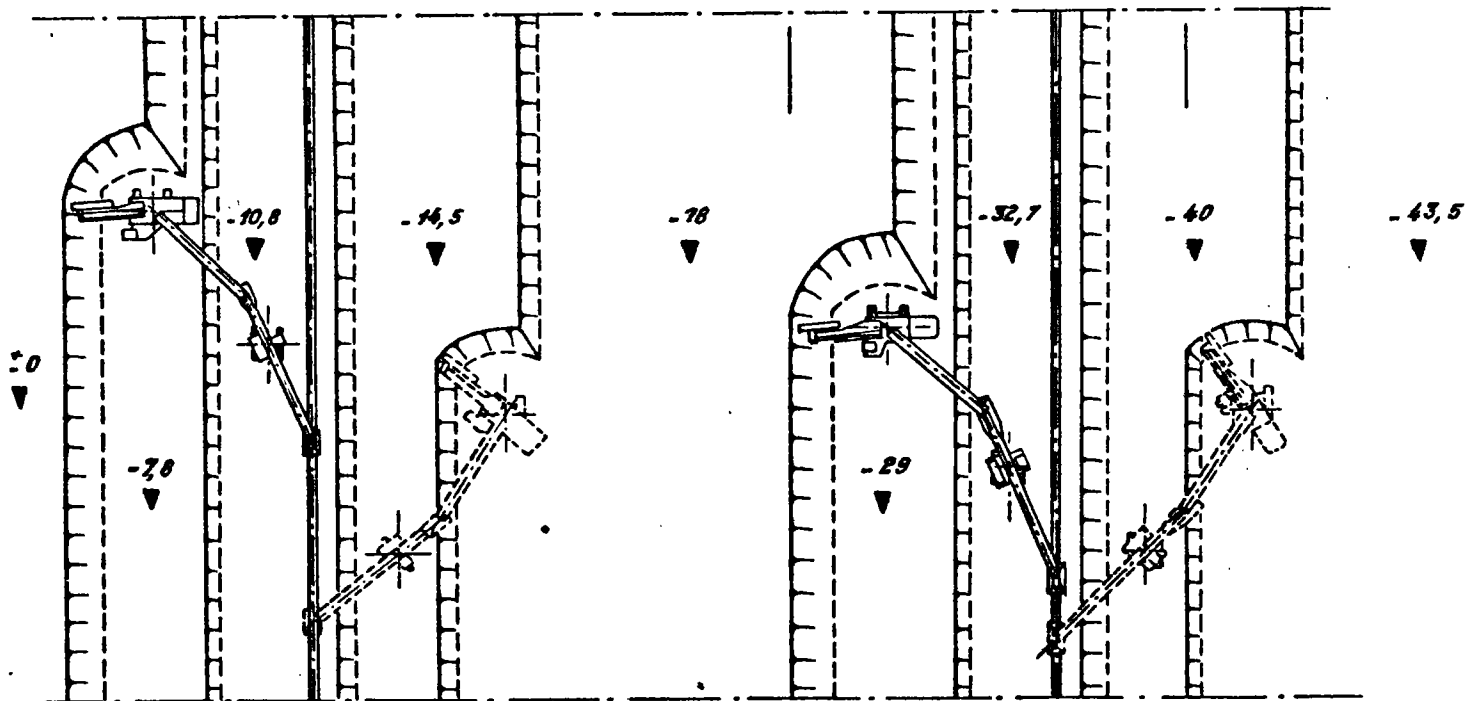
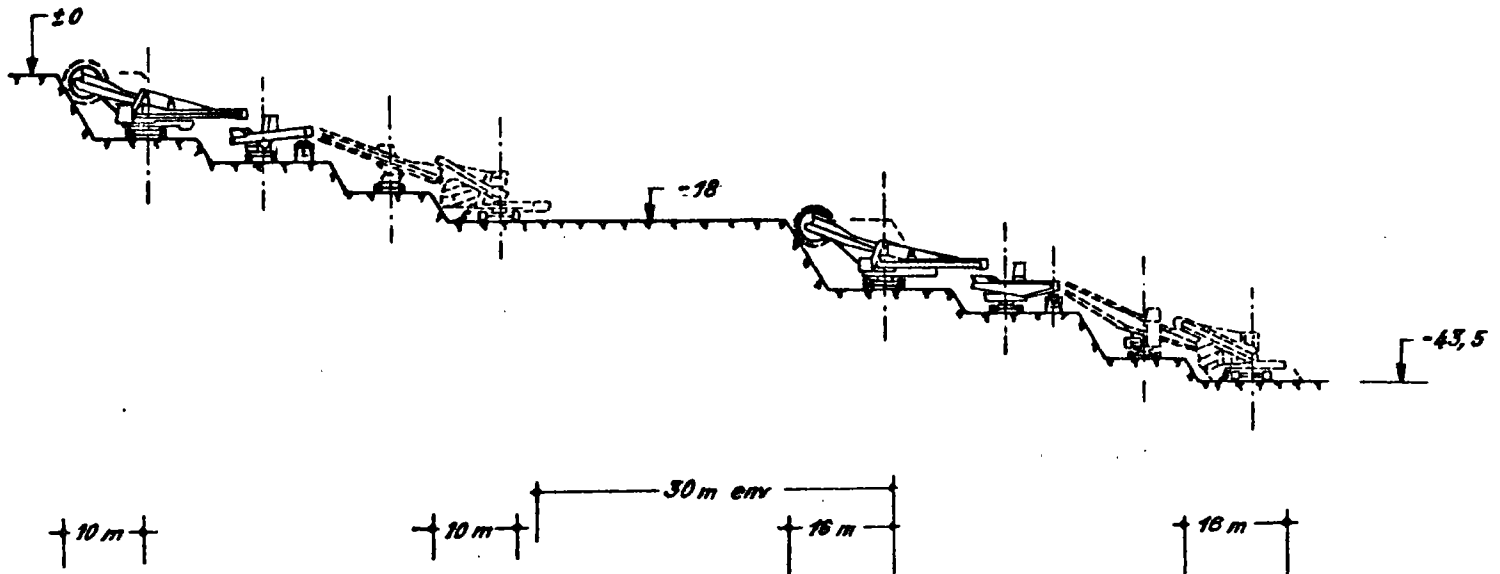


GISEMENT DE MEZOS SUD - COUPE 21

| | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  | socomine | N°MEZ.00121 Date: 26.10.84. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

MÉTHODE D'EXPLOITATION DES STÉRILES A DEUX ROUES - PELLES

VUE EN ÉLEVATION



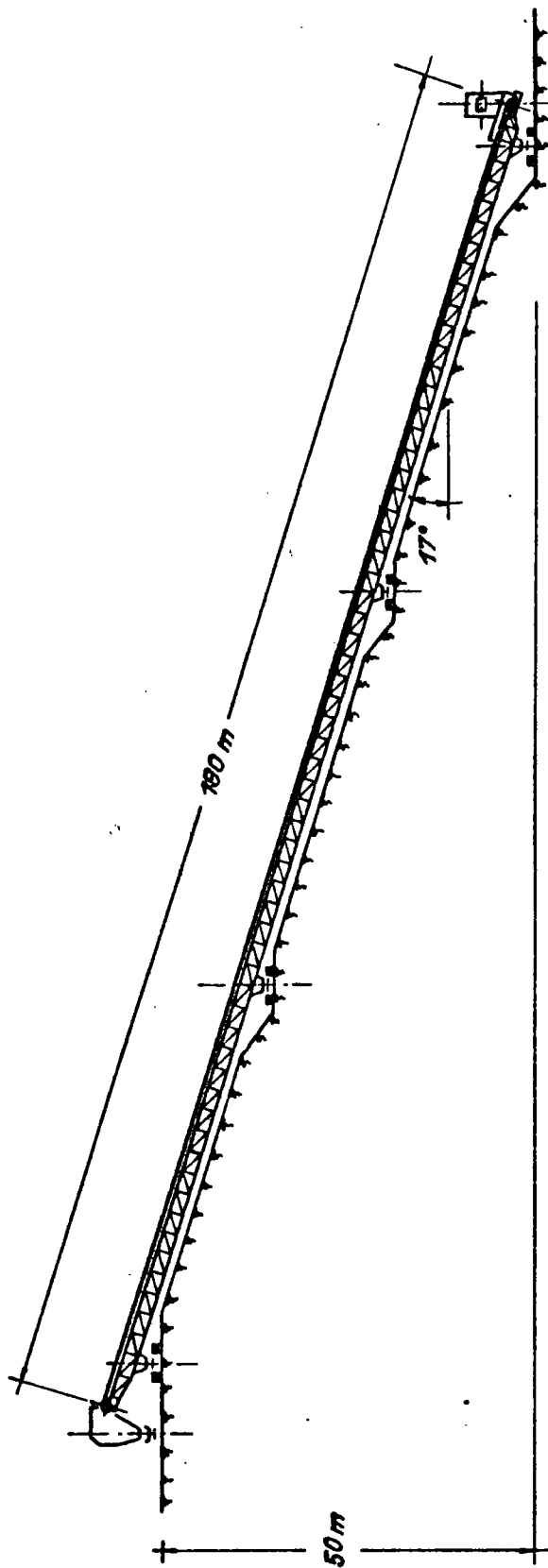
VUE EN PLAN

Echelle: /

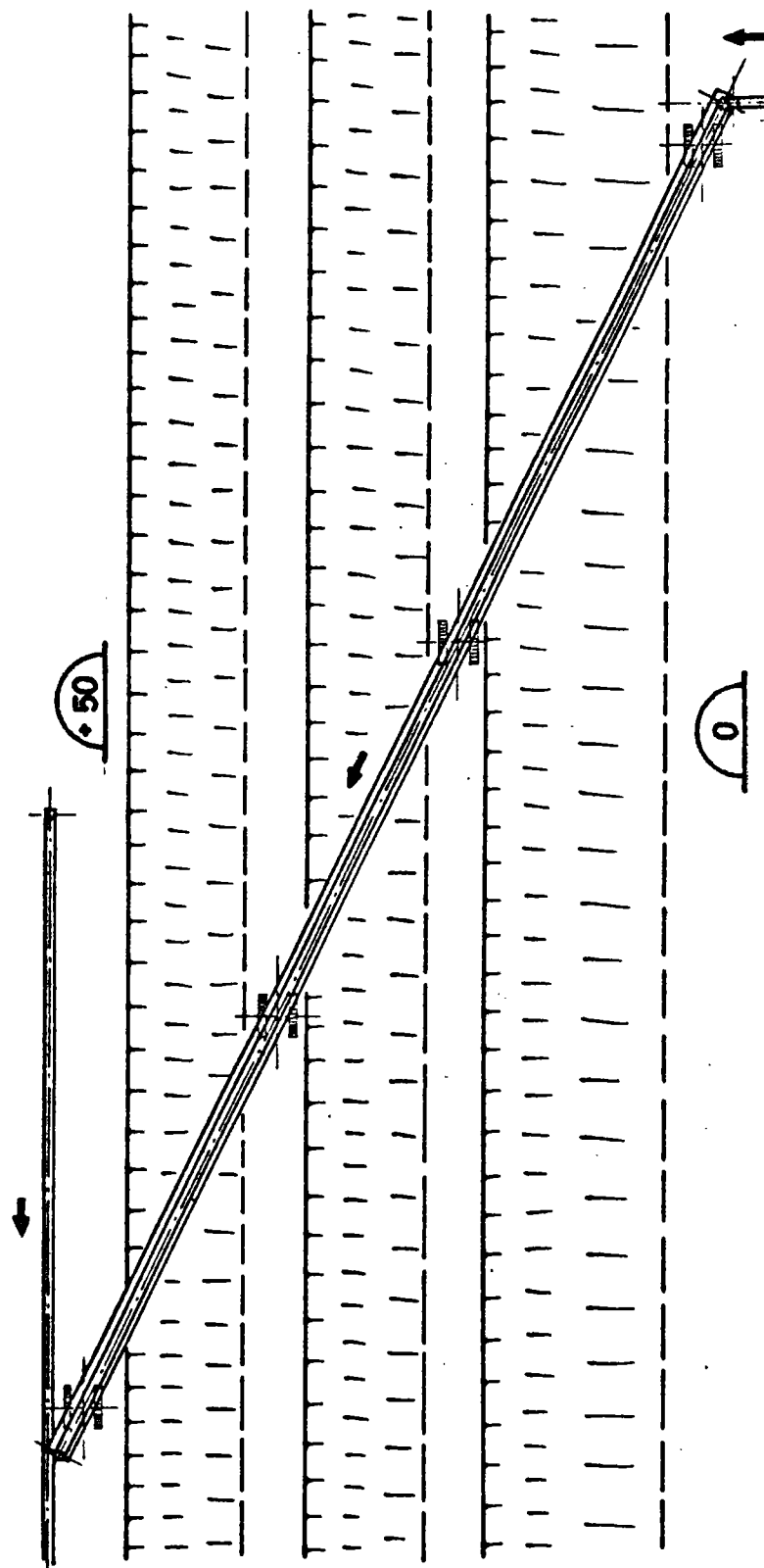
| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |

CONVOYEUR ARTICULÉ SUR CHASSIS CHENILLÉ

VUE EN ÉLEVATION



VUE EN PLAN



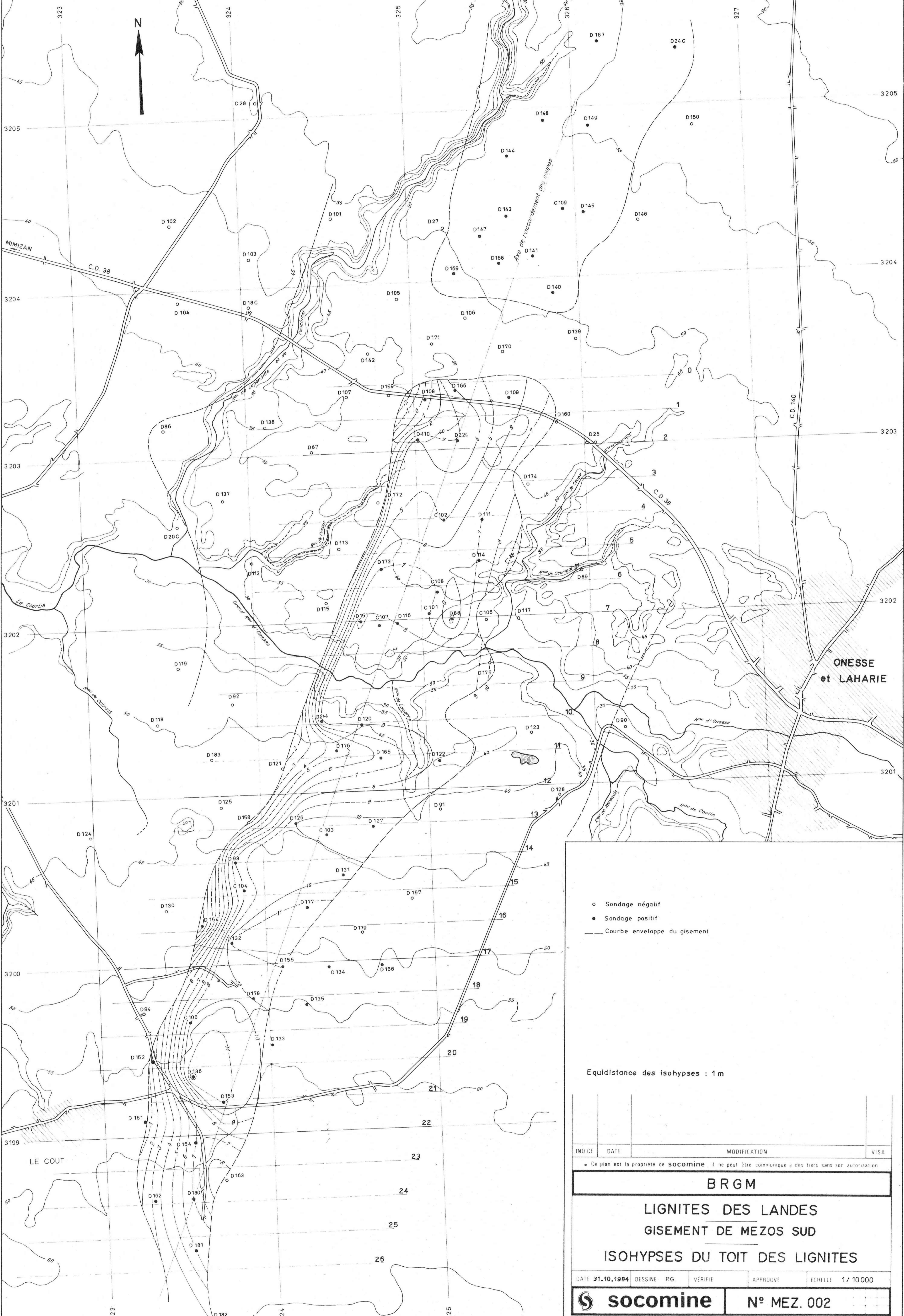
ÉCHELLE : /



socomine

N° MEZ.008 Date : 20.12.1984

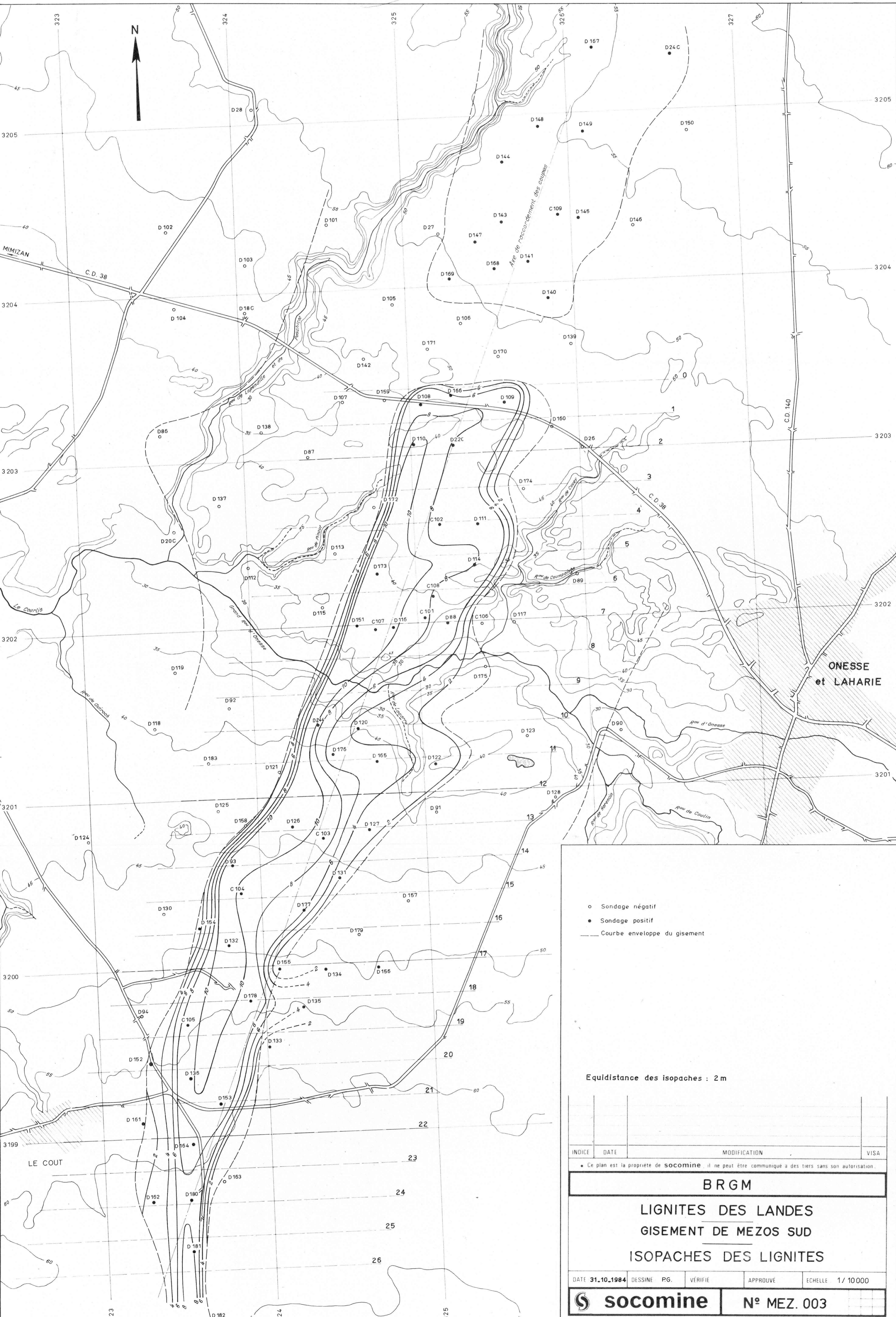
| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



- Sondage négatif
- Sondage positif
- Courbe enveloppe du gisement

Equidistance des isohypses : 1 m

| | | | |
|--|------------|--------------|---------|
| INDICE | DATE | MODIFICATION | VISA |
| • Ce plan est la propriété de socomine il ne peut être communiqué à des tiers sans son autorisation | | | |
| BRGM | | | |
| LIGNITES DES LANDES | | | |
| GISEMENT DE MEZOS SUD | | | |
| ISOHYPSES DU TOIT DES LIGNITES | | | |
| DATE | 31.10.1984 | DESSINE PG. | VERIFIE |
| APPROUVÉ | ECHELLE | 1 / 10 000 | |
| socomine | | N° MEZ. 002 | |



- Sondage négatif
- Sondage positif
- Courbe enveloppe du gisement

Equidistance des isopaches : 2 m

| INDICE | DATE | MODIFICATION | VISA |
|--------|------|--------------|------|
| | | | |

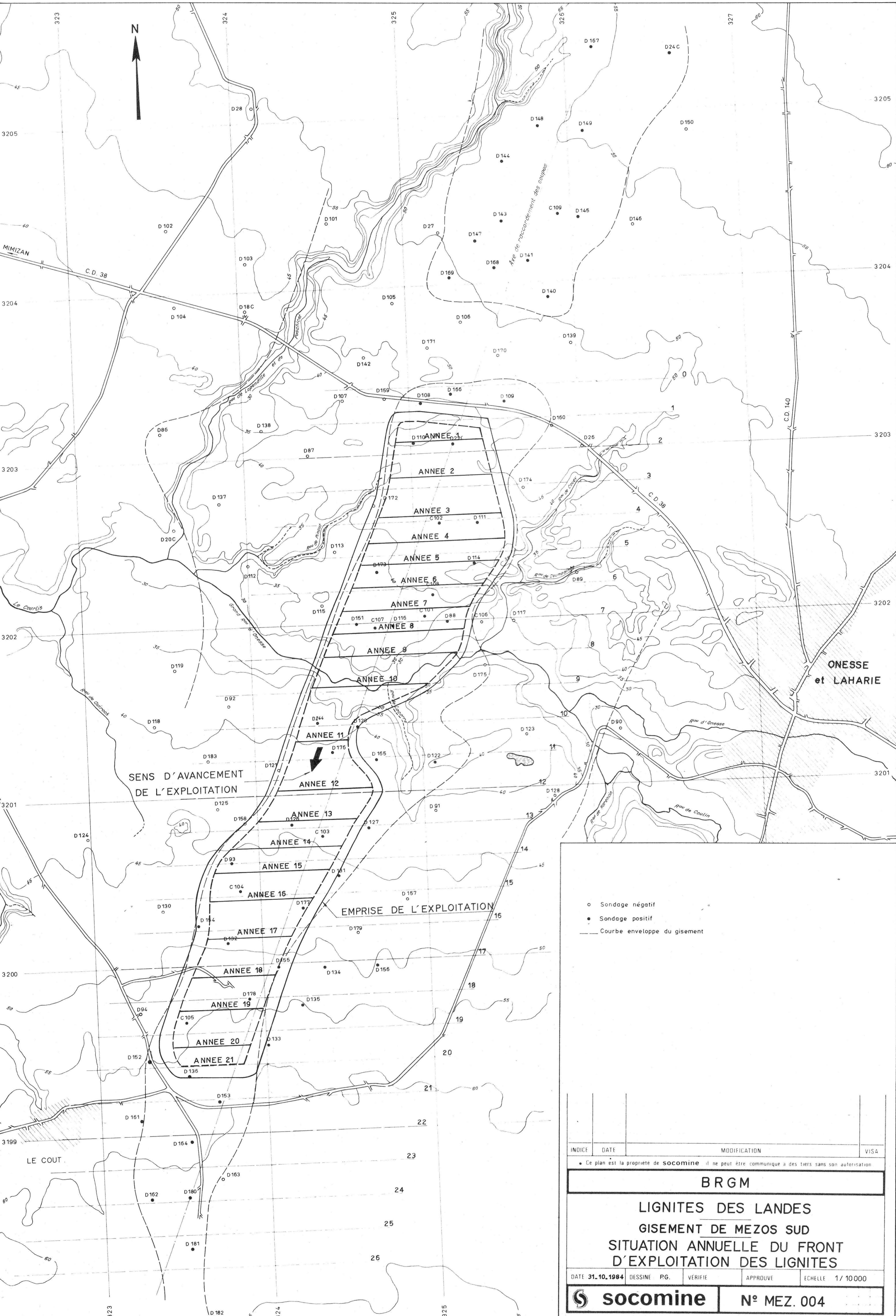
• Ce plan est la propriété de **socomine** il ne peut être communiqué à des tiers sans son autorisation.

BRGM

LIGNITES DES LANDES
GISEMENT DE MEZOS SUD
ISOPACHES DES LIGNITES

| | | | | |
|-----------------|-------------|---------|----------|-------------------|
| DATE 31.10.1984 | DESSINE PG. | VÉRIFIÉ | APPROUVÉ | ECHELLE 1/ 10 000 |
|-----------------|-------------|---------|----------|-------------------|

N° MEZ. 003



SENS D'AVANCEMENT
DE L'EXPLOITATION

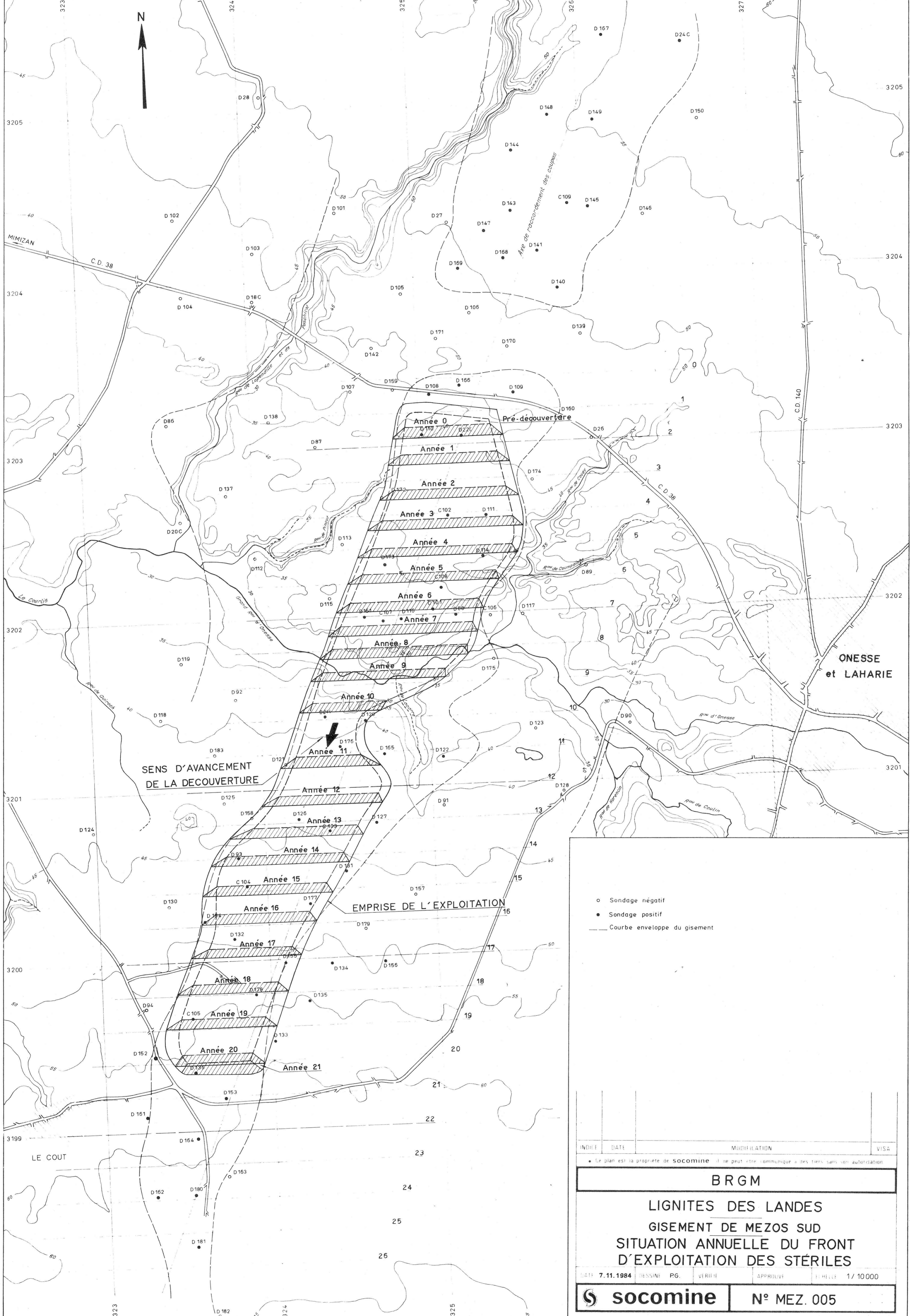
EMPRISE DE L'EXPLOITATION

ONESSE
et LAHARIE

LE COUT

- Sondage négatif
- Sondage positif
- Courbe enveloppe du gisement

| INDICE | DATE | MODIFICATION | VISA |
|---|------------|---------------------------|-----------------|
| <p>• Ce plan est la propriété de socomine il ne peut être communiqué à des tiers sans son autorisation</p> | | | |
| <p>BRGM</p> | | | |
| <p>LIGNITES DES LANDES</p> | | | |
| <p>GISEMENT DE MEZOS SUD</p> | | | |
| <p>SITUATION ANNUELLE DU FRONT</p> | | | |
| <p>D'EXPLOITATION DES LIGNITES</p> | | | |
| DATE | 31.10.1984 | DESSINE PG. | VERIFIE |
| | | APPROUVE | ECHELLE 1/10000 |
| <p>socomine</p> | | <p>N° MEZ. 004</p> | |



SENS D'AVANCEMENT
DE LA DECOUVERTURE

EMPRISE DE L'EXPLOITATION

○ Sondage négatif
● Sondage positif
--- Courbe enveloppe du gisement

| | | | |
|--|-------------|--------------------|----------|
| INDICE | DATE | MODIFICATION | VISA |
| <p>• Le plan est la propriété de socomine il ne peut être communiqué à des tiers sans son autorisation.</p> <p align="center">BRGM</p> <p align="center">LIGNITES DES LANDES GISEMENT DE MEZOS SUD SITUATION ANNUELLE DU FRONT D'EXPLOITATION DES STÉRILES</p> | | | |
| DATE 7.11.1984 | DESSINE PG. | VERIFIE | APPROUVE |
| <p>socomine</p> | | <p>N° MEZ. 005</p> | |

VUE EN PLAN

SUD

NOMENCLATURE

- EXTRACTION DES STERILES
- ① Bouteur d'alimentation du rockbelt
 - ② Rockbelt
 - ③ Convoyeur d'antenne (sauterelle)
 - ④ Convoyeur ripable
 - ⑤ Double convoyeur à clapets sur poutre mobile
 - ⑥ Convoyeur allongeable
 - ⑦ Chariot verseur
 - ⑧ Convoyeur ripable
 - ⑨ Chariot verseur
 - ⑩ Remblayeur

EXTRACTION DU LIGNITE

- ⑪ Roue-pelle
- ⑫ Convoyeur ripable
- ⑬ Convoyeur d'antenne (Sauterelle)
- ⑭ Convoyeur allongeable

TETE MOTRICE CONVOYEUR

EST

OUEST

EXTRACTION DES STERILES

EXTRACTION DU LIGNITE

NORD

± 0

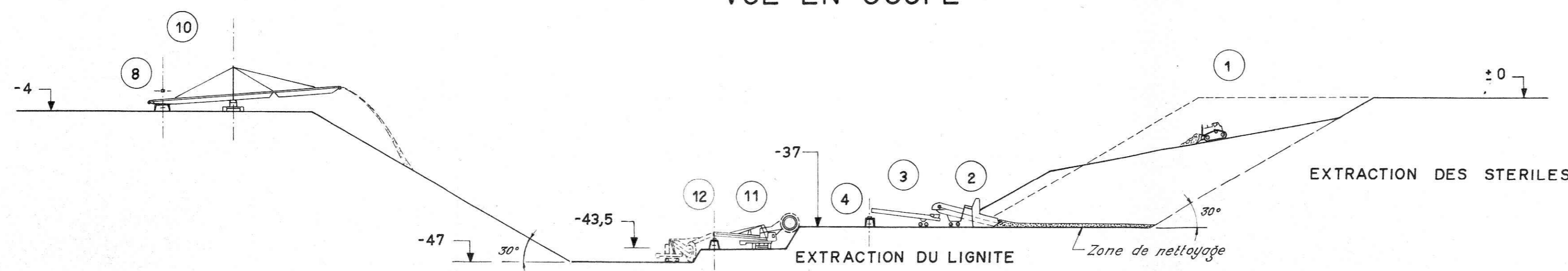
± 0

Pente de 18°

NORD

VUE EN COUPE

SUD



| | | | |
|---|--------------|--------------|----------|
| INDICE | DATE | MODIFICATION | VISA |
| • Ce plan est la propriété de socomine et ne peut être communiqué à des tiers sans son autorisation. | | | |
| BRGM | | | |
| LIGNITES DES LANDES GISEMENT DE MEZOS SUD | | | |
| MÉTHODE D'EXPLOITATION | | | |
| DATE 12.11.1984 | DESSINÉ P.G. | VÉRIFIÉ | APPROUVÉ |
| socomine | | N° MEZ.006 | |

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

HYDROGÉOLOGIE, DÉNOYAGE



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

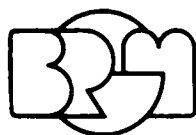
MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

HYDROGÉOLOGIE, DÉNOYAGE

par
C. MONDEILH



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer, 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

MODELE D'EXHAURE

S O M M A I R E

| | <u>Pages</u> |
|---|--------------|
| <u>LISTE DES FIGURES</u> | |
| <u>LISTE DES PLANCHES HORS TEXTE</u> | |
| <u>INTRODUCTION</u> | 1 |
| | |
| <u>1ère PARTIE : DEFINITION DES RESERVOIRS AQUIFERES - RESULTATS DES FORAGES HYDROGEOLOGIQUES</u> | |
| | |
| <u>1 - DEFINITION DES RESERVOIRS AQUIFERES</u> | 3 |
| 1.1 - <u>Succession lithologique régionale synthétique</u> | 3 |
| 1.2 - <u>Définition des réservoirs aquifères</u> | 4 |
| 1.2.1 - Réservoirs constitués par les formations continentales | 4 |
| 1.2.2 - Réservoir des formations marines du Miocène | 5 |
| 1.3 - <u>Disposition des différents ensembles aquifères</u> | 6 |
| 1.3.1 - Coupe 1 - MIMIZAN - SOLFERINO | 6 |
| 1.3.2 - Coupe 2 - CONTIS - MORCENX | 7 |
| 1.3.3 - Coupe 3 - LIT et MIXE - RION des LANDES | 8 |
| | |
| <u>2 - LA CAMPAGNE DE FORAGES HYDROGEOLOGIQUES</u> | 9 |
| 2.1 - <u>Implantation des forages</u> | 9 |
| 2.2 - <u>Généralités sur les travaux de forages hydrogéologiques</u> | 11 |
| 2.3 - <u>Site 1 sur la parcelle communale n° 364 d'ONESSE et LAHARIE</u> | 13 |
| 2.3.1 - Transformation du sondage carotté C.201 en piézomètre à prises de charge multiples | 13 |
| 2.3.2 - Approfondissement du forage captant les graviers sous lignite | 15 |
| 2.3.3 - Forage des graviers sur lignite - P.2 | 18 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4 - Forage aux Sables des Landes - P.3 | 21 |
| 2.4 - <u>Site 2 près de la départementale D.38 reliant ONESSE à MIMIZAN</u> | 23 |
| 2.4.1 - Forage P.4 dans les graviers sur et sous lignites | 23 |
| 2.4.2 - Piézomètre P.5 dans les graviers sur lignite | 23 |
| 2.5 - <u>Site 3 sur la plateforme de l'ancienne voie de chemin de fer reliant MORCENX à St-JULIEN-en-BORN</u> | 25 |
| 2.5.1 - Forage P.7 dans les graviers de base | 25 |
| 2.5.2 - Forage P.8 dans les Sables des Landes | 25 |
| 2.5.3 - Essai de pompage à débit constant sur le P.7 | 26 |
| 2.5.4 - Analyse chimique | 26 |
| 2.6 - <u>Site 4 au lieu-dit "HARENCIN"</u> | 27 |
| 2.6.1 - Forage P.9 dans les graviers de base | 27 |
| 2.6.2 - Piézomètre P.10 au lieu-dit "HARENCIN" | 27 |
| 2.6.3 - Pompage d'essai sur le forage P.9 | 28 |
| 2.6.4 - Influence sur le piézomètre P.10 dans les graviers de base | 28 |
| 2.6.5 - Analyse chimique | 29 |
| 2.7 - <u>Forage A.E.P. d'ONESSE et LAHARIE</u> | 29 |
| <u>CONCLUSION</u> | 30 |
| | |
| 2ème PARTIE : <u>MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION DES AQUIFERES DE MEZOS-SUD - ETUDE DE L'EXHAURE DU GISEMENT</u> | |
| 3 - <u>MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION DES AQUIFERES DU GISEMENT DE MEZOS - SUD</u> | 32 |

3ème PARTIE : RABATTEMENT DE NAPPE - FORAGES D'EXHAURE
POMPES IMMERGEES ET INSTALLATIONS ANNEXES
COUT DE L'EXHAURE

| | |
|--|----|
| 4 - <u>METHODE D'EXHAURE ET COUT</u> | 53 |
| 4.1 - <u>Forages d'exhaure</u> | 53 |
| 4.2 - <u>Pompes et colonnes d'exhaure</u> | 56 |
| 4.3 - <u>Alimentation électrique</u> | 59 |
| 4.4 - <u>Groupes électrogènes de secours</u> | 59 |
| 4.5 - <u>Coût récapitulatif par année d'exploitation</u> | 61 |
| 4.6 - <u>Coût de l'exhaure pour une thermie</u> | 61 |

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 1 Différenciation des aquifères autour du gisement
de MEZOS-SUD

ANNEXE 2 Analyses chimiques

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 Plan de situation
- Figure 2 Succession lithologique synthétique
- Figure 3 Schéma des principaux ensembles aquifères du Quaternaire et du Miocène
- Figure 4 Situation des 4 sites de forages et piézomètres exécutés en 1984
- Figure 5 Situation du site expérimental n° 1 sur la parcelle communale n° 364 d'ONESSE et LAHARIE
- Figure 6 Forage C. 201 (923.4.36) transformé en piézomètre à prise de charges multiples (P.11, P.12, P.13)
- Figure 7 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.1
- Figure 8 Courbe caractéristique - Forage Graviers sous lignite (23 - 24 et 25 mai 1984)
- Figure 9 Essais de pompage par paliers et à débit constant sur le forage P.1 Graviers sous lignite (23-24-25/05/84)
- Figure 10 Essais de pompage sur le forage P.1 graviers sous lignite (23-24-25/05/84)
- Figure 11 Pompage sur le forage graviers sous lignite (23-24-25/05/84) Rabattements observés sur P.1 (C.201).
- Figure 12 Diagramme d'analyse d'eau forage P.1
- Figure 13 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.2
- Figure 14 Courbe caractéristique du forage P.2 graviers sur lignite
- figure 15 Pompage sur le forage graviers sur lignite (16-17/05/1984)
- Figure 16 Forage graviers sur lignite (17-18/05/1984) - remontée
- Figure 17 Pompage effectué sur le forage graviers sur lignite Evolution du rabattement observé sur P.2 (C.201).
- Figure 18 Forage piézomètre P.2 - Pompage sur forage graviers sur lignite (17-18/05/1984) - remontée

- Figure 19 Diagramme d'analyse d'eau - P.2
- Figure 20 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.3
- Figure 21 Essai de pompage sur le forage P.3 Sable des LANDES Site n° 1 (21-22/05/84) - descente
- Figure 22 Essai de pompage sur le forage P.3 Sable des LANDES Site n° 1 - remontée
- Figure 23 Diagramme d'analyse d'eau - P.3
- Figure 24 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.4
- Figure 25 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.5
- Figure 26 Diagramme d'analyse d'eau - P.4
- Figure 27 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.7
- Figure 28 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.8
- Figure 29 Essai de pompage sur le P.7 (28-29/05/1984)- descente
- Figure 30 Essai de pompage sur le P.7 (28-29/05/1984) - remontée
- Figure 31 Diagramme d'analyse d'eau - P.7
- Figure 32 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.9
- Figure 33 Coupe technique forage A.E.P. ONESSE et LAHARIE P.10
- Figure 34 Essai de pompage sur le forage P.9 graviers de base (6-7/06/1984) - descente
- Figure 35 Essai de pompage sur le forage P.9 graviers de base (6-7/06/1984) - remontée
- Figure 36 Evolution du rabattement observée sur le piézomètre situé à 11,50 m. du forage pendant le pompage effectué les 6-7/06/1984.
- Figure 37 Diagramme d'analyse d'eau - P.9
- Figure 38 Coupe technique forage communal n° 2 ONESSE
- Figure 39 Bloc-diagramme schématique représentant les aquifères des formations détritiques Plio-Quaternaire
- Figure 40 Lignes de forages d'exhaure parallèles de chaque côté de la mine.
- Figure 41 Groupe électropompe immergé pour le rabattement de nappe.

LISTE DES PLANCHES HORS TEXTE

- Planche 1 Coupes lithologiques Est - Ouest
- Planche 2 Coupe en long Nord Sud dans le gisement de lignite
de MEZOS - SUD
- Planche 3 Coupe Est Ouest perpendiculaire à l'axe longitudinal
du gisement
- Planche 4 Piézométrie de l'aquifère Sables des Landes crue 1984
- Planche 5 Piézométrie des Graviers de base avec maillage.

I N T R O D U C T I O N

Le programme réalisé dans le cadre de cette étude de préfaisabilité a pour but principal d'affiner les connaissances sur l'environnement physique des lignites dans leur gisement naturel de façon à définir une méthode d'exploitation adaptée à ce contexte.

Les forages miniers exécutés en 1982 - 1983 avaient pour objectif de traverser et échantillonner le lignite afin de délimiter et cuber les réserves du gisement. Ils ont cependant fourni des informations lithologiques sur les terrains encaissants permettant une approche hydrogéologique quantitative par similitude avec les mesures existant dans les forages d'eau du secteur, archivées dans la Banque des Données du Sous-Sol du B.R.G.M. AQUITAINE, permettant également de construire un schéma de distribution des aquifères dans l'espace, mettant en évidence les zones de communication de ces aquifères entre eux.

Cette synthèse initiale a permis de distinguer trois aquifères et de proposer un programme de forages hydrogéologiques visant à connaître les caractéristiques hydrauliques de ces aquifères et leurs communications. Quatre sites de reconnaissance hydrogéologiques ont été retenus sur et autour du gisement, totalisant sept forages d'essai et cinq piézomètres (soit 12 forages hydrogéologiques).

Des essais de pompage séparés dans chaque forage ont été exécutés avec suivi des niveaux dynamiques dans les piézomètres placés dans les aquifères superposés.

Ces forages ont également permis de préciser la surface piézométrique des différents aquifères et de voir leur communication ascendante et descendante.

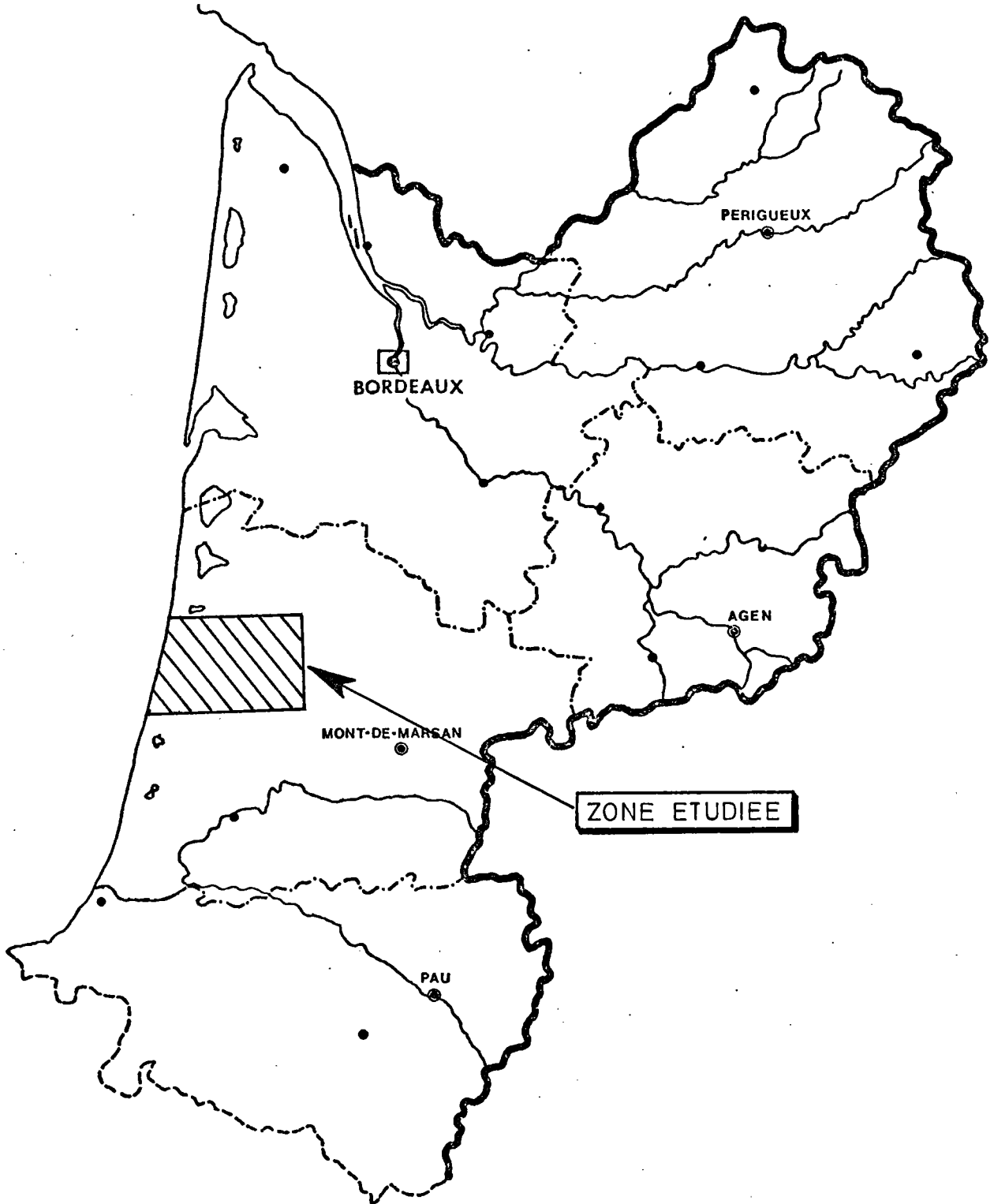
Ces données ont finalement conduit à construire un modèle mathématique pour simuler le fonctionnement puis le dénoyage de ces aquifères autour de la fosse d'extraction, en régime transitoire grâce à des batteries de forages de pompage adaptées aux méthodes et rythmes d'exploitation proposés par l'étude minière.

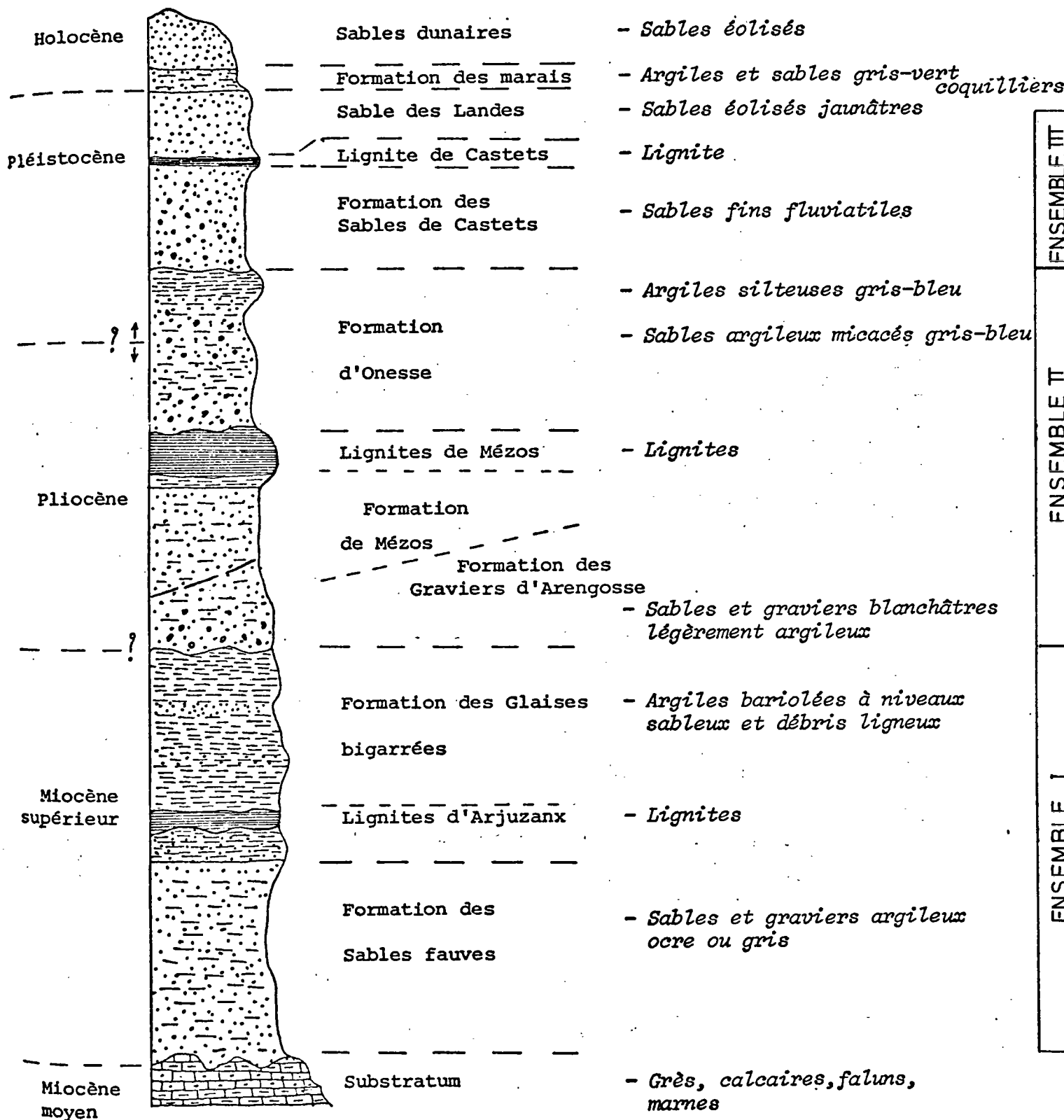
PREMIERE PARTIE

DEFINITION DES RESERVOIRS AQUIFERES

RESULTATS DES FORAGES HYDROGEOLOGIQUES

PLAN DE SITUATION





- SUCCESSION LITHOLOGIQUE SYNTHETIQUE

1 - DEFINITION DES RESERVOIRS AQUIFERES

1.1 - SUCCESSION LITHOLOGIQUE REGIONALE SYNTHETIQUE

Suite aux études effectuées depuis 1982 dans le cadre de la prospection générale des Landes de Gascogne (fig.1) une succession lithologique régionale type a été établie (figure 2) qui est, de bas en haut :

- Calcaires coquilliers, marnes sableuses bleutées et grès (*substratum marin*)
- Ensemble I {
 - Sables plus ou moins fins ocre et blanchâtres (*Sables fauves*)
 - Lignites (*type Arjuzanx*)
 - Argiles bariolées (*Glaises bigarrées*)
- Ensemble II {
 - Sables blanchâtres et graviers de quartz blanc (*Graviers d'Arengosse*)
 - Argiles silteuses kaoliniques blanchâtres
 - Lignites (*type Mēzos*)
 - Sables blanchâtres et graviers (*Graviers d'Onesse*)
 - Silts et argiles sableuses micacées gris-bleuté (*Argiles d'Onesse*)
- Ensemble III {
 - Sables grossiers blanchâtres fluviatiles (*type Castets*)
 - Lignite (*type Castets*)
 - Sables fluvio-éoliens (*Sables des Landes*)
 - Argiles, sables gris et tourbes brunes à blondes (*Formation des Marais*)
 - Sables éoliens (*Sables dunaires actuels et sub-actuels*)

Les formations continentales sablo-graveleuses sont des réservoirs aquifères dans lesquels des ressources en eau abondantes ont été mises en évidence, mais sont encore très peu exploitées (irrigation essentiellement).

1.2 - DEFINITION DES RESERVOIRS AQUIFERES

1.2.1 - Réservoirs constitués par les formations continentales

Les principaux réservoirs aquifères mis en évidence après analyse des faciès et de leur répartition spatiale (*feuille topographique SOUSTONS et MIMIZAN au 1/100 000e*) sont liés à la distribution paléogéographique des dépôts sablo-graveleux continentaux.

On observe deux domaines différents d'Est en Ouest séparés grossièrement aux environs de la route nationale numéro 10.

- A l'Est, domaine des "Sables fauves - Glaises bigarrées" dont l'épaisseur diminue en allant vers l'Ouest, pour disparaître totalement (Ensemble I).
- A l'Ouest, prédominance des faciès sablo-graveleux de puissance variable (Ensemble II et III).

. Réservoir aquifère de l'ensemble I :

Il est constitué de sables ocre plus ou moins argileux, rubéfiés localement blanchâtres avec une matrice plus ou moins argileuse. Ce réservoir a des caractéristiques hydrauliques médiocres et est en charge sur les glaises bigarrées ; il est en communication avec les grès coquilliers du Miocène.

. Réservoir aquifère de l'ensemble II :

Cet aquifère est constitué de sables et de graviers blanchâtres peu argileux dont l'épaisseur augmente de l'Est vers l'Ouest, captif sous les argiles grises à verdâtres d'Onesse et fréquemment artésien dans les vallées.

Il est probablement en communication avec l'aquifère gréseux du Miocène.

Au droit du gisement de lignite Nord-Sud de MEZOS-ONESSE, il est possible de distinguer un sous-ensemble aquifère en charge sous les lignites imperméables.

Les caractéristiques hydrauliques de ce réservoir sont bonnes. Il est sollicité par plusieurs forages pour l'alimentation en eau potable des villages de MEZOS, ONESSE-LAHARIE, LESPERON et SAINT-JULIEN-EN-BORN ainsi que pour l'irrigation de quelques propriétés (maïs).

. Réservoir aquifère de l'ensemble III :

Le réservoir est constitué de sable blanc à jaunâtre de type fluvio-éolien recouvrant la presque totalité de la zone étudiée, d'une épaisseur allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres avec un mur imperméable constitué par les argiles d'Onesse.

La nappe phréatique contenue dans ces sables est drainée par de nombreux ruisseaux pérennes profondément encaissés dans la formation.

Cet aquifère superficiel est souvent capté à l'aide de puits peu profonds pour les fermes et les maisons isolées.

1.2.2 - Réservoir des formations marines du Miocène.

Ce réservoir souvent en communication avec les graviers de l'ensemble I défini plus haut, est constitué par des grès coquilliers et des calcaires gréseux, souvent captés à l'Est de la route nationale n° 10 où les réservoirs des ensembles I et II sont peu favorables.

On considère ce réservoir comme le substratum des formations continentales

1.3 - DISPOSITION DES DIFFERENTS ENSEMBLES AQUIFERES

Les coupes de la planche HT n° 1 montrent la répartition d'Est en Ouest des différents ensembles aquifères.

1.3.1 - Coupe 1 - MIMIZAN - SOLFERINO

Trois zones se distinguent :

. Zone Est

Sur le substratum miocène, les glaises bigarrées et les sables fauves ont une épaisseur de 45 à 20 m. A l'Ouest de la RN 10, les couches se biseautent très rapidement.

Au-dessus, dans l'ensemble II, au sommet des sables graviers, se localisent des bandes de lignite type Mézos surmontées d'argile.

Les sables fins de l'ensemble III recouvrent la série précédente.

. Zone centrale

Les forages existants sont en général insuffisamment profonds (40-50 m.) et n'ont traversé que les sables de l'ensemble III et une partie de l'ensemble II.

. Zone Ouest

Le substratum miocène est à une cote NGF plus basse et les formations de l'ensemble II ont une puissance plus importante (50 à 60 m.)

Dans la zone littorale, sous les cordons dunaires et dans les secteurs bas, affleurent les niveaux d'argiles et de sable de la formation des marais (autour de l'étang d'Aureilhan).

1.3.2 - Coupe 2 - CONTIS - MORCENX

Cette coupe passe au droit du gisement de lignite de Mézos et l'on distingue trois zones :

. Zone Est

Sur le substratum miocène viennent les glaises bigarrées et les sables fauves avec tout à l'Est de la coupe des lignites "type Arjuzanx".

Les formations sablo-graveleuses de l'ensemble II ont une épaisseur variable diminuant vers l'Est.

Les sables fins de l'ensemble III sont peu épais.

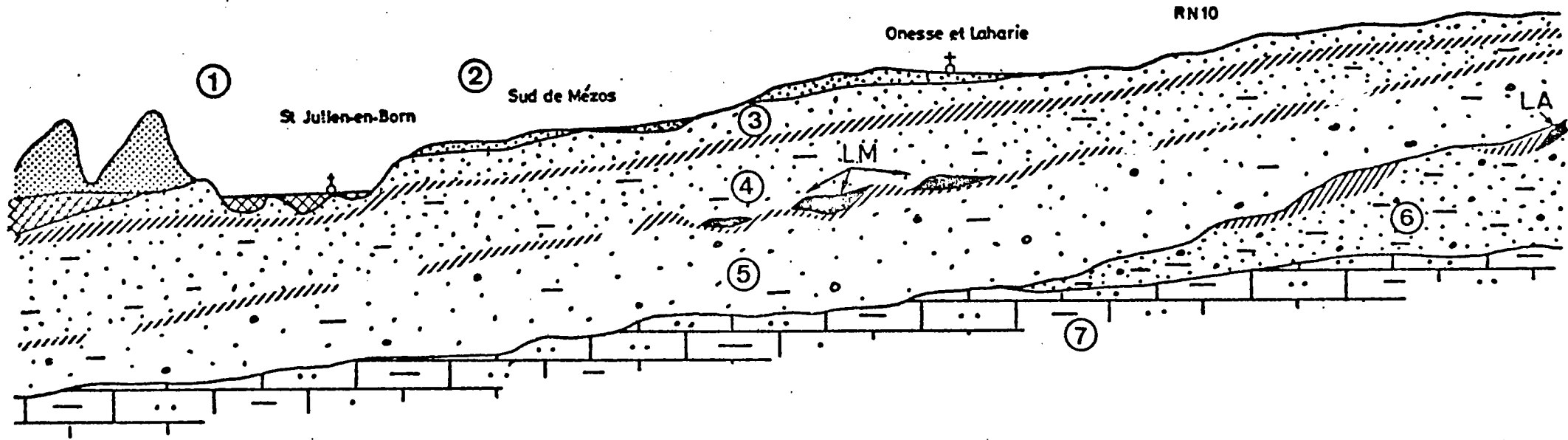
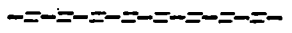
. Zone centrale

Les forages ont surtout mis en évidence, une partie de l'ensemble II avec les graviers de base, les lignites "type Mézos" et la série d'Onesse, recouverts par les sables fins de l'ensemble III.



. Zone littorale



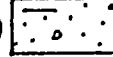
Il y a un approfondissement du toit du substratum marin miocène avec un épaissement des formations de l'ensemble II. Les sables de l'ensemble III et du cordon dunaire ont une épaisseur comprise entre 30 et 35 mètres.

SCHEMA DES PRINCIPAUX ENSEMBLES AQUIFERES DU QUATERNAIRE ET DU MIOCENE


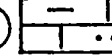



PLIO-QUATERNAIRE

- ①  Sables dunaires
- ②  Sables des Landes

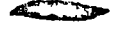
- ③  Sables fins fluviatiles
- ④  Sables argileux
Série d'Onesse
- ⑤  Sables et graviers légèrement
argileux (Graviers de base)

MIOCENE

- ⑥  Sables et graviers argileux
(Sables fauves)
- ⑦  Marnes calcaires et grès

 Argiles et argiles sableuses

LM Lignite de Mézos

 LA Lignite d'Anjuzans

1.3.3 - Coupe 3 - LIT et MIXE - RION DES LANDES

On distingue deux zones :

. Zone Est

Les glaises bigarrées de l'ensemble III reposant sur les grès du Miocène, sont surmontées par les formations sablo-graveleuses de l'ensemble II. Les sables fins de l'ensemble I sont peu épais.

. Zone centrale et Ouest

Le toit du substratum marin plonge vers l'Ouest. Les sables et graviers de l'ensemble II s'épaississent dans cette même direction.

Au-dessus, les sables de l'ensemble I ont des épaisseurs maximales de 40 à 50 m. dans la partie centrale.

Ces différentes coupes mettent en évidence deux domaines distincts, EST et OUEST. Sur la figure 3, on a schématisé, pour la zone étudiée, les principaux ensembles aquifères du Quaternaire reposant sur le substratum Miocène :

- Réservoir de l'ensemble I comprenant une partie des Sables des Landes et les Sables fins fluviaux reposant sur les argiles d'Onesse imperméables.

- Réservoir de l'ensemble II avec les sables argileux de la série d'Onesse et les sables graveleux, légèrement argileux des Gravieres de base. Au droit du gisement de lignite de Mézos-Onesse, on avait initialement identifié deux réservoirs aquifères : l'un dans la série d'Onesse et l'autre dans les Gravieres de base, mais latéralement, ces réservoirs sont peu ou pas séparés.

- Réservoir de l'ensemble III défini à l'Est de la zone étudiée, mal séparé de l'ensemble II et du réservoir marin miocène, mais avec de mauvaises caractéristiques hydrauliques.

- Réservoir du Miocène considéré comme le substratum des formations sablo-graveleuses continentales.

2 - LA CAMPAGNE DE FORAGES HYDROGEOLOGIQUES

2.1 - IMPLANTATION DES FORAGES

Pour implanter les forages hydrogéologiques, des coupes détaillées ont été effectuées dans le gisement de lignite de MEZOS-SUD d'après les résultats des travaux miniers.

. Coupe en long Nord-Sud dans le gisement de lignite (planche HT n° 2)

La coupe longitudinale dans le gisement passe au droit des plus grandes épaisseurs de lignite mises en évidence par les forages de reconnaissance effectués en 1983.

On remarquera un épaississement de sables fins supérieurs de part et d'autre de la vallée du ruisseau d'Onesse avec des épaisseurs maximales de 35 mètres au Sud et 30 mètres au Nord. Sur la rive droite du ruisseau d'Onesse, les épaisseurs varient entre 9 et 15 mètres.

La série d'Onesse a une épaisseur constante entre 15 et 20 mètres.

Le lignite sous-jacent présente un pendage faible en direction du Nord.

Les graviers de base sous lignites ont été explorés sur quelques mètres seulement.

. Coupe Est-Ouest perpendiculaire à l'axe longitudinal du gisement (planche HT n° 3)

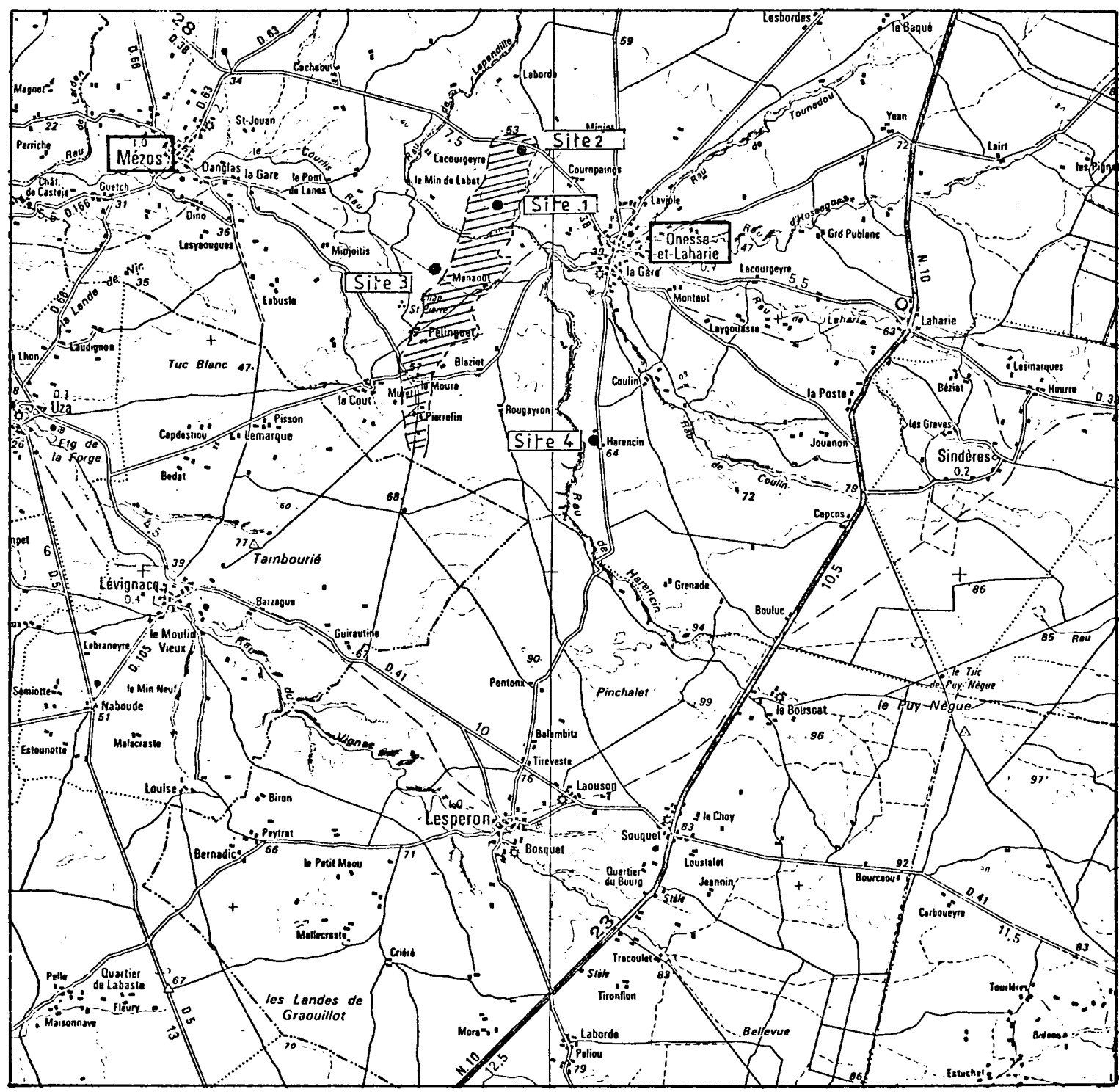
La coupe passe par les forages de reconnaissance effectués en 1983, sur la rive droite du ruisseau d'Onesse.

Les sables fins supérieurs ont une épaisseur minimale de part et d'autre du ruisseau d'Onesse et reposent sur le toit relativement plat des argiles d'Onesse.

La série d'Onesse a une épaisseur qui augmente légèrement vers l'Est suite au plongement des couches de lignite qui se biseautent à l'Est.

De part et d'autre du gisement, on rencontre des niveaux de lignite type "Mézos", qui semblent se présenter en bandes parallèles à l'axe N.S. du gisement. Entre ces niveaux isolés et le gisement, la série d'Onesse est en contact direct avec les Graviers de base, les épaisseurs de cet ensemble II varient entre 45 m. à Onesse-Laharie et plus de 60 m. à l'Ouest du gisement.

SITUATION DES QUATRE SITES DE FORAGES
et PIEZOMETRES EXECUTES EN 1984



. Choix et situation des sites

Un premier site sur la rive droite du ruisseau d'Onesse (*figure 4*), où les épaisseurs du sable des Landes sont faibles, a été choisi au droit du gisement, pour compléter un premier dispositif de deux piézomètres mis en place antérieurement.

De plus, un forage carotté dans le cadre de l'étude de pré-faisabilité a été transformé en piézomètre à prises de charges multiples.

Le but des travaux sur ce site était de capter individuellement les différents aquifères à l'intérieur des séries détritiques continentales et de connaître les communications latérales et verticales à la suite de pompage dans l'un ou l'autre des forages réalisés.

Un deuxième site au Nord du gisement de Mézos-Sud a été choisi près de la Départementale 38 reliant MORCENX - MIMIZAN

Un troisième et quatrième site ont été choisis à l'Ouest et au Sud-Est, à l'extérieur du gisement.

2.2 - GENERALITES SUR LES TRAVAUX DE FORAGES HYDROGEOLOGIQUES

La totalité des forages hydrogéologiques et des essais de pompage ont été réalisés par l'entreprise BROCAS - CLAUSS à SABRES.

Les travaux ont duré du 4 avril 1984 au 22 juin 1984.

La foration s'est effectuée avec une soupape pour les forages dans le réservoir du sable des Landes et au rotary avec une boue aux polymères biodégradable (type FORAGUM) pour les autres forages et piézomètres.

Après équipement et développement des forages, une diaggraphie type GAMMA RAY a été réalisée sur l'ouvrage le plus profond de chaque site.

Les pompages d'essai par paliers de débit croissant et à débit constant ont suivi ces travaux afin de déterminer pour chaque réservoir capté les caractéristiques hydrauliques et les communications verticales éventuelles.

Les ouvrages réalisés ont été dénommés P suivi d'un numéro correspondant à l'ordre de leur création.

La transformation du forage carotté géotechnique C 201 en piézomètres à prises de charge multiples a été réalisé par l'entreprise SOREIS à BAGNEUX.

Dans le tableau 1 sont résumés les renseignements relatifs aux opérations réalisées sur les piézomètres.

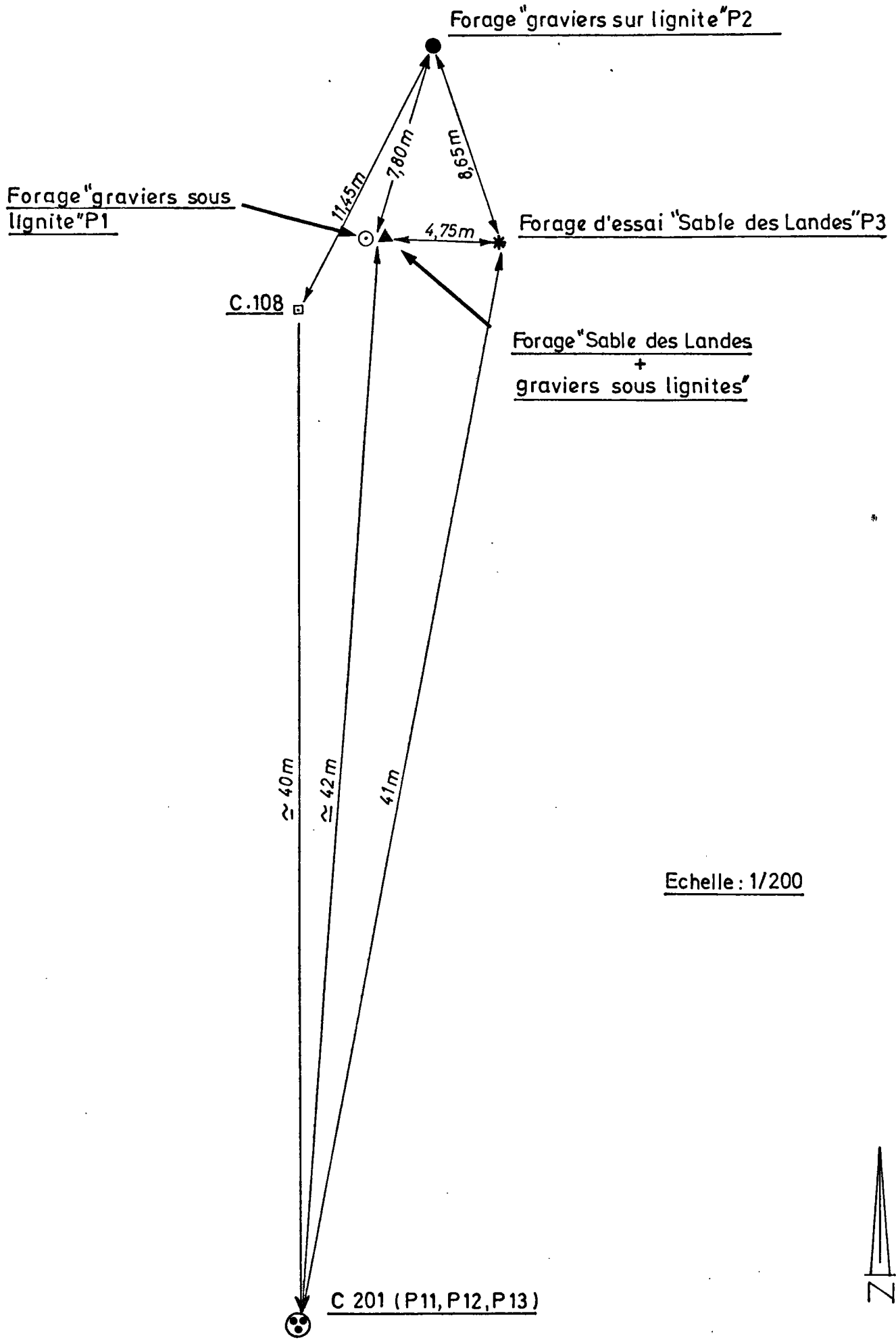
DENOMINATION DES PIEZOMETRES

| Nom du Site | P | Réservoir capté | Prof. T. en m. | Equip. tubage | Opérations réalisées |
|--|------|------------------------------|----------------|---------------|----------------------|
| <u>SITE 1</u> Parcelle communale d'Onesse | P 1 | Graviers sous lignite | 62 m. | Acier et PVC | t,c,o,x,+,* |
| | P 2 | Graviers sur lignite | 31,6 m | Acier et PVC | t,c,o,x,+,* |
| | P 3 | Sable des Landes | 10 m. | PVC | t,c,x,+,* |
| | P 11 | Sable des Landes | 7,2 m | PVC | t,c,x. |
| | P 12 | Graviers sur lignite | 29,5 m | PVC | t,c,x. |
| | P 13 | Graviers sous lignite | 47,1 m | PVC | t,c,x. |
| <u>SITE 2</u> près de la départ. 38 | P 4 | Graviers sur et sous lignite | 65 m. | Acier et PVC | t,c,o,x,+,* |
| | P 5 | Graviers sur lignite | 42 m. | PVC | t,c,x. |
| | P 6 | Sable des Landes | 14 m. | PVC | t,c,x. |
| <u>SITE 3</u> sur chemin départemental | P 7 | Gravier de base | 60 m. | Acier et PVC | t,c,o,x,+,* |
| | P 8 | Sable des Landes | 14 m. | PVC | t,c,x,+,* |
| <u>SITE 4</u> au lieu-dit "Harencin" | P 9 | Graviers de base | 73 m. | Acier et PVC | t,c,o,x,+,* |
| | P 10 | Graviers de base | 73 m. | PVC | t,c,x. |

LEGENDE :

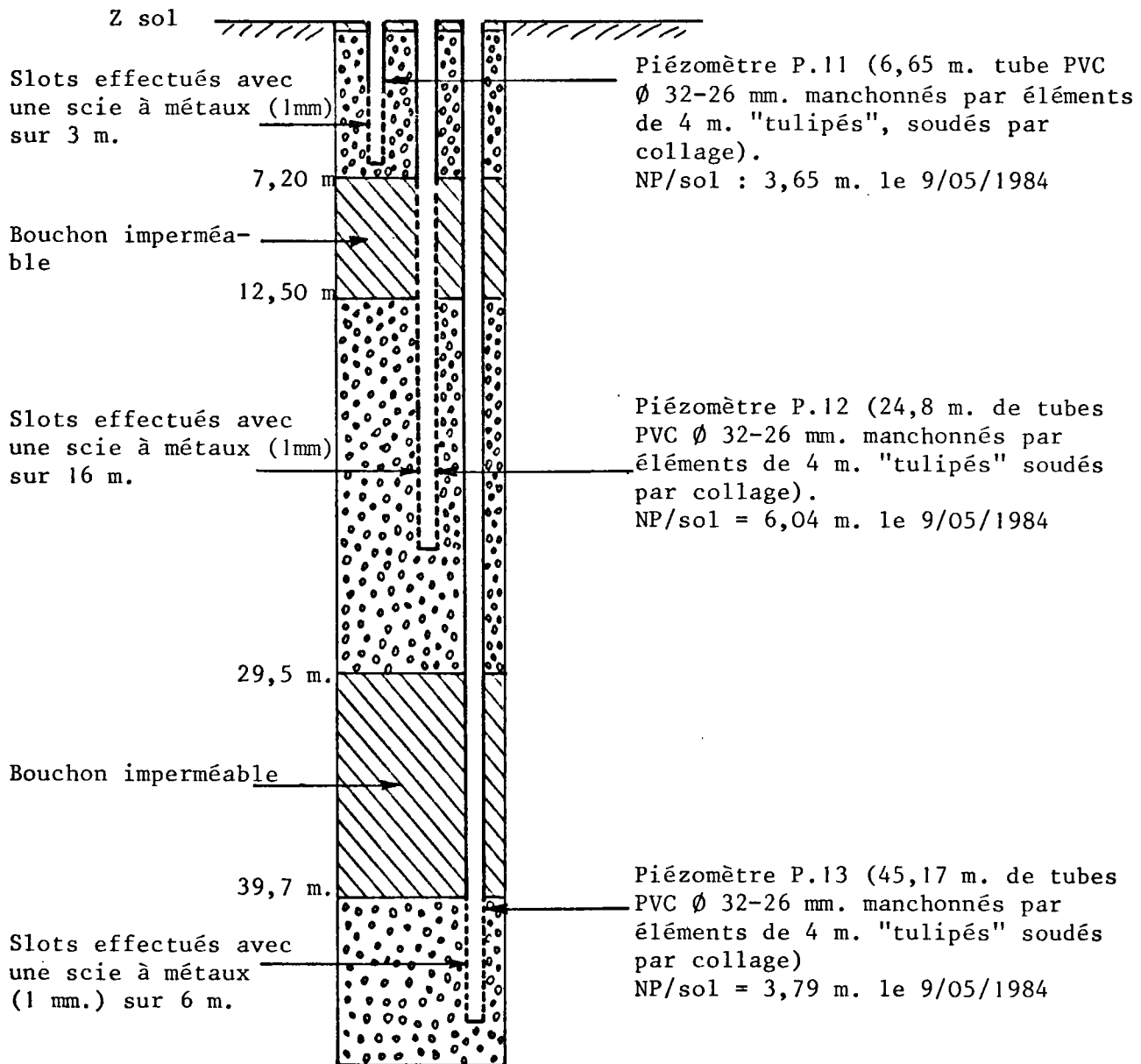
| | |
|--------------------------|---|
| Tubage | t |
| Crêpine | c |
| Diagraphie | o |
| Développement | x |
| Pompage par paliers | + |
| Pompage à débit constant | * |

SITUATION DU SITE EXPERIMENTAL N° 1
SUR LA PARCELLE COMMUNALE N° 364 d'ONESSE et LAHARIE



FORAGE C 201 (923-4-36) TRANSFORME EN PIEZOMETRE
A PRISE DE CHARGES MULTIPLES
(P.11 - P.12 - P.13)

X ≈ 325,050 - Y ≈ 3202,075 - Z sol ≈ + 38



Massif de graviers siliceux Ø 1,2 - 2,5 mm. (SILLACQ)



Bouchon étanche composé d'un mélange de "Sobranite" et de "Quellon" surmonté d'un bouchon de ciment.

Echelle: 1/300

2.3 - SITE 1 SUR LA PARCELLE COMMUNALE N° 364 d'ONESSE et LAHARIE

(voir plan de position figure 5)

La station d'essais hydrogéologiques comprend un ensemble de forages et de piézomètres exécutés en 1983 et 1984 :

- . En 1983, réalisation - d'un forage captant les réservoirs aquifères du Sable des Landes et des Gravieres sur lignite.
 - d'un forage captant le réservoir aquifère des Gravieres sous lignite (P.1)
 - d'un forage carotté C 108 jusqu'au lignite, crépiné sur toute la hauteur.

- . En 1984, réalisation - d'un forage carotté C 201 pour essais géotechniques, transformé en piézomètres à prises de charge multiples (P.11, P.12, P.13).
 - approfondissement du forage captant les Gravieres sous lignite (P.1).
 - d'un forage dans les Gravieres sur lignite (P.2).
 - d'un forage dans le Sable des Landes (P.3).

2.3.1 - Transformation du sondage carotté C 201 en piézomètre à prises de charge multiples

Après le carottage en continu (carottier triple) à objet géotechnique jusqu'à 47,15 m. de profondeur, le forage fut tubé au diamètre de 146 mm. au moyen de tubes vissés par éléments de 3 mètres.

L'opération de transformation s'est déroulée en six phases principales décrites ci-dessous (équipement final figure 6) :

- remplacement de la boue G.S. 550 par de l'eau claire
- descente d'un tube (numéroté P.13) PVC \emptyset extérieur 32 mm. de 3 mm. d'épaisseur jusqu'à 45,1 m. de profondeur, crépiné entre 45 m. et 39 m., avec gravillonnage de 47 m. à 39,7 m., par du gravier quartzeux de diamètre 1,2 à 2 mm. Au fur et à mesure du gravillonnage,

Le tubage en acier de \varnothing 146 mm. était remonté au jour, par éléments de 3 m. de hauteur.

- mise en place d'un bouchon étanche au-dessus des graviers de 39,7 m. jusqu'à 29,5 m. Le bouchon était constitué du bas vers le haut de "Quellon" puis de "Sobranite" mélangée à du "Quellon", le tout surmonté par du laitier de ciment.
- une fois le bouchon mis en place et attente de consolidation on a procédé à la descente d'un deuxième tube (numéroté P.12) en PVC \varnothing 32/26 mm., avec mise en place d'un massif de graviers quartzeux de diamètre 1,2 à 2,5 mm. entre 29,5 et 12,5 mètres. Ici aussi, la remontée des tubages acier \varnothing 146 mm. se faisait après le gravillonnage par hauteur de 3 mètres.
- mise en place d'un deuxième bouchon étanche au-dessus des graviers entre 12,5 m. et 7,20 m. de profondeur. Le bouchon était constitué de bas en haut de "Quellon" puis de "Sobranite" mélangée à du "Quellon" l'ensemble surmonté par un laitier de ciment.
- après consolidation du bouchon, un troisième tube numéroté P.11 en PVC \varnothing 32/26 mm. a été descendu entre 6,65 m. et la surface, crépiné entre 6,65 et 3,65 m. avec gravillonnage de 7,20 m. à 0,2 m. de profondeur.
- mise en place d'un troisième bouchon étanche entre 0,2 m. et la surface du sol, constitué d'un mélange de "Quellon" et de laitier de ciment.
- injection d'une solution d'eau de Javel (oxydant) dans chaque tube PVC 32/26 mm., afin de détruire la boue G.S. 550 utilisée pour le carottage. Après une nuit de repos, un nettoyage avec un système d'air lift \varnothing 15 mm. intérieur a été effectué dans chaque tube de PVC de \varnothing intérieur 26 mm. pendant 45 minutes.
- aménagement de la tête de forage avec protection des trois tubes PVC \varnothing 32/26 mm.

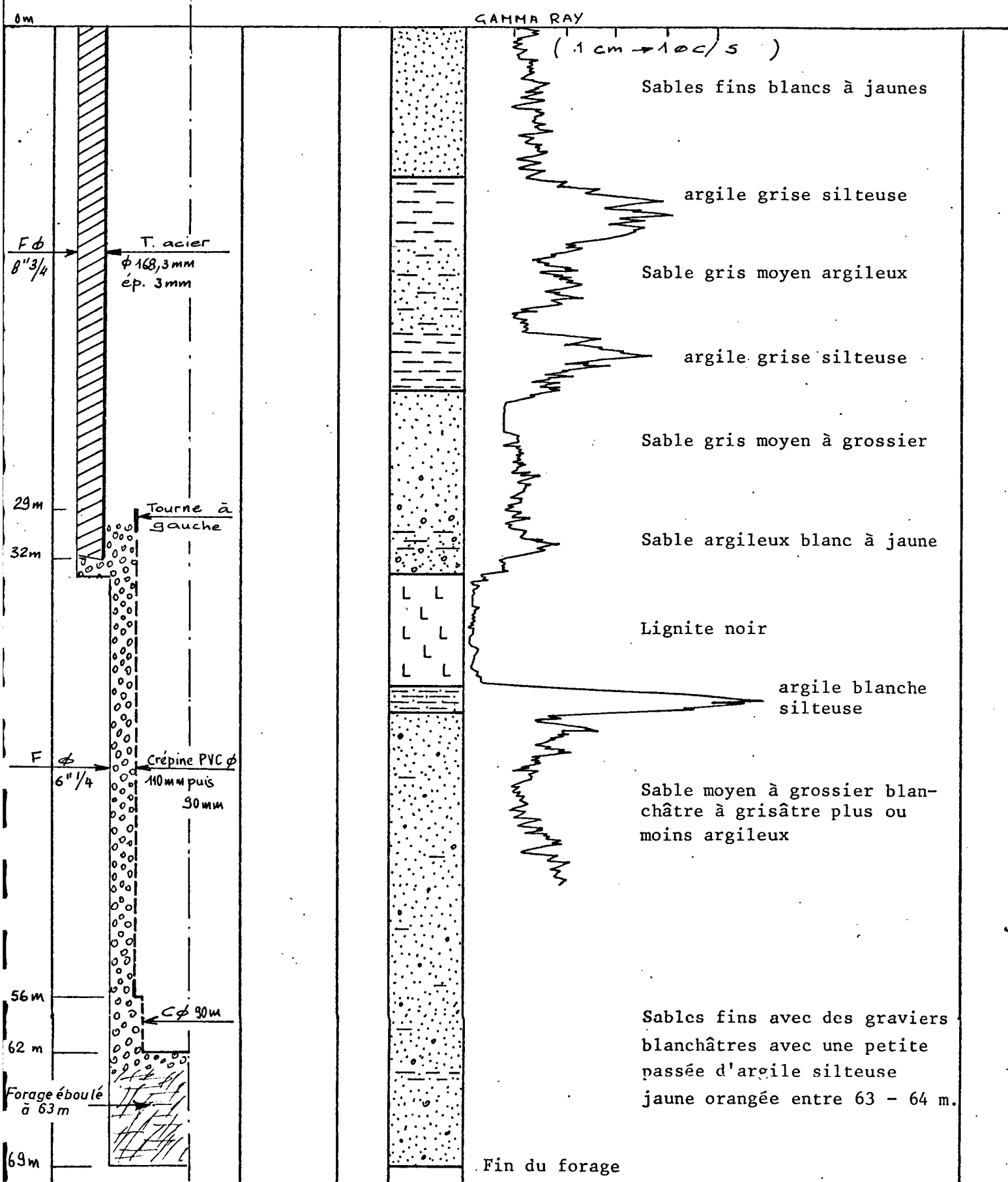
En résumé ces transformations du forage carotté C 201 en piézomètre à prises de charge multiples ont permis de mesurer l'évolution des niveaux dynamiques, pendant les essais de pompage des forages captant :

- l'aquifère des Graviers sous les lignites entre 45,1 et 39,7 m.
- l'aquifère des Graviers sur les lignites entre 24,8 et 12,5 m.
- l'aquifère des Sables des Landes entre 6,65 et 3,65 m.

DÉPT : 40 COMMUNE : LONNESSE et LAHARIE
 Désignation : Piézomètre P.1 Gravier de base
 coupe au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Indice de classement 923 | 4 | 33
 X ≈ 325.060 Y ≈ 3202.115
 Interprétée par : C. MONDEILH Z sol ≈ + 37 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GEOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|



2.3.2 - Approfondissement du forage captant les Graviers sous lignite

L'équipement de la partie crépinée mise en place en 1983 étant incompatible avec la réalisation d'un pompage à l'aide d'une électropompe, on a extrait la crépine PVC \varnothing 80,6-90 mm. placée entre 51 mètres (profondeur maximum du forage 1983) et 34 m., surmontée d'un tube lisse de même diamètre de 34 mètres à la surface.

Après cette extraction, le forage a été remis en "boue", recalibré au \varnothing de 6" ¹/₄ de 32 à 51 mètres puis approfondi de 51 à 69 mètres dans les graviers de base sous les lignites de Mézos.

Le réservoir aquifère a été équipé d'une crépine \varnothing 100 mm. et 90 mm. (6 derniers mètres) entre 62 et 29 mètres, un dispositif à baïonnette a permis la dépose dans le forage, après gravillonnage dans l'espace annulaire 152/100 mm. entre 62 et 29,50 m. (figure 7).

Le forage n'a pu être équipé jusqu'à 69 m. suite à un éboulement de graviers au-dessous de 62 mètres.

Après destruction de la boue aux biopolymères avec de l'eau oxygénée, le forage a été développé pendant quelques heures avec un système d'air lift.

L'aquifère capté dans les graviers de base est en charge sous les lignites imperméables avec un potentiel à 2,64 m/sol le 9 mai 1984.

. Essais de pompage à débit croissant

On a effectué trois essais par paliers enchainés à débit croissant, dont les principaux résultats sont résumés dans le tableau suivant :

| Date | Palier | Durée | Débit m ³ /h. | Niv. dyn. sous le sol (m.) | Rabatte-ment en m. | Débit spécif. Q/ Δ |
|---------|--------|-------|--------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|
| 23/5/84 | 1 | 3 h35 | 15,5 | 5,53 | 2,38 | 6,51 |
| 24/5/84 | 2 | 9 h30 | 29 | 8,06 | 4,91 | 5,91 |
| 24/5/84 | 3 | 8 h30 | 42 | 10,81 | 7,66 | 5,48 |

COURBE CARACTERISTIQUE - FORAGE : GRAVIERS SOUS LIGNITE (23-24-25/05/1984)

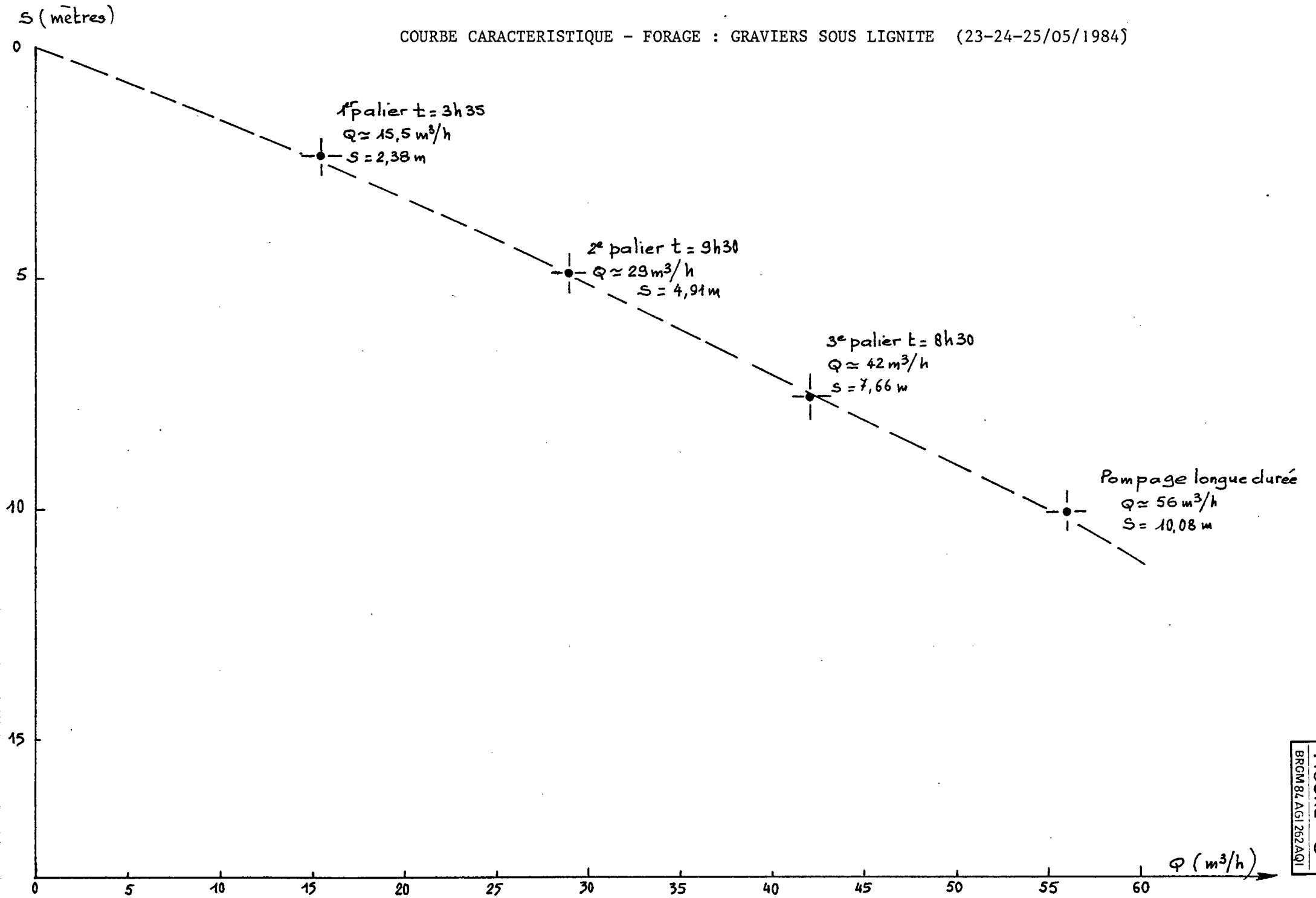


FIGURE 8
BRGM 84 AGI 262 A Q1

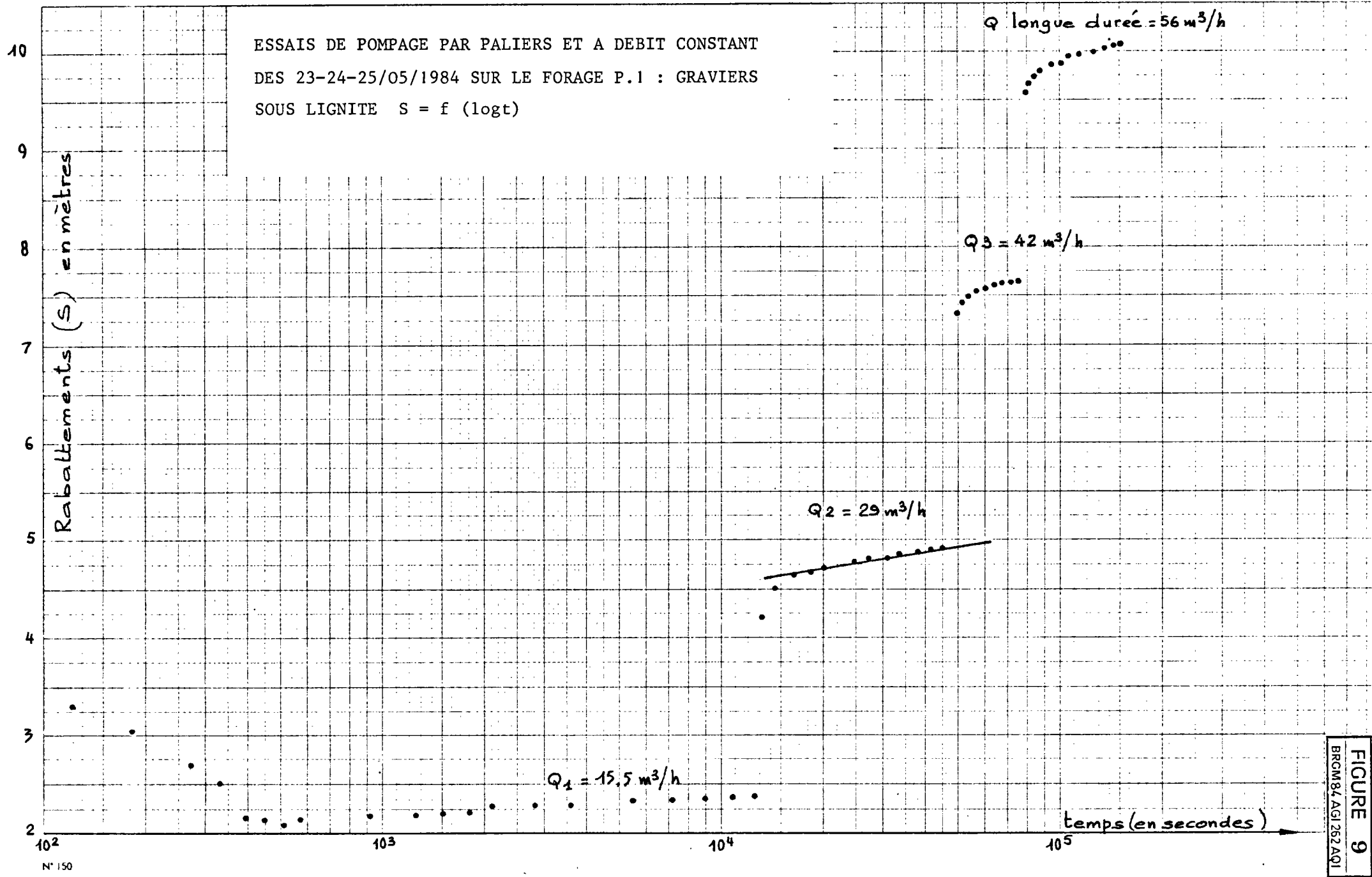


FIGURE 9
 BRGM 84 AGI 252 A Q1

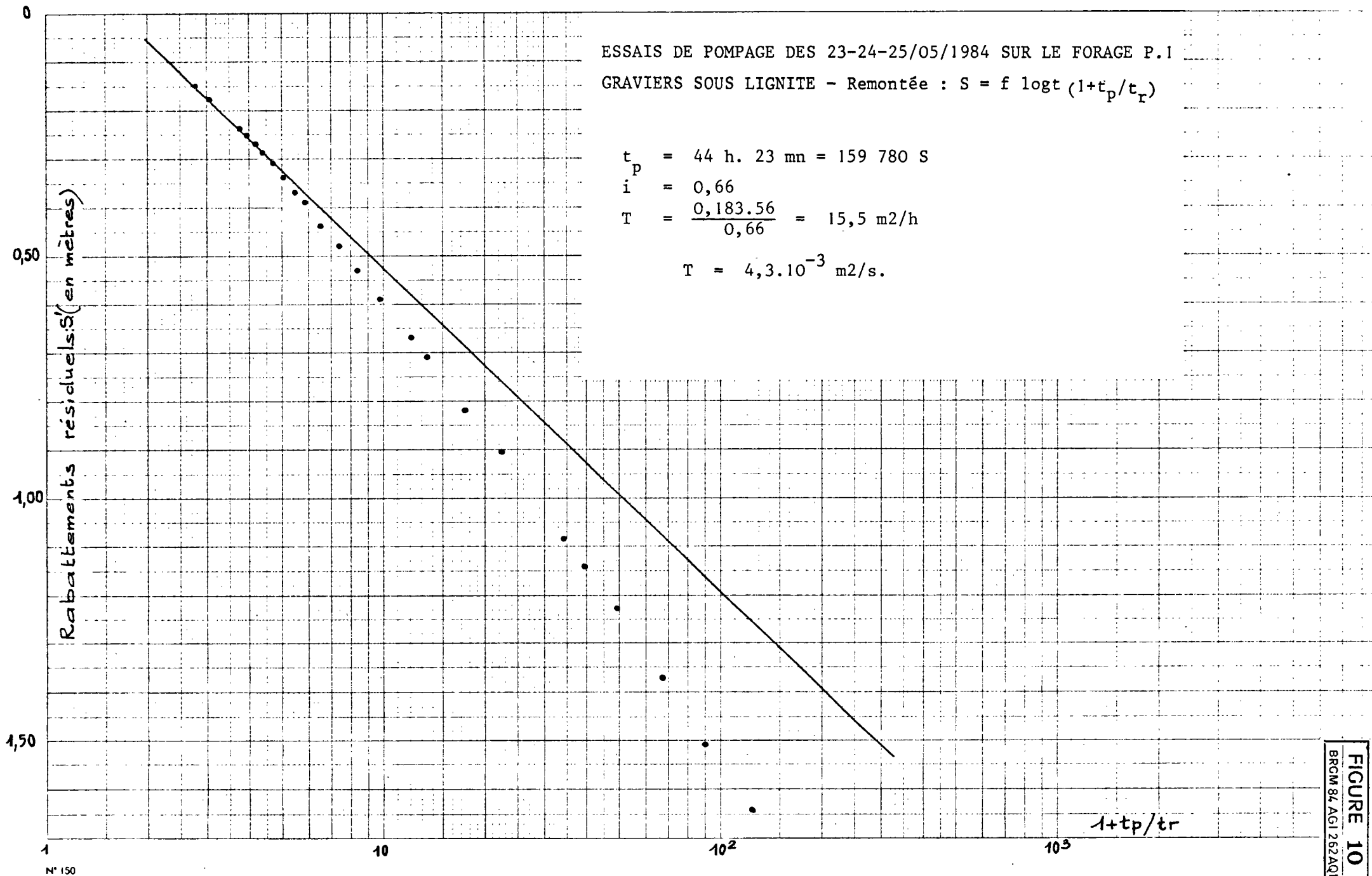


FIGURE 10
BRGM 84 AGI 262AQ1

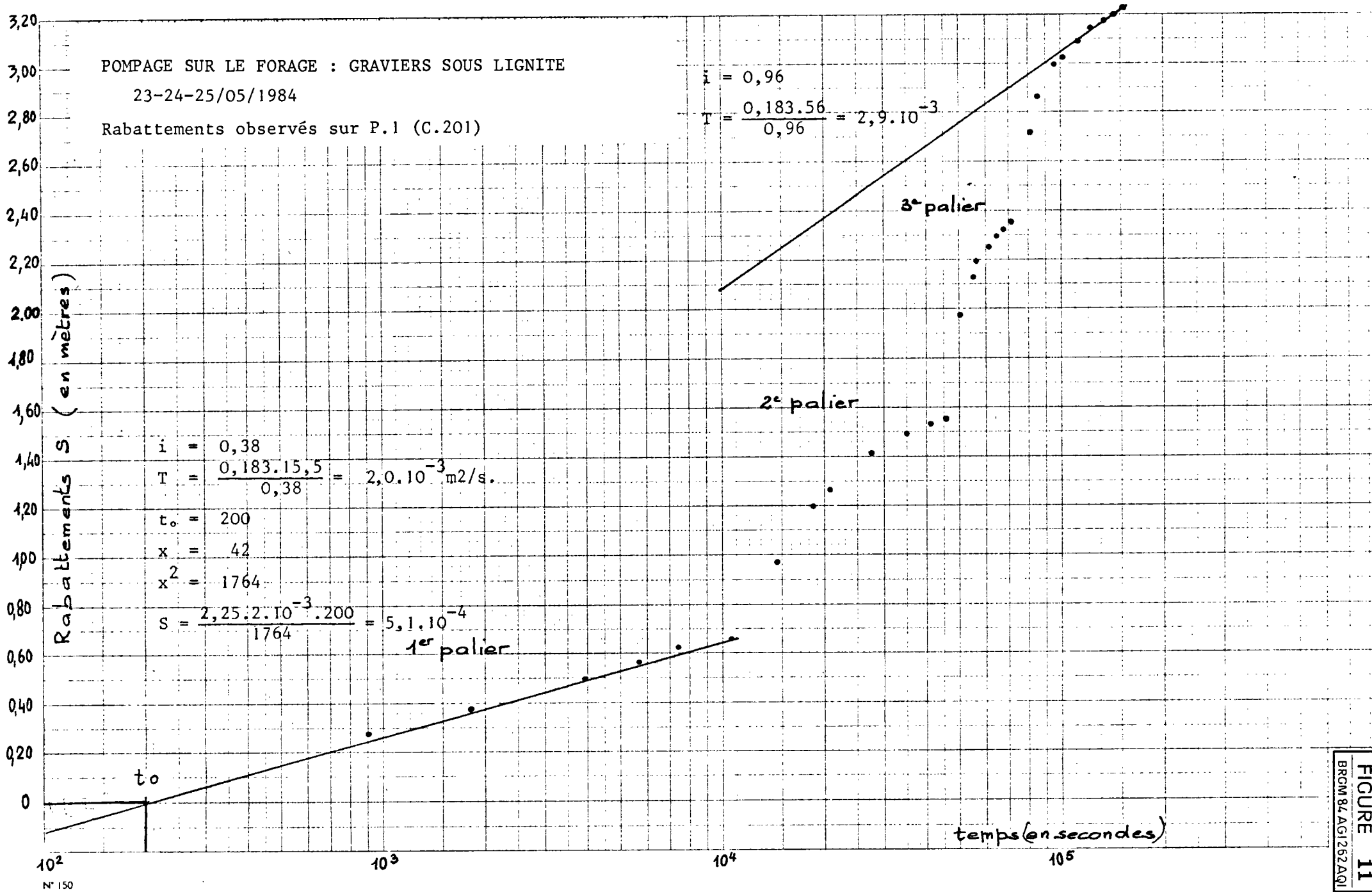


FIGURE 11
 BRGM 84 AG 1252A(1)

Les résultats de ces essais sont reportés sur un graphique arithmétique (*figure 8*), les débits en abscisses et les rabattements stabilisés en ordonnées.

La courbe caractéristique $Q = f(S)$ du forage a l'allure d'une parabole très peu incurvée. Les pertes de charges quadratiques restent faibles pour des débits supérieurs à 40 m³/h.

. Pompage à débit constant

L'essai a été poursuivi au débit constant de 56 m³/h. les 24 et 25 mai 1984, soit 22 h. 25 de pompage avec une surveillance des piézomètres et forages du site n° 1.

- le report des points des couples rabattement-temps sur un graphique semi-logarithmique (*figure 9*), montre un rabattement final de 10,08 m. Pour le deuxième palier de pompage, pendant la descente, la transmissivité calculée pour l'aquifère des graviers sous lignite est de :

$$T = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

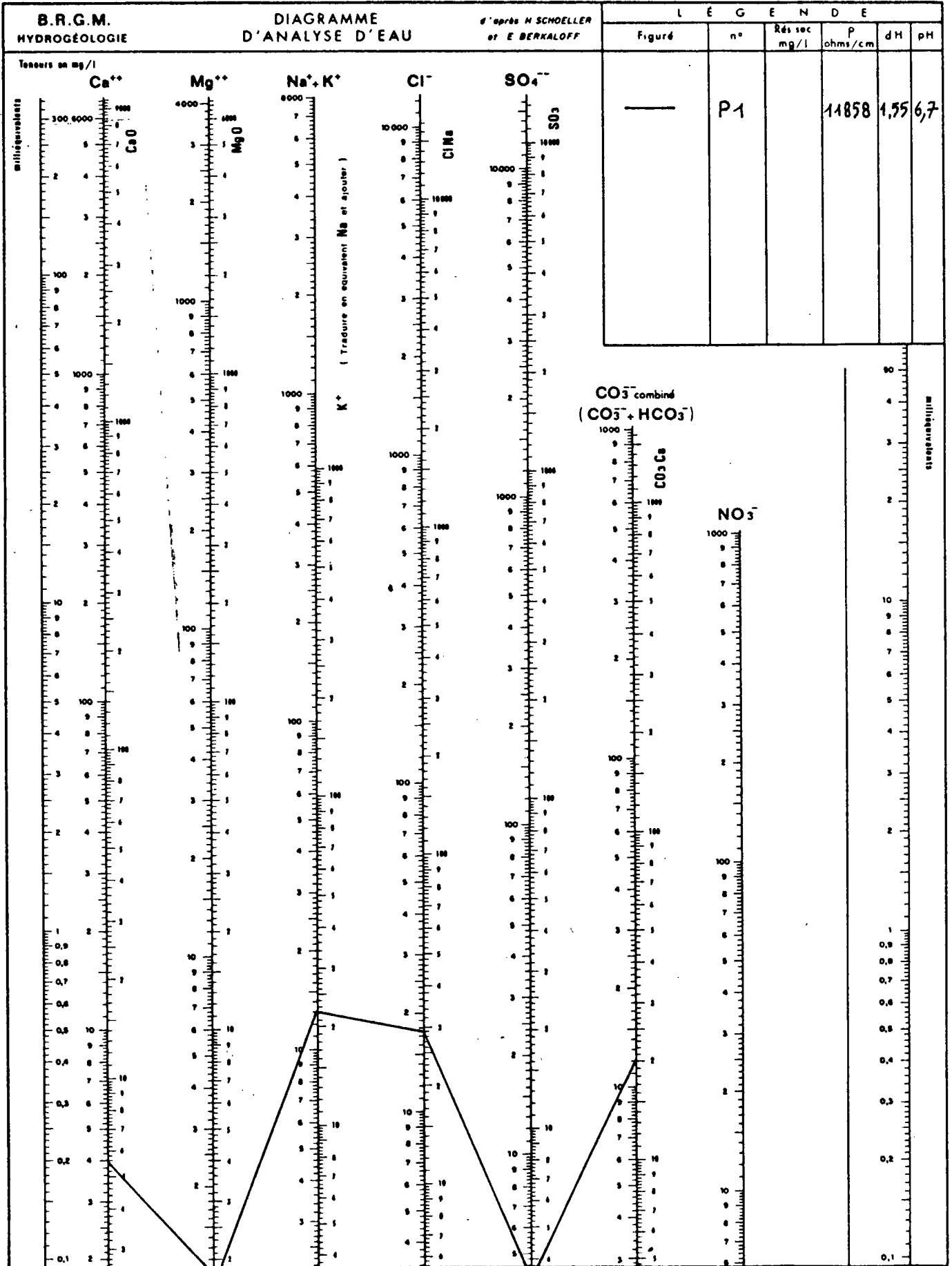
- la courbe de remontée (*figure 10*) permet avec la méthode approchée de COOPER-JACOB de calculer une transmissivité de l'aquifère de :

$$T = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

. Etude de l'influence induite sur les autres piézomètres

- l'analyse de la descente des niveaux dynamiques sur le piézomètre P.13 captant les graviers sous lignite permet de constater un rabattement maximum de 3,20 mètres et de déduire une transmissivité de $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (*figure 11*) à la descente et $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ à la remontée, ainsi qu'un coefficient d'emménagement de :

$$S = 5,1 \cdot 10^{-4}$$



- à la fin des essais de pompage sur le forage P.1, les niveaux dynamiques du réservoir des graviers sur lignite sur les forages P.2 et P.14 ont baissés respectivement de :

| Piézomètre graviers sur lignite | Distance au forage P.1 | Rabattement en fin de pompage sur P.1 | Durée des essais sur P.1 |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| P 2 | 7,8 m. | 0,25 m. | 44 h. |
| P 12 | 42 m. | 0,25 m. | 44 h. |

- les autres piézomètres P.13, C 107, forage sable des Landes P3, ont été influencés par le rejet des eaux de pompage sur le forage P.1, entraînant une remontée très nette des niveaux dynamiques, ce qui ôte toute signification aux observations sur ces ouvrages.

. Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais de pompage le 25/05/1984, pour une analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (*figure 12*) montre que l'eau a un faciès chimique chloruré sodique avec une résistivité de 11858 Ω /cm correspondant à une faible minéralisation.

L'eau avait une température constante de 15°C pendant la durée des essais de pompage.

Remarque : *Durant les essais de pompage, avec la collaboration de la Société piscicole SALMONA, on a placé à la sortie du tuyau d'exhaure, un bac d'environ 1 m³ contenant une quinzaine de truites saumonées, dans lequel l'eau de l'aquifère testé débordait pendant 44 heures. Les poissons n'ont manifesté aucun trouble particulier et étaient vivants à la fin des essais de pompage.*

ÉPF : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE

Indice de classement

| | | |
|-----|---|----|
| 923 | 4 | 34 |
|-----|---|----|

signation : Piézomètre P.2 Gravieres sur lignite
échelle : 1/300 établie par : C. MAZURIER

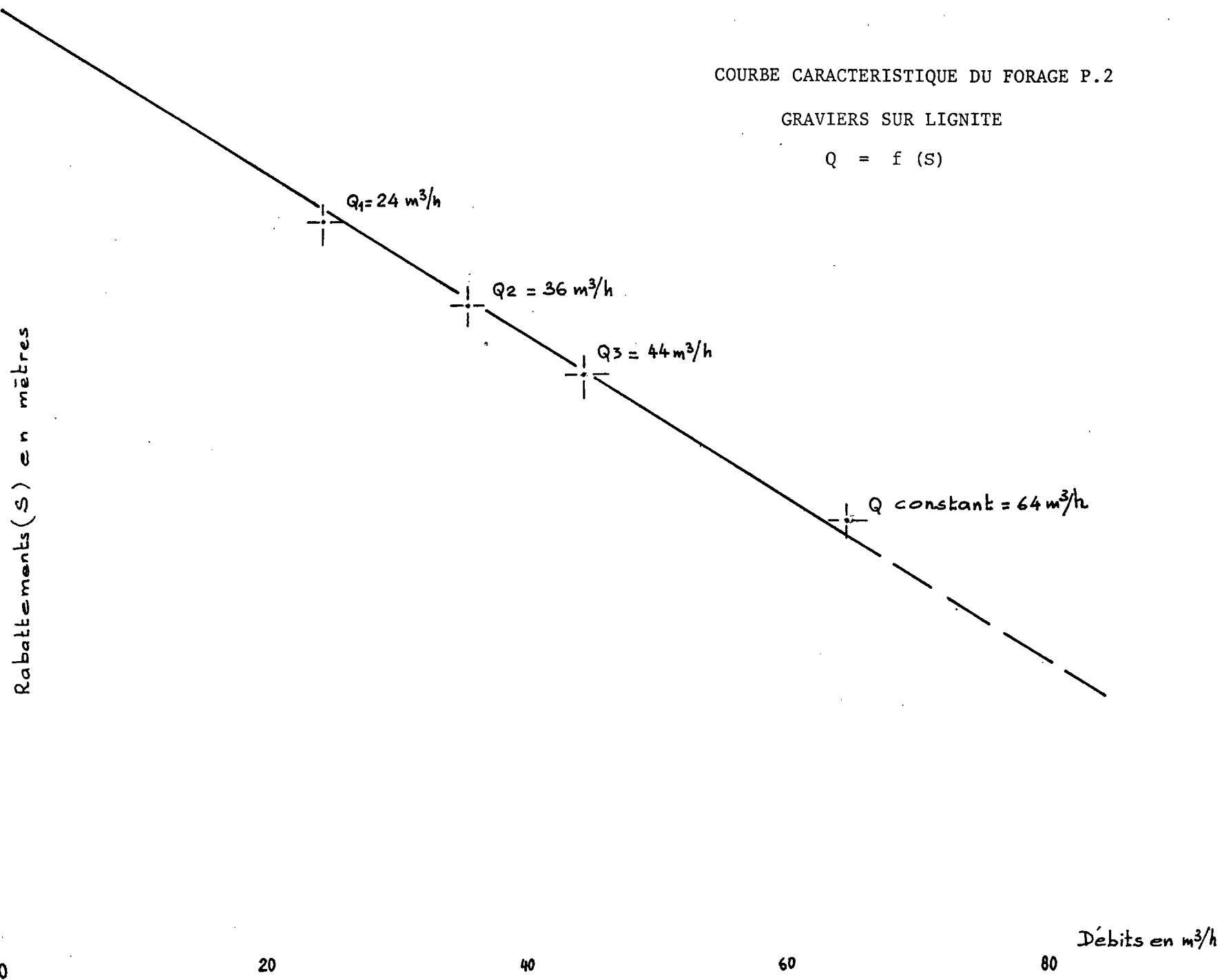
X = ≈ 325.065 Y = 3202.123
Interprétée par : C. MONDEILH Z sol = ≈ + 37 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GÉOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|----------------|-------|--|---------------|
| 0 m | | | | | | |
| 0,22 | | | | | Terre végétale de 0 à 0,50 m. | |
| 0,60 | | | | | Sable fin jaune à blanc | |
| 0,90 | | | | | Argile grise silteuse | |
| 1,20 | | | | | Sable grossier gris à blanchâtre peu argileux | |
| 1,60 | | | | | Argile silteux gris noir légèrement sableuse | |
| 2,00 | | | | | Sable moyen blanc gris clair quelques graviers roulés. | |
| 2,60 | | | Fin du forage. | | | |

COURBE CARACTERISTIQUE DU FORAGE P.2

GRAVIERS SUR LIGNITE

$$Q = f(S)$$



2.3.3 - Forage des graviers sur lignite P.2

Le but de ce forage était de tester les formations aquifères de la série d'Onesse, constituées de sables moyens à grossiers en charge sous les argiles grises silteuses d'Onesse et limitées au mur par les lignites de Mézos.

La partie supérieure du forage correspondant à la formation du sable des Landes au-dessus des argiles d'Onesse a été "masquée" après foration au \emptyset 22" par un tube acier \emptyset 406 mm. de 0 à 9 mètres, avec une cimentation par refoulement de bas en haut.

La foration s'est poursuivie au \emptyset 12" ¹/₄ de 9 à 31,6 m. avec descente d'une colonne captante en PVC 179-200 mm. dont le sabot a été posé sur le toit du lignite à 31,6 m. (figure 13).

L'espace annulaire 311,2-200 mm. a été gravillonné de bas en haut.

Le niveau piézométrique était à 4,64 m. sous le sol le 9 mai 84.

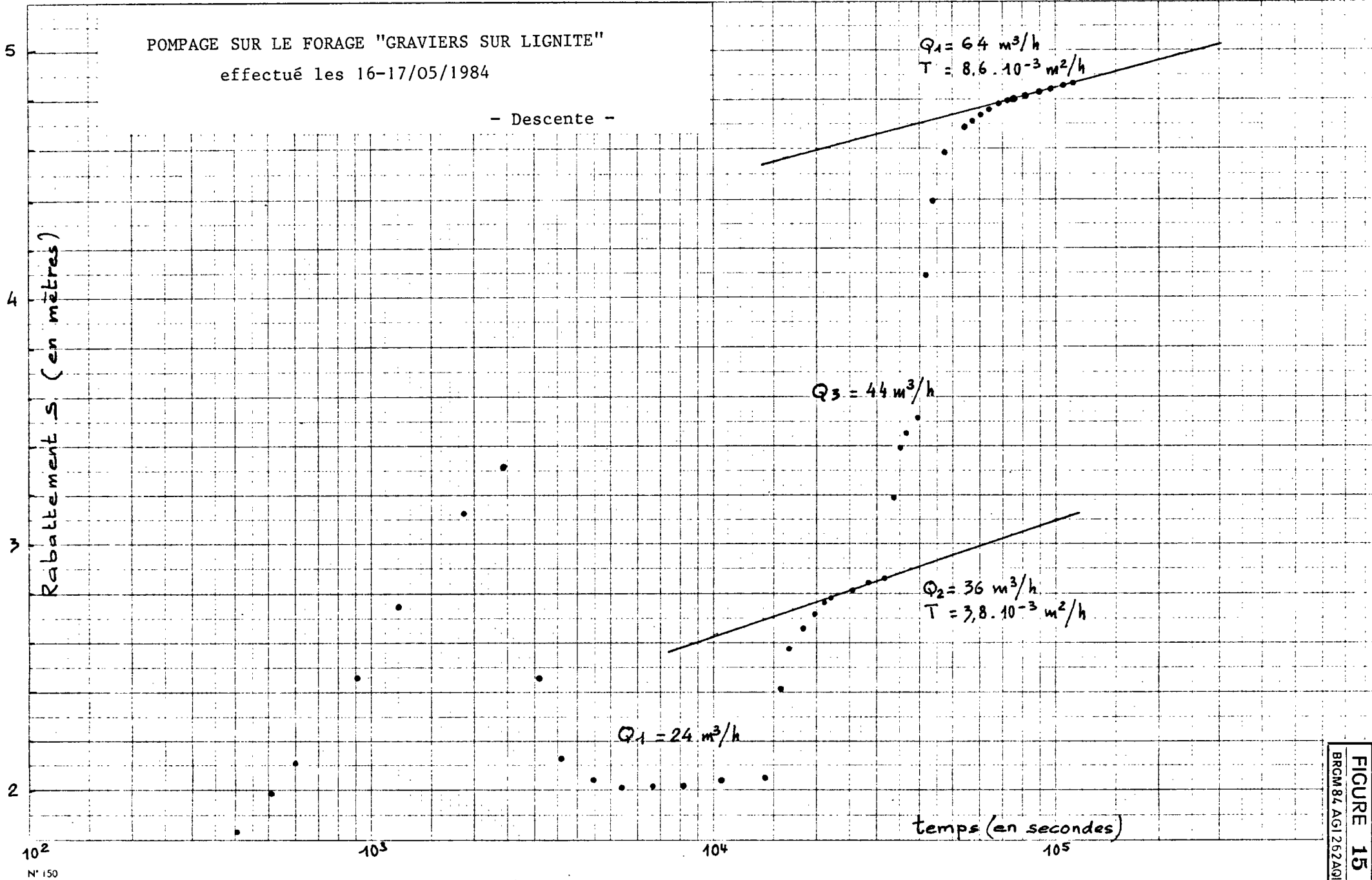
Pompage d'essais par paliers

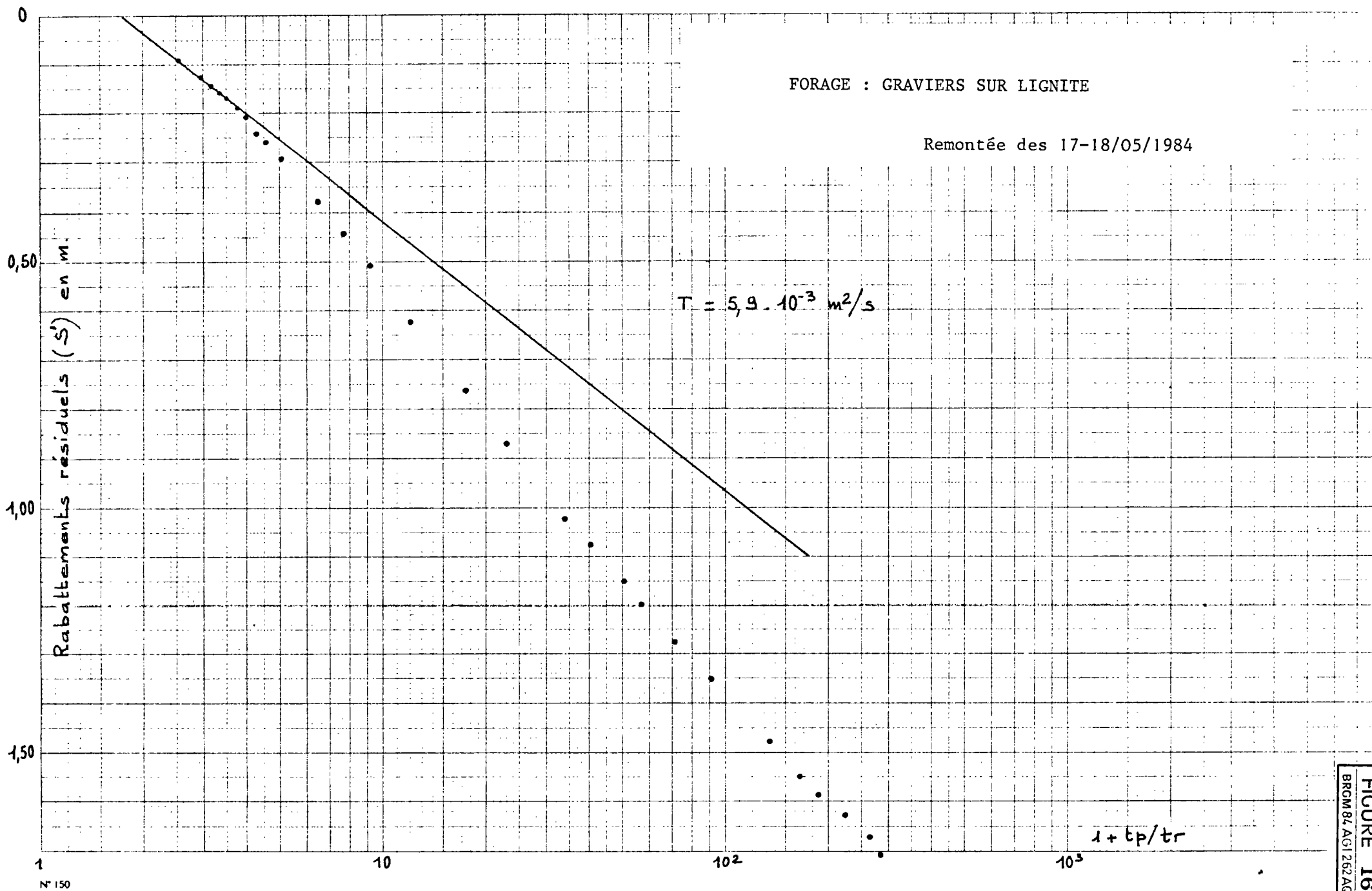
Trois essais de pompage par paliers enchainés ont été réalisés le 16 mai 1984 ; les principaux résultats sont résumés dans le tableau suivant :

| Date | Paliers | Durée | Débit m ³ /h. | niv.dyn. sous le sol | Rabatt. en mm. | Débit spéci. Q / Δ |
|---------|---------|--------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|
| 16/5/84 | 1 | 3 h 55 | 24 | - 7,52 | 2,04 | 11,7 |
| 16/5/84 | 2 | 4 h 55 | 36 | - 8,32 | 2,84 | 12,6 |
| 16/5/84 | 3 | 2 h 15 | 44 | - 9,00 | 3,52 | 12,5 |

Les résultats de ces essais sont reportés sur un graphique arithmétique (figure 14).

La courbe caractéristique $Q = f(S)$ du forage a l'allure d'une droite, les pertes de charges quadratiques sont nulles pour les débits testés.





N° 150

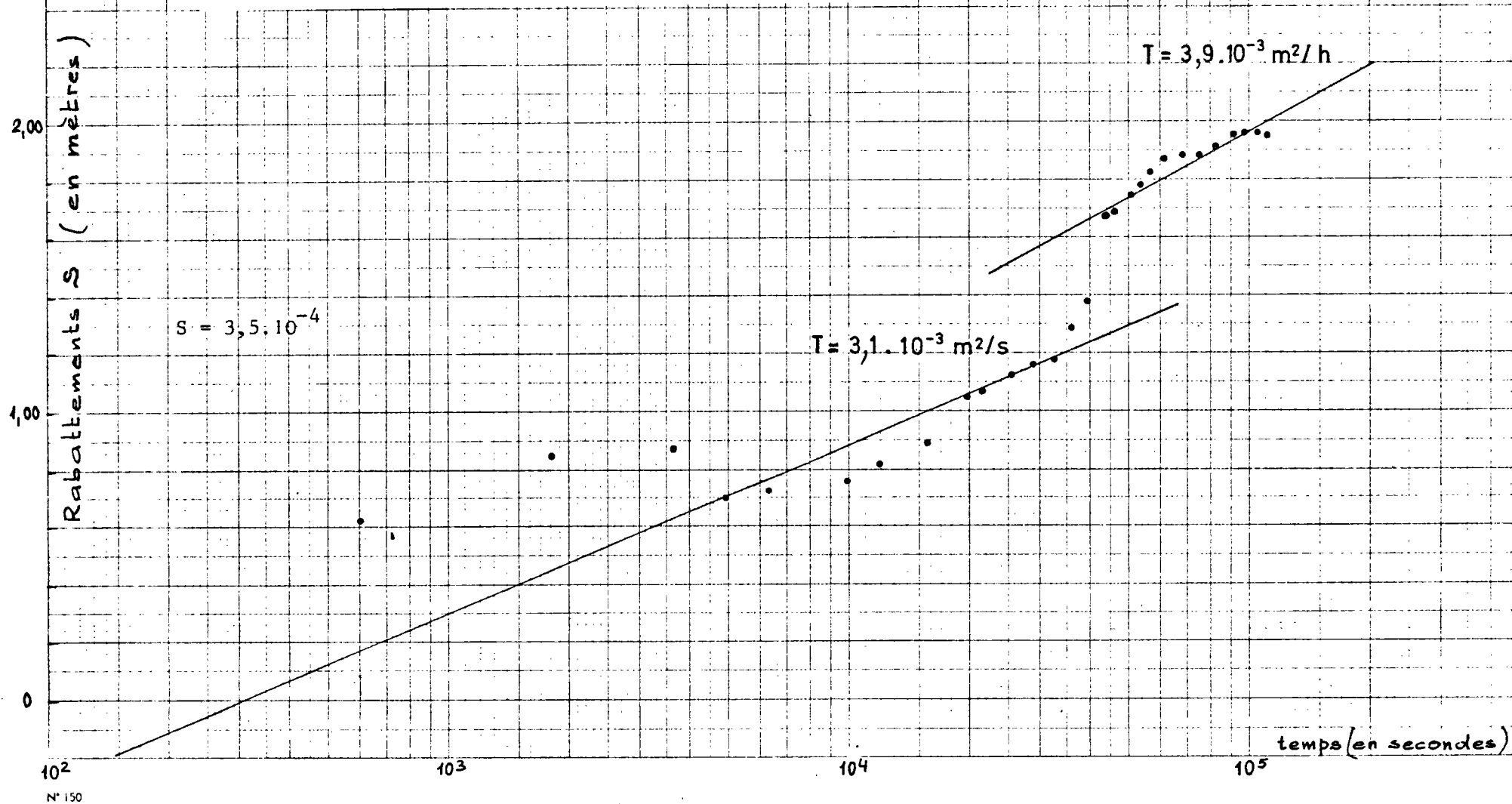
FIGURE 16
BRCM 84 AGI 262 A Q1

POMPAGE EFFECTUE SUR LE FORAGE "GRAVIERS SUR

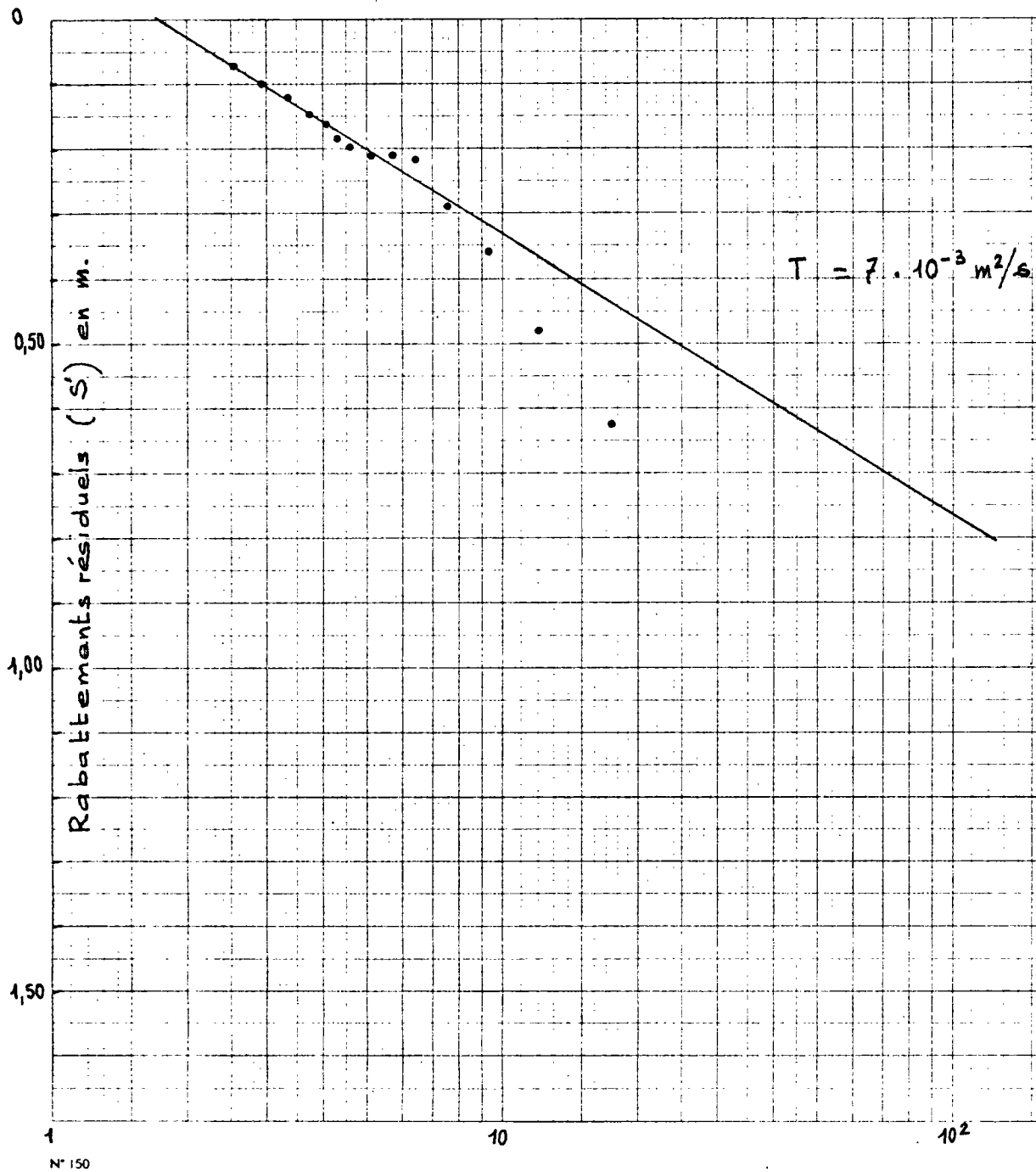
LIGNITE 1"

Evolution du rabattement observé sur P.2 (C.201)

les 16 - 17/ 5/1984



N° 150



FORAGE PIEZOMETRE P.2

POMPAGE SUR FORAGE "GRAVIERS SUR LIGNITE"

Remontée observée les 17-18/05/1984

. Pompage à débit constant

L'essai de pompage a été poursuivi au débit de 64 m³/h. les 16 et 17 mai 1984 soit pendant 21 h. 45 avec mesures sur l'ensemble des piézomètres et des forages du site n° 1.

- le report des points des couples rabattement-temps sur un graphique semi-logarithmique (*figure 15*), montre un rabattement final de 4,86 m. et permet de calculer la transmissivité de l'aquifère par la méthode d'approximation de JACOB

$$T = 3,8.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- la courbe de remontée (*figure 16*) des niveaux dynamiques après le pompage donne avec la méthode COOPER-JACOB une transmissivité égale à :

$$T = 5,9.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

. Etude de l'influence induite sur les autres piézomètres

- l'observation des niveaux dynamiques pendant la descente sur le piézomètre P.12 captant les graviers sur lignite et distant de 50 mètres du forage P.2, a montré un rabattement final de 1,96 m. (*figure 17*).

La transmissivité calculée pour la descente est comprise entre

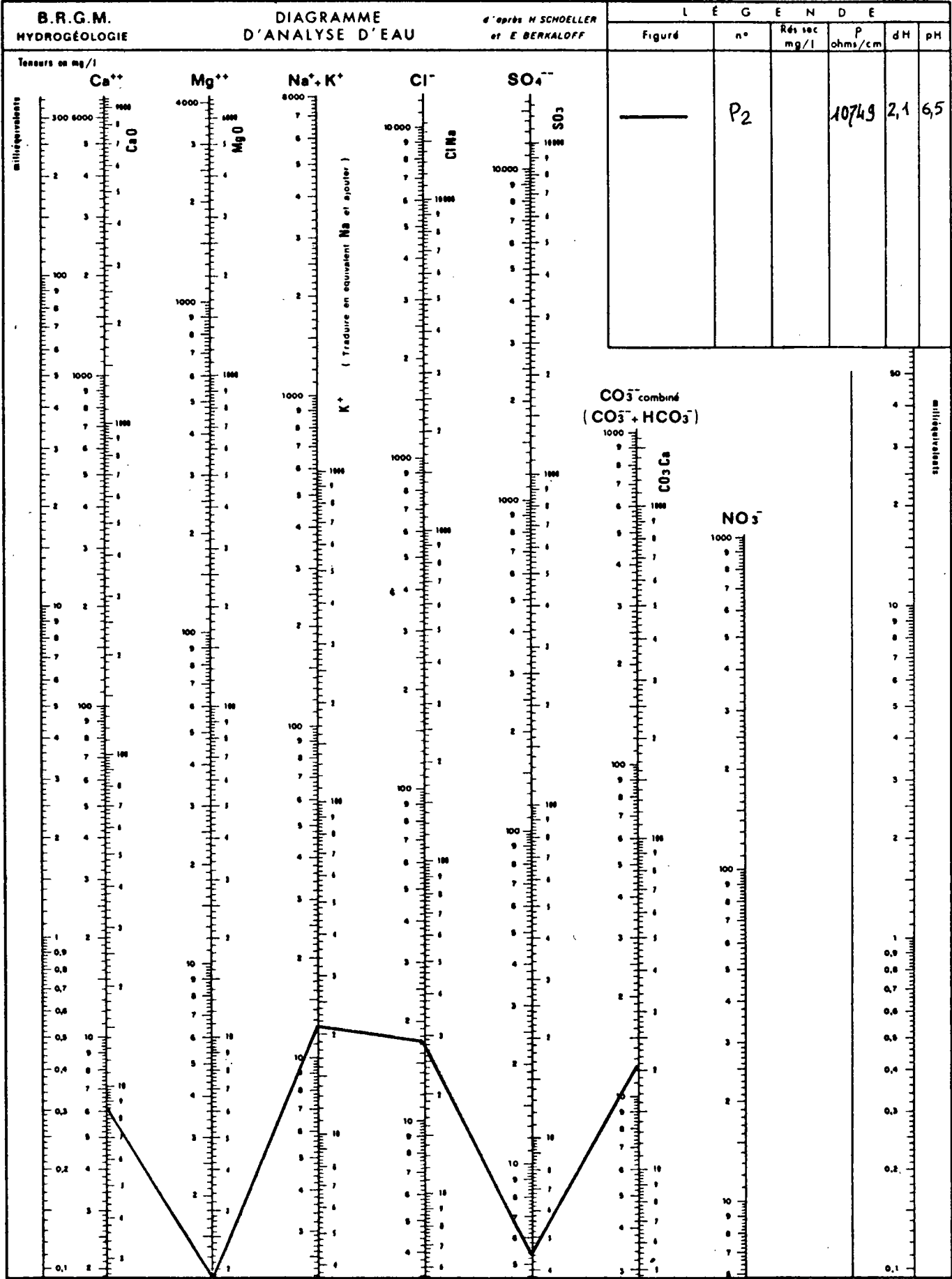
$$T = 3,1 \text{ à } 3,9.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

avec un coefficient d'emmagasinement de :

$$S = 3,5.10^{-4}$$

A la remontée, la transmissivité (*figure 18*) est de :

$$T = 7.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$



- à la fin des essais de pompage sur le forage P.2, les niveaux dynamiques dans les autres ouvrages du site 1 ont baissé de :

| Piézomètre graviers sous lignite | Distance au forage P.2 | Rabattement en fin de pompage sur P.2 | Durée des essais sur P.2 |
|--|---------------------------|---|--------------------------------|
| P.1 | 8 m. | 0,24 | 33 h. |
| P.11 | 50 m. | 0,22 | 33 h. |

- le forage P.3 (Sable des Landes) captant l'aquifère au-dessus des argiles d'Onesse a baissé de 0,03 m. au bout de 33 h. de pompage dans le forage P.2 distant de 8,60 m.

. Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais de pompage le 17/05/1984, pour une analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (*figure 19*) montre que l'eau a un faciès chimique chloruré sodique avec une résistivité de 10749 Ω /cm, soit une minéralisation totale faible.

L'eau avait une température constante au cours des essais de pompage de 13°4 à 13°6 C.

La teneur en fer total était de 0,42 mg/l.

Remarque : Pendant les 32 heures de pompage dans le sous-ensemble aquifère des Graviers sur lignite, on a fait déverser l'eau du tuyau d'exhaure dans le bac contenant de nouveau une quinzaine de truites fournies par SALMONA.

Celles-ci n'ont manifesté aucun trouble et sont restées vivantes jusqu'à la fin des essais de pompage.

DÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE
 Désignation : Piézomètre P.3 Sable des Landes
 Échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Indice de classement

| | | |
|-----|---|----|
| 923 | 4 | 35 |
|-----|---|----|

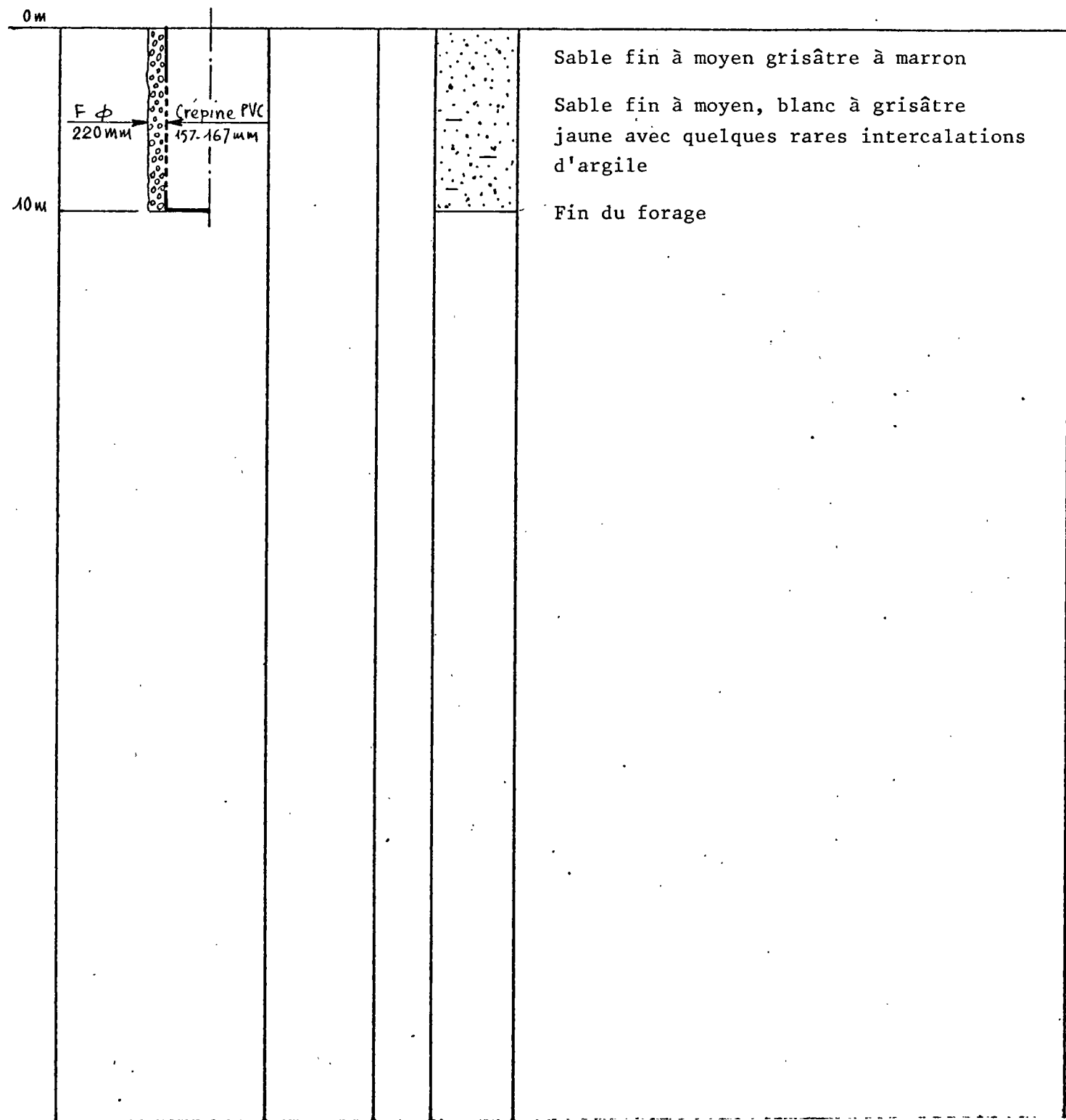
X ≈ 325.065

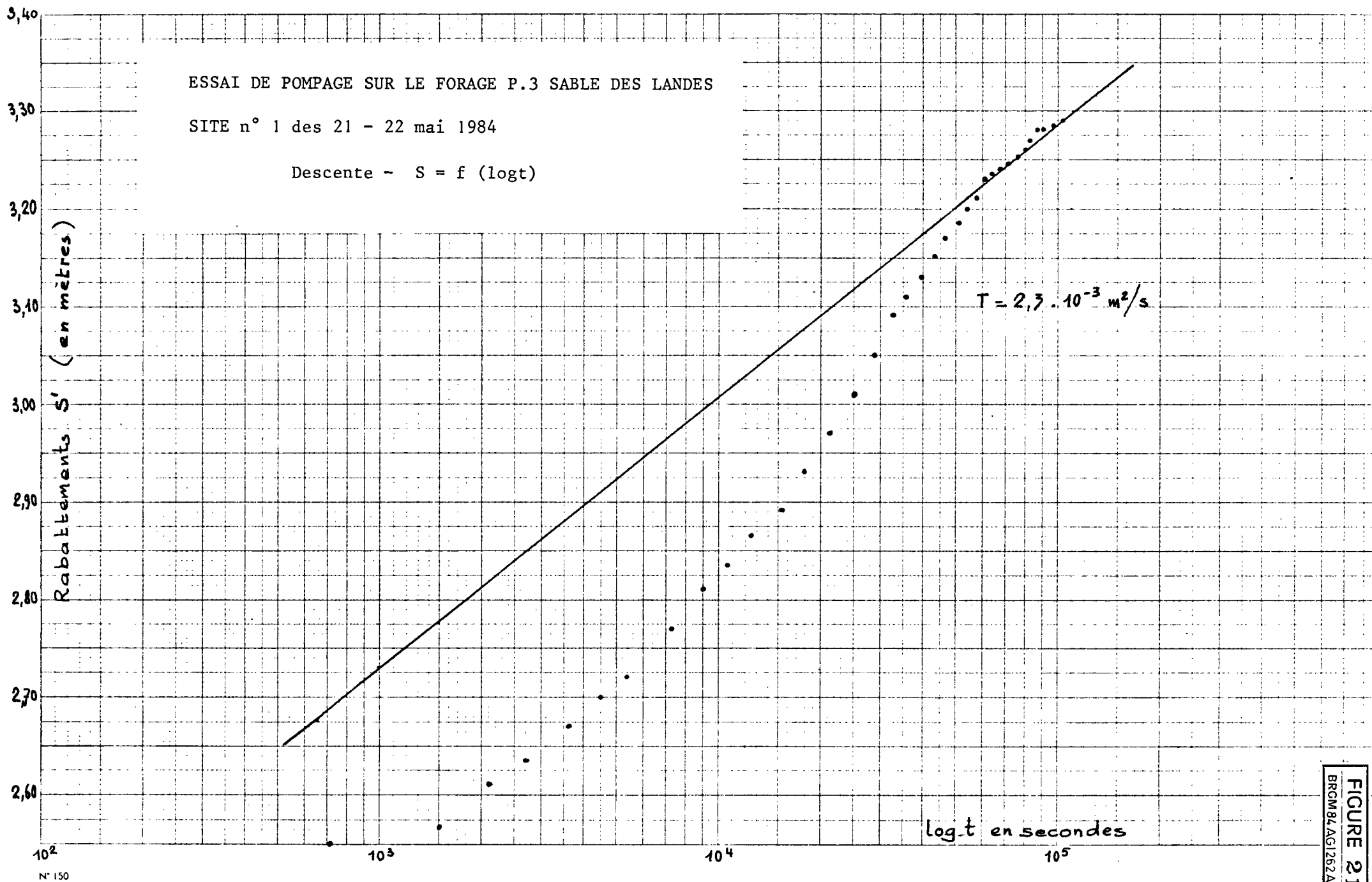
Y ≈ 3202.115

Interprétée par : C. MONDEILH

Z sol ≈ + 37 m.

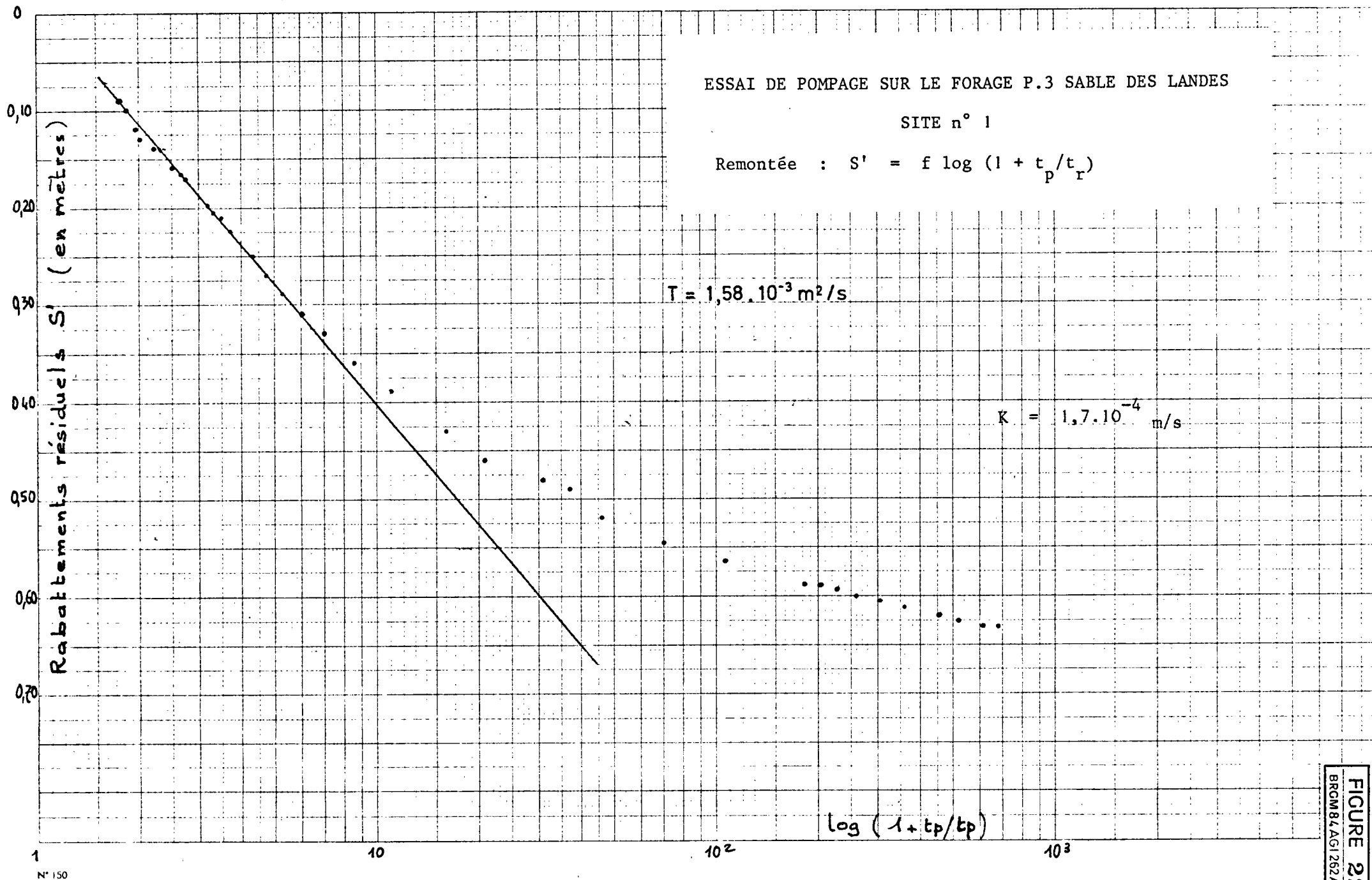
| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GÉOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|





N° 150

FIGURE 21
 BRGM 84 AGI 262 A QI



2.3.4 - Forage aux Sables des Landes P.3

Ce forage exécuté à la soupape au diamètre de 220 mm., a été équipé avec une crépine et porte crépine en PVC 157-167 mm. captant la totalité des sables du réservoir aquifère superficiel (*figure 20*). Après une heure de pompage pour nettoyer le forage, on a effectué des essais de débit.

L'aquifère libre des Sables des Landes avait un niveau piézométrique au droit du forage à 2,93 m sous le sol le 21 mai 1984.

. Essais de pompage à débit constant

- l'essai de pompage à l'aide d'une électropompe au débit de 13 m³/h a duré 29 h.50 les 21 et 22 mai 1984, avec un rabattement final de 3,29 m.

Le report des points des couples rabattement-temps sur un graphique semi-logarithmique (*figure 21*) permet de calculer la transmissivité de l'aquifère par la méthode de COOPER-JACOB

$$T = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- la courbe de remontée (*figure 22*) après le pompage sur le forage P.3, permet de calculer également la transmissivité

$$T = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

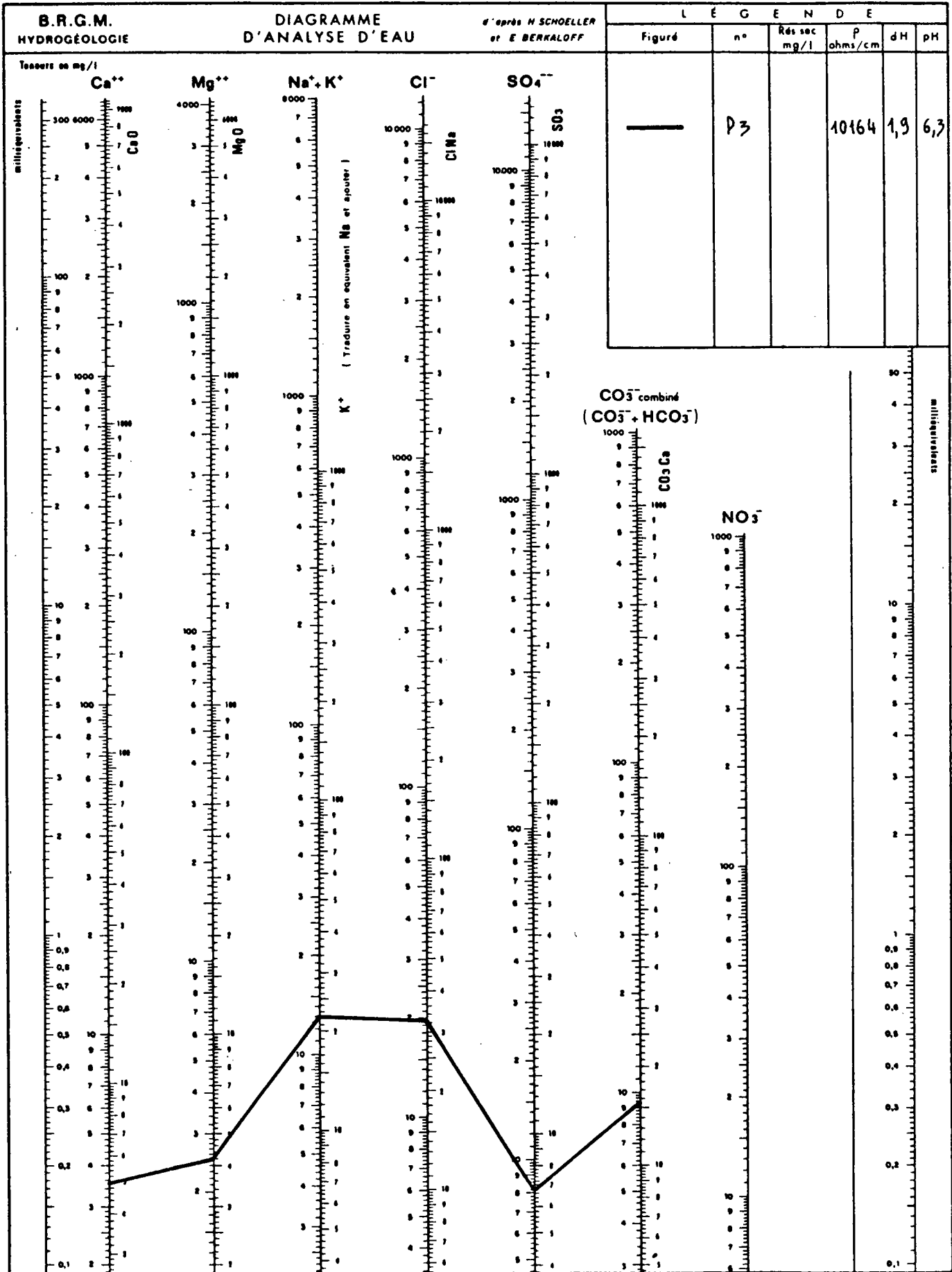
. Etude de l'influence induite sur les autres piézomètres

- Piézomètres des Sables des Landes

L'observation des niveaux dynamiques sur le piézomètre P.13, distant de 41 m. et captant l'aquifère des Sables des Landes, pendant le pompage sur le P.3, a montré un rabattement maximum de 0,14 m.

La transmissivité calculée pour la descente est de :

$$T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$



avec une porosité pour l'aquifère libre de :

$$S = 0,06$$

A la remontée, on calcule une transmissivité de :

$$T = 5,9.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- Piézomètres dans réservoir "Graviers sur lignite"

A la fin des essais de pompage sur le forage P.3, les niveaux dynamiques du réservoir des graviers sur lignite ont baissé de :

| Piézomètre | Distance au forage P.3 | Rabattement en fin de pompage sur P.3 | Durée de l'essai |
|------------|------------------------|---------------------------------------|------------------|
| P.2 | 8,6 m. | 0,01 m. | 29 h50 |
| P.12 | 41 m. | 0,02 m. | 29 h50 |

- Piézomètres dans le réservoir "Graviers sous lignite"

Il n'y a pas eu d'influence sur le forage P.1 et le piézomètre P.11 captant les graviers de base sous les lignites de Mézos.

. Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais de pompage le 22 mai 1984, pour analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (figure 23) montre que l'eau a un faciès chimique chloruré sodique avec une résistivité de 10 164 Ω/cm soit une minéralisation faible.

Il n'y a pas eu de fer décelé dans l'eau. La température de l'eau est restée constante pendant les essais de pompage à 13°²C.

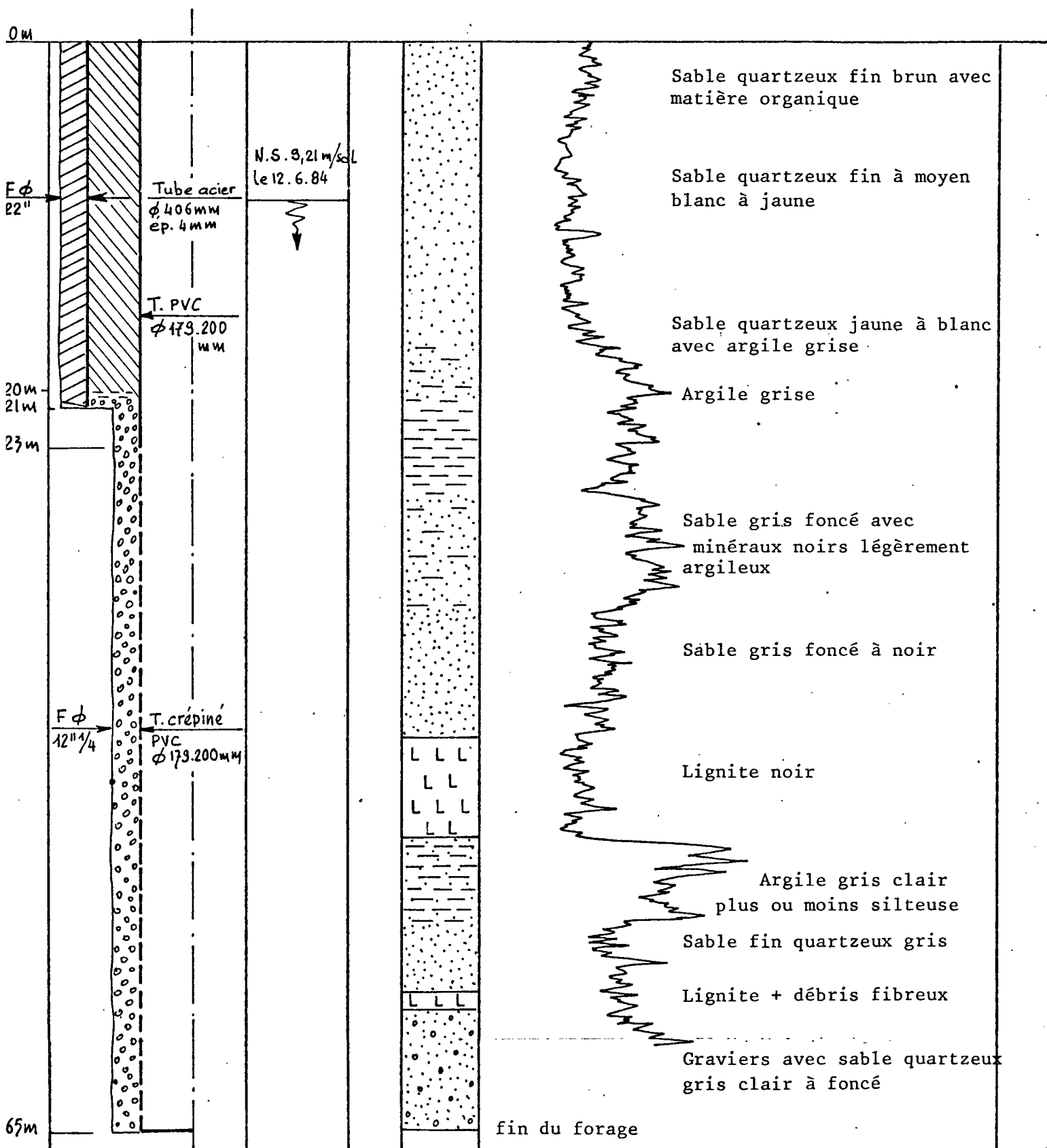
Remarque : La même expérimentation d'acclimatation de truites saumonées a été réalisée avec les eaux d'exhaure de l'aquifère des Sables des Landes, comme celles tentées déjà pour les eaux d'exhaure des réservoirs sur et sous lignites des Graviers. La dizaine de truites introduite dans le bac n'a manifesté aucun trouble et toutes étaient vivantes après 29 h. de pompage.

ÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE ET LAHARIE
 Désignation : Forage P.4 Gravier sur lignite
 Échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Indice de classement 923 | 4 | 38

x = 325.270 y = 3203.270
 Interprétée par : C. MONDEILH Z sol = ≈ + 45 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GEOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|



DÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE ET LAHARIE
 Désignation : Piézomètre P.5 Gravier sur lignite
 Échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Indice de classement

| | | |
|-----|---|----|
| 923 | 4 | 39 |
|-----|---|----|

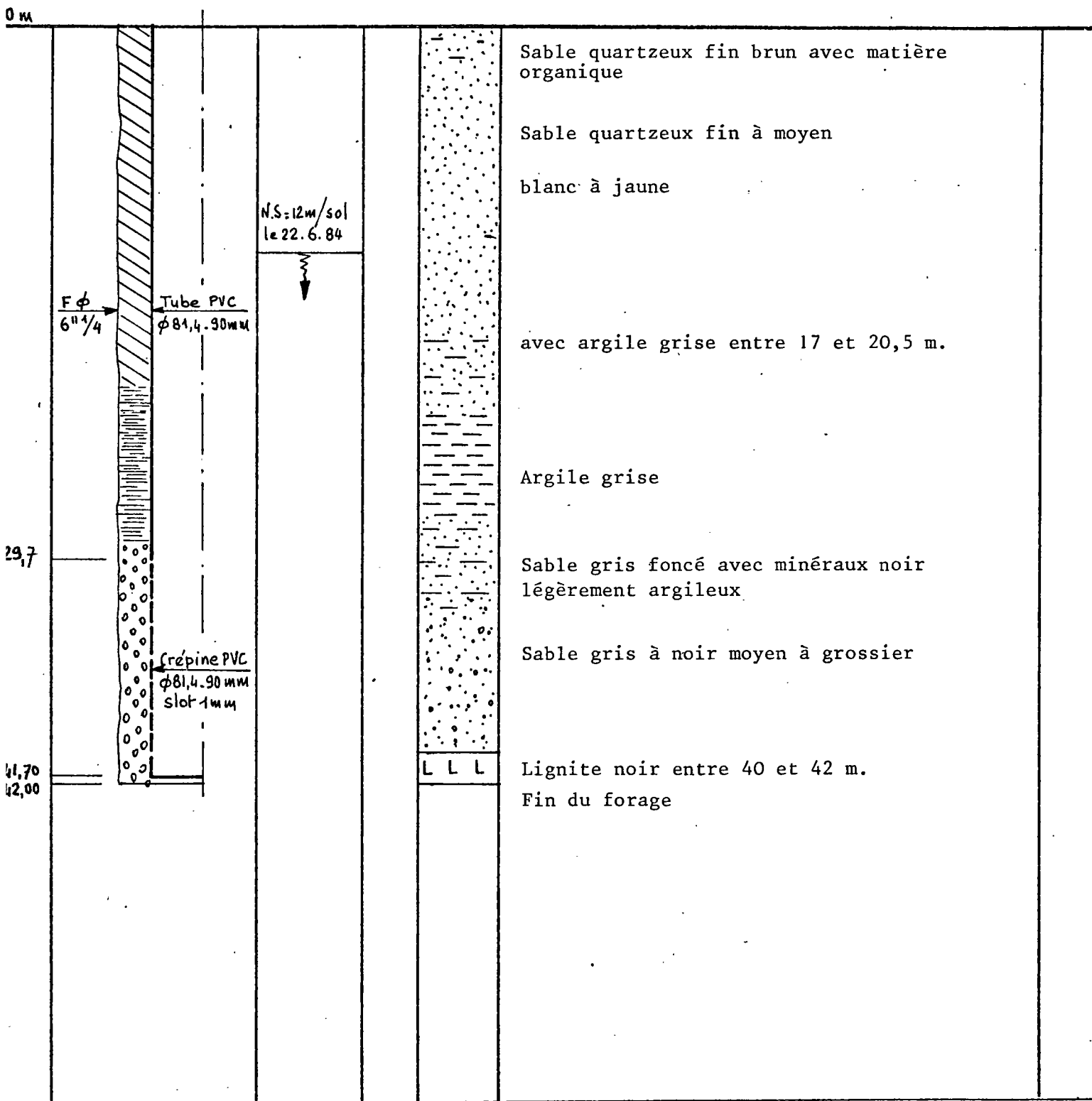
X = 325.280

Y = 3203.270

Interprétée par : C. MONDEILH

Z sol ≈ + 45 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GEOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|



2.4 - SITE 2 PRES DE LA DEPARTEMENTALE D.38 RELIANT ONESSE à MIMIZAN

2.4.1 - Forage P.4 dans les Graviers sur et sous lignites

Un ouvrage a été réalisé dans le réservoir des sables grossiers au-dessus et sous les lignites, dans la partie Nord du gisement de Mézos.

La partie supérieure dans les Sables des Landes forée au diamètre de 22" a été tubée avec de l'acier roulé soudé au \emptyset 406 mm., cimentée par refoulement de bas en haut.

La foration s'est poursuivie dans l'horizon des graviers au diamètre de 12" $\frac{1}{4}$ de 21 à 65 m. de profondeur, avec descente d'une crépine PVC \emptyset 179-200 mm. entre 23 et 65 mètres puis, gravillonnage de l'espace annulaire de 65 à 23 m., surmonté d'un tube plein PVC \emptyset 179-200 mm. de 23 m. à la surface (*figure 24*).

Après destruction de la boue au "FORAGUM" avec de l'eau oxygénée, un air lift a permis de développer le forage.

L'aquifère des graviers sur et sous lignites, captif sous les argiles d'Onesse, a un niveau piézométrique de 9,21 m. sous le sol le 12 juin 1984.

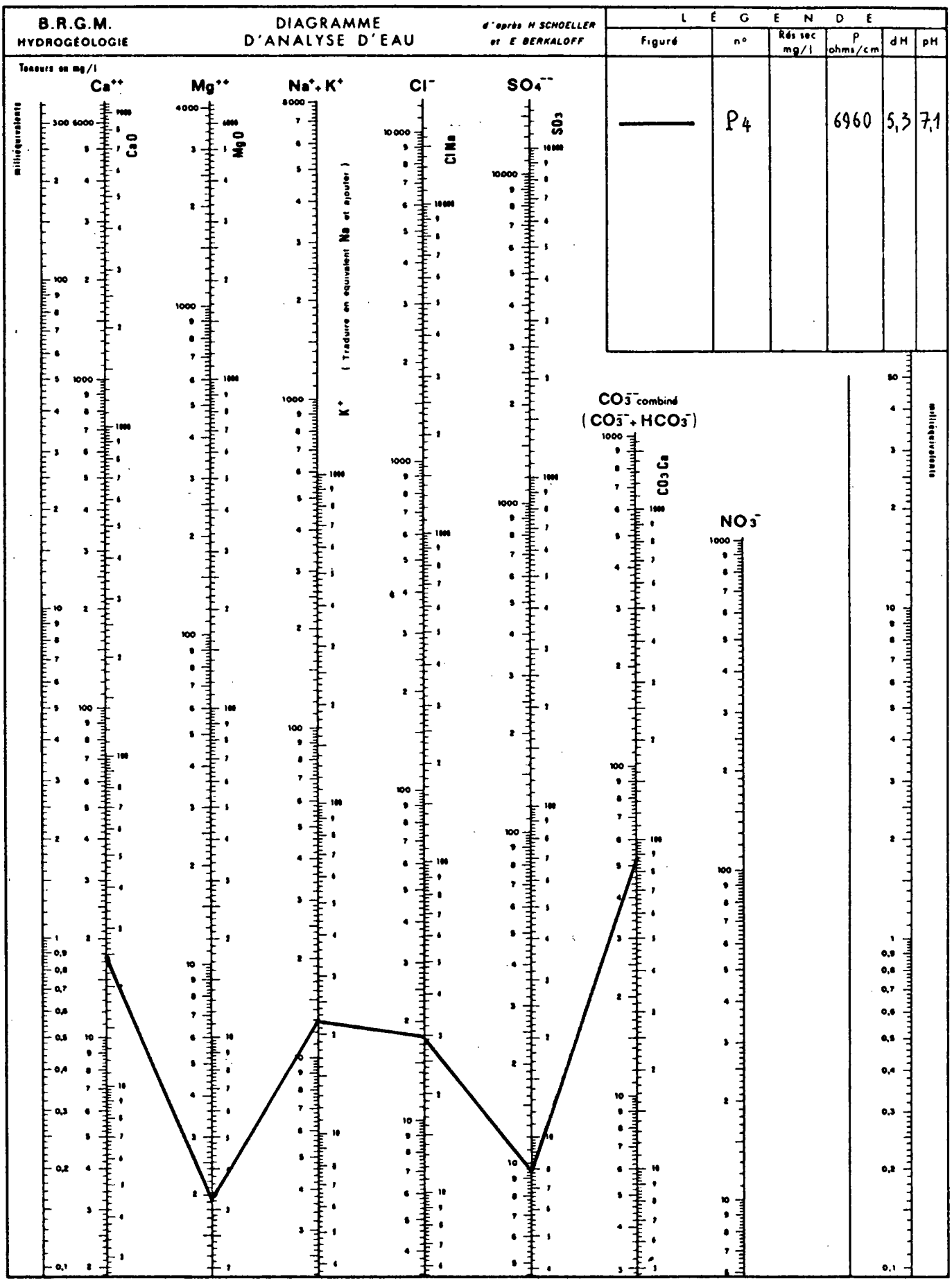
2.4.2 - Piézomètre P.5 dans les graviers sur lignite

Un ouvrage a été foré au \emptyset 6" $\frac{1}{4}$ dans les graviers sur lignite à 22,5 m. du P.4 jusqu'à 42 m. de profondeur et équipé avec une crépine en PVC \emptyset 81,4-90 mm. entre 41,7 et 29,7 m., surmonté d'un tube PVC plein \emptyset 81,4-90 mm. de 29,7 m. à la surface. Le gravillonnage de l'espace annulaire 158,8-90 mm. a été exécuté entre 42 et 28 m., la partie supérieure de l'annulaire a été remplie de "bentonite" puis d'un laitier de ciment jusqu'à la surface (*figure 25*).

Essai de pompage à débit constant

- un essai de pompage au débit constant de 46,5 m³/h. a été réalisé les 18 et 19 juin 1984 pendant 24 heures, avec surveillance des niveaux sur le piézomètre distant de 22,3 mètres.

La transmissivité calculée sur le forage d'essai pendant la descente est de : $T \approx 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.



Pendant la remontée, la transmissivité calculée est de :

$$T = 4,1.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- la descente pendant le pompage dans P.4, des niveaux dynamiques du piézomètre a montré une baisse de 1,92 m. à la fin de l'essai de pompage.

La transmissivité calculée pendant la descente est de :

$$T = 4,5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Le coefficient d'emménagement calculé pour l'aquifère des graviers sur lignite est égal à :

$$S = 2,2.10^{-4}$$

Après la remontée des niveaux, la transmissivité était de :

$$T = 4,9.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

. Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais de pompage le 19 juin 1984, pour analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (*figure 26*) montre que l'eau a un faciès chimique bicarbonate calcique-chloruré sodique avec une résistivité de 6960 Ω/cm .

L'eau avait une température constante au cours des essais de pompage de 13°C.

La teneur en fer total était de 0,43 mg/l.

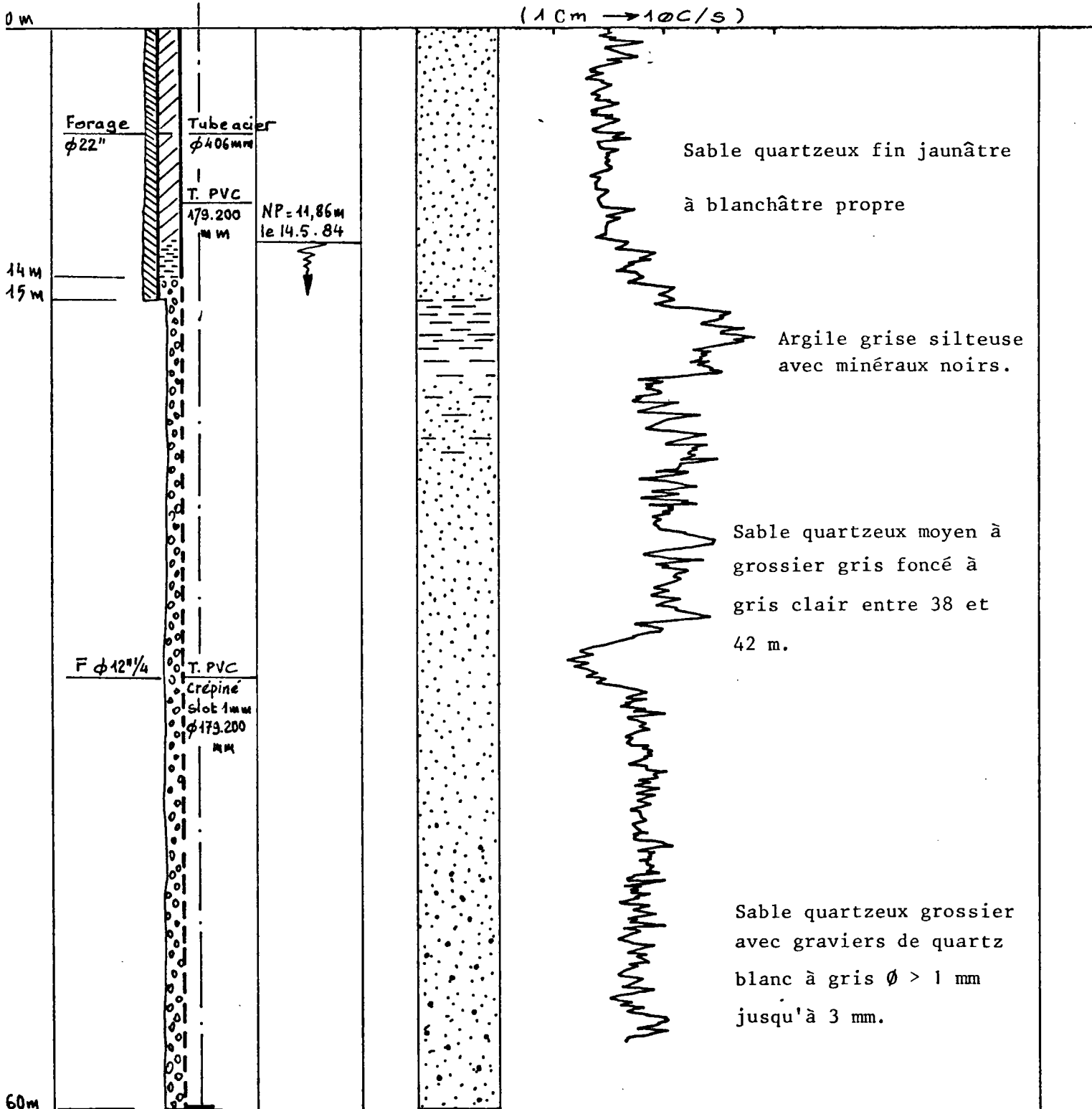
DÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE

| | | | |
|----------------------|-----|---|----|
| Indice de classement | 923 | 4 | 40 |
|----------------------|-----|---|----|

Désignation : Forage P.7 Grapiers de base sur chemin départemental x = 323.750
 Échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER Interprétée par : C. MONDEILH

y = 3201.200
 Z sol = ≈ + 41 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GÉOLOGIQUE | Strati-graphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|----------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|----------------|



ÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE

Indice de classement

| | | |
|-----|---|----|
| 923 | 4 | 41 |
|-----|---|----|

Designation : Forage P.8 Sable des Landes sur chemin départemental x = 323.774

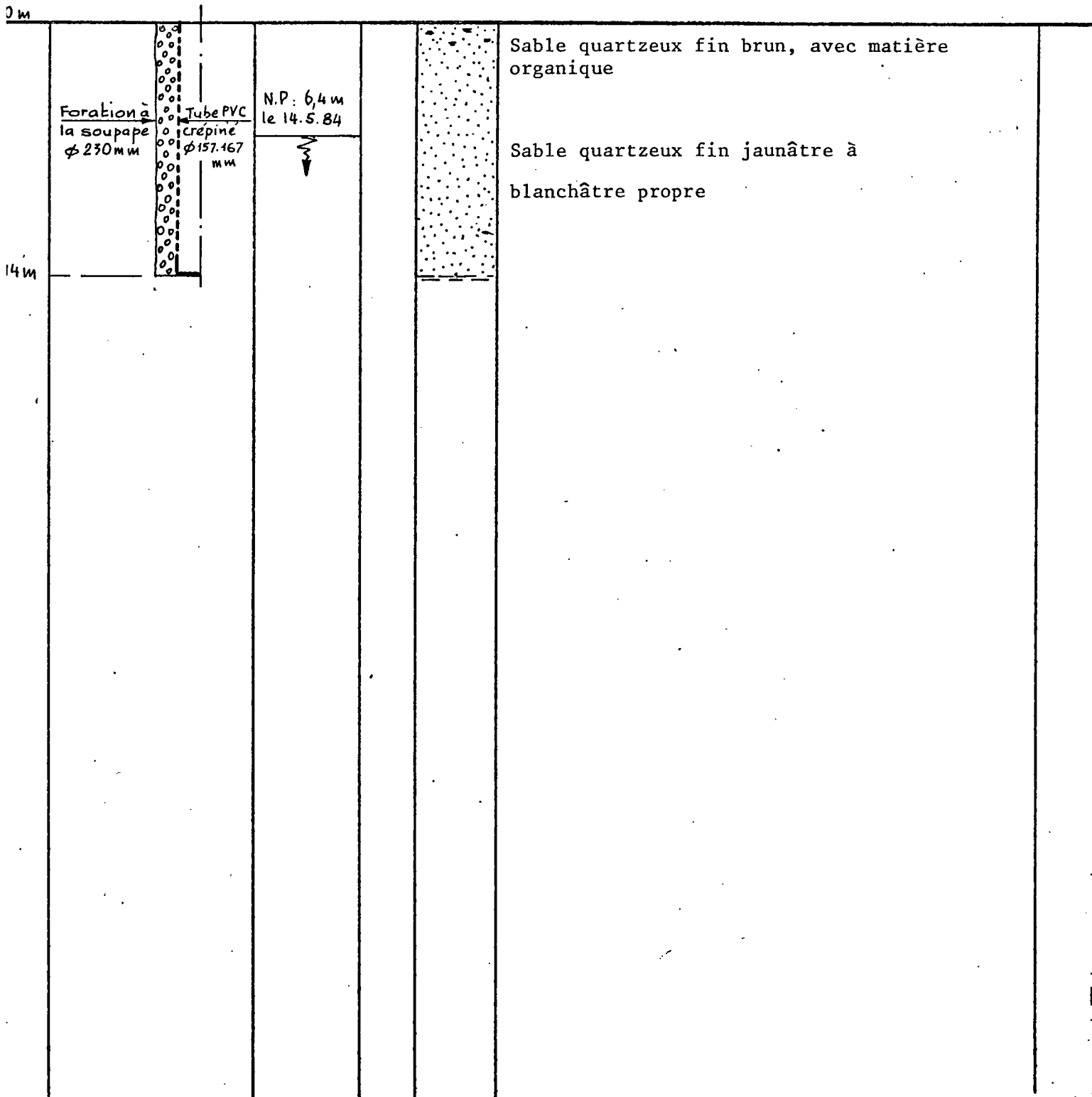
y = 3201.200

Echelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Interprétée par : C. MONDEILH

Z sol = \approx + 41 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GEOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|



2.5 - SITE 3 SUR LA PLATEFORME DE L'ANCIENNE VOIE DE CHEMIN DE FER
RELIANT MORCENX à ST-JULIEN-en-BORN

2.5.1 - Forage P.7 dans les Graviers de base

Un forage a été implanté à l'Ouest du gisement de Mézos, dans les formations des graviers de base, au point de coordonnées Lambert :

$$X = 323,750$$

$$Y = 3201,200$$

$$Z = + 41 \text{ m.}$$

La partie supérieure dans les Sables des Landes a été forée au \emptyset de 22" de 0 à 15 m. avec descente d'un tube acier roulé soudé de 406 mm. de diamètre cimenté par refoulement de bas en haut.

La foration s'est poursuivie de 15 à 60 m. au \emptyset de 12" ¹/₄, avec descente de la colonne captante en PVC composée de tube plein de 0 à 14 m. puis de 14 à 60 m. de crépine avec des slots de 1 mm. de diamètre 179-200 mm..

L'espace annulaire a été rempli de graviers de 14 à 60 m. La partie supérieure de l'annulaire entre le tubage acier \emptyset 406 mm. et le tube PVC 179-200 mm. a été cimentée jusqu'à la surface (*figure 27*).

Après destruction de la boue au "Foragum" avec de l'eau oxygénée, l'ouvrage a été développé par air lift avant d'effectuer les essais de pompage.

L'aquifère est captif sous les argiles d'Onesse avec un potentiel à 11,86 m. sous le sol le 14 mai 1984.

2.5.2 - Forage P.8 dans les Sables des Landes

La foration s'est effectuée à la soupape au diamètre de 230 mm. avec descente d'une colonne crépinée en PVC au diamètre de 157-167 mm. fermée à la base et gravillonnée de bas en haut (*figure 28*).

L'aquifère capté est libre avec un potentiel à 6,70 m. sous le sol le 14 mai 1984.

2.5.3 - Essai de pompage à débit constant sur le P.7

Un essai de pompage au débit constant de 52 m³/h. a été réalisé les 28 et 29 mai 1984 pendant 24 h. 45 mn.

- le report des points des couples rabattement-temps sur un graphique semi-logarithmique (*figure 29*) montre que le rabattement final était de 2,41 m., avec une stabilisation au bout de 15 h. 45 mn.

La transmissivité calculée lors de la descente avec la méthode JACOB-COOPER donne une valeur de :

$$T = 2,9.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- l'observation de la remontée des niveaux dynamiques durant les 29 et 30 mai 1984, après l'arrêt du pompage a permis de reporter sur un graphique semi-logarithmique (*figure 30*) les rabattements résiduels en fonction du logarithme du temps réduit $1 + t_p/t_r$ (avec t_p = temps de pompage et t_r = temps de remontée après l'arrêt de la pompe).

L'alignement des points en fin de remontée a permis de calculer avec la méthode de JACOB, une transmissivité égale à :

$$T = 9.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- l'influence du pompage dans les graviers de base au droit du forage P.7 sur l'aquifère des Sables des Landes a été de 3 cm. à la fin des essais de pompage.

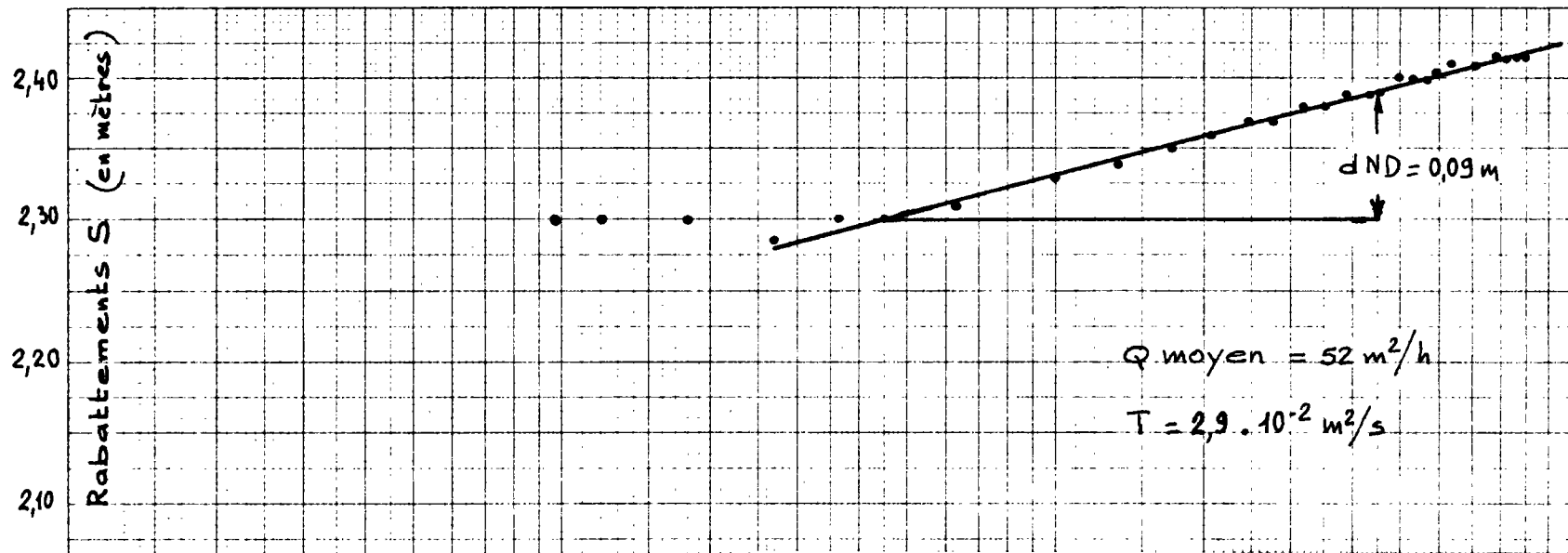
2.5.4 - Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais le 29 mai 1984 sur le P.7 pour analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (*figure 31*) montre une eau bicarbonatée calcique, chlorurée sodique, avec une résistivité de 5368 Ω/cm .

L'eau avait une température constante au cours des essais de pompage de 14°5C.

La teneur en fer total était de 1,03 mg/l.



ESSAI DE POMPAGE SUR LE P.7 les 28-29/05/1984

Descente $S = f(\log t)$

temps en secondes

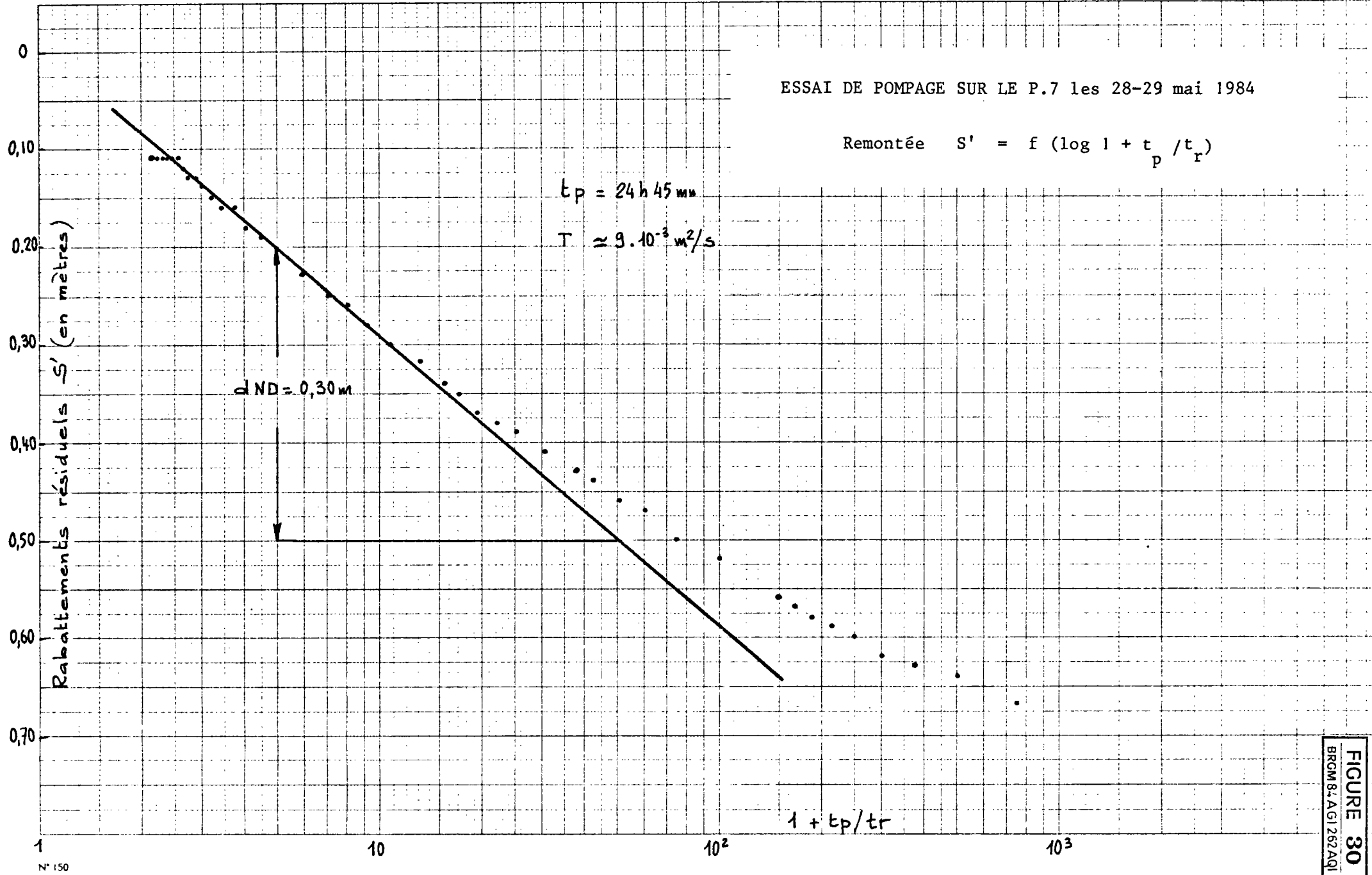
ESSAI DE POMPAGE SUR LE P.7 les 28-29 mai 1984

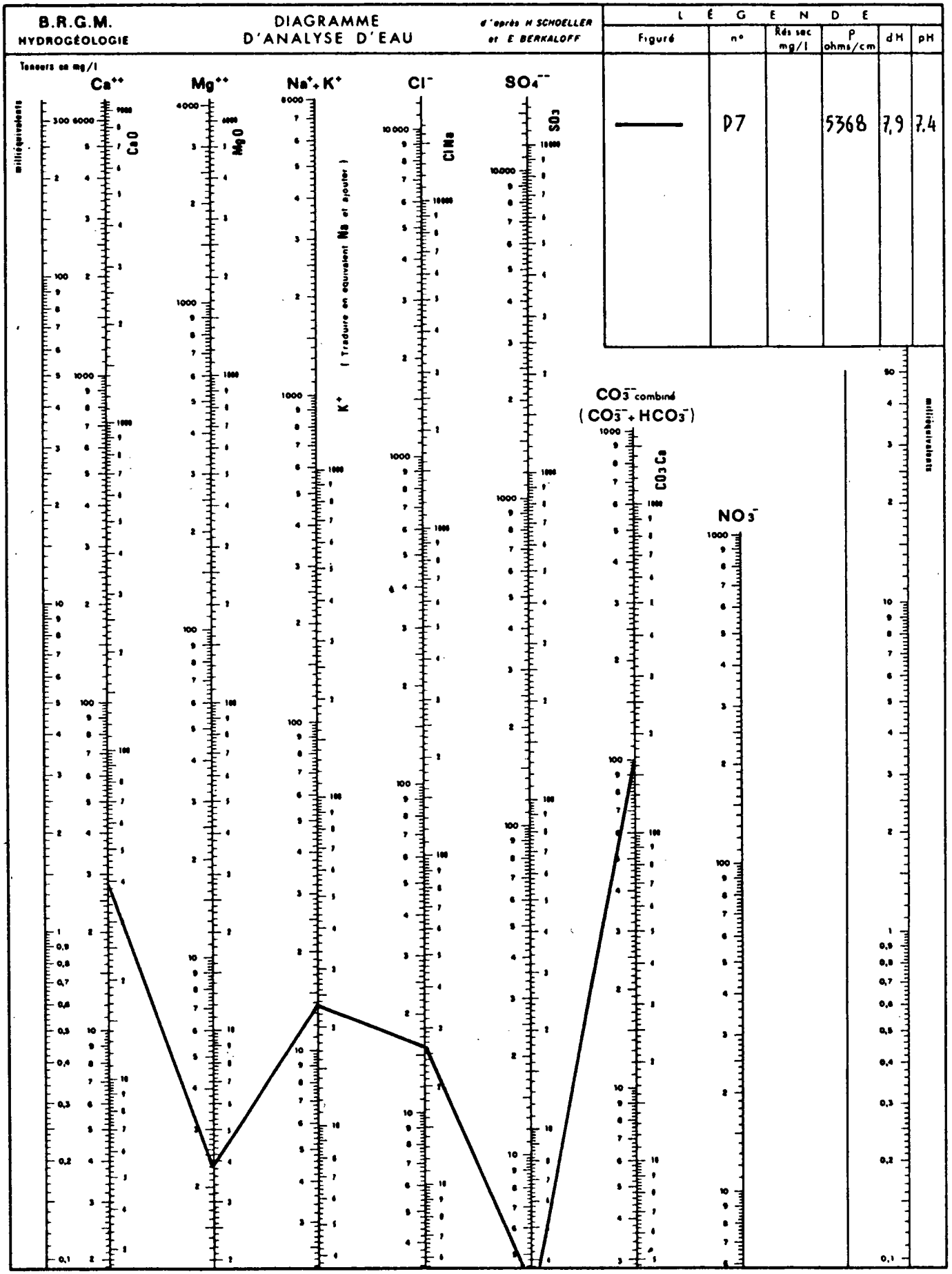
Remontée $S' = f(\log 1 + t_p / t_r)$

$t_p = 24 \text{ h } 45 \text{ mn}$

$T \approx 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$\phi \text{ ND} = 0,30 \text{ m}$



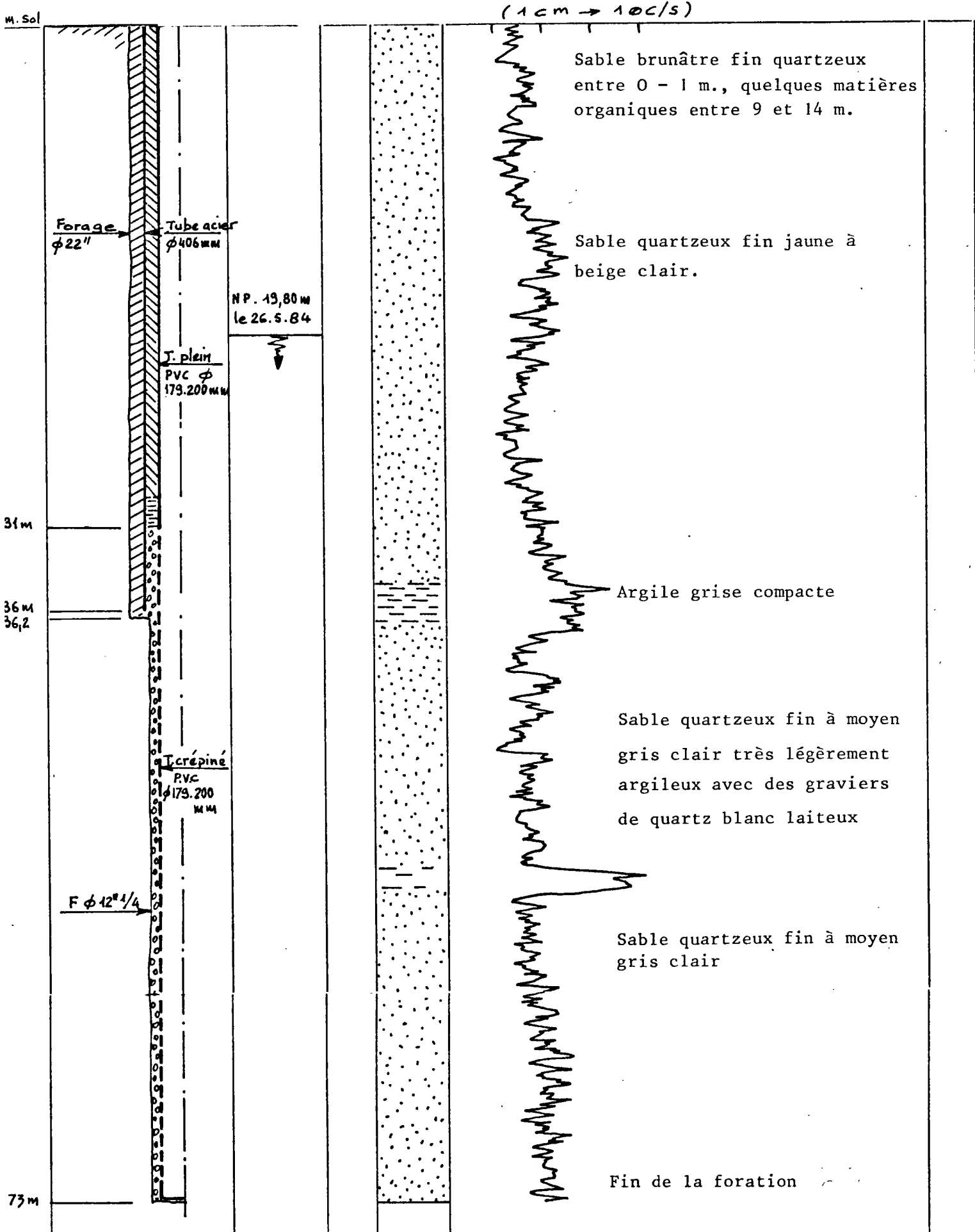


DÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE
 Désignation : Forage P.9 dans les Graviers de base
 Échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Indice de classement 924 | 1 | 25

x = 326.775 y = 3197.925
 Interprétée par : C. MONDEILH Z sol = + 53 m.

| Profond. | Demi-coupe technique | Nappes et plan d'eau | Echant. | Coupe | DESCRIPTION GÉOLOGIQUE | Stratigraphie |
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|
|----------|----------------------|----------------------|---------|-------|------------------------|---------------|



2.6 - SITE 4 AU LIEU-DIT "HARENCIN"

2.6.1 - Forage P.9 dans les Graviers de base

Le forage a été implanté au Sud-Est du gisement de lignite de MEZOS-SUD sur la commune d'ONESSE et LAHARIE, en bordure de la Départementale 140 reliant LESPÉRON à ONESSE, au lieu-dit "HARENCIN", au point de coordonnées Lambert :

$$X = 326,775$$

$$Y = 3197,925$$

$$Z = + 63 \text{ m.}$$

La foration s'est effectuée dans la partie supérieure (Sables des Landes) au \emptyset 22" de 0 à 36,2 m. avec descente d'un tube acier de diamètre 406 mm., cimenté par refoulement de bas en haut. La foration a été poursuivie de 36,2 à 75 m. de profondeur.

La colonne captante est composée de tube PVC plein de 0 à 31 m. de diamètre 179-200 mm., puis de tube crépiné en PVC avec un slot de 1 mm. de diamètre 179-200 mm. entre 31 et 73 m.

L'espace annulaire 311-200 mm. a été gravillonné de 73 à 31 m. puis la partie supérieure a été cimentée de 30 m. à la surface (*figure 32*).

Après destruction de la boue au "Foragum", le forage a été développé à l'air lift avant d'effectuer les essais de pompage.

La nappe des Graviers de base est captive sous les argiles d'Onesse avec un niveau piézométrique à 19,18 m. par rapport au sol le 26 mai 1984.

2.6.2 - Piézomètre P.10 au lieu-dit "HARENCIN"

Il est situé au lieu-dit "Harencin" à 11,5 m. au Nord du forage P.9.

Il a été foré dans les Sables des Landes au \emptyset de 8" ¹/₂ de 0 à 37 m., avec descente d'un tube acier \emptyset 162-168 mm. de 0 à 36 m. enfoncé au battage de 1 m. dans les argiles d'Onesse.

ÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE et LAHARIE

Indice de classement

924 | 1 | 26

signation : Piézomètre P.10 dans les Gravieres de base

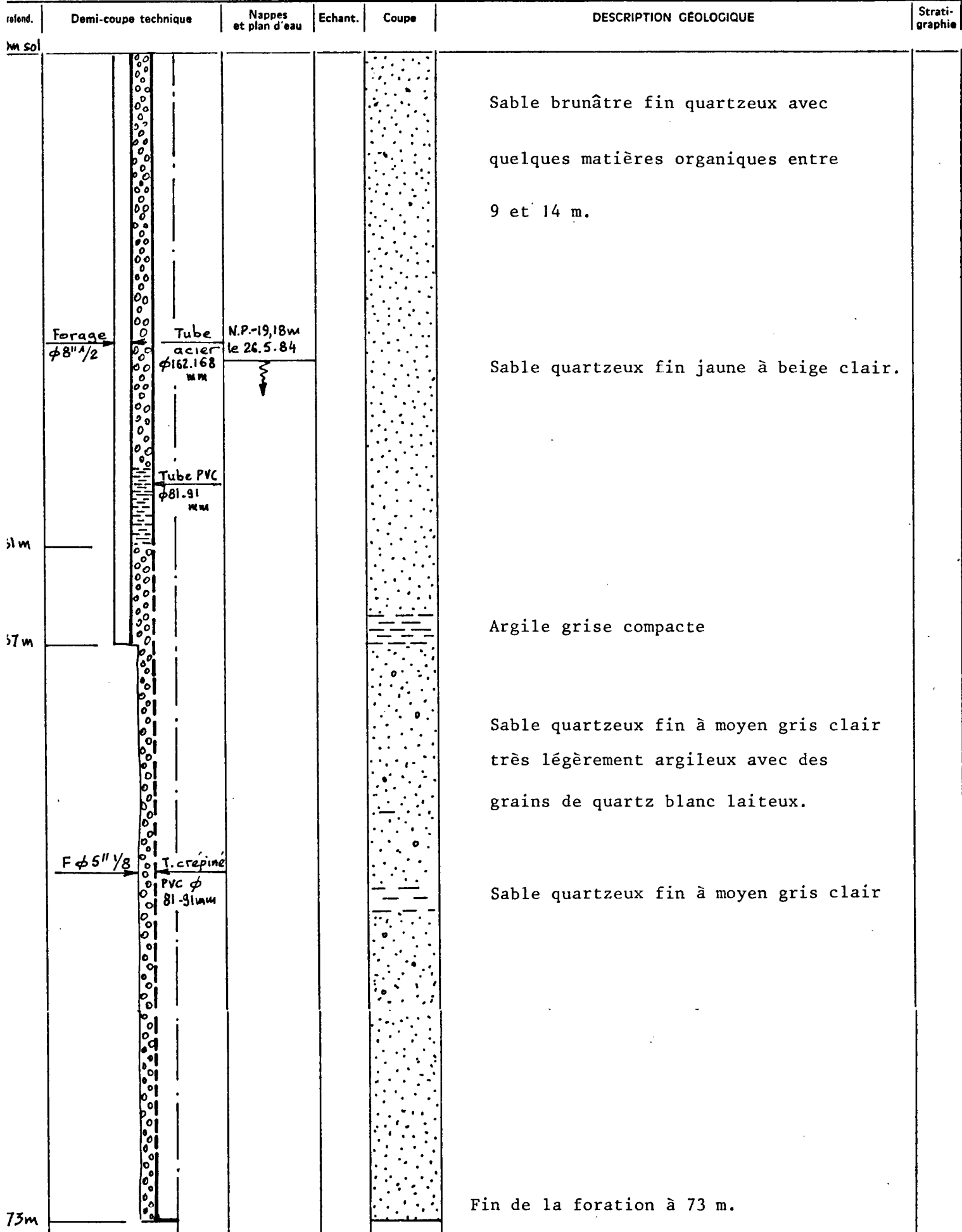
X = 326.775

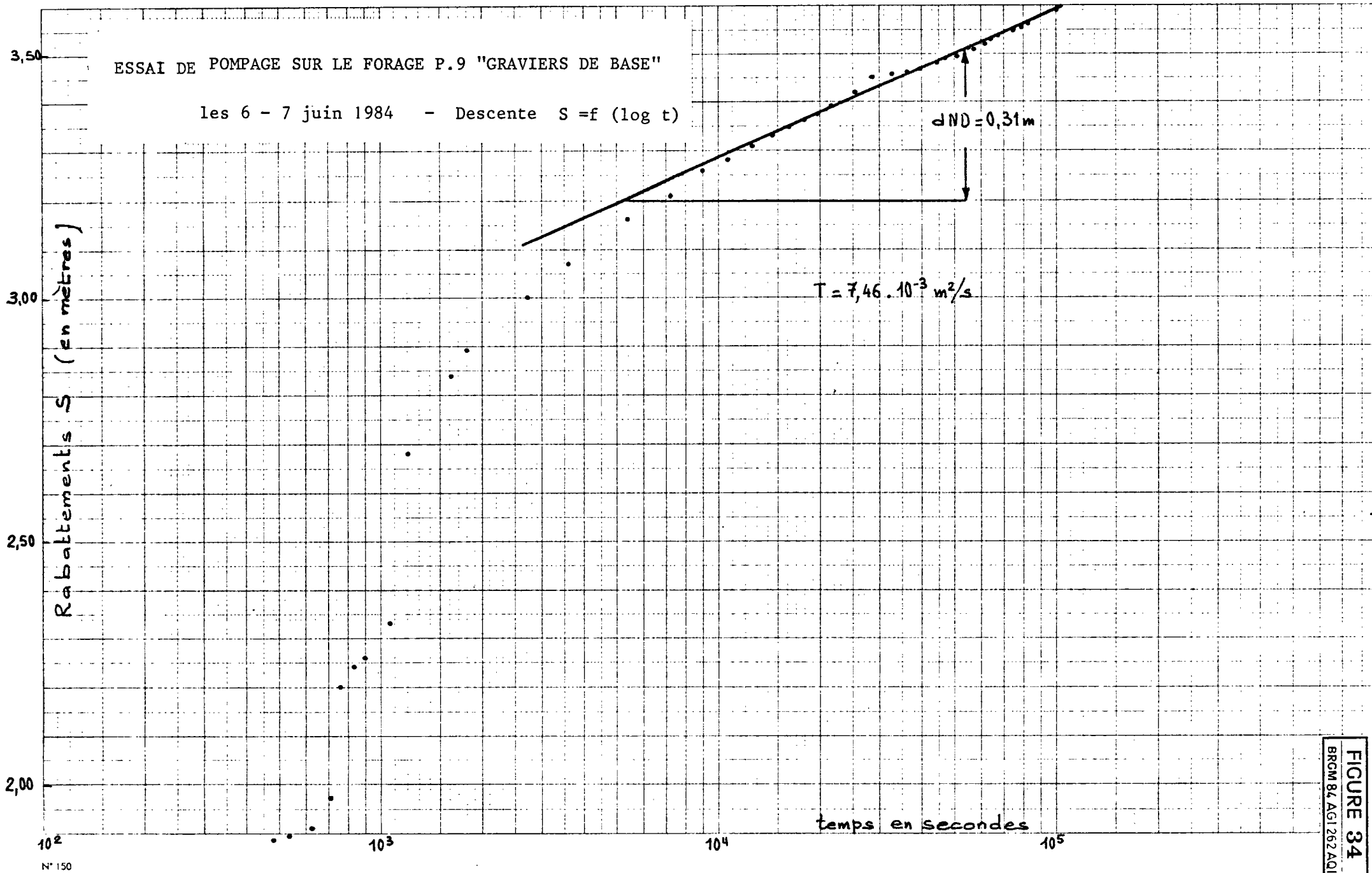
Y = 3197.936

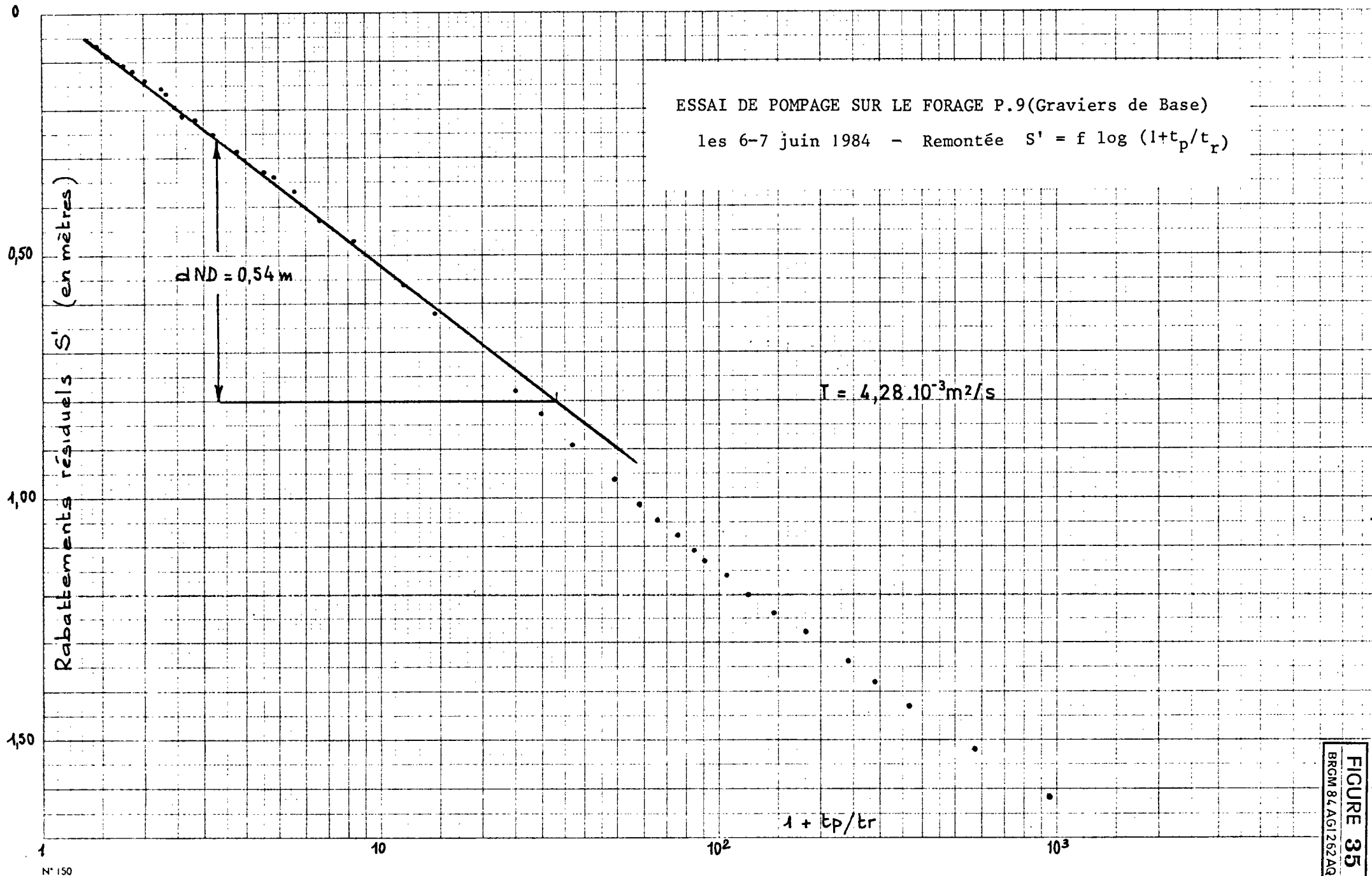
échelle au : 1/300 établie par : C. MAZURIER

Interprétée par : C. MONDEILH

Z sol = ≈ + 63 m.







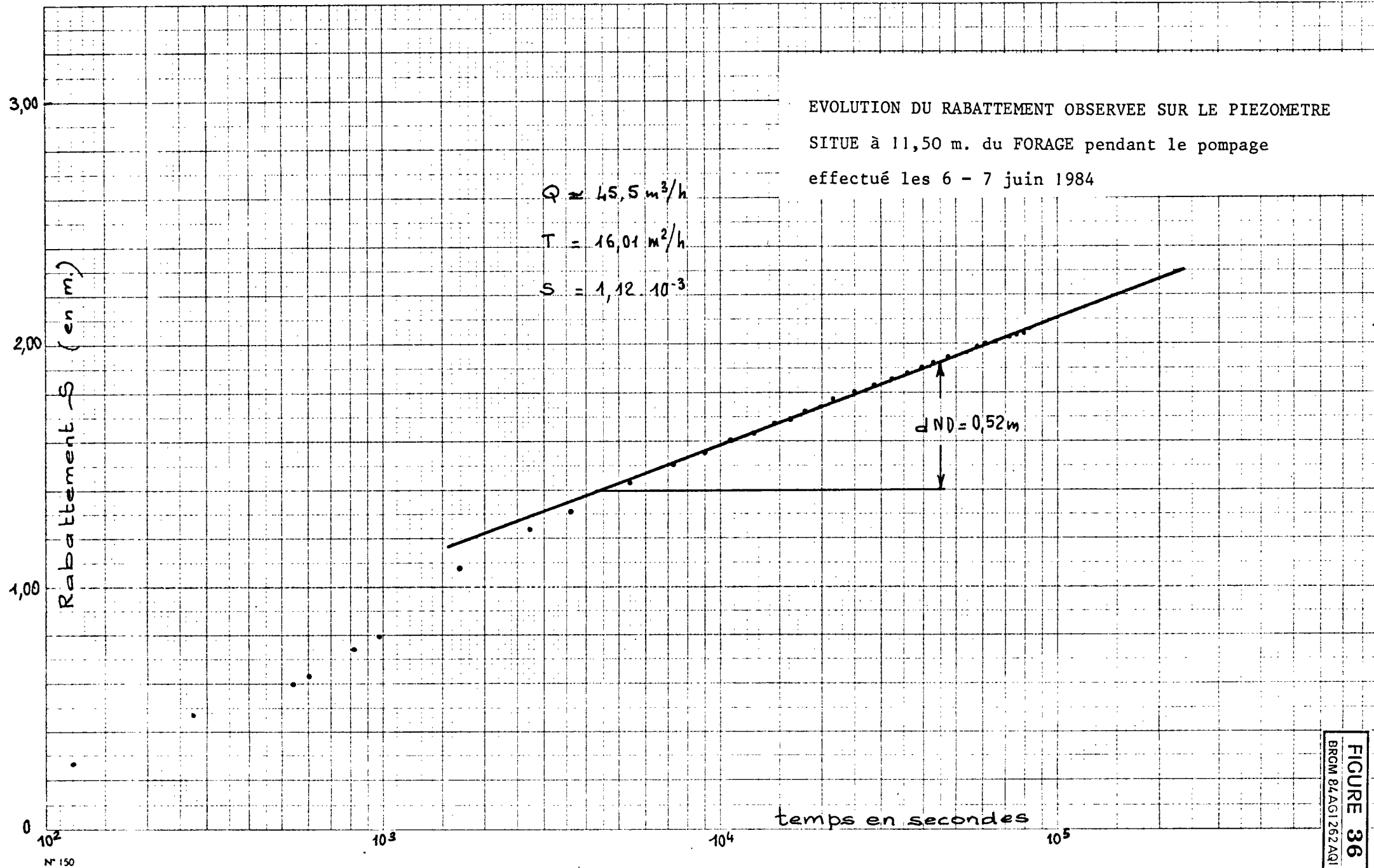


FIGURE 36
BRGM 84AGI 262AQ1

La foration a été poursuivie au $\varnothing 5'' \frac{1}{8}$ de 37 à 73 m. avec équipement d'une colonne captante en PVC composée de 0 à 31 m. de tube plein 81-91 mm. puis de 31 à 73 m. de tube crépiné avec un slot de 1 mm. gravillonné de 73 à 31 m. puis de 25 m. à la surface avec un bouchon étanche de "bentonite" entre 31 et 25 m. (*figure 33*).

La boue au "Foragum" a été détruite puis le piézomètre a été développé à l'air lift.

2.6.3 - Pompage d'essai sur le forage P.9

Un essai de pompage au débit constant de 45 m³/h a été réalisé les 6 et 7 juin 1984, pendant 24 heures, avec un rabattement final de 3,56 m.

- le report des points des couples rabattement-temps sur un graphique semi-logarithmique (*figure 34*) montre un alignement de points, permettant le calcul de la transmissivité de l'aquifère par la méthode approchée de COOPER-JACOB :

$$T = 7,46.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

- la remontée des niveaux piézométriques après le pompage les 7, 8 et 9 juin 1984, a permis de calculer avec la méthode de JACOB, la transmissivité de l'aquifère des graviers de base (*figure 35*).

$$T = 4,3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

2.6.4 - Influence sur le piézomètre P.10 dans les Graviers de base

Les niveaux dynamiques mesurés dans le piézomètre P.10 situé à 11,5 m. du P.9 captant les Graviers de base ont été reportés sur un graphique semi-logarithmique (*figure 36*). Le rabattement était à la fin des pompages de 2 m. sur le piézomètre P.10.

La transmissivité calculée est égale à :

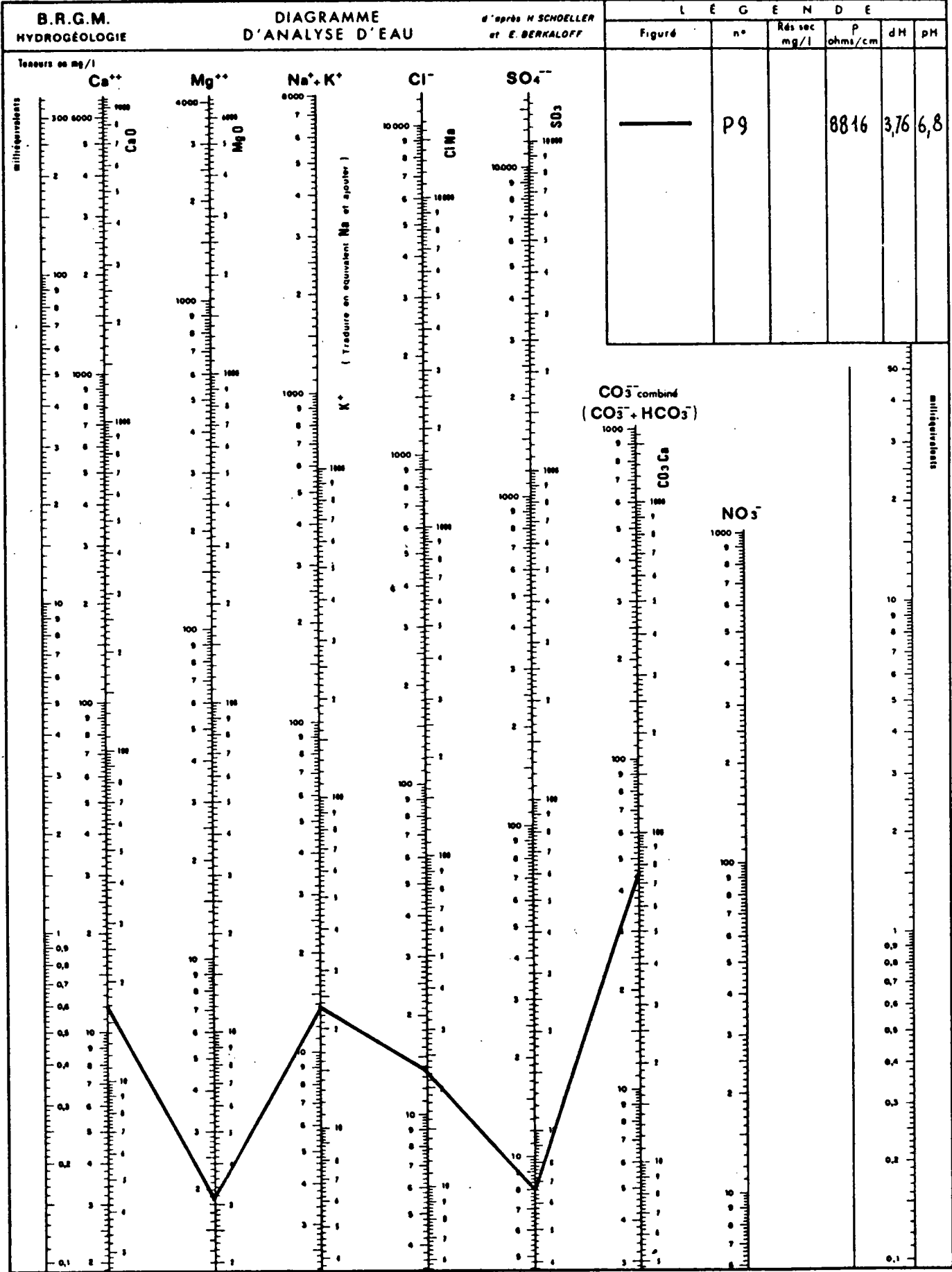
$$T = 4,4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Le coefficient d'emmagasinement est voisin de :

$$S = 1,12.10^{-3}$$

A la remontée la transmissivité est égale à :

$$T = 5,2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

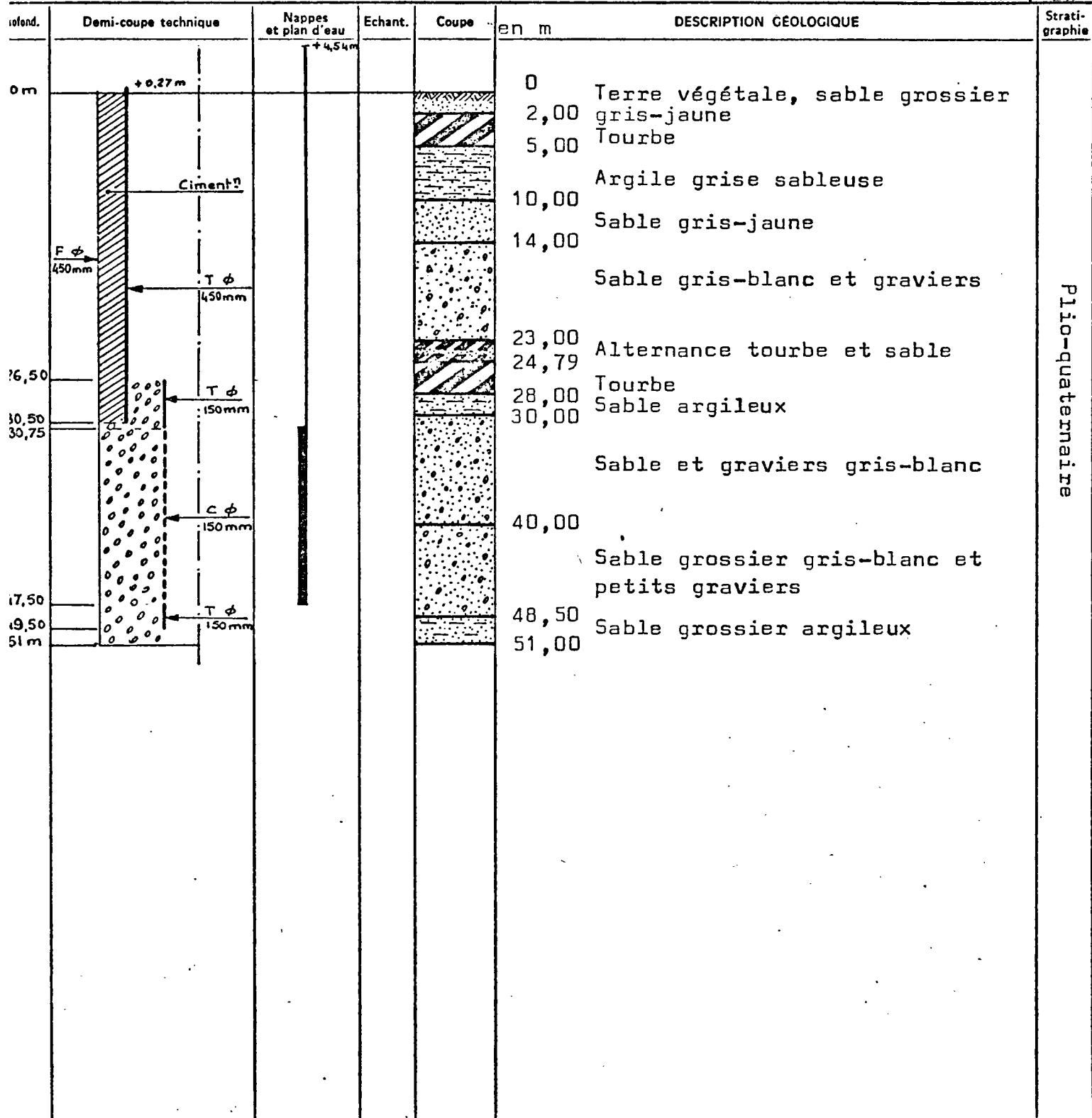


ÉPT : 40 COMMUNE : ONESSE

Indice de classement 924 | 1 | 3

signation : Forage communal n° 2.
échelle au : 1/500 établie par : Ets COFOR.

x = (327,44) y = (201,55)
Interprétée par : J.M. MARIONNAUD. Z sol = + 35,522



| Date | Horizon capté | Niveau piézométrique | Cote piézométrique | Débit en m³, heure | Niveau dynamique | Rabattement | OBRERVATIONS |
|----------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------|
| 21.11.67 | 51 m | + 4,54 m | +40,332 | 2,120 | + 0,02 m | 4,52 | Mesure B.R.G.M. |

| To | Résistivité à 20° | dH° | TENUEUR EN MILLIGRAMMES PAR LITRE | | | | | | | | |
|----|-------------------|-----|-----------------------------------|----|----|------|----|-----------------|------------|--|--|
| | | | Résidu sec | Ca | Mg | Na+K | Cl | SO ⁴ | Carbonates | | |
| | | | | | | | | | | | |



2.6.5 - Analyse chimique

Un échantillon d'eau a été prélevé à la fin des essais de pompage de 24 h., le 7 juin 1984, pour analyse chimique de type 2.

Le report sur un diagramme d'analyse d'eau d'après H. SCHOELLER et E. BERKALOFF (*figure 37*), montre une eau bicarbonatée calcique, chlorurée sodique, avec une résistivité de 8816 Ω/cm .

L'eau avait une température constante au cours des essais de pompage de 13°C.

La teneur en fer total était de 0,95 mg/l.

2.7 - FORAGE A.E.P. D'ONESSE et LAHARIE

Le forage communal n° 2 d'Onesse et Laharie, profond de 51 m., capte les Gravieres de base sous les lignites entre 30,5 et 47,5 mètres (*figure 38*).

Il est exploité depuis 1968 par la Compagnie Générale des Eaux pour l'alimentation en eau potable d'un Syndicat intercommunal.

L'aquifère est artésien au repos, avec un potentiel à + 39,52 m. (+ 4,02 m. par rapport au sol).

Un essai de pompage au débit de 23 m³/h. pendant 15,5 heures a permis de calculer la transmissivité de l'aquifère avec la méthode de COOPER-JACOB

$$T = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

A la remontée, le calcul de la transmissivité donne :

$$T = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

C O N C L U S I O N

Des études de synthèse hydrogéologiques ont permis de définir les réservoirs aquifères dans la région étudiée.

A l'aide des coupes géologiques établies, la géométrie des aquifères a été précisée, permettant d'établir un programme de forages de reconnaissances hydrogéologiques au droit et à proximité immédiate du gisement de lignite de MEZOS-SUD :

- Neuf forages ont été réalisés en 1984 : trois dans le réservoir des Sables des Landes, deux dans le sous-ensemble aquifère des Gravieres sur les lignites et quatre dans le réservoir des Gravieres de base.

- Un forage hydrogéologique exécuté en 1983 a été approfondi puis de nouveau équipé dans le réservoir des Gravieres sur les lignites.

- Un forage carotté exécuté pour l'étude de préfaisabilité en 1984 a été transformé en 3 piézomètres.

Ces différents réservoirs aquifères ont été testés en effectuant sept essais de pompage suivis sur les piézomètres créés en 1983 et 1984, plus un essai de pompage sur le forage A.E.P. d'Onesse et Laharie.

Les caractéristiques hydrauliques obtenues après interprétation des essais de pompage ont été comparées avec celles obtenues dans les études hydrogéologiques régionales antérieures.

Les analyses chimiques ont été effectuées sur des échantillons d'eau prélevés à la fin de chaque essai de pompage sur les forages testés.

L'ensemble des données hydrogéologiques obtenues après synthèse et travaux ont permis d'obtenir des éléments de géométrie et hydraulique indispensables à l'élaboration d'un modèle mathématique pour simuler l'exhaure au droit de la future mine à ciel ouvert.

oooooooooooo

DEUXIEME PARTIE

MODELE MATHÉMATIQUE DE SIMULATION

DES AQUIFÈRES DE MEZOS-SUD

ETUDE DE L'EXHAURE DU GISEMENT

3 - MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION DES AQUIFERES DU GISEMENT DE MEZOS - SUD (X)

3.1 - OBJECTIFS DU MODELE MATHEMATIQUE

Les travaux de forages hydrogéologiques rapportés au chapitre 1 ont permis de préciser la piézométrie des aquifères des Sables des Landes, puis des Gravieres de base et d'obtenir des caractéristiques hydrodynamiques des aquifères qui, bien que ponctuelles, ont servi de base de calcul pour l'élaboration du modèle mathématique des nappes aquifères au droit du gisement de MEZOS-SUD.

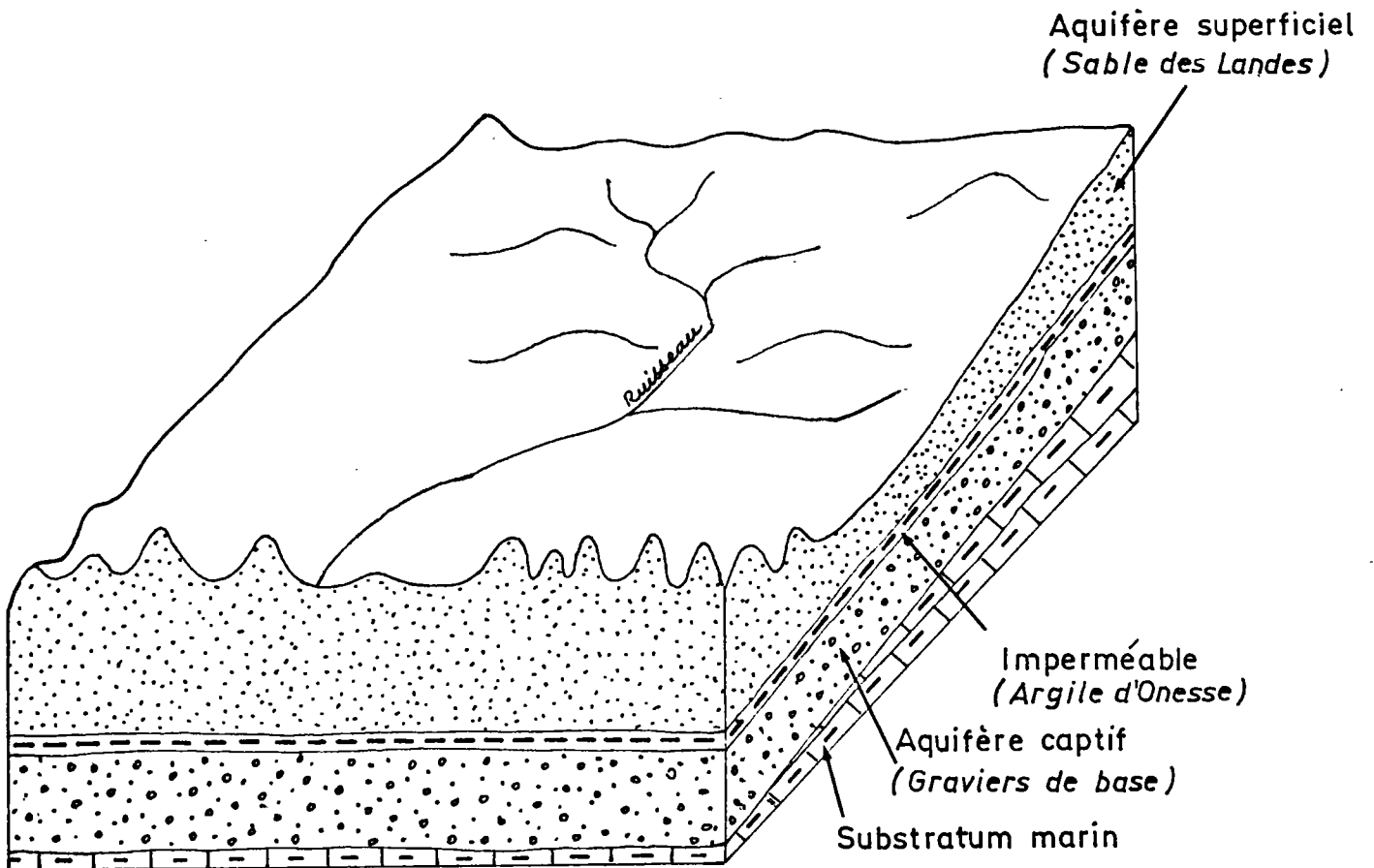
Puis ce modèle a permis le calcul des débits d'exhaure nécessaires dans les différents aquifères pour exploiter une mine à ciel ouvert, grâce à des simulations intégrant les divers paramètres, calculés lors des essais de pompage (transmissivité, coefficient d'emménagement, porosité, rabattement) et pris dans d'autres études ponctuelles, ou évalués avec plus ou moins de précision (évapotranspiration, infiltration, ruissellement).

Les débits d'exhaure calculés pour les premières années d'exploitation d'une mine à ciel ouvert donnent en même temps un aperçu de l'évolution de la nappe autour de la fosse exploitée.

Il faut toutefois retenir que le nombre limité des données introduites oblige à être prudent quant aux résultats obtenus. Le modèle confectionné pourra être réutilisé dans l'avenir, suite à l'acquisition de nouvelles données et amélioré au vu des résultats enregistrés au début de l'exploitation de la mine.

X L'étude a été réalisée au Département EAU d'ORLEANS par une équipe composée de : C. MONDEILH - V. PETIT - VANDENBEUSCH M.

BLOC - DIAGRAMME SCHEMATIQUE
REPRESENTANT LES AQUIFERES DES FORMATIONS
DETRITIQUES PLIO-QUATERNAIRE



3.2 - METHODOLOGIE DE LA MODELISATION

3.2.1 - Schématisation des aquifères

On a schématisé le contexte hydrogéologique du gisement de MEZOS en un complexe bicouche : aquifère des Sables des Landes au sommet, aquifère des Gravieres de base au-dessous avec une séparation des deux par l'horizon imperméable des argiles d'ONESSE (*figure 39*).

L'aquifère superficiel (ou nappe libre) des formations sableuses des Sables des Landes reposant sur les argiles d'ONESSE, est relativement bien connu. Les isopièzes sont très influencées par la topographie, traduisant une alimentation par infiltration de la pluie en surface. La nappe superficielle dans la zone étudiée est bien drainée par les ruisseaux de Mézos, d'Onesse, du Vignac et de leurs affluents qui indentent profondément la surface piézométrique.

L'écoulement général de la nappe s'effectue de l'EST (amont) vers l'OUEST (aval), en direction de l'océan.

Le deuxième aquifère captif sous les argiles d'ONESSE est moins bien connu. La carte piézométrique schématique montre des isopièzes sub-parallèles, avec des écoulements d'EST en OUEST. Au droit des vallées, un jaillissement est souvent observé lors de la réalisation de forages de reconnaissance ou d'exploitation. On a volontairement supprimé la distinction des aquifères gravieres sur et sous lignite au droit du gisement de MEZOS (annexe I) à la suite des pompages d'essais qui montraient que cet aquifère ne se différencie pas de manière significative (mêmes niveaux piézométriques et transmissivités) au droit du gisement lui-même et ne constitue qu'un seul et même ensemble autour du gisement.

Le substratum (Miocène marin) du deuxième aquifère est considéré comme étanche avec un pendage EST-OUEST.

Une représentation des aquifères superposés est reportée sur la figure 39. Cette schématisation a motivé le choix du type de modèle adapté à l'étude des aquifères.

3.2.2 - Modèle exploité

Le modèle de simulation utilisé est le modèle V.T.D.2 de la bibliothèque de programmes du département hydrogéologique du B.R.G.M. Il présente les caractéristiques suivantes :

- . modèle aux différences finies, à mailles carrées de tailles variables, traité sur le gros ordinateur VAX du centre de calcul B.R.G.M. à ORLEANS.
- . méthode itérative de résolution, par une procédure implicite.
- . simulation des comportements hydrodynamiques de deux aquifères dont un à débordement, en état stationnaire (régime permanent) et en régime transitoire.

3.3 - ELABORATION ET CALAGE DU MODELE

3.3.1 - Extension de la zone étudiée

La zone d'étude a été délimitée dans un premier temps aux limites du bassin versant des ruisseaux de MEZOS, d'ONESSE, du VIGNAC drainant l'aquifère libre des Sables des Landes, puis étendu au NORD jusqu'au ruisseau d'ESCOURCE à l'EST jusqu'aux affleurements des Gravieres de base de l'aquifère profond, au SUD jusqu'à une ligne passant entre RION-des-LANDES, St-GIRONS-en-MARENSIN et à l'OUEST jusqu'à l'Océan exutoire des deux aquifères (planche n° 4).

Cette extension était nécessaire, vu la configuration de la carte piézométrique de l'aquifère captif des Gravieres de base et des caractéristiques hydrauliques de cet aquifère.

3.3.2 - Détermination du maillage

Le modèle V.T.D.2 permet d'adopter une juxtaposition de mailles carrées de dimensions variables en fonction des particularités locales des aquifères.

On a pris pour base, des mailles de 2.700 m. de côté ; trois autres générations de mailles respectivement de 900, 300 et 100 m. de côté ont été utilisées pour schématiser les ruisseaux et les zones

susceptibles de recevoir des forages d'exhaure autour de la mine à ciel ouvert.

Le maillage total retenu en fin de période de calage comprend 538 mailles par aquifère.

3.3.3 - Données hydrogéologiques

Elles proviennent des cartes géologiques, des études partielles réalisées sur des zones précises, des forages d'eau pour l'alimentation en eau potable de villages, des forages de reconnaissance géologique dans le cadre de la prospection des lignites sur la zone étudiée et des forages hydrogéologiques avec les tests hydrauliques réalisés en 1984 et décrits dans le chapitre précédent.

. GEOMETRIE DES AQUIFERES

Afin d'introduire dans chaque maille les valeurs moyennes du toit et du mur des deux aquifères, on a élaboré une cartographie de la géométrie de chaque aquifère.

- Aquifère libre du Sable des Landes

. Toit On a pris la surface topographique considérée comme une surface de débordement.

. Mur Ce sont les argiles grises d'Onesse très bien reconnues sur le gisement de lignite et alentours.

- Aquifère captif des Gravieres de base

. Toit Les argiles d'Onesse, d'épaisseur variable, entre 3 et 10 mètres, constituent un toit imperméable.

. Mur Il est représenté par le Miocène marin, sauf à l'EST de la zone étudiée où l'on a pris le toit des Glaises bigarrées.

. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES

A partir des interprétations des essais de pompage réalisés

sur et autour du gisement, les transmissivités ont pu être calculées permettant de déduire des valeurs de perméabilité, connaissant l'épaisseur des aquifères captés.

Les coefficients d'emmagasinement ont été déduits de l'interprétation des essais de pompage effectués sur les forages comportant un piézomètre associé.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs déduites des essais de pompage (chapitre I).

| Aquifère et forage | Perméabilité (m/s) | Porosité Aquifère libre | Coef. d'emmagasinement (aquifère captif) |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Sable des Landes (P3) | 3 à 7.10^{-4} m/s | 6 à 7 % | -- |
| Graviers (P1 + P2) | 1.10^{-4} m/s à 5.10^{-5} m/s | | $3,5$ à 7.10^{-4} |
| Graviers (P4) | 1.10^{-4} m/s à 4.10^{-5} m/s | | $4,9.10^{-4}$ |
| Graviers (P7) | $1,5.10^{-4}$ m/s | | -- |
| Graviers (P9) | $8,4.10^{-5}$ m/s | | $1,1.10^{-3}$ |
| Graviers A.E.P. Onesse | $1,5.10^{-4}$ m/s | | -- |

Dans les études sectorielles antérieures à 1982, on a pu relever quelques valeurs de transmissivité pour l'aquifère des Graviers captifs dans les ouvrages suivants :

- . Forage A.E.P. à MIMIZAN $K = 3,9.10^{-4}$ m/s
- . Forage A.E.P. à MEZOS $K = 1,7.10^{-4}$ m/s
- . Forage A.E.P. à St- GIRONS $K = 1.10^{-4}$ m/s
 $S = 6,5.10^{-3}$
- . Forage A.E.P. à LINXE $K = 7.10^{-5}$ m/s
 $S = 2,8.10^{-3}$
- . Forage A.E.P. à LESPERON $K = 2.10^{-5}$ m/s

Pour l'aquifère des Sables des Landes on dispose d'un forage à

SAINT-JULIEN-EN-BORN avec une perméabilité de $K = 4,5.10^{-4}$ m/s.

La porosité déduite des essais de pompage et des mesures en laboratoire varie entre 30 et 10 % (études sectorielles d'après thèses de 3e cycle sur le Sable des Landes). Nous avons retenu une valeur moyenne de 15 %.

En raison de la faible densité en points de mesure, on a affecté sur les zones concentriques autour des forages testés, les valeurs de perméabilité et de coefficient d'emménagement ou de porosité correspondantes aux mesures ci-dessus.

3.3.4 - Données climatologiques

L'aquifère libre des Sables des Landes et l'aquifère des Graviers de base au droit de ses affleurements sont réalimentés par les infiltrations verticales des eaux de pluie.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations et l'estimation des fractions évapotranspirées (formule de TORNWHAITE) ont permis de considérer les valeurs suivantes des infiltrations sur les affleurements :

| Mois | Janv. | Févr. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|
| Val. mm/ mois | 50 | 50 | 50 | - | - | - | - | - | - | 50 | 50 | 50 |

Ces valeurs de hauteur d'eau mensuelle qui participent à la réalimentation de l'aquifère dans les zones d'affleurements ont été prises en compte dans les simulations réalisées en régime transitoire.

Dans un premier temps, pour les simulations en régime permanent et afin de permettre la restitution de l'état piézométrique moyen des nappes, on a été conduit à prendre une valeur moyenne des infiltrations de la pluie sur tous les mois de l'année, permettant de reproduire les cotes mesurées sur les puits. La valeur moyenne mensuelle prise en considération était voisine de 25 mm./mois.

3.3.5 - Rôle du réseau hydrographique

Dans la zone étudiée, un réseau hydrographique important draine la nappe phréatique des Sables des Landes.

Ce réseau représenté sur la planche n° 4 a conduit à imposer sur les mailles représentatives des affleurements les cotes de débordement de la nappe. Ces cotes jouent, vis-à-vis de l'aquifère, le rôle que les cours d'eau ont en limitant les remontées des niveaux de la nappe.

3.3.6 - Elaboration des données

Les valeurs nécessaires pour la simulation sont de trois types :

. Données générales

Ces valeurs précisent la forme et les dimensions des mailles du maillage, la valeur des unités adoptées (unités des hauteurs des débits, des perméabilités, des coefficients d'emmagasinement, des infiltrations pluviométriques) ainsi que les conditions de présentation des résultats.

. Données par maille

Chaque maille est repérée par un numéro mnémotechnique permettant sa localisation par rapport au maillage. Ce numéro permet d'exprimer également la dimension du côté de la maille.

Dans chaque maille, les paramètres hydrodynamiques (perméabilité, coefficients d'emmagasinement) sont introduits ainsi que les cotes géométriques des niveaux aquifères et les particularités liées aux rôles des cours d'eau principaux agissant comme potentiels imposés.

. Valeurs historiques

Les valeurs des potentiels en fonction du temps, obtenus par des mesures piézométriques périodiques sur certains puits ou forage sont nécessaires pour des simulations en régime transitoire.

Il faut également introduire les variations périodiques des infiltrations verticales, avec un pas de temps mensuel.

3.3.7 - Calage du modèle

Cette phase permet de tester plusieurs hypothèses hydrogéologiques et de les comparer aux données de terrain afin de retenir les solutions les plus représentatives.

Dans un premier temps, on reproduit en régime permanent les potentiels de la nappe phréatique à la crue (février 1984) de la nappe des Sables des Landes et des potentiels de la nappe des Gravieres (potentiels moyens) (planches 4 et 5).

Puis on restitue en régime transitoire, sur quelques cycles annuels moyens, les fluctuations probables des niveaux. Cela permet de préciser un état piézométrique pouvant servir d'état initial lors des exploitations ultérieures du modèle.

3.3.7.- 1 - Calage en régime permanent

Un premier calage du modèle en régime permanent a été effectué avec des mailles de 2700 m, 900 et 300 m.

La restitution des piézométries mesurées sur les ouvrages dans les deux aquifères superposés a été obtenue après environ 20 calculs de simulation.

Au cours de ces 20 simulations par ajustements successifs, on a retenu les conditions hydrogéologiques suivantes :

- *la zone d'affleurement des Gravieres de base à l'Est de la zone maillée, autour de MORCENX, a été affectée de potentiels imposés voisins de + 70 m., avec un écoulement de part et d'autre à l'Est et à l'Ouest de ce dôme piézométrique.*
- *les perméabilités verticales de l'horizon imperméable séparant l'aquifère des Sables des Landes de l'aquifère des Gravieres de base a reçu des valeurs comprises entre 10^{-9} et 5.10^{-10} m/s suivant les épaisseurs rencontrées.*
- *les transmissivités adoptées lors du calage respectent les valeurs mesurées sur les forages hydrogéologiques réalisés en 1984. Dans les zones éloignées du gisement et sans mesure directe, on a procédé à des réajustements en tenant compte des informations géologiques disponibles à ce jour.*

On est ainsi parvenu à une bonne convergence du modèle et à une bonne restitution de la piézométrie calculée, conforme à la piézométrie observée dans les aquifères des Sables des Landes et des Graviers de base.

3.3.7 - 2 - Calage en régime transitoire

Il s'agissait de vérifier que pour un cycle moyen annuel d'infiltration (lame d'eau infiltrée de 250 mm. répartie sur 5 mois), les fluctuations piézométriques étaient répétitives et permettaient de reproduire les fluctuations mesurées sur deux piézomètres, un situé dans l'aquifère libre du Sable des Landes (piézomètre du Domaine du Platiet) et l'autre dans l'aquifère captif des Graviers de base (forage A.E.P. d'Onesse), avec un pas de temps mensuel.

D'autre part, on prend alors en compte, en plus des paramètres définis lors du calage en régime permanent, les valeurs du coefficient d'emménagement des deux aquifères :

- Aquifère libre $S = 15.10^{-2}$
- aquifère captif $S = 5.10^{-4}$

en considérant que l'aquifère captif au niveau du gisement est libre à l'Est de la zone étudiée, avec alors une porosité qui augmente.

Cette simulation en régime transitoire a permis une bonne restitution de la piézométrie des deux aquifères superposés et une bonne reproduction des niveaux pluri-annuels sur la maille incluant le puits de référence des Sables des Landes avec des fluctuations de 1 à 1,5 m. et sur la maille au droit du forage A.E.P. d'Onesse (Graviers de base) avec des amplitudes de 0,2 à 0,3 m.

3.3.7 - 3 - Conclusions

Il a été possible de reproduire le comportement hydrodynamique des aquifères des Sables des Landes et des Graviers de base en respectant les ordres de grandeur des données ponctuelles disponibles.

Un réseau hydrographique dense draine l'aquifère superficiel. La lame d'eau infiltrée s'élève à 250 mm. par an répartis sur 5 mois, l'écoulement s'effectue de l'Est vers l'Ouest, sauf au droit de Morcenx où existe un dôme piézométrique.

La nappe captive est libre vers l'Est au droit des affleurements des Gravieres de base avec un écoulement de l'Est vers l'Ouest en direction de la mer, niveau de base de drainage.

Au droit de Morcenx, cette nappe présente également un dôme piézométrique.

Le modèle mathématique des aquifères Sable des Landes et Gravieres de base élaboré avec l'ensemble des paramètres hydrodynamiques décrits précédemment va ainsi permettre de simuler divers cas d'implantation de forages d'exhaure autour d'une mine à ciel ouvert de taille donnée par les études minières.

3.4 - SIMULATION DE L'EXHAURE

Le modèle mathématique mis au point constitue l'outil de calcul de différents schémas de dénoyage pour une fosse d'exploitation minière à ciel ouvert. Il produit selon chaque schéma (tailles variables de la fosse), le débit d'exhaure nécessaire, ce qui permettra de dimensionner le dispositif d'exhaure tel que, nombre de forages, pompes et matériels divers.

Un certain nombre d'hypothèses techniques et hydrogéologiques ont dû être préalablement précisées.

3.4.1 - Hypothèses hydrogéologiques et techniques

3.4.1 - 1 - Contraintes de géométrie

Pour exploiter au sec les lignites de Mézos, il est donc nécessaire vu la méthode d'exploitation retenue, de rabattre totalement l'aquifère libre des Sables des Landes dans l'emprise de la fosse, d'abaisser les potentiels de l'aquifère des Gravieres de base sous le mur des lignites.

Les cotes du mur des lignites sont comprises entre + 1 et - 11 m. NGF au maximum dans le Nord du gisement, avec une moyenne aux environs de - 2 m. NGF.

Lors du calage en régime transitoire on a divisé les mailles de 300 m. de côté en mailles de 100 m. de côté au droit du gisement de lignite.

Le gisement de lignite a alors été découpé en bandes horizontales Est-Ouest, chacune représentant une année d'exploitation.

Autour de l'exploitation dans les mailles carrées de 100 m. de côté, on a imposé un potentiel égal :

- pour l'aquifère des Sables des Landes : au toit des argiles d'Onesse.
- pour l'aquifère des Gravieres de base : inférieur au mur des lignites.

3.4.1 - 2 - Représentation ponctuelle des forages d'exhaure

Dans le modèle mis en oeuvre, avec des mailles carrées de 100 m. de côté au droit de la mine, le potentiel imposé affiché est un niveau moyen sur la maille qui correspond en théorie au niveau dynamique dans un ouvrage fictif de rayon r_m avec :

r_m = rayon d'un forage d'exhaure x côté de la maille.

Il conviendra d'apprécier le rabattement supplémentaire Δh afin de déterminer le niveau dynamique réel dans l'ouvrage.

Pour un forage unique centré, la valeur Δh peut être appréciée par la formule :

$$\Delta h = \frac{Q}{2\pi T} \quad \text{ou} \quad \frac{r_m}{r_p}$$

Q = débit en m³/h.

T = transmissivité m²/h.

r_p = rayon du forage d'exhaure.

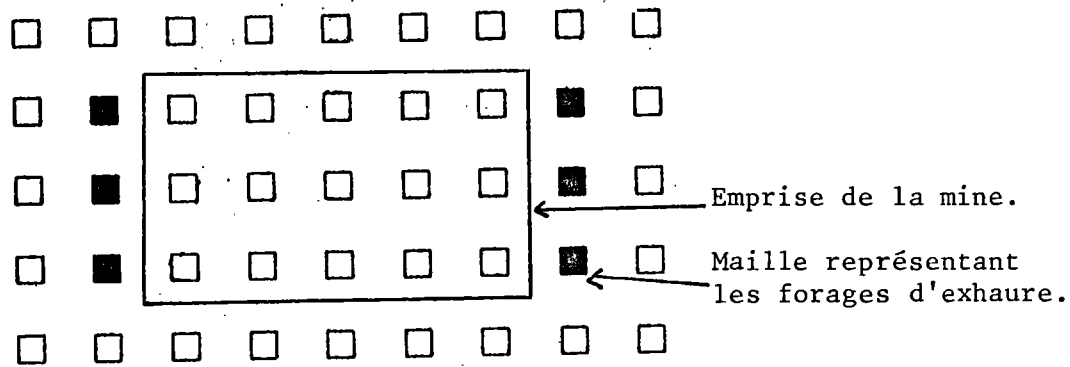
3.4.2 - Résultats de simulation

On a dans un premier temps, testé un système de ligne de forages d'exhaure, tel qu'une ceinture de forme circulaire autour de la mine.

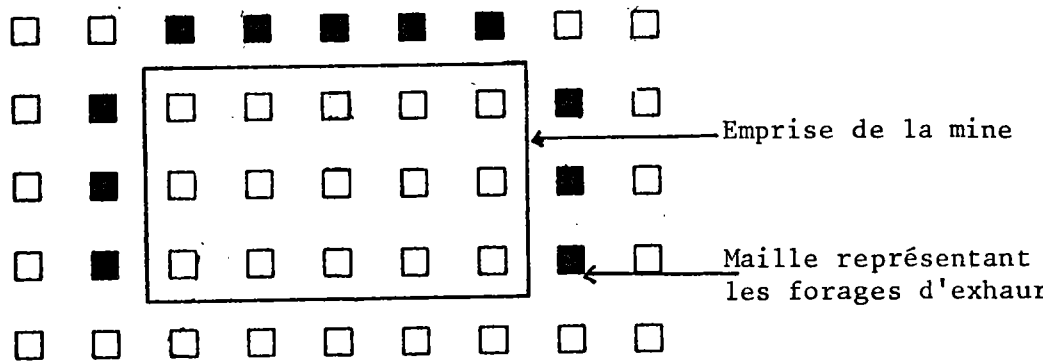
Ce système est en fait peu compatible avec une exploitation de lignite comportant un remblayage au fur et à mesure de l'avancement du front.

On a alors testé un système de drainage, constitué de deux lignes de forages (espacés de 100 mètres), une ligne au Sable des Landes, l'autre aux Gravieres de base, chaque ligne étant

LIGNES DE FORAGES D'EXHAURE PARALLELES
DE CHAQUE COTE DE LA MINE



DEMI-CEINTURE DES FORAGES D'EXHAURE
AUTOUR DE LA MINE



implantée, de part et d'autre (à l'Est et à l'Ouest) de la mine à ciel ouvert, puis la variante d'une demi-ceinture circulaire exécutée dans le sens d'avancement de la mine (*figure 40*).

3.4.2 - 1 - Résultats de la partie Sud du gisement de lignite de Mézos

o La première année de simulation a été faite pour la partie Sud du gisement de lignite.

Pour une bonne efficacité du drainage entre les lignes sub-parallèles disposées de part et d'autre des bordures Est et Ouest de la mine à ciel ouvert, on a retenu :

- des potentiels imposés dans la mine égaux au substratum des argiles d'Onesse pour l'aquifère du Sable des Landes ;
- des potentiels imposés d'abord à + 20 m. puis à - 6 m. NGF suivant l'état d'avancement du terrassement de la mine, pour l'aquifère des Graviers de base.

La distance entre les forages fictifs, situés au centre des plus petites mailles du modèle est de 100 mètres.

Les calculs des débits de pompage pour les deux aquifères ont été fait, pour une durée d'une année, conformes à l'étude minière, avec une sortie des résultats au pas de trois mois.

Le tableau ci-contre résume les principaux résultats obtenus.

| AQUIFERE | AQUIFERE SABLE DES LANDES | | | | AQUIFERE GRAVIERS DE BASE | | | |
|--|---|------------|------------|------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------|
| Potentiels imposés | Potentiels imposés = Substratum de l'aquifère | | | | Potentiels imposés | | | |
| Pas de temps (durée 3 mois) | 1e trim. | 2e trim. | 3e trim. | 4e trim. | + 20 m NGF | - 6 m. N.G.F. | | |
| | | | | | 1e trim. | 2e trim. | 3e trim. | 4e trim. |
| Débits d'exhaure lignes de forages à l'Est en m3/h | 723 | 478 | 265 | 224 | 667 | 1706 | 1618 | 1583 |
| Débits d'exhaure lignes de forages à l'Ouest en m3/h | 560 | 334 | 399 | 352 | 570 | 1689 | 1599 | 1563 |
| TOTAL DEBITS en m3/h. | 1283 | 812 | 664 | 576 | 1237 | 3395 | 3217 | 3146 |

Les débits totaux à extraire de l'aquifère des Sables des Landes sont de 1290 m3/h. environ les trois premiers mois, puis diminuent de moitié après neuf mois de pompage puis marquent encore une diminution, mais faible, à la fin de l'année de pompage (580 m3/h. environ).

La nappe captive des Graviers de base fournit un débit important de 3400 m3/h. avec des potentiels imposés à -6 m. NGF. Après neuf mois de pompage les débits ont légèrement diminué pour arriver à 3150 m3/h. environ.

Les deux lignes de forages (de 300 m. de longueur chacune), situées de part et d'autre de la mine soit à 500 m. l'une de l'autre dans le Sud du gisement, permettent un rabattement efficace à l'intérieur de la mine permettant un terrassement au sec, jusqu'au mur du lignite.

• La simulation de la deuxième année d'exploitation du gisement a été poursuivie dans la partie Sud du gisement de Mézos, toujours en imposant des potentiels :

- pour l'aquifère des Sables des Landes, égaux au toit des argiles d'Onesse, substratum de cet aquifère ;
- pour l'aquifère des Graviers de base égaux à - 6 m. N.G.F.

Les deux lignes de forages sont distantes de 600 mètres de part et d'autre de la mine. Les lignes de forages d'exhaure pour l'aquifère des

Graviers de base ont 300 mètres de longueur chacune, pour l'aquifère superficiel par contre, les lignes de forages font 500 mètres afin d'obtenir une bonne efficacité du drainage de cet aquifère au droit de l'excavation.

Les résultats des débits d'exhaure pour les deux aquifères ont été calculés sur une année, avec des sorties de résultats tous les trois mois (voir tableau ci-dessous).

| AQUIFERE | AQUIFERE SABLES DES LANDES | | | | AQUIFERE GRAVIERS DE BASE | | | |
|---|---|--------|--------|--------|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Potentiels imposés | Potentiels imposés = Substratum de l'aquifère | | | | Potentiels imposés = - 6 m. N.G.F. | | | |
| Pas de temps (durée 3 mois) | 1e tri | 2e tri | 3e tri | 4e tri | 1e tri | 2e tri | 3e tri | 4e tri |
| débit d'exhaure lignes de forages à l'Est (m3/h) | 932 | 697 | 640 | 574 | 1549 | 1539 | 1530 | 1522 |
| débit d'exhaure ligne de forages à l'Ouest (m3/h) | 475 | 301 | 247 | 210 | 1874 | 1860 | 1850 | 1840 |
| TOTAL DEBITS en m3/h. | 1407 | 998 | 887 | 784 | 3423 | 3399 | 3380 | 3362 |

Il ressort que les débits d'exhaure pour l'aquifère des Sables des Landes décroissent de près de la moitié entre les trois premiers mois et la fin d'une année de pompage, entre 1400 et 784 m3/h. Le débit de pompage de la ligne Est est le double de celui de la ligne Ouest. Ceci s'explique par l'alimentation de la nappe qui vient de l'Est.

Les débits d'exhaure de l'aquifère des Graviers de base sont égaux à 3420 m3/h. et varient très faiblement au cours de l'année.

Cette simulation illustre la difficulté du drainage dans l'aquifère des Sables des Landes au droit de la mine, car il a fallu allonger les lignes de forages de part et d'autre de l'excavation de 300 à 500 mètres.

o De ce fait, la troisième année d'exploitation a été simulée à la suite de la deuxième année dans la partie Sud du gisement de Mézos ; elle est fondée sur un nouveau dispositif de forages d'exhaure pour l'aquifère superficiel placé suivant une forme "semi-circulaire" (figure n° 40) avec des potentiels imposés égaux au toit des argiles d'Onesse.

Les lignes de forages placées de part et d'autre de la mine ont une longueur de 250 mètres, la ligne de forages placée en front de l'excavation a une longueur de 600 mètres.

Les lignes de forages parallèles pour l'aquifère des Gravieres de base ont été maintenues avec des potentiels imposés égaux à - 6 m. NGF, avec une distance entre les deux lignes de ces forages de 600 mètres.

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau ci-contre :

| AQUIFERE | AQUIFERE SABLE DES LANDES | | | | AQUIFERE DES GRAVIERS DE BASE | | | |
|---|---|--------|--------|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| Potentiels imposés | Potentiels imposés = Substratum de l'aquifère | | | | Potentiels imposés = - 6 m. NGF | | | |
| Pas de temps durée 3 mois | 1e tri | 2e tri | 3e tri | 4e tri | 1e tri | 2e tri | 3e tri | 4e tri |
| Débit d'exhaure ligne de forages à l'Est (m3/h) | 518 | 375 | 330 | 297 | 1910 | 1908 | 1900 | 1891 |
| Débit d'exhaure ligne de forages à l'Ouest (m3/h) | 275 | 157 | 130 | 113 | 1664 | 1662 | 1656 | 1649 |
| TOTAL DEBITS en m3/h. | 793 | 532 | 460 | 410 | 3574 | 3570 | 3556 | 3540 |

Nous constatons toujours une diminution des débits d'exhaure pour l'aquifère des Sables des Landes, passant de 790 m3/h. environ après 3 mois de pompage à 410 m3/h. entre les 9e et 12e mois de pompage, avec un débit de moitié inférieur à l'Ouest par rapport à l'Est.

On remarquera une différence importante du débit d'exhaure entre

la deuxième année : 1407 m³/h et la troisième année d'exploitation : 793 m³/h après trois mois de pompage, pour l'aquifère des Sables des Landes, ceci est explicable pour la plus grande longueur des lignes de forages de part et d'autre de la mine, 600 m. la deuxième année et 250 m. la troisième année.

Les débits d'exhaure pour l'aquifère des Gravieres de base sont élevés et varient peu entre 3570 et 3540 m³/h environ.

3.4.2 - 2 - Résultats de la partie Nord du gisement de lignite de Mézos - Sud

On a simulé le dénoyage au Nord du gisement de Mézos, pendant une année, autour d'une excavation de 800 m. de largeur et de 250 m. de longueur.

Les potentiels imposés répartis sur les mailles de 100 m. de côté pris en compte sont :

- pour l'aquifère des Sables des Landes, le substratum de l'aquifère représenté par le toit des argiles d'Onesse.
- pour l'aquifère des Gravieres de base : égaux à - 10 m. NGF. Ce potentiel a été choisi après plusieurs essais, jusqu'à obtenir une bonne efficacité du drainage au droit de la mine à ciel ouvert.

Les principaux résultats concernant les débits à exhauser sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| AQUIFERE | AQUIFERE SABLES DES LANDES | | | | AQUIFERE GRAVIERS DE BASE | | | |
|---|---|--------|--------|--------|----------------------------------|------|------|---------|
| | Potentiels imposés = Substratum de l'aquifère | | | | Potentiels imposés = (en m. NGF) | | | |
| Pas de temps (durée 3 mois) | 1e tri | 2e tri | 3e tri | 4e tri | +20 NGF | -10 | -10 | -10 NGF |
| Débit d'exhaure ligne de forages à l'Est en m ³ /h. | 450 | 290 | 250 | ≈ 232 | 1293 | 3541 | 3057 | 2950 |
| Débit d'exhaure lignes de forages à l'Ouest en m ³ /h. | 354 | 155 | 110 | 86 | 962 | 3341 | 2845 | 2740 |
| TOTAL DES DEBITS en m ³ /h. | 804 | 445 | 360 | 318 | 2255 | 6882 | 5902 | 5690 |

On notera que le système d'exhaure en lignes parallèles de part et d'autre de l'excavation, pour l'aquifère des Sables des Landes a dû être allongé jusqu'à 500 mètres pour chaque ligne, débordant largement l'emprise de la fosse au Nord et au Sud.

Les débits extraits du Sable des Landes après trois mois de pompage sont voisins de 800 m³/h. et diminuent jusqu'à 320 m³/h. environ entre le 9^e et le 12^e mois de pompage continu, avec toujours un débit plus important sur la ligne de forage située à l'Est de la mine. Toutefois, il sera préférable d'adopter une ligne de forages en tête de l'excavation pour éviter une grande longueur des lignes à l'Est et à l'Ouest de la future mine et obtenir ainsi une meilleure efficacité du drainage.

D'autre part, le débit d'exhaure de l'aquifère des Gravieres de base varie entre 6900 m³/h. après 6 mois de pompage et 5700 m³/h. après une année.

Les lignes de forages sont réparties sur 300 mètres de longueur à l'Est et à l'Ouest de la mine.

3.4.2 - 3 - Influence des débits d'exhaure sur les potentiels des aquifères

Les débits d'exhaure prélevés dans les aquifères des Sables des Landes et des Gravieres de base ont une influence sur les surfaces piézométriques autour de la mine à ciel ouvert avec la création de cônes de rabattement.

Nous donnons dans les tableaux ci-contre, pour une tranche d'exploitation dans le Nord du gisement de lignite de MEZOS (décrite précédemment) les valeurs des rabattements induits dans chaque aquifère au large de la mine.

- A l'Ouest de la mine

| | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| Aquifère Sable des Landes | 2,70 m. | 1,80 m. | 1,20 m. | 1,10 m. | 0,90 m. |
| Aquifère des Gravier de base | 30,1 | 24,2 | 16,1 | ≈13 | 9,2 |
| Distance à partir des bords de la mine | 450 m. | 1050 m. | 2550 m. | 3450 m. | 4800 m. |

- A l'Est de la mine

| | | | | | | |
|--|---------|---------|--------|--------|-------|-------|
| Aquifère Sable des Landes | 1,80 m. | 1,50 m. | 1,20 m | 1,20 m | 1,8 m | 1,8 |
| Aquifère des Gravier de base | 31,7 | 25,0 | 20,3 | 16,9 | 13,2 | 10 |
| Distance à partir des bords de la mine | 450 m. | 1050 m. | 1950m. | 2850 m | 3750m | 4650m |

Ces rabattements sont les résultats d'une simulation de pompage d'une durée de 2 ans au débit de 320 m³/h. pour l'aquifère des Sables des Landes et de 5540 m³/h pour l'aquifère des Gravier, permettant une exploitation au sec des lignites sur une surface de 800 mètres sur 250 mètres.

Les forages d'exhaure au bord de la mine ont des potentiels égaux au toit des argiles d'Onesse pour l'aquifère des Sables des Landes et à - 10 m. NGF pour l'aquifère des Gravier de base.

3.4.2 - 4 - Conclusions sur les simulations

Les simulations de rabattement de nappes exécutées sur le gisement de lignite de MEZOS ont montré des différences notables dans les débits d'exhaure en fonction de la zone exploitée (Nord ou Sud).

Pour l'aquifère des Sables des Landes, les débits d'exhaure peuvent varier de 1400 m³/h. au maximum dans le Sud du gisement à 800 m³/h. dans le Nord, pendant les trois premiers mois de pompage.

Les débits les plus élevés sont liés à la plus grande épaisseur de l'aquifère dans le Sud comprise entre 35 et 10 m. ; dans le Nord, l'épaisseur varie entre 20 et 10 m.

D'autre part, le débit diminue de moitié entre les 3 premiers mois et les 3 derniers mois d'une année d'exploitation.

Pour l'aquifère des Gravieres de base, les débits d'exhaure sont constants entre 3400 - 3500 m³/h. et varient peu pendant une année. L'épaisseur des Gravieres de base est constante entre 55 et 70 m. environ.

Les débits d'exhaure varient seulement en fonction de la surface de l'excavation ; dans le Nord du gisement, la largeur de la mine passe de 400 à 800 m. et les débits atteignent alors des valeurs de 6900 m³/h. environ durant les 3 premiers mois de l'exhaure.

TROISIEME PARTIE

RABATTEMENT DE NAPPE

FORAGES D'EXHAURE - POMPES IMMERGEES ET

INSTALLATIONS ANNEXES

COUT DE L'EXHAURE

4 - METHODE D'EXHAURE ET COUT

Les simulations sur modèle mathématique de l'exhaure autour d'une mine à ciel ouvert ont permis, pour différentes largeurs d'excavation et pour différents emplacements au droit du gisement, d'évaluer les débits d'eau à prélever, permettant une exploitation au sec des lignites.

A partir de ces résultats on a procédé au dimensionnement et à l'évaluation du nombre de forages nécessaires, en définissant la structure des forages, les pompes d'exhaure et dispositifs annexes.

4.1 - FORAGES D'EXHAURE

- Implantation

En fonction du contexte hydrogéologique au droit du gisement de MEZOS (deux aquifères superposés), on a imaginé deux systèmes d'exhaure indépendants :

- . un dispositif de forages d'exhaure pour l'aquifère libre des Sables des Landes,
- . un dispositif de forages d'exhaure pour l'aquifère captif des Graviers de base.

Les forages sont exécutés avant le début des terrassements ; ils seront implantés à quelques mètres en retrait des bords de la fosse, alignés sur deux rangées, de chaque côté Est et Ouest de cette fosse. La distance entre deux forages sera de 30 à 35 mètres pour assurer une bonne efficacité du rabattement dans la zone à terrasser.

- Description des forages

. Forages dans l'aquifère superficiel (Sables des Landes)

Les forages seront profonds de 10 à 30 m. suivant les années d'exploitation (voir tableau ci-contre) et atteindront toujours le substratum de l'aquifère, constitué par les argiles d'Onesse. Ils seront espacés de 33 m. l'un de l'autre.

Les diamètres proposés pour la foration et l'équipement des forages sont déterminés en fonction de l'équipement prévisionnel en pompes.

PROFONDEUR ET COUT DES FORAGES D'EXHAURE
PAR ANNEE D'EXPLOITATION

| ANNEES | PROFONDEUR ET COUT D'UN FORAGE-TYPE AU "SABLE DES LANDES" | PROFONDEUR ET COUT D'UN FORAGE-TYPE AU "GRAVIERS DE BASE" |
|--------------------|---|---|
| 0 à 5 | 20 m. 37.000 F./forage | 70 à 75 m. 130.000 F./forage |
| 6 - 7 | 14 m. 30.400 F./forage | 65 m. 116.200 F./forage |
| 8 - 9 - 10 -11 | inférieur à 10 m. 26.000 F./forage | 60 m. 112.000 F./forage |
| 12 - 13 | 12 à 17 m. 28.000 à 37.000 F. par forage | 55 à 60 m. 110.000 à 112.000 F. par forage |
| 14 - 15 - 16 | 17 à 20 m. 32.700 à 37.000 F. par forage | 60 à 65 m. 112.000 à 116.200 F. par forage |
| 17 - 18 19 - 20 | 20 à 30 m. 37.000 à 48.000 F. par forage | 65 à 75 m. 116.200 à 130.000 F. par forage |

Prix Septembre 1984 d'après les tarifs de l'Entreprise
de forage BROCAS-CLAUSS de SABRES, hors taxes.

Ils permettront d'extraire les débits calculés grâce au modèle mathématique pour rabattre la nappe au droit de la future fosse avant le début des terrassements.

Le schéma type retenu pour l'exécution d'un forage d'exhaure (mise en place et fournitures) est le suivant :

- . déplacement machine de forage à forage ;
- . foration d'un avant trou au diamètre de 22" de 0 à 3 m.
- . mise en place et cimentation d'un tube de soutènement en acier roulé soudé au diamètre de 500 mm.
- . poursuite de la foration au diamètre de 15" de 3 m. jusqu'à 1 mètre dans le substratum argileux.
- . mise en place d'une colonne de captage en PVC, type "Boode", 355 x 334,2 mm. avec, de 0 à 5 mètres : tube plein, raccords filetés, de 5 m. jusqu'au substratum : crépine avec ouverture de 0,5 mm., raccords filetés, puis au niveau du mètre dans le substratum argileux : tube plein fermé à la base.
- . fourniture et mise en place d'un massif filtrant constitué de graviers quartzeux calibrés propres dans l'espace annulaire 381-355 mm.
- . injection dans le forage d'un oxydant pour la destruction des boues aux biopolymères utilisées lors de la foration de l'ouvrage.
- . installation et retrait d'un système d'air lift pour nettoyer et développer le forage.
- . quinze heures avec force motrice pour le développement.
- . dix heures sans force motrice pour travaux divers.

Chaque tête de forage sera matérialisée en surface par une dalle en ciment entourant le tubage de l'avant trou.

. Forages dans l'aquifère des Graviers de base

Les forages placés sur une ligne extérieure (par rapport au gisement) aux forages des Sables des Landes, seront distants les uns des autres de 30 à 35 mètres. Les profondeurs sont comprises entre 55 et 75 m. suivant les années d'exploitation

Ces forages doivent rabattre totalement l'aquifère contenu dans les formations graveleuses de la série d'Onesse et partiellement (jusqu'à 2 m. sous le mur du lignite) l'aquifère des Graviers sous les lignites de MEZOS.

COUT EN FRANCS CONSTANTS : TABLEAU 1 DU MATERIEL D'EXHAURE PAR ANNEE D'EXPLOITATION

| | NOMBRE DE POMPES | | COUT DES POMPES | | COUT COLONNE | | MISE EN PLACE ET RETRAIT DES POMPES 8000F/pompe | CONSUMATION ELECTRIQUE | | POMPE DE REMPLACEMENT (5) | ENTRETIEN Instrument. Electromécaniques | GRUPES ELECTROGENES SUR 21 ANNEES | | |
|----------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|-----------|-------------|
| | Sables des Landes | Graviers sur et sous limite | Sables des Landes | Graviers sur et sous limite | Sables des Landes | Graviers sur et sous limite | | Sables des L. | Graviers sur et sous limn. | | | | | |
| ANNEE 0 | 18 | 20 | 666 000 F | 2 600 000 F | 460 000 F | 2 699 400 F | 166 580 F | 531 300 F | 304 000 F | - | - | 735 000 F | - | 3 400 000 F |
| ANNEE 1 | 18 | 20 | 666 000 F | 2 600 000 F | | | | | 304 000 F | 206 623 F | 4 635 792 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 2 | 20 | 22 | 666 000 F | 2 600 000 F | | | | | 304 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 3 | 20 | 22 | 740 000 F | 2 860 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 4 | 20 | 22 | 740 000 F | 2 860 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 5 | 20 | 22 | 740 000 F | 2 860 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 6 | 20 | 22 | 547 200 F | 2 560 000 F | 460 000 F | 2 699 400 F | 140 000 F | 480 000 F | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | 115 000 F + 617 500 F | 800 000 F | |
| ANNEE 7 | 20 | 22 | 547 200 F | 2 560 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 8 | 20 | 22 | 520 000 F | 2 464 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 9 | 20 | 22 | 520 000 F | 2 464 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 10 | 20 | 22 | 520 000 F | 2 464 000 F | | | | | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 11 | 20 | 22 | 520 000 F | 2 464 000 F | 460 000 F | 2 699 400 F | 166 580 F | 464 566 F | 336 000 F | 229 582 F | 5 099 371 F | 115 000 F + 122 700 F | 800 000 F | |
| ANNEE 12 | 20 | 18 | 600 000 F | 1 980 000 F | | | | | 304 000 F | 229 582 F | 4 172 212 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 13 | 20 | 18 | 654 000 F | 2 016 000 F | | | | | 304 000 F | 229 582 F | 4 172 212 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 14 | 20 | 18 | 660 000 F | 2 016 000 F | | | | | 304 000 F | 229 582 F | 4 172 212 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 15 | 20 | 18 | 714 000 F | 2 053 800 F | | | | | 304 000 F | 229 582 F | 4 172 212 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 16 | 22 | 18 | 814 000 F | 2 091 600 F | 552 000 F | 2 208 600 F | 226 296 F | 413 700 F | 320 000 F | 252 540 F | 4 172 212 F | 115 000 F + 0 | 800 000 F | |
| ANNEE 17 | 24 | 12 | 960 000 F | 1 394 400 F | | | | | 288 000 F | 275 490 F | 2 781 475 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 18 | 24 | 12 | 1 026 000 F | 1 435 800 F | | | | | 288 000 F | 275 490 F | 2 781 475 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 19 | 24 | 12 | 1 092 000 F | 1 477 200 F | | | | | 288 000 F | 275 490 F | 2 781 475 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 20 | 24 | 12 | 1 158 000 F | 1 560 000 F | | | | | 288 000 F | 275 490 F | 2 781 475 F | | 800 000 F | |
| ANNEE 21 | . | . | . | . | . | . | . | . | 288 000 F | 275 490 F | 2 781 475 F | | 800 000 F | |

à 700 000 F. Câble d'alimentation 3000V, armoire de contrôle, plus mise en place avec armoire de contrôle et jonction au transformateur.

**TABLEAU 2a : COUT RECAPITULATIF DU MATERIEL D'EXHAURE EN KF H.T.
ANNEE PAR ANNEE D'EXPLOITATION**

| ANNEE | - 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>INVESTISSEMENT</u> | 12 114 KF | | | | | | 3 779 KF | | | | | 3 779 KF |
| <u>RENOUVELLEMENT FORAGES</u> | | 3 266 KF | 3 266 KF | 3 600 KF | 3 600 KF | 3 600 KF | 3 107 KF | 3 107 KF | 2 984 KF | 2 984 KF | 2 984 KF | 2 984 KF |
| <u>COUT D'EXPLOI- TATION :</u> | | | | | | | | | | | | |
| - Electricité | | 4 842 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF | 5 329 KF |
| - Rechange | | | | | | | 891 KF | | | | | 891 KF |
| - Main d'oeuvre | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF |
| <u>MISE EN PLACE ET RETRAIT DES POMPES</u> | 304 KF | 384 KF | 384 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF | 416 KF |
| <u>SOUS-TOTAL</u> | 13 219 KF | 9 292 KF | 9 779 KF | 10 145 KF | 10 145 KF | 10 145 KF | 14 322 KF | 9 652 KF | 9 529 KF | 9 529 KF | 9 529 KF | 14 211 KF |
| <u>DIVERS ET IMPREVUS 10% (HYPOTHESE)</u> | 1 321,9 | 929,2 | 977,9 | 1 014,5 | 1 014,5 | 1 014,5 | 1 432,2 | 965,2 | 952,9 | 952,9 | 952,9 | 1 421,1 |
| <u>TOTAL</u> | 14 540 KF | 10 221 KF | 10 757 KF | 11 159 KF | 11 159 KF | 11 159 KF | 15 754 KF | 10 617 KF | 10 482 KF | 10 482 KF | 10 482 KF | 15 632 KF |

TABLEAU 2 b: COUT RECAPITULATIF DU MATERIEL D'EXHAURE EN KF H.T. -
ANNEE PAR ANNEE D'EXPLOITATION - (Suite)

| ANNEE | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|--|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------------------|
| <u>INVESTISSEMENT</u> | | | | | 3 401 KF | | | | | |
| <u>RENOUVELLEMENT</u> | 2 580 KF | 2 670 KF | 2 676 KF | 2 768 KF | 2 906 KF | 2 354 KF | 2 462 KF | 2 569 KF | 2 712 KF | - |
| <u>FORAGES</u> | | | | | | | | | | |
| <u>COUT D'EXPLOI-</u> | | | | | | | | | | |
| <u>TATION :</u> | | | | | | | | | | |
| - Electricité | 4 402 KF | 4 402 KF | 4 402 KF | 4 402 KF | 4 425 KF | 3 057 KF | 3 057 KF | 3 057 KF | 3 057 KF | 3 057 KF |
| - Rechange | | | | | 891 KF | | | | | |
| - Main-d'oeuvre | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF | 800 KF |
| <u>MISE EN PLACE</u> | | | | | | | | | | |
| <u>ET RETRAIT DES</u> | | | | | | | | | | |
| <u>POMPES</u> | 384 KF | 384 KF | 384 KF | 384 KF | 400 KF | 368 KF | 368 KF | 368 KF | 368 KF | 368 KF |
| <u>SOUS-TOTAL</u> | 8 166 KF | 8 256 KF | 8 262 KF | 8 354 KF | 12 823 KF | 6 579 KF | 6 687 KF | 6 794 KF | 6 937 KF | 4 225 KF |
| <u>DIVERS ET</u> | | | | | | | | | | |
| <u>IMPREVUS 10 %</u> | 816,6 | 825,6 | 826,2 | 835,4 | 1 282,3 | 657,9 | 668,7 | 679,4 | 693,7 | 422,5 |
| (HYPOTHESE) | | | | | | | | | | |
| <u>TOTAL</u> | 8 983 KF | 9 082 KF | 9 088 KF | 9 189 KF | 14 105 KF | 7 237 KF | 7 356 KF | 7 473 KF | 7 631 KF | 4 647 KF |
| 21 d'exploitation ; 24 M de tonnes brut (humide) | | | | | | | | | | |
| TOTAL SUR 21 ANS | | | | | | | | | | 227 235 KF |
| COUT DE LA THERMIE..... | | | | | | | | | | 4,30.10 ⁻³ F |

Les profondeurs mentionnées pour chaque année d'exploitation ont été établies en fonction des résultats des calculs d'exhaure pour permettre un bon rabattement au droit de la mine à ciel ouvert.

Ici aussi, les diamètres de foration et d'équipement des forages sont déterminés selon les débits à extraire et les diamètres correspondants nécessaires pour les pompes et les tuyaux d'exhaure.

Le schéma type retenu pour l'exécution d'un forage d'exhaure dans les Graviers (mise en place et fourniture) est le suivant :

- . déplacement machine de forage à forage.
- . foration de 0 à 5 m. de l'avant trou au diamètre de 24".
- . fourniture, mise en place et cimentation d'un tubage acier roulé soudé d'un diamètre de 520 mm. sur les 5 premiers mètres.
- . poursuite de la foration de 5 m. à 55 ou 75 m. suivant les emplacements, au diamètre de 18ⁿ1/2 ou 20".
- . mise en place et fourniture d'une colonne captante en PVC, type "Boode" au diamètre de 400-376,4 mm. composée de :
 - 0 - 10 m. tube plein, raccords filetés.
 - 10 à 55 - 75 m. crépine avec ouverture des fentes de 0,5 à 0,75 m. raccords filetés.

dans le dernier mètre : tube plein fermé à la base.

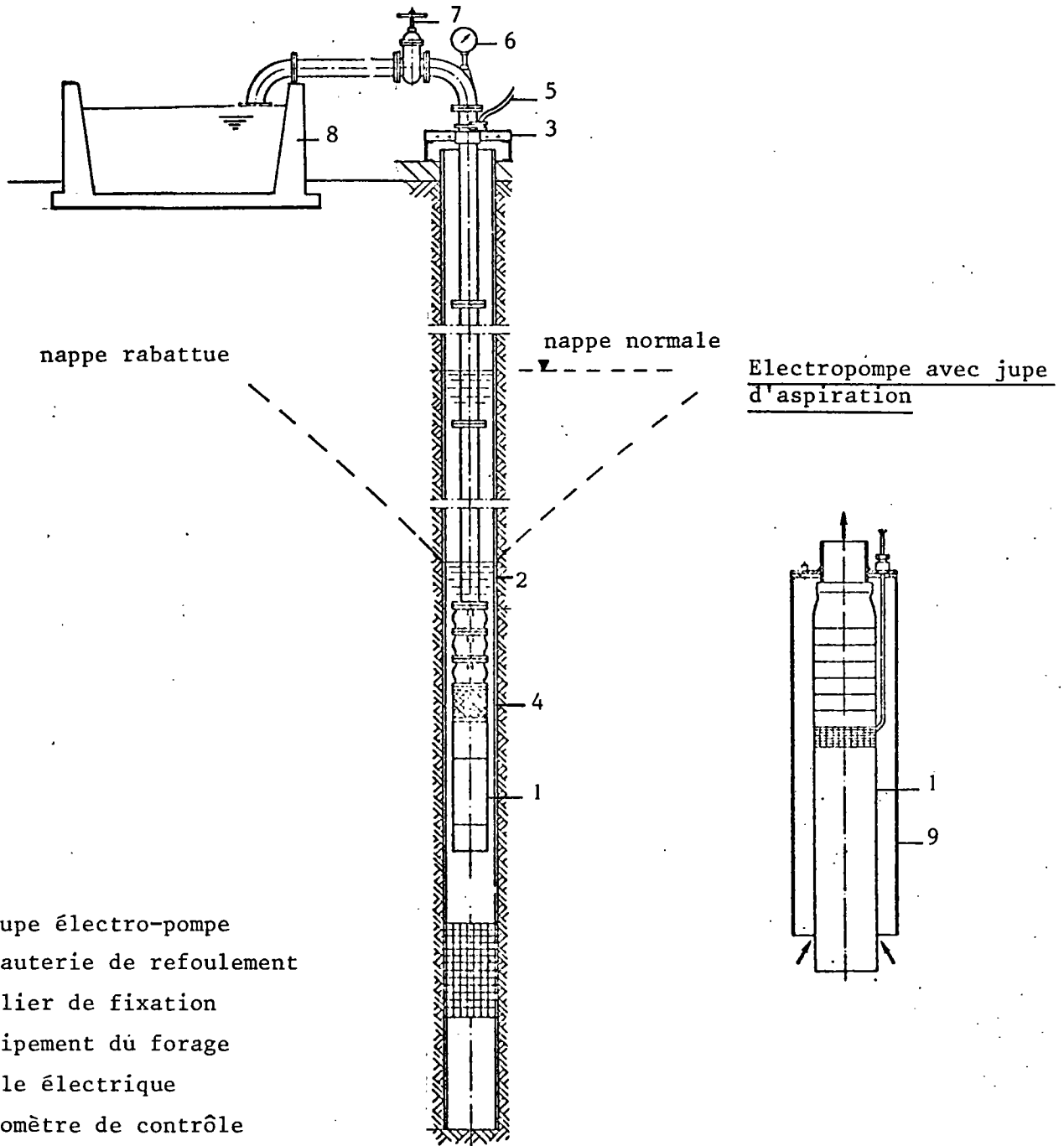
- . fourniture et mise en place d'un massif filtrant constitué de graviers quartzeux, calibrés, propres, dans l'espace annulaire 508 ou 470 - 400 mm.
- . fourniture et mise en place d'un oxydant pour la destruction des boues aux biopolymères utilisées lors de la foration.
- . installation et retrait d'un système d'air lift pour nettoyer et développer le forage.
- . quarante heures avec force motrice pour le développement du forage et travaux divers.
- . dix heures sans force motrice pour des travaux divers.

La tête de forage est scellée au sol par une dalle en ciment entourant le tubage acier de l'avant trou.

- Coût des forages

Les coûts des forages-type figurent aux tableaux 1-2 des prix (Val. 09/84 HT). Le tableau 2 en fin de chapitre récapitule le nombre des forages nécessaires chaque année selon la progression d'une exploitation de 1 million de tonnes de lignite par an.

GRUPE ELECTROPOMPE IMMERGE POUR
LE RABATTEMENT DE NAPPE



- 1 Groupe électro-pompe
- 2 Tuyauterie de refoulement
- 3 Collier de fixation
- 4 Equipement du forage
- 5 Câble électrique
- 6 Manomètre de contrôle
- 7 Vanne d'arrêt
- 8 Canal d'écoulement
- 9 Jupe d'aspiration

Electropompe avec jupe d'aspiration

On retiendra que pour l'aquifère superficiel des Sables des Landes, les forages d'exhaure coûtent entre 26.000 F. H.T. (10 m. de prof.) et 48.000 F. H.T. (30 m. de prof.).

Pour l'aquifère des Gravieres de base, les prix des forages d'exhaure varient entre 110.000 F. H.T. (55 m. de prof.) et 130.000 F. H.T. (75 m. de prof.).

4.2 - POMPES ET COLONNES D'EXHAURE

On préconise pour le rabattement des aquifères des Sables des Landes et des Gravieres de base, l'installation dans les forages décrits ci-dessus, d'électro-pompes à moteur immergé.

Après consultation des constructeurs et études bibliographiques des exhaures miniers et des rabattements de nappe sur des chantiers de travaux publics, il s'avère en effet que c'est la technique la plus employée et la plus simple en raison de la fiabilité des moteurs immergés (*fig.41*).

- Pompe d'exhaure pour l'aquifère des Sables des Landes

On a choisi des électro-pompes d'un débit nominal de 60 m³/h., avec des hauteurs de refoulement de 30 à 10 mètres, d'un diamètre de 200 mm. maximum. La puissance nominale du moteur de l'électro-pompe est de 6,8 Kw (Marque K S B) avec une tension de 380/660 volts.

L'électro-pompe étant placé en face des crépines en PVC, on recommande l'installation autour de la pompe d'une jupe d'aspiration fixée par des brides au sommet de la pompe et ouverte à la base (*figure 41*) afin de la protéger de l'ensablement des forages.

La colonne d'exhaure sera rattachée à l'électro-pompe par des brides. Chaque tube de la colonne de 6 m. de longueur en acier soudé, d'épaisseur 4 mm., sera raccordé au suivant par une bride et boulonné.

Le diamètre de la colonne sera de 100 mm. avec des brides plates P N 10 (D.N. 100, diamètre extérieur 220 mm.).

L'ensemble groupe électro-pompe et colonne d'exhaure est fixé au sommet de la tête de forage en surface grâce à un collier de support fixé sur la colonne montante.

- Pompe d'exhaure pour l'aquifère des Gravieres de base

On a choisi des groupes électro-pompes d'un débit nominal de 340 m³/h., avec une hauteur de refoulement maximum de 75 m., d'un diamètre de 295 mm. maximum.

La puissance nominale du moteur de l'électro-pompe est de 104 Kw (marque K S B) avec une tension de 380/660 volts.

L'électro-pompe étant également placée en face des crépines PVC, on recommande l'installation autour de la pompe d'une jupe d'aspiration afin d'éviter un ensablement du forage d'exhaure.

Le diamètre nominal de la colonne d'exhaure raccordée par une bride à la pompe, sera de 219 mm. extérieur. Les tubes en acier soudé de 3,2 mm. d'épaisseur et 6 mètres de longueur seront raccordés les uns aux autres par des brides plates P N 10, de diamètre nominal 200 mm. (diamètre extérieur maximum de 350 mm.) boulonnés.

L'ensemble groupe électro-pompe et colonne d'exhaure est fixé au sommet de la tête de forage en surface, avec un collier de support fixé sur la colonne montante.

- Régulation et accessoires annexes

Il est prévu dans chaque forage d'exhaure l'installation de contacteurs par électrodes basses et hautes eaux qui assureront la mise en marche et l'arrêt des groupes électro-pompes en fonction des niveaux d'eau rabattus. Ces électrodes évitent que les pompes fonctionnent sans eau dans les ouvrages.

D'autre part, afin d'éviter les démarrages trop fréquents des pompes avec fatigue des groupes, il sera utile de placer des limiteurs de débit dont la valeur pourra être adaptée au débit à réguler. Ce dispositif est d'une très grande simplicité et fiabilité et peut être posé entre deux brides (encombrement de quelques millimètres d'épaisseur). L'appareil présente en plus l'avantage de faire fonctionner la pompe à son rendement optimum, tout en permettant un démarrage des pompes vanne ouverte.

Afin de contrôler les pressions de l'eau dans la colonne montante, on placera un manomètre sur un coude 1/4 fixé par bride sur

la tête de la colonne, puis une vanne d'arrêt à papillons avec un tuyau et coude se déversant dans la conduite d'évacuation des eaux de chaque forage vers les canaux collecteurs de l'ensemble des débits.

- Coût des pompes, colonnes d'exhaure et matériels annexes

Les coûts des groupes électro-pompes mentionnés dans les tableaux 1 et 2 des prix, sont valeur septembre 1984 et ont été fournis par :

| | |
|-----------------------|--|
| K.S.B. - PARIS | pour les pompes, câbles électriques et divers. |
| MAM- SOGASAF- BLAGNAC | pour les colonnes montantes, coudes, vannes à papillons, manomètres, colliers. |
| SCHLUMBERGER - PARIS | pour les limiteurs de débit. |

On retiendra :

- qu'un groupe électro-pompe de 60 m³/h avec une H.M.T. de 30 m., 30 m. de câbles électriques, démarrage étoile-triangle, avec relais redox, électrodes plus jupe coûte : 23.000 F. H.?
- qu'un groupe électro-pompe de 340 m³/h. avec une H.M.T. de 75 m., 85 m. de câbles électriques, démarrage étoile-triangle avec relais redox, 3 électrodes, plus une jupe coûte : 122.700 F. H.?

Dans le tableau des coûts, en fin de ce chapitre, figurent les différents matériels pour chaque année d'exploitation en fonction du nombre de forages à réaliser pour chaque aquifère à rabattre.

4.3 - ALIMENTATION ELECTRIQUE

L'alimentation électrique de la mine a été étudiée dans le fascicule "Etude minière et économique".

On rappellera que les pompes d'exhaure devront être alimentées par du courant électrique en 380 Volts. Il sera alors nécessaire de prévoir des postes abaisseurs 5 Kw/380 Volts semi-mobiles suivant l'avancement de la mine à ciel ouvert.

- Coût électricité

Le coût de l'électricité pris en compte est de 0,25 F./Kw/h. (septembre 84) pour un abonnement longue durée (calcul effectué à partir des barèmes E.D.F. en tenant compte de la puissance souscrite et de l'énergie consommée).

4.4 - GROUPES ELECTROGENES DE SECOURS

Les rabattements de nappes devant être permanents pour assurer une bonne stabilité des talus de la mine d'exploitation à sec des lignites, il est indispensable de prévoir un système d'alimentation électrique de secours par plusieurs groupes électrogènes.

On a pris comme puissance maximum à garantir, l'hypothèse suivante :

| | |
|--|---------------|
| . 20 groupes électro-pompes de 105 Kw chacun, soit : | 2.100 Kw |
| . 18 " " " de 6,5 Kw chacun, soit : | <u>117 Kw</u> |

soit une puissance maximum de : 2.440 Kw répartis de part et d'autre de la mine à ciel ouvert.

On a opté pour six groupes électrogènes de 550 KVA chacun.

Les prix détaillés ci-dessous pour chaque groupe fourni par les groupes électrogènes RENAULT de LYON sont valeur septembre 84 et hors taxes.

| | |
|--|-----------------|
| . groupe 550 KVA démarrage manuel : Px Unit. | 440.000 F. H.T. |
| . automaticité de démarrage avec inverseur : Px U. | 22.000 F. H.T. |
| . couplage en centrale, en manuel : Px Unit. | 20.000 F. H.T. |
| . citerne à carburant avec raccordement plus plate-forme en ciment plus pose : Px Unit. | 10.000 F. H.T. |
| . conteneur ou bâchage de protection pour chaque groupe : Px Unit. | 60.000 F. H.T. |
| . divers raccordements : Px Unit. | 10.000 F. H.T. |
| | <hr/> |

PRIX D'UN GROUPE AVEC LES DIFFERENTS ACCESSOIRES : 562.000 F. H.T.

Le montant total pour les six groupes électrogènes complets est de :

. 3.372.000 FRANCS H.T. arrondi à 3.400.000 FRANCS H.T.
=====

4.5 - COUT RECAPITULATIF PAR ANNEE D'EXPLOITATION

Nous avons établi pour chaque année d'exploitation, le coût des forages, des pompes et des colonnes d'exhaure, des groupes électrogènes, de l'entretien du matériel, de la consommation électrique (tableau précédent des prix en francs constants hors taxes).

On a retenu plusieurs hypothèses :

- renouvellement de la totalité des pompes d'exhaure, les 6ème, 11ème et 16ème année.
- renouvellement de la totalité des colonnes d'exhaure les 6ème, 11ème et 16ème année.
- achat dès l'origine de 6 groupes électrogènes de secours.

Le tableau 2 des prix, montre pour un niveau de production de lignite de 1.000.000 m³/an, le coût par année d'exploitation de la part exhaure.

4.6 - COUT DE L'EXHAURE POUR UNE THERMIE (hypothèse 1 million de m³/an)

Le coût moyen de l'exhaure est de : 0,43 centimes/thermie.

.....

B I B L I O G R A P H I E

Rapports B.R.G.M.

- Juillet 82* *Réflexions sur le contexte géologique des accumulations de lignites des Landes de Gascogne*
par J.P. CAPDEVILLE et J. DUBREUILH - 82 AQI 32
- Janvier 83* *Inventaire des ressources nationales en charbon.*
Recherche de lignites dans le Sud des Landes de Gascogne
campagne 82
par J.P. CAPDEVILLE et J. DUBREUILH - 83 SGN 67 AQI
- Mai 83* *Exploration des indices de MEZOS-SUD. Première évaluation de ressources. Etat d'avancement des travaux au 31 mai 1983.*
par J. DUBREUILH, G. KARNAY et G. LE POCHAT.
- Octobre 83* *Gisement de lignite de MEZOS-SUD.*
Approches des conditions techniques et économiques du dénoyage du gisement en exploitation.
B.R.G.M. - Dépt. EAU M. VANDENBEUSCH.
- Novembre 83* *Lignite des LANDES - Gisement de MEZOS-SUD.*
Etat des travaux en novembre 83 et proposition d'étude de faisabilité du gisement.
B.R.G.M. SGR/AQI
- 83* *Prospection générale des LANDES de Gascogne 1ère année : 1982-1983. Feuille de SOUSTONS à 1/100.000e*
par J. DUBREUILH - 83 SGN 878 AQI

Thèses de 3ème cycle

- 1968 *Etude hydrogéologique du Plio-Quaternaire de la
région de SAINT-JULIEN-EN-BORN*
par L. TORELLI.
- 1984 *Structure et géométrie des corps sédimentaires
néogènes et quaternaires des LANDES méridionales*
par G. SAJOUS.
- 1984 *Etude des formations miocènes et plio-quaternaires
de la partie Sud des LANDES de Gascogne par sondages
électriques. Application à la recherche de lignites.*
par D. MOTET.

A N N E X E 1

DIFFERENCIATION DES AQUIFERES

AUTOUR DU GISEMENT DE MEZOS-SUD

TABLEAU 1 -

NIVEAUX D'EAU ET EXPLOITATION DES FORAGES D'EAU

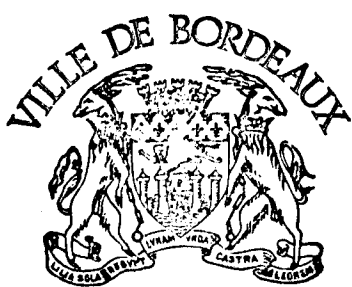
| Inventaire BSS | Commune | Objet | Potentiels en m. NGF | Débit spécifique m ³ /h/m. | Usage | Aquifères | |
|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|---|---------------------------------|-----------------------------|--|
| 924.1.2 | ONESSE et LAHARIE | A.E.P. | + 35,4 m. | -- | Non exploité abandonné | Calcaire du Miocène | artésien + 0,40 m/sol le 30/09/1967 |
| 924.1.3 | ONESSE et LAHARIE | A.E.P. | + 40,33 m. | 55 m ³ /h avec 20 m. de S | A.E.P. commune | Graviers de base (étagé) | artésien + 4,50 m/sol le 16/11/67 - t.° eau = 14°7 |
| 924.2.1 | MORCENX | A.E.P. | + 66,57 m. | 114 m ³ /h avec 14,2 m de S | A.E.P. commune | Grès du Miocène | profondeur eau à -8,56m/s t° eau = 21°2 le 5/8/63 |
| 924.3.1 | MORCENX | Centrale thermique ARJUZANX | + 65,67 m. | 62,5 m ³ /h avec 4,30 de S | Alimentation centrale thermique | Grès du Miocène | artésien + 1,71/sol le 09/1964 - t° eau = 19° |
| 924.3.12 | MORCENX | A.E.P. | + 65,6 m. | 177 m ³ /h avec 9,36 m de S | A.E.P. Commune | Grès du Miocène | eau à -1,77 m/sol le 29/05/1972 |
| 924.5.2 | LESPERON | Industriel | + 76,80 m. | 40 m ³ /h avec 8,80 m de S | Alimentation usine | Sables supérieurs | eau à 3,24 m/sol le 3/10/1964 |
| 924.5.3 | LESPERON | " | + 75,20 m | 84 m ³ /h avec 10,58 m. de S | Alimentation usine | Sables supérieurs | eau à 4,80 m./sol le 9/6/1965 |
| 924.5.4 | LESPERON | A.E.P. | + 65,9 m. | 30 m ³ /h avec 9,47 m de S | A.E.P. commune | Graviers de base | eau à -14,1 m/sol le 18/1/1966 |
| 924.6.1 | RION des LANDES | A.E.P. | + 60,35 m. | 51 m ³ /h avec 12,35 m de S | A.E.P. commune - abandonné | Sables verts du Miocène | eau à -4,65 m/sol le 2/12/1955 |
| 924.6.15 | RION des LANDES | A.E.P. | + 60,4 m. | 87 m ³ /h avec 30 m de S | A.E.P. commune | Faluns du Miocène | eau à -4,60 m/sol en juillet 1980 |
| 923.3.3 | ST-JULIEN en BORN | Particulier | + 15,4 m. | 0,14 m ³ /h en artésien | trop plein pour un particulier | Plio-Miocène | artésien + 0,40 m. le 26/3/1964 |
| 923.3.4 | " | A.E.P. | + 19,5 m. | 47 m ³ /h avec 21,7 m de S | A.E.P. commune | Faluns du Miocène | eau à + 4,50 m/sol le 5/1/1966 |
| 923.3.19 | UZA | A.E.P. | + 23,6 m. | 20 m ³ /h avec 31,5 m de S | A.E.P. commune | Grès coquilliers du Miocène | eau à -2,4 m/sol le 18/03/1981 |
| 923.4.7 | MEZOS | A.E.P. | + 23,6 m ? (+ 21 m) | 35 m ³ /h avec 6,5 m. de S | A.E.P. commune - Abandonné | Graviers de base | eau à + 0,6 m/sol en 1953 |
| 923.4.8. | MEZOS | A.E.P. | + 20,1 m. | 41 m ³ /h avec 16,94 m de S | A.E.P. commune | Graviers de base | eau à + 0,1 m. le 17/08/1976 |

| Inventaire B.S.S. | Commune | Profondeur forage | Potentiel | Aquifère inter- prétation ancienne | Aquifère nouvel- le interprétation | |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 924.1.2 | ONESSE et LAHARIE | 250 m | + 35,4 m | Miocène (Burdigalien) | | non exploité |
| 924.1.3 | ONESSE et LAHARIE | 51 m | + 40,33 m | Plio-quaternaire | Graviers de base | A.E.P. D'ONESSE |
| 924.2.1 | MORCENX | 330 m | + 66,57 m | Miocène | Miocène | Forage A.E.P. MORCENX |
| 924.3.1 | MORCENX | 270 m | + 65,67 m | Miocène (Girondien) | Miocène | Alimentation Centrale ARJUZANX |
| 924.3.12 | MORCENX | 300 m | + 65,60 m | Miocène inférieur | Miocène | Forage A.E.P. MORCENX |
| 924.5.2 | LESPERON | 25 m | + 76,80 m | Quaternaire-Pliocène | Sables supérieurs | Alimentation industrielle |
| 924.5.3 | LESPERON | 39,75 m | + 75,20 m | " " | " " | " " |
| 924.5.4 | LESPERON | 80 m. | + 65,90 m | Quaternaire | Graviers de base | A.E.P. LESPERON |
| 924.6.1 | RION des LANDES | 200 m | + 60,35 m | Miocène | Miocène inférieur | A.E.P. RION des LANDES |
| 924.6.15 | RION des LANDES | 181 m | + 60,40 m | Miocène (Aquitainien) | Miocène supérieur | A.E.P. RION des LANDES en remplacement du 924.6.1 |
| 923.3.3 | St-JULIEN en BORN | 77 m | + 15,40 m | Plio-Miocène | Graviers de base | Exploité en trop plein par un particulier |
| 923.3.4 | St-JULIEN en BORN | 156 m | + 19,50 m | Miocène | Miocène | A.E.P. de la commune |
| 923.3.19 | UZA | 190 m | + 23,60 m | Miocène | Miocène | A.E.P. de la commune |
| 923.4.7 | MEZOS | 53 m | + 23,60 m (21 m) | Miocène | Graviers de base | A.E.P. de la commune abandonné |
| 923.4.8 | MEZOS | 63 m | + 20,10 m | Miocène | Graviers de base | A.E.P. de la commune abandonné |

TABLEAU n° 2 - POSITION DES AQUIFERES CAPTES DANS LES FORAGES D'EAU EXISTANTS

A N N E X E 2

ANALYSES CHIMIQUES



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05064 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

EAU DU 25.05.84 D'ONESSE ET LAHARIE -
GRAVIERS SOUS LIGNITE SITE 1 -
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA, K.

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

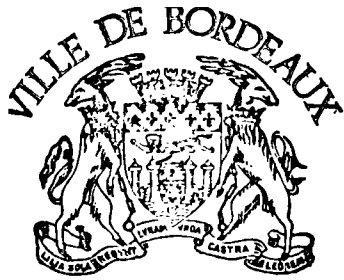
COMMUNE: ONESSE ET LAHARIE
DEPARTEMENT: LANDES
LIEU DE PRELEVEMENT: GRAVIERS SOUS LIGNITE
SITE 1
ORIGINE DE L'EAU: FORAGE
PROFONDEUR DU FORAGE: 62 METRES
EAU NON TRAITEE
EAU PRELEVEE LE 25/05/1984 A 15H30
PRELEVEUR: M. MAZURIER - BRGM -
EAU RECUE LE 04/06/1984 A 11H00
PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : ABONDANTES
TEMPERATURE DE L'EAU: 15,1 DEGRES
ANALYSE COMMENCEE LE 04/06/1984 A 11H15

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

| | | |
|------------------------------------|----------------|----------|
| TURBIDITE | GOUTTES MASTIC | 34 |
| COULEUR | | INCOLORE |
| ODEUR | | INODORE |
| DEPOT:ASPECT-NATURE | | LEGER |
| PH ELECTROMETRIQUE | | 6,70 |
| RESISTIVITE A 20 DEGRES C | OHMS/CM2/CM | 11858 |
| DEGRES ET TITRES DIVERS | | |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH) | | 1,55 |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN | | 0,55 |
| TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA) | | NUL |
| TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC) | | 1,00 |
| MINERALISATION | | |
| CARBONATES EN CO3-- | MG/L | NEANT |
| BICARBONATES EN HCO3- | MG/L | 12,20 |
| CHLORURES EN CL- | MG/L | 17,70 |
| SULFATES EN SO4-- | MG/L | 4,20 |
| CALCIUM EN CA++ | MG/L | 4,00 |
| MAGNESIUM EN MG++ | MG/L | 1,30 |

VEUILLEZ ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE AU DIRECTEUR
RUE DU PROFESSEUR-VÈZES - 33300 BORDEAUX - TÉLÉPH. (56) 81.17.71



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

2

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

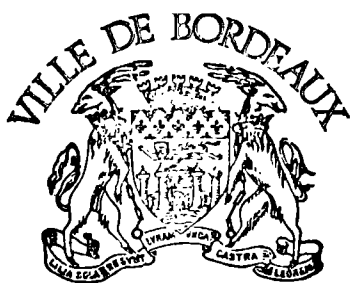
N. ANALYSE : E05064 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

| | | |
|-------------------------------------|------|-------|
| SODIUM EN NA+ | MG/L | 12,00 |
| POTASSIUM EN K+ | MG/L | 1,30 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | 0,12 |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION. | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,48 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH3 | MG/L | NEANT |
| NITRITES EN NO2 | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | 0,02 |
| PHOSPHATES EN P2O5 | MG/L | NEANT |

LE DIRECTEUR,

J.G FAUGERE





LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

1

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05065 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

EAU DU 17.05.84 D'ONESSE ET LAHARIE -
GRAVIER SUR LIGNITE - SITE 1
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA,K.

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

COMMUNE: ONESSE ET LAHARIE
DEPARTEMENT: LANDES
LIEU DE PRELEVEMENT: GRAVIER SUR LIGNITE -
SITE 1
ORIGINE DE L'EAU: FORAGE
PROFONDEUR DU FORAGE: 32 METRES
EAU NON TRAITEE
EAU PRELEVEE LE 17/05/1984 A 18H30
PRELEVEUR: M. MAZURIER - BRGM -
EAU RECUE LE 04/06/1984 A 11H00
PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : ABONDANTES
TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE: 12,5 DEGRES
TEMPERATURE DE L'EAU: 13,7 DEGRES
ANALYSE COMMENCEE LE 04/06/1984 A 11H15

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

| | | |
|---------------------------|----------------|----------|
| TURBIDITE | GOUTTES MASTIC | 153 |
| COULEUR | | INCOLORE |
| ODEUR | | INODORE |
| DEPOT: ASPECT-NATURE | | NOTABLE |
| PH ELECTROMETRIQUE | | 6,55 |
| RESISTIVITE A 20 DEGRES C | OHMS/CM2/CM | 10749 |

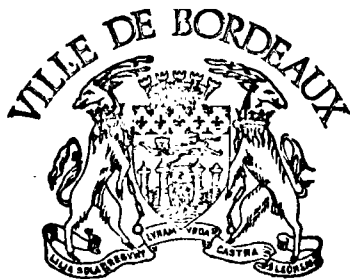
DEGRES ET TITRES DIVERS

| | |
|------------------------------------|------|
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH) | 2,10 |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN | 0,60 |
| TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA) | NUL |
| TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC) | 1,00 |

MINERALISATION

| | | |
|-----------------------|------|-------|
| CARBONATES EN CO3-- | MG/L | NEANT |
| BICARBONATES EN HCO3- | MG/L | 12,20 |
| CHLORURES EN CL- | MG/L | 17,70 |
| SULFATES EN SO4-- | MG/L | 5,30 |
| CALCIUM EN CA++ | MG/L | 6,00 |

VEUILLEZ ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE AU DIRECTEUR
RUE DU PROFESSEUR-VÈZES - 33300 BORDEAUX - TÉLÉPH. (56) 81.17.71



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

2

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05065 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

| | | |
|-------------------------------------|------|-------|
| MAGNESIUM EN MG++ | MG/L | 1,50 |
| SODIUM EN NA+ | MG/L | 11,50 |
| POTASSIUM EN K+ | MG/L | 1,20 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | 0,42 |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,80 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH3 | MG/L | NEANT |
| NITRITES EN NO2 | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | 0,04 |
| PHOSPHATES EN P2O5 | MG/L | NEANT |

LE DIRECTEUR,

J.G FAUGERE





LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

1

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05066 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

EAU DU 22.05.84 D'ONESSE - SABLES DES LANDES
SITE N° 1 - 19H10 -
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA, K.

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

COMMUNE: ONESSE

DEPARTEMENT: LANDES

LIEU DE PRELEVEMENT: SABLE DES LANDES

SITE 1

ORIGINE DE L'EAU: FORAGE

PROFONDEUR DU FORAGE: 9 METRES

EAU NON TRAITEE

EAU PRELEVEE LE 22/05/1984 A 19H10

PRELEVEUR: M. MAZURIER (BRGM)

EAU RECUE LE 04/06/1984 A 11H00

PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : ABONDANTES

TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE: 18°

TEMPERATURE DE L'EAU: 13°2

ANALYSE COMMENCEE LE 04/06/1984 A 11H10

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

TURBIDITE

GOUTTES MASTIC

22

COULEUR

INCOLORE

ODEUR

INODORE

DEPOT:ASPECT-NATURE

NEANT

PH ELECTROMETRIQUE

6,13

RESISTIVITE A 20 DEGRES C

OHMS/CM2/CM

10164

DEGRES ET TITRES DIVERS

DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH)

1,925

DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN

1,050

TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA)

NUL

TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC)

0,75

MINERALISATION

CARBONATES EN CO3--

MG/L

NEANT

BICARBONATES EN HCO3--

MG/L

9,15

CHLORURES EN CL-

MG/L

19,50

SULFATES EN SO4--

MG/L

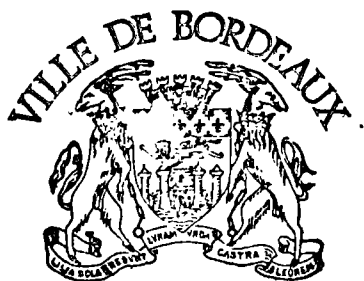
8,00

CALCIUM EN CA++

MG/L

3,50

VEUILLEZ ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE AU DIRECTEUR
RUE DU PROFESSEUR-VÈZES - 33300 BORDEAUX - TÉLÉPH. (56) 81.17.71



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

2

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05066 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

| | | |
|-------------------------------------|------|-------|
| MAGNESIUM EN MG++ | MG/L | 2,50 |
| SODIUM EN NA+ | MG/L | 12,00 |
| POTASSIUM EN K+ | MG/L | 0,90 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | NEANT |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,32 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH3 | MG/L | NEANT |
| NITRITES EN NO2 | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | NEANT |
| PHOSPHATES EN P2O5 | MG/L | NEANT |

LE DIRECTEUR,

J.G FAUGERE





LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 17/07/84

MR MONDEILH - BRGM -
SGR AQUITAINE
AV. DR ALBERT SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E06452 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/07/84

EAU DU 19.06.84 DE ONESSE ET LAHARIE -
FORAGE GRAVIERS N°3 PRES DE LA DEPARTEMENTALE
N° 38 -
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA/K + FE

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

COMMUNE: ONESSE ET LAHARIE
DEPARTEMENT: LANDES

LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE GRAVIERS N°4
PRES DE LA DEPARTEMENTALE 38 -

NAPPE SOUTERRAINE -

ORIGINE DE L'EAU: FORAGE -
PROFONDEUR DU FORAGE: 65 M

EAU NON TRAITEE

EAU PRELEVEE LE 19/06/1984 A 15H45

PRELEVEUR: MR MAZURIER CHRISTIAN (BRGM)

EAU RECUE LE 04/07/1984 A 08H15

PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : DRAGES

TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE: 23,5°

TEMPERATURE DE L'EAU: 13,4°

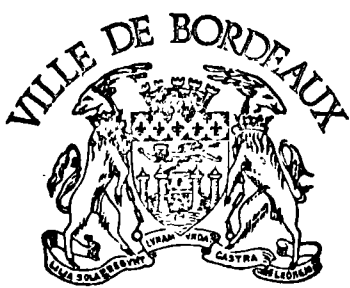
ANALYSE COMMENCEE LE 04/07/1984 A 08H30

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

| | | |
|------------------------------------|----------------|----------|
| TURBIDITE | GOUTTES MASTIC | 22 |
| COULEUR | | INCOLORE |
| ODEUR | | INODORE |
| DEPOT:ASPECT-NATURE | | LEGER |
| PH ELECTROMETRIQUE | | 7,16 |
| RESISTIVITE A 20 DEGRES C | OHMS/CM2/CM | 6960 |
| DEGRES ET TITRES DIVERS | | |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH) | | 5,30 |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN | | 0,80 |
| TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA) | | NUL |
| TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC) | | 4,25 |
| MINERALISATION | | |
| CARBONATES EN CO3-- | MG/L | NEANT |
| BICARBONATES EN HCO3- | MG/L | 51,85 |
| CHLORURES EN CL- | MG/L | 17,75 |

VEUILLEZ ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE AU DIRECTEUR
RUE DU PROFESSEUR-VÈZES - 33300 BORDEAUX - TÉLÉPH. (56) 81.17.71



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 17/07/84

MR MONDEILH - BRGM -
SGR AQUITAINE
AV. DR ALBERT SCHWEITZER
33600 PESSAC

2

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E06452 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/07/84

| | | |
|---|------|-------|
| SULFATES EN SO ₄ -- | MG/L | 9,60 |
| CALCIUM EN CA ⁺⁺ | MG/L | 18,00 |
| MAGNESIUM EN MG ⁺⁺ | MG/L | 1,95 |
| SODIUM EN NA ⁺ | MG/L | 11,75 |
| POTASSIUM EN K ⁺ | MG/L | 1,30 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | 0,43 |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,64 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH ₃ | MG/L | NEANT |
| NITRITES EN NO ₂ | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | NEANT |
| PHOSPHATES EN P ₂ O ₅ | MG/L | NEANT |



DIRECTEUR,

J.G FAUGERE



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

1

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E05063 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

EAU DU 29.05.84 DE MEZOS - FORAGE D'ESSAI
PRES DU D 183 - SITE 3
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA,K.

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

COMMUNE: MEZOS
DEPARTEMENT: LANDES

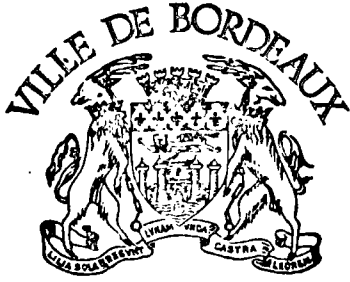
LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE D'ESSAI P 4.
- SITE 3

ORIGINE DE L'EAU: GRAVIER - FORAGE
PROFONDEUR DU FORAGE: 60 METRES
EAU NON TRAITEE
EAU PRELEVEE LE 29/05/1984 A 18H00
PRELEVEUR: M. BELKAID - BRGM -
EAU RECUE LE 04/06/1984 A 11H00
PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : ABONDANTES
TEMPERATURE DE L'EAU: 14,5 DEGRES
ANALYSE COMMENCEE LE 04/06/1984 A 11H15

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

| | | |
|------------------------------------|----------------|----------|
| TURBIDITE | GOUTTES MASTIC | 28 |
| COULEUR | | INCOLORE |
| ODEUR | | INODORE |
| DEPOT:ASPECT-NATURE | | NEANT |
| PH ELECTROMETRIQUE | | 7,47 |
| RESISTIVITE A 20 DEGRES C | OHMS/CM2/CM | 5368 |
| DEGRES ET TITRES DIVERS | | |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH) | | 7,95 |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN | | 0,95 |
| TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA) | | NUL |
| TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC) | | 8,00 |
| MINERALISATION | | |
| CARBONATES EN CO3-- | MG/L | NEANT |
| BICARBONATES EN HCO3- | MG/L | 97,60 |
| CHLORURES EN CL- | MG/L | 15,90 |
| SULFATES EN SO4-- | MG/L | 1,20 |
| CALCIUM EN CA++ | MG/L | 28,00 |
| MAGNESIUM EN MG++ | MG/L | 2,30 |



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 19/06/84

BRGM

2

AVENUE DR A. SCHWEITZER
33600 PESSAC

BULLETIN D'ANALYSE

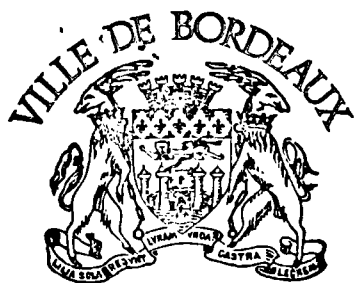
N. ANALYSE : E05063 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/06/84

| | | |
|-------------------------------------|------|-------|
| SODIUM EN NA+ | MG/L | 12,50 |
| POTASSIUM EN K+ | MG/L | 1,30 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | 1,03 |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,56 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH3 | MG/L | 0,48 |
| NITRITES EN NO2 | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | NEANT |
| PHOSPHATES EN P2O5 | MG/L | NEANT |

LE DIRECTEUR,

J.G FAUGERE





LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 17/07/84

MR MONDEILH - BRGM -
SGR AQUITAINE
AV. DR ALBERT SCHWEITZER
33600 PESSAC

1

BULLETIN D'ANALYSE

N. ANALYSE : E06453 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/07/84

EAU DU 07.06.84 DE ONESSE ET LAHARIE -
FORAGE GRAVIERS P.9 - LIEU DITHARENCIN -
ANALYSE CHIMIQUE D'UNE EAU TYPE 2 + NA/K + FE

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

COMMUNE: ONESSE ET LAHARIE
DEPARTEMENT: LANDES

LIEU DE PRELEVEMENT: FORAGE GRAVIERS P.9
LIEU DIT HARENCIN -

NAPPE SOUTERRAINE -

ORIGINE DE L'EAU: FORAGE
PROFONDEUR DU FORAGE: 65 M

EAU NON TRAITEE

EAU PRELEVEE LE 07/06/1984 A 15H40

PRELEVEUR: MR MAZURIER CHRISTIAN (BRGM)

EAU RECUE LE 04/07/1984 A 08H15

PRECIPITATIONS DEPUIS 10 JOURS : ORAGES

TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE: 14,9°

TEMPERATURE DE L'EAU: 13,6°

ANALYSE COMMENCEE LE 04/07/1984 A 08H30

ANALYSE CHIMIQUE

EXAMEN PHYSIQUE

| | | |
|---------------------------|----------------|----------|
| TURBIDITE | GOUTTES MASTIC | 66 |
| COULEUR | | INCOLORE |
| ODEUR | | INODORE |
| DEPOT:ASPECT-NATURE | | FERRIQUE |
| PH ELECTROMETRIQUE | | 6,81 |
| RESISTIVITE A 20 DEGRES C | OHMS/CM2/CM | 8916 |

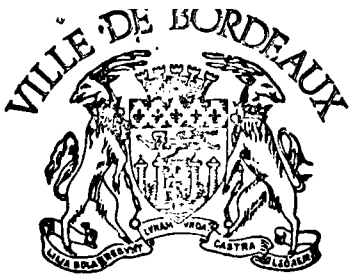
DEGRES ET TITRES DIVERS

| | |
|------------------------------------|------|
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE TOTAL (TH) | 3,76 |
| DEGRE HYDROTOMETRIQUE MAGNESIEN | 0,76 |
| TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE (TA) | NUL |
| TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC) | 3,75 |

MINERALISATION

| | | |
|-----------------------|------|-------|
| CARBONATES EN CO3-- | MG/L | NEANT |
| BICARBONATES EN HCO3- | MG/L | 45,75 |
| CHLORURES EN CL- | MG/L | 14,20 |
| SULFATES EN SO4-- | MG/L | 8,00 |

VEUILLEZ ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE AU DIRECTEUR
RUE DU PROFESSEUR-VÈZES - 33300 BORDEAUX - TÉLÉPH. (56) 81.17.71



LABORATOIRE MUNICIPAL

Institut municipal de recherches sur l'alimentation humaine et animale

Agréé par le Ministère de l'Agriculture
Service de la répression des fraudes

Agréé par le Ministère de l'Environnement
Agréé par l'Agence Nationale
de Valorisation de la Recherche

Laboratoire Régional
agréé par le Ministère de la Santé
Laboratoire de Référence

BORDEAUX LE 17/07/84

MR MONDEILH - BRGM -
SGR AQUITAINE
AV. DR ALBERT SCHWEITZER
33600 PESSAC

2

BULLETIN D'ANALYSE

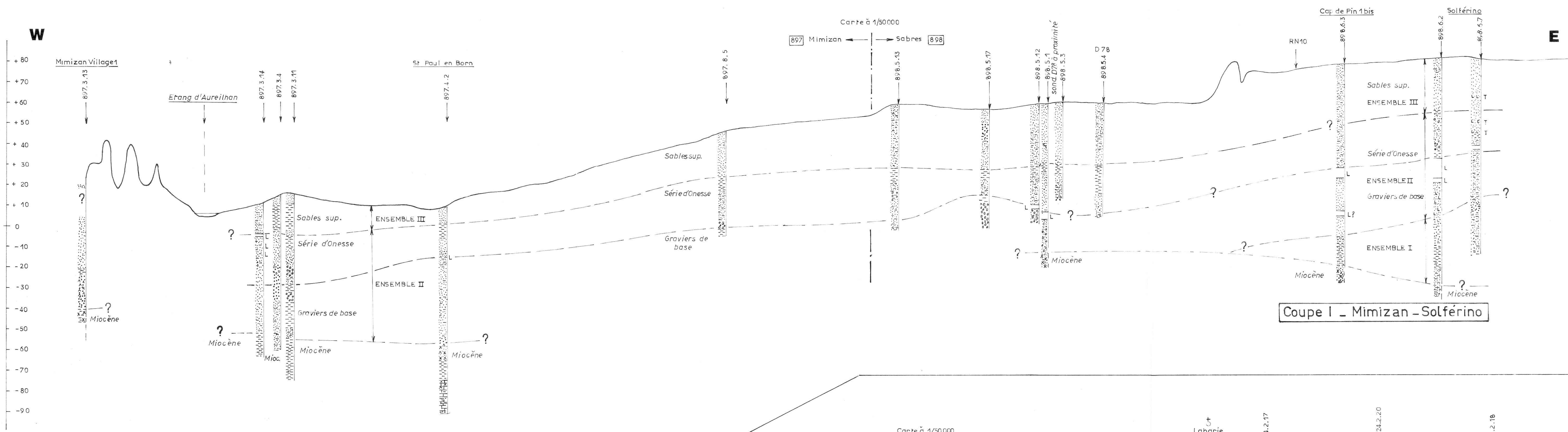
N. ANALYSE : E06453 A
ECHANTILLON : RECU LE 04/07/84

| | | |
|---|------|-------|
| CALCIUM EN CA ⁺⁺ | MG/L | 12,00 |
| MAGNESIUM EN MG ⁺⁺ | MG/L | 1,85 |
| SODIUM EN NA ⁺ | MG/L | 12,50 |
| POTASSIUM EN K ⁺ | MG/L | 1,20 |
| FER TOTAL EN FE | MG/L | 0,95 |
| CONTROLE CHIMIQUE DE LA POLLUTION | | |
| MAT. ORGAN. EN MILIEU ALCALIN EN O | MG/L | 0,80 |
| AMMONIAQUE, SELS AMMONIACAUX EN NH ₃ | MG/L | NEANT |
| NITRITES EN NO ₂ | MG/L | NEANT |
| NITRATES EN N | MG/L | NEANT |
| PHOSPHATES EN P ₂₀₅ | MG/L | 0,08 |

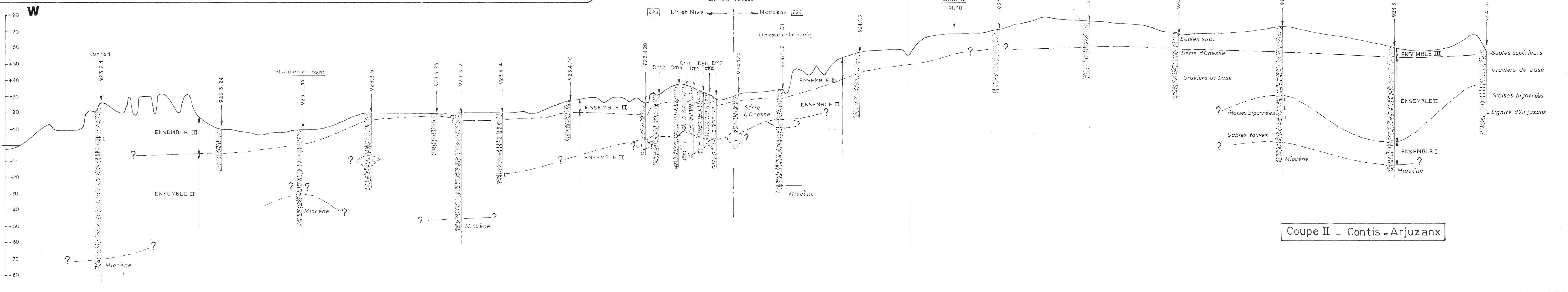


LE DIRECTEUR,

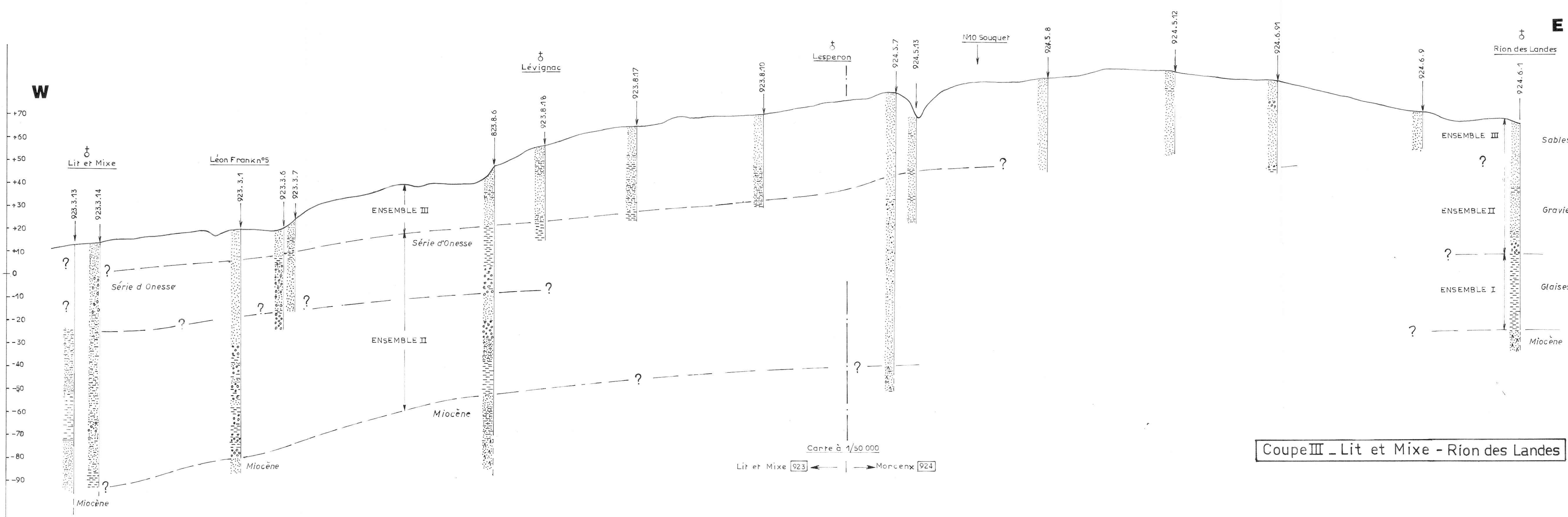
J.G FAUGERE



Coupe I - Mimizan - Solférino



Coupe II - Contis - Arjuzanx



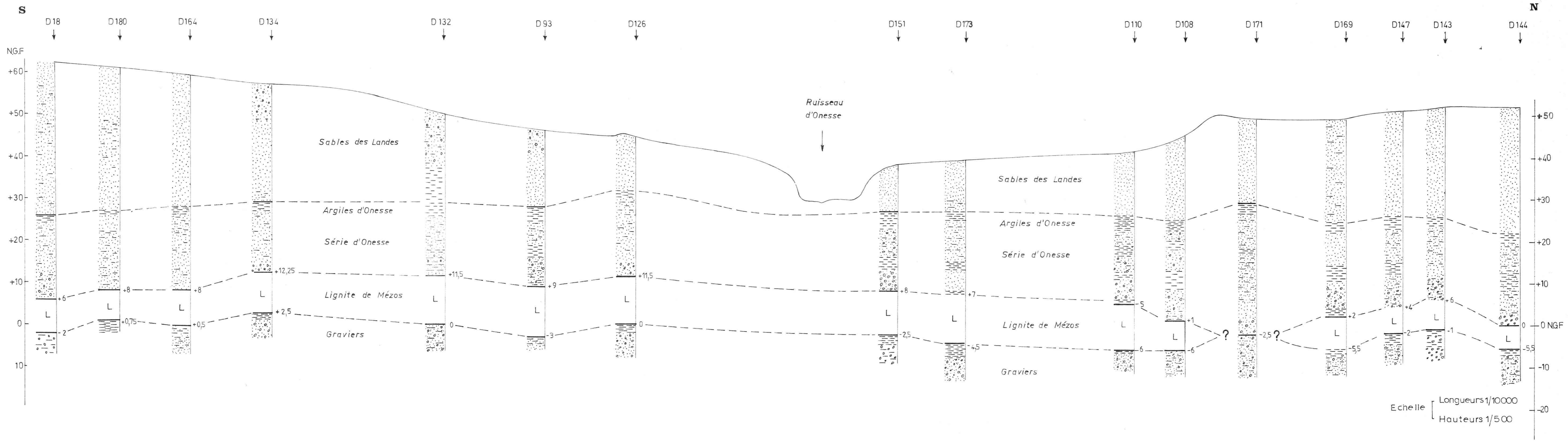
Coupe III - Lit et Mixe - Rion des Landes

PLANCHE 1

COURSES LITHOGÉOLOGIQUES
EST-OUEST

Echelle Longueurs 1/50 000
Hauteurs 1/1000

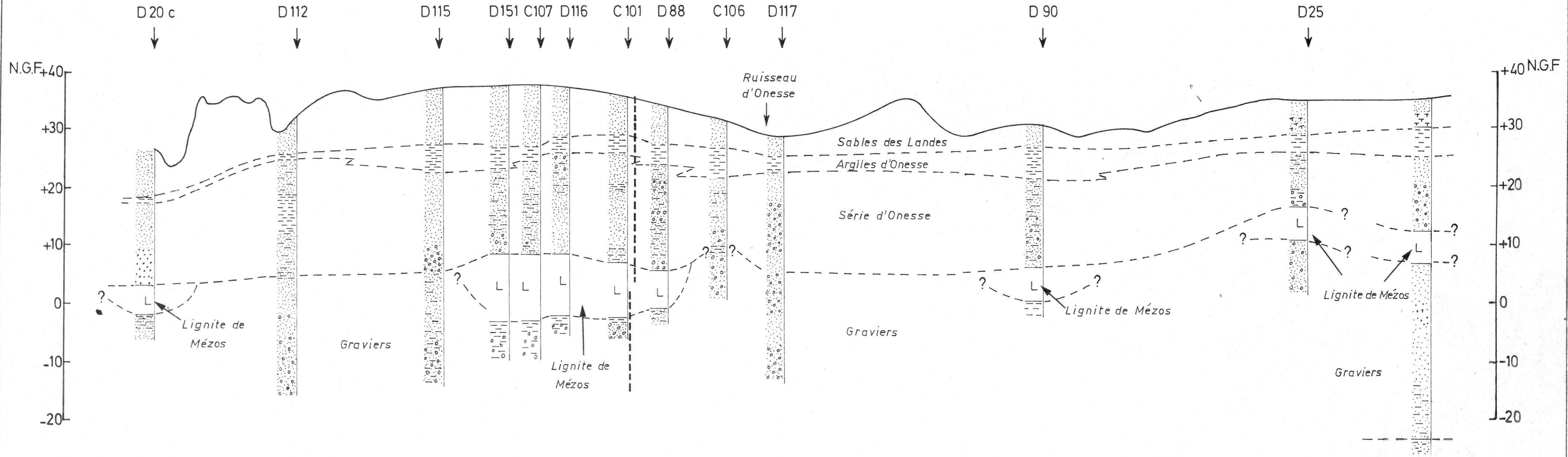
Coupe en long Nord-Sud dans le gisement de lignite
de MÉZOS-SUD



Coupe Est-Ouest perpendiculaire à l'axe longitudinal du gisement

W

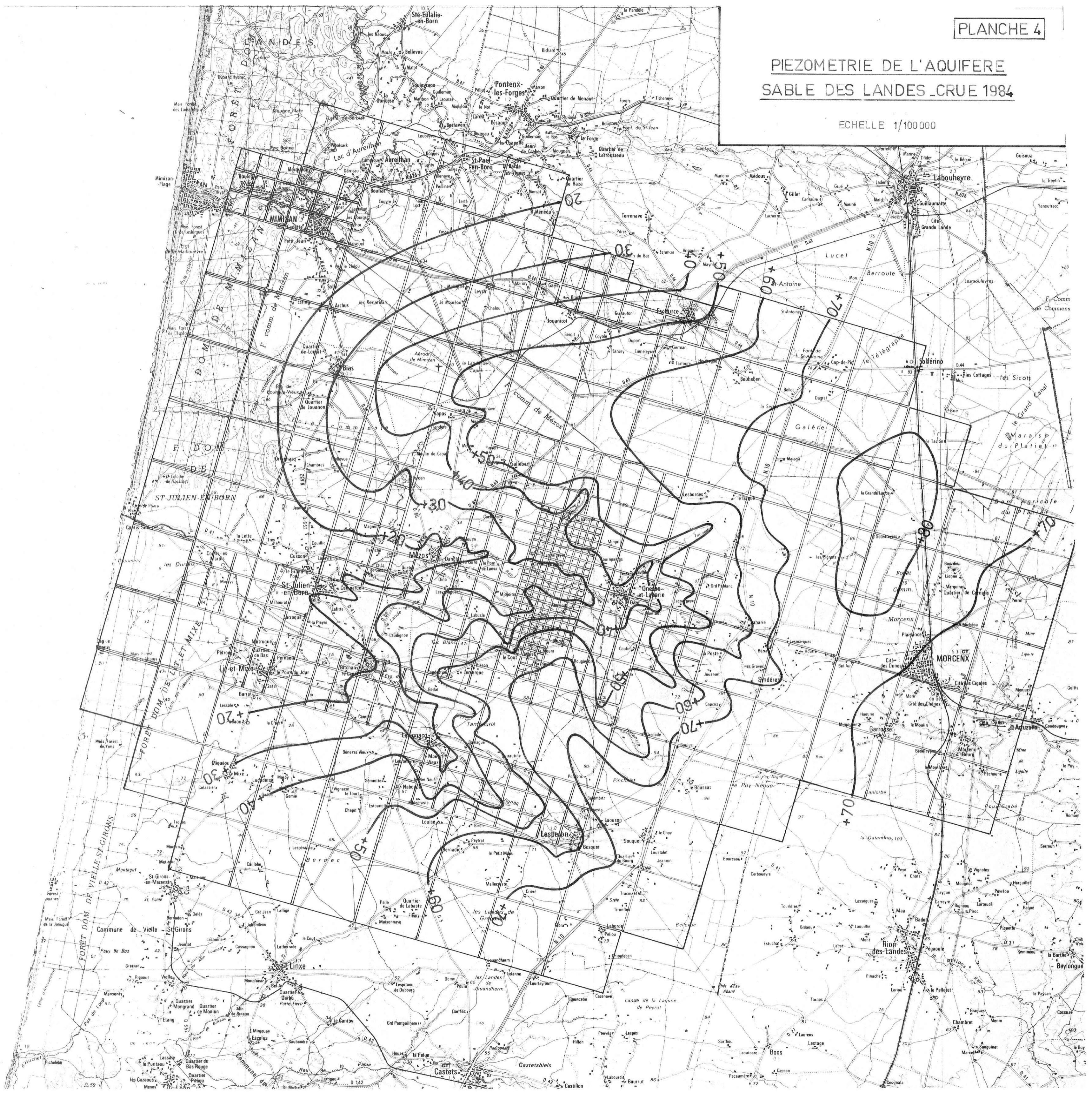
E



Echelle { Longueur 1/10000
Hauteur 1/500

PIEZOMETRIE DE L'AQUIFERE
SABLE DES LANDES CRUE 1984

ECHELLE 1/100000



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD

(LANDES)

GÉOTECHNIQUE



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE (DGEMP Comité inventaire charbonnier)
CONSEIL RÉGIONAL D'AQUITAINE (Aquitainergie)
FONDS RÉGIONAL AQUITAIN POUR LA MAITRISE DE L'ÉNERGIE
(Aquitainergie + AFME)
CONSEIL GÉNÉRAL DES LANDES
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, GRPT Sud-Ouest

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS SUD (LANDES)

GÉOTECHNIQUE

Par
F. WOJTKOWIAK



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer, 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00

RESUME

Dans le cadre de l'étude de pré-faisabilité d'une exploitation à ciel ouvert du gisement de lignite de Mézos-Sud (département des Landes), le Service Géologique Régional Aquitaine du BRGM a demandé au département Génie Géologique d'examiner les points suivants :

- définition des angles de pente globaux de la future carrière, de ses gradins et des fronts d'excavation,
- conditions de stabilité du fond de fosse, vis à vis des sous pressions hydrauliques,
- traficabilité et terrassement des morts terrains,
- évaluation théorique des tassements du massif induits par les pompages d'exhaure, l'extraction du lignite s'effectuant à sec.

A ces fins, un sondage carotté intégralement sur toute sa longueur a été réalisé dans l'emprise de la future fosse. Des essais d'identification physique et mécanique (caractéristiques de cisaillement) ont été effectués au laboratoire de mécanique des sols sur des échantillons intacts prélevés dans l'ensemble des formations traversées.

Les résultats obtenus, complétés par des données provenant d'études antérieures et de la bibliographie, ont permis l'analyse des angles de pente à l'aide de calculs sur ordinateur. Les conditions de stabilité au soulèvement du fond de fosse ont été également précisées.

Les problèmes de traficabilité des sols en place et les conditions de terrassement des morts terrains ont été abordés sur la base des résultats d'essais de compactage et de poinçonnement réalisés au laboratoire sur les principaux types de matériaux constituant le massif, et en suivant les "Recommandations pour les terrassements routiers" (classification R.T.R.).

Les tassements engendrés par le rabattement des nappes se produiront rapidement et dès le début des pompages. L'amplitude de ces tassements peut se déduire de celle des rabattements par l'intermédiaire d'une relation théorique simple.

L'ensemble des résultats obtenus devra être contrôlé et précisé au cours de l'excavation de la fosse à l'aide de dispositifs permettant de suivre le comportement dans le temps du massif.

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| 1 - INTRODUCTION | 1 |
| 2 - CADRE GENERAL DE L'ETUDE | 2 |
| 3 - IDENTIFICATION PHYSIQUE ET CARACTERISATION MECANIQUE DES PRINCIPALES FORMATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES | 5 |
| 3.1. - IDENTIFICATION PHYSIQUE | 8 |
| 3.2. - CARACTERISATION MECANIQUE | 14 |
| 4 - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE GLOBAL DE LA FOSSE | 17 |
| 4.1. - PRINCIPE DE LA METHODE UTILISEE | 17 |
| 4.2. - HYPOTHESES GENERALES PRISES EN COMPTE POUR LES CALCULS DU COEFFICIENT DE SECURITE GLOBAL | 18 |
| 4.2.1. - Géométrie de la fosse | 18 |
| 4.2.2. - Structure du massif | 23 |
| 4.2.3. - Caractéristiques physiques et mécaniques des terrains | 23 |
| 4.2.4. - Charge hydraulique dans les terrains | 25 |
| 4.3. - RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE GLOBALE | 26 |
| 5 - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE DES GRADINS ET DES FRONTS D'EXCAVATION | 29 |
| 5.1. - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE DES GRADINS | 29 |
| 5.2. - ANALYSE DE LA STABILITE DES FRONTS D'EXCAVATION | 32 |
| 5.2.1. - Exploitation à la roue-pelle | 32 |
| 5.2.2. - Exploitation au rock-belt | 36 |
| 6 - CONDITIONS DE STABILITE DU FOND DE FOSSE | 37 |

.../...

| | |
|---|----|
| 7 - CONDITIONS DE TERRASSEMENT DES MORTS TERRAINS | 41 |
| 8 - EVALUATION SOMMAIRE DES TASSEMENTS DES TERRAINS INDUITS PAR LES POMPAGES D'EXHAURE | 44 |
| 8.1. - RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE | 45 |
| 8.2. - CALCUL THEORIQUE DES TASSEMENTS | 46 |
| 8.2.1. - <i>Rappels théoriques</i> | 46 |
| 8.2.2. - <i>Hypothèses prises en compte dans les calculs</i> ... | 51 |
| 8.2.3. - <i>Synthèse des résultats obtenus</i> | 54 |
| 9 - CONCLUSIONS | 57 |

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : COUPE DU SONDAGE CAROTTÉ C 201 (HORS TEXTE)
- ANNEXE 2 : RÉSULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION PHYSIQUE
ET MÉCANIQUE RÉALISÉS AU LABORATOIRE DE MÉCANIQUE
DES SOLS
- ANNEXE 3 : ANALYSE SUR ORDINATEUR DE LA STABILITE DE LA PENTE
GLOBALE DES FLANCS DE LA FUTURE FOSSE
- ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Localisation géographique du gisement de lignite de MEZOS
- Figure 2 : Coupe transversale du gisement de MEZOS SUD
- Figure 3 : Implantation du sondage géotechnique C 201
- Figure 4 : Projection dans le diagramme de plasticité des résultats obtenus, lors de la détermination des limites d'Atterberg sur des échantillons repérés par leur numéro de gaine et entre parenthèses, leur profondeur
- Figure 5 : Cercle de Mohr correspondant à l'essai de compression simple
- Figure 6 : Schéma d'exploitation du gisement à l'aide de roues-pelles
- Figure 7 : Extraction en terrains tendres par poussage des matériaux vers le rock-belt
- Figure 8 : Schéma d'exploitation au rock-belt
- Figure 9 : Variation du coefficient de sécurité F correspondant à la surface de rupture la plus défavorable en fonction de l'angle de pente globale pour différentes profondeurs de fosse
- Figure 10 : Profil type d'un gradin
- Figure 11 : Variation du coefficient de sécurité minimum F en fonction de l'angle de pente de gradins de 17 mètres de haut réalisés dans les différentes formations
- Figure 12 : Géométrie des talus et position et intensité des surcharges prises en compte dans l'analyse de stabilité des fronts d'excavation à la roue-pelle
- Figure 13 : Paramètres pris en compte dans l'analyse des conditions de stabilité du fond de fosse
- Figure 14 : Influence de l'abaissement d'une nappe libre sur les contraintes verticales effectives dans un massif de sol
- Figure 15 : Nappe captive. Variation des contraintes verticales effectives due à un rabattement de nappe
- Figure 16 : Rabattement autour d'un puits

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau n° 1 : Résultats des essais d'identification physique et mécanique réalisés en laboratoire sur les carottes du sondage C 201
- Tableau n° 2 : Caractéristiques physiques et mécaniques des 7 types de sols retenues pour les calculs de stabilité
- Tableau n° 3 : Coefficients de sécurité globaux calculés pour différentes profondeurs de fosse à partir des caractéristiques affectées à chacune des formations et présentées dans le tableau 2
- Tableau n° 4 : Résultats de l'analyse de la stabilité d'un gradin de 17 m de haut incliné de 30 ou 35° sur l'horizontale avec prise en compte des surcharges dues au convoyeur pour les différents types de sol
- Tableau n° 5 : Résultats de l'analyse de stabilité des fronts d'excavation de 6 et 8 m de haut inclinés de 35° sur l'horizontale, dans le cas d'une exploitation à l'aide de roues-pelles
- Tableau n° 6 : Epaisseur des morts terrains à ne pas excaver en fonction de la puissance de la couche de lignite et de l'épaisseur totale des terrains stériles
- Tableau n° 7 : Résultats des essais proctor normaux et de poinçonnement CBR réalisés sur les carottes du sondage C 201
- Tableau n° 8 : Données prises en compte dans le calcul des tassements induits par les pompages d'exhaure
- Tableau n° 9 : Amplitude globale du tassement (en mètres) des différentes couches constitutives du massif en fonction du rabattement de la nappe
- Tableau n° 10 : Evolution des tassements théoriques (en mètres) en fonction du temps (en jours)

1 - INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude de préfaisabilité de l'exploitation à ciel ouvert du gisement de lignite de Mézos-Sud (département des Landes), le Service Géologique Régional Aquitaine du BRGM a demandé au département Génie Géologique de définir l'angle de pente global à donner à la future fosse et à ses gradins, et d'analyser les conditions de stabilité du fond de fosse. A la faveur de l'étude géotechnique ainsi entreprise, des recommandations concernant le terrassement des terrains stériles seront données.

L'exploitation du lignite s'effectuant à sec, l'ordre de grandeur des tassements des terrains induits par les pompages d'exhaure sera également apprécié.

Ainsi, la présente étude a comporté les phases suivantes :

- réalisation d'un sondage carotté intégralement de 47 m de profondeur pour prélever des échantillons intacts, transformé en piézomètre triple ;
- essais de laboratoire de mécanique des sols destinés à identifier les matériaux et caractériser la résistance au cisaillement des différentes formations traversées ;
- étude analytique sur ordinateur des angles de pente de la future carrière ;
- évaluation sommaire de l'amplitude globale des tassements induits par les pompages d'exhaure et de leur évolution en fonction du temps.

L'étude a été réalisée par une équipe composée de M. CARRARA, C. MAZURIER, M. VIARGUES et F. WOJTKOWIAK.

2 - CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Le gisement de lignite de Mézos est situé dans les Landes de Gascogne, à 15 km à l'Ouest de celui d'Arjuzanx, près de Morcenx, et à 18 km au Sud Est de Mimizan (figure 1).

Au vu des résultats de la prospection extensive réalisée en 1982 dans la région, il a été décidé de porter les efforts en 1983 sur le secteur méridional de Mézos où le rapport découverte sur couche utile était le plus favorable.

Les travaux de reconnaissance effectués en 1983 ont permis en particulier de cerner la géométrie du gisement de Mézos-Sud*. Le corps de lignite se dispose suivant une bande d'orientation N.NW-S.SE, dite bande de Ménaout, s'allongeant sur 7 km avec une largeur moyenne de 500 m.

La couverture du lignite est de lithologie relativement constante. On distingue de haut en bas les formations lithostratigraphiques suivantes :

- les sables supérieurs (ou sable des Landes), beige à jaunâtre, fins moyens, propres et aquifères,
- la formation d'Onesse, constituée d'argiles gris-vert micacées plus ou moins silteuses passant à des sables argileux,
- les sables de Ménaout, plus ou moins argileux et aquifères, ne sont représentés que sur la partie est du gisement,
- les graviers de base, sables moyens à grossiers et graviers aquifères, constituant le mur du gisement.

Le corps de lignite, de forme relativement constante, est situé dans une zone en creux, gouttière dissymétrique au toit des graviers de base, dont le flanc ouest est plus redressé (figure 2). Le toit du lignite est pratiquement horizontal; les variations d'épaisseur de la couverture (de 30 à 56 m) sont essentiellement dues à la topographie. 95 % du volume du gisement sont constitués par des zones où l'épaisseur du lignite est supérieure à 6 m. Le volume de lignite, situé sous un taux de découverte inférieur à 7, s'élève à près de 24 millions de m³.

* "Recherche de lignites dans les Landes de Gascogne". Gisement de Mézos-Sud. Première évaluation des ressources par J. DUBREUILH, G. KARNAY et G. LE POCHAT. Rapport BRGM 83 SGN 669 AQI.

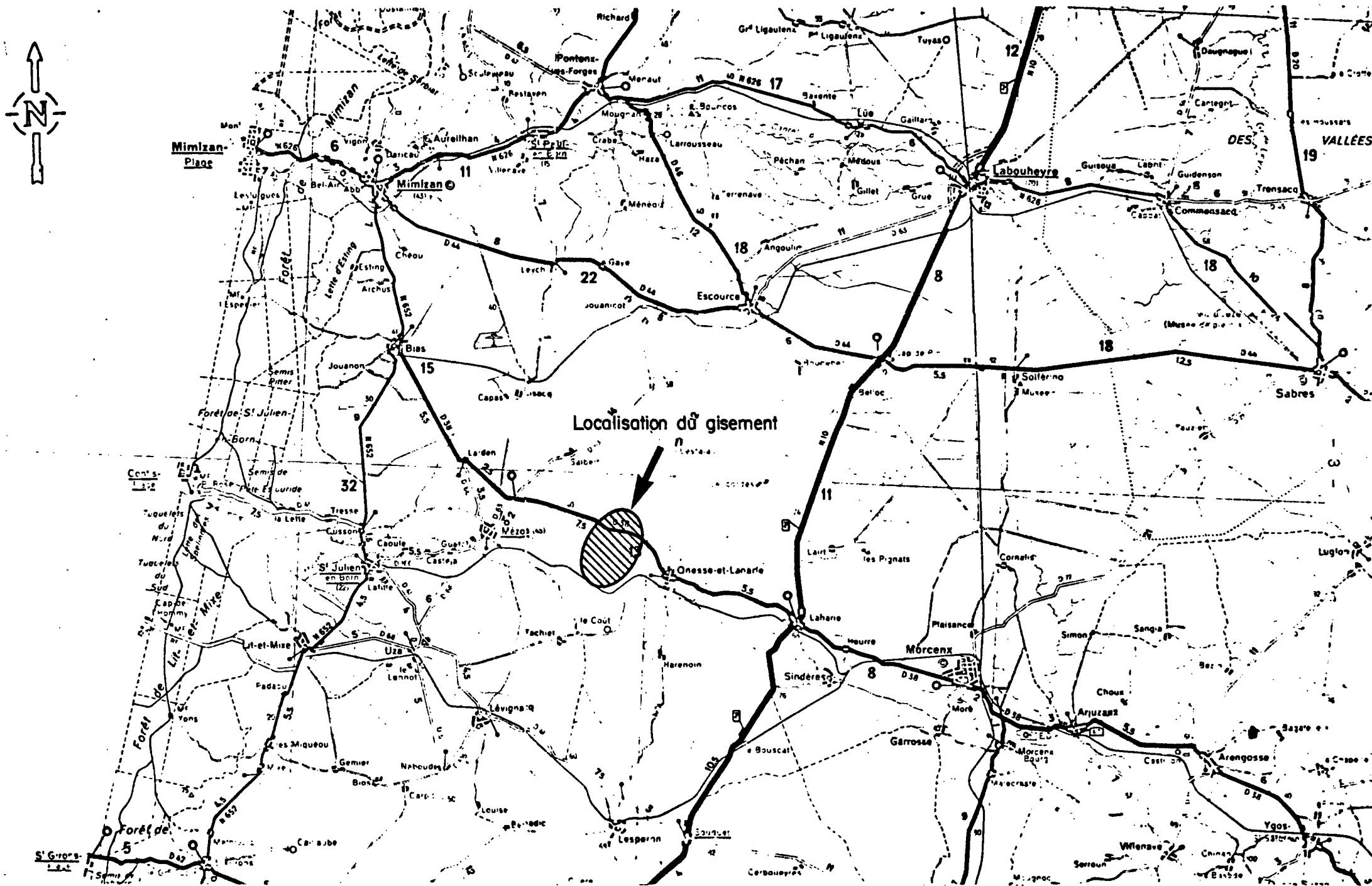


Figure 1: Localisation géographique du gisement de Lignite de MEZOS
 (extrait de la carte Michelin n° 78 au 1/200 000)

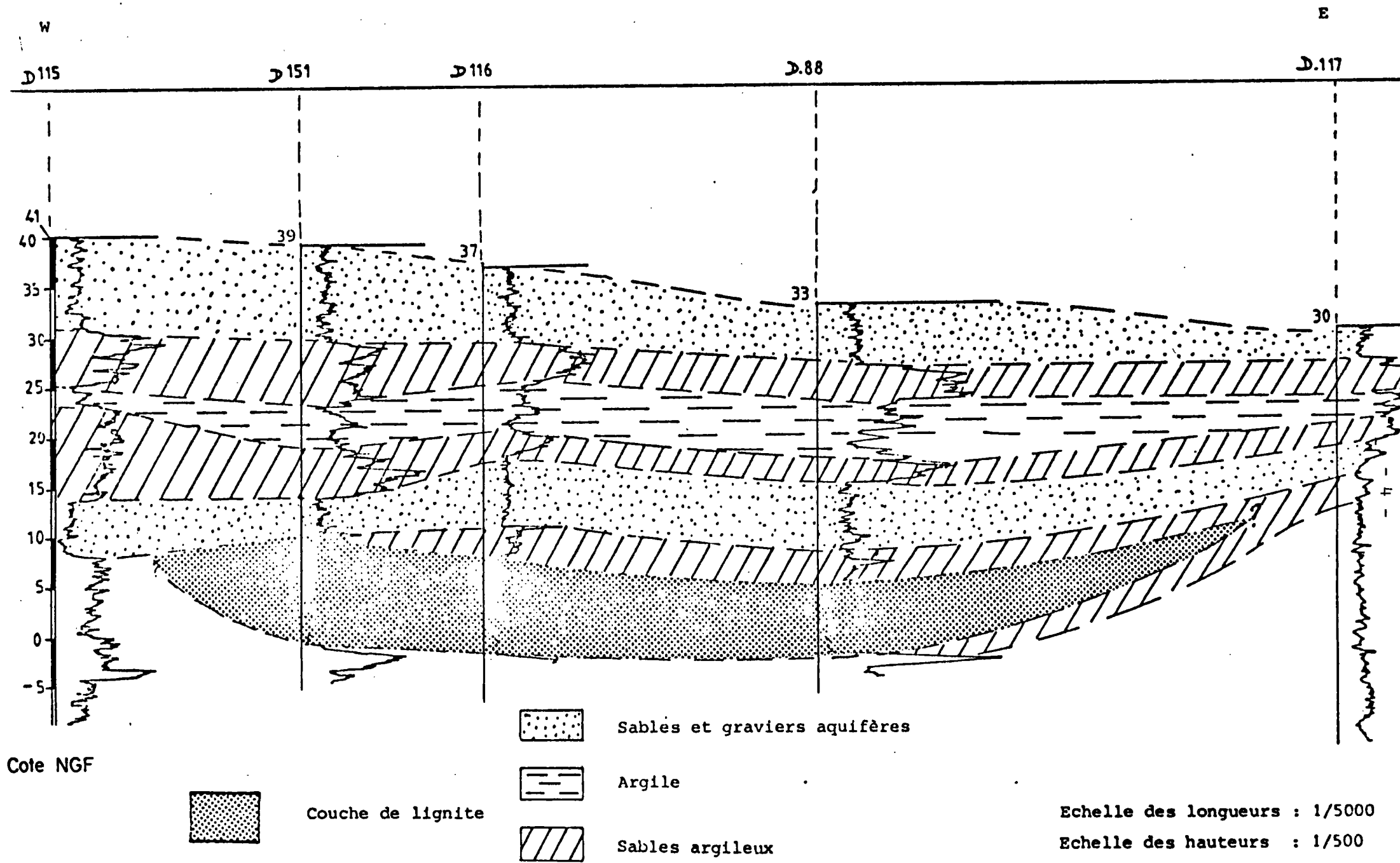


Figure 2 : Coupe transversale du gisement de MEZOS SUD
(tirée du rapport 83 SGN 699 AQI)

Au droit du gisement, les niveaux aquifères reconnus ont été divisés en 3 sous-ensembles, correspondant aux horizons essentiellement sableux, séparés les uns des autres par des niveaux argileux plus ou moins francs et continus.

La première nappe est libre et est contenue dans la formation des sables supérieurs. Le niveau piézométrique s'établit en moyenne à 10 m de profondeur sous la surface topographique au droit du gisement. La deuxième est captive dans la formation d'Onesse limitée au toit et au mur par des niveaux sablo-argileux. La différence de potentiel hydraulique entre les deux premières nappes est au maximum de 4 m. La troisième nappe contenue dans les graviers de base est également captive sous le corps ligniteux. Le niveau piézométrique de cette nappe s'établit sensiblement à la même cote que celui de la première nappe libre.

3 - IDENTIFICATION PHYSIQUE ET CARACTERISATION MECANIQUE DES PRINCIPALES FORMATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES

Les essais de laboratoire de mécanique des sols ont été effectués sur les carottes du sondage C 201 implanté dans l'emprise de la future carrière, à une cinquantaine de mètres au Sud du sondage C 108 réalisé en 1983 (figure 3). Ce sondage, à caractère géotechnique, a été réalisé du 18 au 26 avril 1984 par la société SOREIS de Limoges, au carottier triple à câble avec boue biodégradable, et arrêté à 47 m de profondeur.

La description géotechnique des formations traversées est donnée sur la coupe de sondage jointe en annexe 1. Sur cette coupe figurent également les principales observations effectuées par le sondeur lors de la foration (longueur de passe, pourcentage de récupération, "incidents"), ainsi que la position et le type d'essai réalisé en laboratoire.

De cette description, il ressort que les faciès rencontrés sont essentiellement sableux, de granulométrie fine à grossière, moyennement indurés à lâches. Les niveaux d'argile franche sont rares et de faible épaisseur (passées centimétriques à décimétriques). Par contre, les couches de silts plus ou moins argileux, d'épaisseur pluridécimétrique à métrique, sont fréquents. Le corps de lignite a été traversé à partir de 31 mètres de profondeur. Au droit du sondage, sa puissance est de 9 mètres environ. On peut ainsi résumer la coupe lithostratigraphique du sondage carotté C 201 comme suit :

profondeur sous le sol (en m)

- . de 0,00 à 9,45 : formation des sables supérieurs (ou sable des Landes)
- . de 9,45 à 31,18 : formation d'Onesse
- . de 31,18 à 47,15 : formation des graviers de base (lignite de 31,18 à 40,30)
- . fin du sondage à 47,15 m.

Le pourcentage de récupération dans les niveaux de sables et de silts argileux et le lignite est satisfaisant puisqu'il est rarement inférieur à 90 %. Par contre, dans les sables supérieurs et les graviers de base, le taux de récupération est localement médiocre (30 à 50 %) voire nul.

Sur l'ensemble des carottes de sondage, le programme d'essais suivant a été réalisé :

1) Identification physique

- 37 mesures de teneur en eau naturelle (W_{nat} en %) et de poids volumique apparent sec (γ_d en T/m^3),
- 20 analyses granulométriques,
- 9 analyses sédimentométriques,
- 7 mesures de limite de liquidité et de plasticité (W_L et W_p en %),
- 3 essais oedométriques avec mesure de la perméabilité et du tassement en fonction du temps pour une charge,
- 6 essais de compactage (essai Proctor normal),
- 17 essais de poinçonnement CBR.

2) Caractérisation mécanique

- 2 essais de résistance à la compression simple,
- 12 essais de cisaillement rectiligne à la boîte,
- 3 essais de cisaillement à l'appareil triaxial avec mesure de la pression interstitielle en cours d'essai.

Les résultats détaillés de ces essais sont donnés en annexe 2.

Le tableau n° 1 ci-après résume les principales données obtenues au cours de ces essais.

3.1. - IDENTIFICATION PHYSIQUE

- 1) Les sables supérieurs (sable des Landes) sont mal gradués et peuvent contenir jusqu'à 7 % d'éléments fins, inférieurs à 80 μm .

Les faciès à dominante sableuse de la formation d'Onesse sont également très mal gradués voire homométriques. Ils s'inscrivent dans un fuseau étroit, la majeure partie des éléments (50 à 70 %) appartenant à la fraction granulométrique 0,2 - 0,4 mm. Ils contiennent peu d'éléments fins (9 % au maximum). Ce sont donc des sables grossiers, propres, mal gradués. Les niveaux dits silteux ou argileux de cette formation sont constitués à plus de 75 % d'éléments inférieurs à 80 μm . La fraction argileuse (inférieure à 2 μm) représente entre 10 et 50 % du poids sec de l'échantillon.

Les sables de la formation des graviers de base se distinguent des précédents, du point de vue granulométrique, par la présence d'éléments supérieurs à 2 mm représentant 10 % à 20 % du poids de l'échantillon. Ils sont pollués par des éléments fins (5 % à 15 %). Au toit de la formation, les faciès sont nettement plus fins, argileux et/ou limoneux.

- 2) Sur les niveaux les plus fins, c'est-à-dire présentant un fort pourcentage d'éléments inférieurs à 80 μm (supérieur à 75 %), les limites d'Atterberg (limites de liquidité W_L et de plasticité W_p) ont été déterminées. A partir de ce couple de valeurs, l'indice de plasticité I_p , égal à $I_p = W_L - W_p$, a été calculé.

En reportant, dans le diagramme de plasticité, l'indice I_p en fonction de la limite de liquidité mesurée W_L (figure 4) on constate que ces sols appartiennent généralement à deux domaines : les argiles très plastiques (A_t) et les limons ou sols organiques peu plastiques (L_p ou O_p). Seul l'échantillon n° 8 prélevé à 10,9 m de profondeur se classe dans le domaine des argiles peu plastiques (A_p).

TABLEAU 1 : RESULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION PHYSIQUE ET MECANIQUE REALISES EN LABORATOIRE
SUR LES CAROTTES DU SONDAGE C 201 (MEZOS SUD)

| SONDAGE CAROTTE C 201 | | DESCRIPTION GEOTECHNIQUE SOMMAIRE DESCRIPTION | TENEUR EN EAU % | POIDS VOLUMI- QUE APPARENT SEC | ANALYSE GRANULOMETRIQUE POURCENTAGE DU POIDS SEC PASSANT AU TAMIS DE | | | | | LIMITES d'ATTERBERG | | | ESSAIS DE COMPACTAGE (PROCTOR NORMAL) | | ESSAIS OEDOMETRIQUES | | PERMEABILITE m/s | RESISTANCE AU CISAILLEMENT | | | | | |
|--------------------------|---------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|--|-----------|----------|----------|---------|------------------------|-----|------|---|-----------------------|-------------------------|-------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| n° de gaine | profondeur (en m) | | W(%) | γ _d T/m ³ | 2 mm | 400 μm | 80 μm | 20 μm | 2 μm | WL | WP | IP | W opt | γ _d max | e ₀ | Cc | K | à l'appareil triaxial | | | | à la boîte | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | C _{cu} (en bar) | θ _u en ° | C' (en bar) | θ' en ° | C' (en bar) | θ' en ° |
| | prélèvement en surface | sables des Landes | | | 100 | 89 | 2 | | | | | | 9,9 | 1,69 | | | | | | | | | |
| 3 | 5,65/6,37 | sable moyen à fin | 18,7 | 1,68 | 100 | 86 | 7 | 5 | 3 | | | | | | | | | | | | 0 | 31 | |
| 7 | 10,55 | argile sableuse | 23,7 | 1,57 | 100 | 98 | 82 | 78 | 50 | 71 | 31 | 40 | | | 1,10 | 0,112 | 10 ⁻¹¹ | 0,2 | 16 | 0,2 | 18 | | |
| 8 | 10,65/10,95 | sable moyen | 20,7 | 1,63 | 100 | 60 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 10,95/11,10 | argile sableuse | 32,3 | 1,42 | 100 | 95 | 77 | 68 | 37 | 47 | 23 | 24 | | | | | | | | | | | |
| 8 | 11,65/12,15 | argile sableuse | 30,8 | 1,43 | 100 | 96 | 78 | 60 | 24 | 67 | 31 | 36 | | | | | | | | | 0,4 | 26 | |
| 9 | 12,30 | sable fin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 12,9/13,4 | silt argileux | 31,5 | 1,45 | 100 | 100 | 97 | 79 | 25 | 41 | NM* | NP** | | | | | | 0 | 32 | 0 | 35 | | |
| G.N° | 7 + 8 + 9 | argile sableuse | | | | | | | | | | | 17,0 | 1,64 | | | | | | | | | |
| 10 | 14,0 | sable fin à moyen | 23,9 | 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 14,8/15,2 | sable fin à moyen | 32,7 | 1,44 | 100 | 92 | 5 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 27 | |
| 12 | 16,0 | sable fin à moyen | 34,1 | 1,43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G.N° | 10+11+12 | sable fin à moyen | | | | | | | | | | | 11,0 | 1,50 | | | | | | | | | |
| 13 | 18,0 | sable moyen | 19,9 | 1,73 | 100 | 72 | 3 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 37 | |
| 14 | 19,10 | sable fin | 31,5 | 1,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 20,10 | sable moyen | 27,9 | 1,48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 20,35 | sable fin | 23,3 | 1,65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 21,95/22,0 | sable fin | 17,4 | 1,76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 22,05/22,45 | sable moyen | | | 100 | 67 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 22,45/23,50 | sable moyen | 18,3 | 1,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

* NM : non mesurable

** NP : non plastique ($I_p < 7$)

SUITE N° 2 DU TABLEAU N° 1

| SONDAGE CAROTTE C 201 | | DESCRIPTION GEOTECHNIQUE SOMMAIRE DESCRIPTION | TENEUR EN EAU % W(X) | POIDS VOLUMI- QUE APPARENT SEC Yd T/m³ | ANALYSE GRANULOMETRIQUE POURCENTAGE DU POIDS SEC PASSANT AU TAMIS DE | | | | | LIMITES d'ATTERBERG | | | ESSAIS DE COMPACTAGE (PROCTOR NORMAL) | | ESSAIS OEDOMETRIQUES | | PERMEABILITE m/s K | RESISTANCE AU CISAILLEMENT | | | | | |
|--------------------------|----------------------|---|----------------------------|--|--|-----------|----------|----------|---------|------------------------|-----|------|---|-----------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|------------|--|
| n° de gaine | profondeur (en m) | | | | 2 mm | 400 µm | 80 µm | 20 µm | 2 µm | WL | WP | IP | W opt | Yd max | e _o | Cc | | à l'appareil triaxial | | | | à la boîte | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | C _{cu} (en bar) | θ _u en ° | C' (en bar) | θ' en ° | C' (en bar) | θ' en ° | | |
| 19 | 23,70/23,9 | sable moyen | 20 | 1,72 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 31 | | |
| G.N° | 17+18+19 | sable moyen | | | | | | | | | 9,0 | 1,76 | | | | | | | | | | | |
| 20 | 24,5/24,95 | sable moyen | 22,9 | 1,68 | 100 | 71 | 2 | | | | | | | | | | | | | 0 | 36 | | |
| 21 | 25,3 | sable fin | 22,5 | 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 26,15 | sable fin | 25,5 | 1,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 26,80 | sable fin | 27,6 | 1,44 | 100 | 83 | 26 | 22 | 9 | 26 | NM* | NP** | | | | | | | | | | | |
| 23 | 27,4/27,6 | sable fin à moyen | 23,2 | 1,62 | 100 | 97 | 10 | 5 | 2 | | | | | | | | | | | 0 | 36 | | |
| 24 | 28,5 | sable fin | 26,9 | 1,51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G.N° | 22+23+24 | sable fin à moyen | | | | | | | | | | | 12,1 | 1,78 | | | | | | | | | |
| 25 | 29,15 | sable moyen | 17,0 | 1,70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 29,50 | sable grossier | 11,8 | 1,77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 29,75 | sable fin | 23,1 | 1,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 30,1/30,5 | sable grossier | 21,1 | 1,71 | 92 | 49 | 9 | | | | | | | | | | | | | 0 | 35 | | |
| 27 | 30,9 | sable grossier | 21,6 | 1,71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | 38,85/40 | lignite | 140 | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 52 | | |
| 33 | 38,85/40 | lignite | 140 | 0,5 | | | | | | | | | | 2,54 | 0,038 | | | | | C _{cu} : 1,1 | θ _{cu} : 56° | | |
| 33 | 40,3/40,50 | argile silteuse | 26,4 | 1,57 | 100 | 99 | 98 | 93 | 48 | 63 | 30 | 33 | | | | | | | | | | | |
| 34 | 40,60/40,9 | silt argileux | 28,1 | 1,53 | 100 | 100 | 100 | 97 | 34 | 50 | 21 | 29 | | | 0,77 | 0,147 | 2.10 ⁻¹⁰ | 0,25 | 24 | 0,25 | 26 | | |
| 34 | 41,90/42,05 | sable grossier | 18,1 | 1,75 | 84 | 34 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 43,4/43,7 | sable grossier | 16,2 | 1,78 | 81 | 39 | 13 | | | | | | | | | | | | | 0 | 33 | | |

* NM : non mesurable

** NP : non plastique (I_p < 7)

SUITE N° 3 DU TABLEAU N° 1

| SONDAGE CAROTTE C 201 | | DESCRIPTION GEOTECHNIQUE SOMMAIRE DESCRIPTION | TENEUR EN EAU % | POIDS VOLUMI- QUE APPARENT SEC | ANALYSE GRANULOMETRIQUE POURCENTAGE DU POIDS SEC PASSANT AU TAMIS DE | | | | | LIMITES d'ATTERBERG | | | ESSAIS DE COMPACTAGE (PROCTOR NORMAL) | | ESSAIS OEDOMETRIQUES | | PERMEABILITE m/s | RESISTANCE AU CISAILLEMENT | | | | | |
|--------------------------|----------------------|---|--------------------|--------------------------------------|--|-----------|----------|----------|---------|------------------------|----|----|---|-----------|-------------------------|----|---------------------|----------------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| n° de gaine | profondeur (en m) | | W(X) | Yd T/m³ | 2 mm | 400 µm | 80 µm | 20 µm | 2 µm | WL | WP | IP | W opt | Yd max | e | Cc | K | à l'appareil triaxial | | | | à la boîte | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ccu (en bar) | θu en ° | C' (en bar) | θ' en ° | C' (en bar) | θ' en ° |
| 36 | 13,80 | sable moyen | 23,4 | 1,60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 44,0 | sable grossier | 12,6 | 1,84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 45,05/45,80 | sable grossier | 17,8 | 1,77 | 89 | 25 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | 45,80/46,4 | sable grossier | 20,2 | 1,65 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 37 | |
| 40 | 46,4/47,15 | sable grossier | 17,7 | 1,53 | 85 | 21 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G.N° | 38+39+40 | sable grossier | | | | | | | | | | | 6,5 | 1,75 | | | | | | | | | |

* NM : non mesurable

** NP : non plastique ($I_p < 7$)

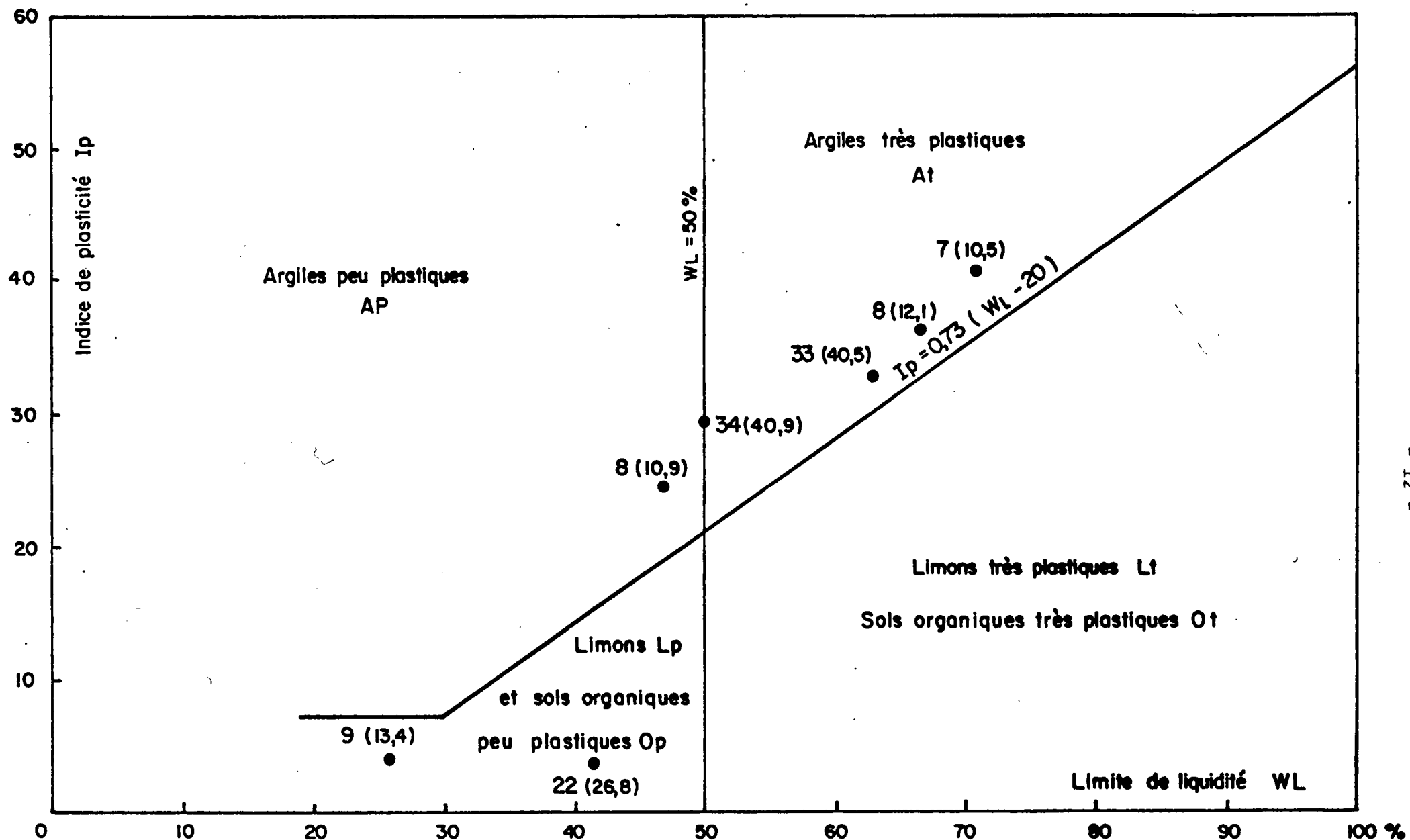


Figure 4 : Projection dans le diagramme de plasticité des résultats obtenus, lors de la détermination des limites d'Atterberg sur des échantillons repérés par leur numéro de gaine et entre parenthèses, leur profondeur (en m par rapport au sol).

Les sols fins, à dominante argileuse, sont donc très plastiques. Les échantillons sur lesquels la limite de plasticité n'a pu être mesurée, sont des limons peu plastiques avec des traces de matières organiques.

- 3) Les teneurs en eau naturelles (W_{nat})^{*} sont généralement comprises entre les limites de liquidité et de plasticité. Tous les échantillons identifiés étant prélevés sous le niveau de la surface libre, les teneurs en eau mesurées sont élevées. En considérant une masse volumique des grains solides γ_s égale à $2,65 \text{ T/m}^3$ (valeur moyenne habituellement admise pour le quartz et les argiles), un rapide calcul à partir de la formule suivante :

$$W_{sat} = \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \gamma_w \text{ avec } \gamma_w = 1 \text{ pour l'eau}$$

montre que les teneurs en eau mesurées sont comparables aux teneurs en eau à saturation W_{sat} . Les écarts les plus importants entre la teneur en eau naturelle et celle à saturation sont observés sur les prélèvements de sable grossier propre. Ceci dit, ces écarts n'excèdent pas 4 à 5 points de teneur en eau et peuvent être imputables à la grande perméabilité de ces matériaux qui "s'essuyent" très vite.

En résumé, les teneurs en eau mesurées sont pratiquement identiques aux teneurs en eau à saturation ; elles sont, en outre, proches de la limite de plasticité. Quant au lignite, la teneur en eau naturelle est conforme à toute attente puisqu'elle est de l'ordre de 140 %.

- 4) Les poids volumiques apparents secs (γ_d) mesurés sur les prélèvements à dominante sableuse et à granulométrie grossière sont compris entre 1,6 et $1,8 \text{ T/m}^3$ ^{**} et correspondent à des horizons relativement compacts, parfois indurés. On note toutefois des niveaux sableux plus lâches pour lesquels γ_d est inférieur à $1,5 \text{ T/m}^3$.

Les mesures effectuées sur les niveaux plus argileux et de granulométrie fine indiquent des valeurs de γ_d sensiblement inférieures aux précédentes puisque comprises entre $1,4 \text{ T/m}^3$ et $1,6 \text{ T/m}^3$.

Le poids volumique apparent sec du lignite est très faible comparativement aux précédents. En effet, il est égale à $0,5 \text{ T/m}^3$ environ.

^{*} $W_{nat} = \frac{\text{poids de l'eau contenue dans l'échantillon à l'état naturel}}{\text{poids sec du même échantillon}}$ (en %)

^{**} $1 \text{ T/m}^3 \approx 10 \text{ KN/m}^3$

3.2. - CARACTERISATION MECANIQUE

1) Parmi les essais de caractérisation mécanique effectués sur les prélèvements, deux essais de compression simple ont été réalisés sur le lignite. Outre la résistance à la compression simple R_c correspondant à la contrainte axiale à la rupture, on peut, à partir de cet essai, déterminer la cohésion non drainée C_u du matériau comme le montre le cercle de Mohr (figure 5).

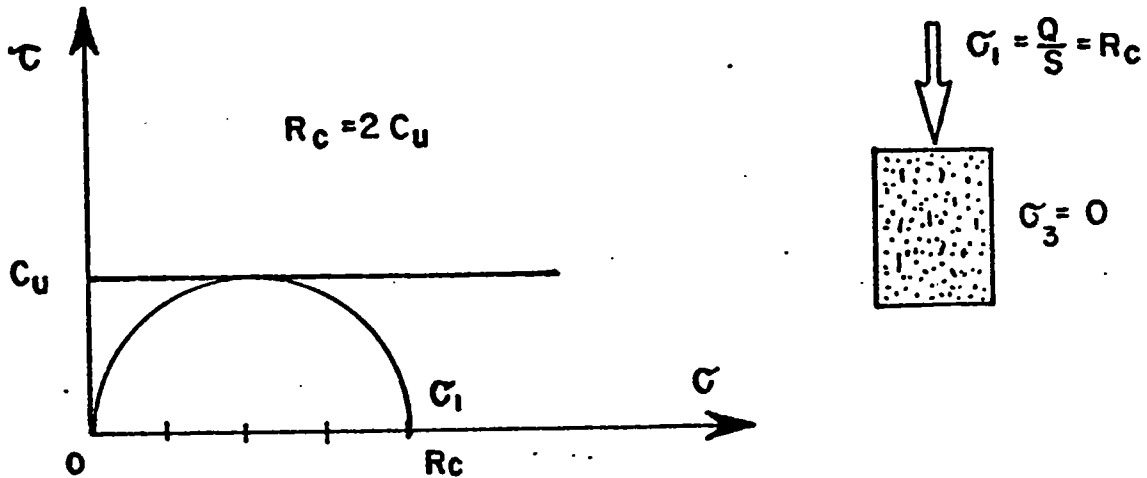


Figure 5 : Cercle de Mohr correspondant à l'essai de compression simple

En fait, R_c est généralement inférieur à $2 C_u$, le sol en contact avec l'air n'étant jamais complètement saturé. La connaissance de la cohésion non drainée d'un sol a son importance puisqu'elle caractérise le comportement à court terme du sol au cisaillement.

Deux éprouvettes de lignite de 100 mm de diamètre et d'élancement 2 ont ainsi été testées. Les résultats obtenus (annexe 2) se résument comme suit :

- prélèvement de 39,10 à 39,30 m de profondeur :
 $R_c = 10 \text{ bar}^*$; $W_{\text{nat}} = 146 \%$; $\gamma_d = 0,46 \text{ T/m}^3$
- prélèvement de 39,95 à 40,15 m de profondeur :
 $R_c = 14 \text{ bar}$; $W_{\text{nat}} = 150 \%$; $\gamma_d = 0,47 \text{ T/m}^3$.

* $10 \text{ bar} \approx 100 \text{ T/m}^2 \approx 1 \text{ MPa}$

- 2) Les caractéristiques de cisaillement des formations dans un comportement à long terme ont été déterminées à la boîte de cisaillement et à l'appareil triaxial.

Les essais de cisaillement rapide à la boîte ont été effectués sur les prélèvements sableux. Toutefois, deux essais consolidé-drainé (noté CD) ont dû être réalisés à la boîte sur le lignite d'une part, et l'argile sableuse prélevée à 12 m de profondeur d'autre part, compte tenu des difficultés rencontrés dans la confection d'éprouvettes cylindriques nécessaires aux essais à l'appareil triaxial. Enfin, un essai consolidé-non drainé (noté CU) a été effectué sur le lignite pour ces mêmes raisons. Les caractéristiques de cisaillement ainsi mesurées sont les suivantes :

- pour la formation des sables supérieurs (sable des Landes), la cohésion est nulle et l'angle de frottement interne ϕ est égal à 31° . Ces valeurs sont conformes à celles indiquées par FAMECHON* (cohésion : 0 à 0,1 bar ; $20^\circ < \phi < 36^\circ$) ;
- toutes les formations confondues, les sables moyens à grossiers sont dépourvus de cohésion et ont un angle de frottement interne compris entre 31 et 37° .

L'angle de frottement moyen, calculé à partir des sept essais réalisés sur ce type de matériau, est de 35° pour un écart-type de l'ordre de 2° .

- pour l'argile sableuse, les caractéristiques effectives mesurées sont :

$$C' = 0,4 \text{ bar}$$

$$\phi' = 26^\circ.$$

Elles sont peu différentes de celles obtenues sur un sable moyen prélevé à 15 m de profondeur et pour lequel :

$$C' = 0,2 \text{ bar}$$

$$\phi' = 27^\circ.$$

* C. FAMECHON "Le sable des Landes" Bull. Liaison Labo. P. et Ch. - 66 - juillet - août 1973.

- pour le lignite, l'essai consolidé-non drainé (CU) et l'essai consolidé-drainé ont donné respectivement les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} C_{cu} = 1,1 \text{ bar} & \phi_u = 56^\circ \\ C' = 2,0 \text{ bar} & \phi' = 52^\circ. \end{array}$$

Les essais de cisaillement à l'appareil triaxial ont essentiellement intéressé des sols à granulométrie fine, c'est-à-dire dont le passant à 80 μm représente plus de 80 % du poids sec de l'échantillon. Des essais du type consolidé-non drainé (CU) ont ainsi été réalisés de manière à déterminer rapidement* les caractéristiques de cisaillement en contraintes totales (C_{cu} et ϕ_u) et en contraintes effectives (C' et ϕ') en mesurant en cours d'essai les variations de la pression interstitielle au sein de l'éprouvette. Les résultats suivants ont été obtenus :

- pour une argile très plastique (figure n° 4)

. prélèvement n° 7 (10,5)

$$\begin{array}{ll} C_{cu} = 0,2 \text{ bar} & \phi_u = 16^\circ \\ C' = 0,2 \text{ bar} & \phi' = 18^\circ \end{array}$$

. prélèvement n° 34 (40,9)

$$\begin{array}{ll} C_{cu} = 0,2 \text{ bar} & \phi_u = 24^\circ \\ C' = 0,2 \text{ bar} & \phi' = 26^\circ \end{array}$$

- pour un limon peu plastique : prélèvement n° 9 (13,4)

$$\begin{array}{ll} C_{cu} = 0 & \phi_u = 32^\circ \\ C' = 0 & \phi' = 35^\circ. \end{array}$$

Les résultats des essais oedométriques, de compactage et de poinçonnement CBR seront commentés plus en détail dans les chapitres suivants.

* Un essai consolidé-drainé à l'appareil triaxial dure plusieurs semaines.

4 - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE GLOBAL DE LA FOSSE

4.1. - PRINCIPE DE LA METHODE UTILISEE

L'angle de pente limite d'un talus est fonction d'un certain nombre de paramètres parmi lesquels les plus importants sont :

- la hauteur du talus ;
- la forme de l'excavation ;
- les caractéristiques mécaniques du massif ;
- la distribution de la charge hydraulique dans le massif.

Ces diverses données peuvent être introduites dans des modèles de calcul permettant de déterminer, pour différents types de rupture possibles, un coefficient de sécurité global F , rapport des forces assurant la stabilité d'une masse de sol donnée sur celles tendant à la mettre en mouvement. Pour une pente donnée, le calcul est fait pour un grand nombre de surfaces de rupture possibles ; c'est le coefficient F le plus faible calculé pour l'ensemble de ces surfaces qui exprime l'état de stabilité de la pente. Si $F > 1$, la pente est stable, si $F < 1$, elle est instable.

En pratique, pour les talus miniers, on prend une certaine marge de sécurité - moindre toutefois qu'en travaux publics compte tenu de la période relativement courte pendant laquelle il faut assurer la stabilité des pentes - et on considère en général que F doit être supérieur à 1,2. La fosse étant remblayée au fur et à mesure de son exploitation, ce qui introduit un élément de sécurité supplémentaire, on se contentera d'un coefficient de sécurité égal à 1,2.

Dans le cadre de cette étude, on a utilisé pour les calculs du coefficient de sécurité global F , défini ci-dessus, le programme ANASTAB (cf. rapport BRGM 78 SGN 452 GEG).

Dans ces calculs, la longueur du talus est considérée comme étant infinie dans la direction perpendiculaire au profil étudié.

4.2. - HYPOTHESES GENERALES PRISES EN COMPTE POUR LES CALCULS DU COEFFICIENT DE SECURITE GLOBAL

4.2.1. - Géométrie de la fosse

Les profils étudiés sont essentiellement basés sur les caractéristiques géométriques du gisement et les méthodes d'exploitation envisagées par SOCOMINE. Concernant la géométrie, on retiendra les caractéristiques suivantes :

- géométrie en plan : rectangulaire (largeur au niveau du front : 400 m ;
longueur : 300 m),
- profondeur : 40 à 60 m.

Deux méthodes d'exploitation sont envisagées actuellement.

La première consiste à excaver les formations stériles à l'aide de deux roues - pelles qui travaillent en liaison directe avec une sauterelle sur chenilles déversant le matériau extrait dans une trémie mobile couplée avec un enrouleur à câble. La trémie mobile se déplace au-dessus et tout le long d'un convoyeur. Chaque groupe travaille successivement sur 3 à 4 fronts (6 à 8 m d'épaisseur par front); le convoyeur ripable restant toujours au même niveau (figure 6).

Les fronts d'excavation progressent du Sud vers le Nord. Le lignite est extrait soit à la pelle rétro, soit à l'aide d'un excavateur à godets sur chenilles. Les stériles sont mis en remblai en pleine fouille au fur et à mesure de l'avancement des fronts à l'aide d'un remblayeur sur chenilles.

La deuxième méthode d'exploitation envisagée est moins classique, les terrains de découverte étant excavés à l'aide d'un extracteur à courroie ou rock-belt. La partie arrière de cet extracteur, protégée par un bouclier, est placée au pied du talus (figure 7). Les matériels d'extraction (bulldozers) attaquent les terrains à la partie supérieure et poussent en contrebas, au-dessus du bouclier, les matériaux excavés qui sont évacués à l'aide de convoyeurs à bande couplés, en arrière du front, à un remblayeur (figure 8).

Notons que, dans les deux méthodes, les matériaux stériles sont évacués jusqu'au remblayeur par un convoyeur monté sur chenilles installé sur le flanc est

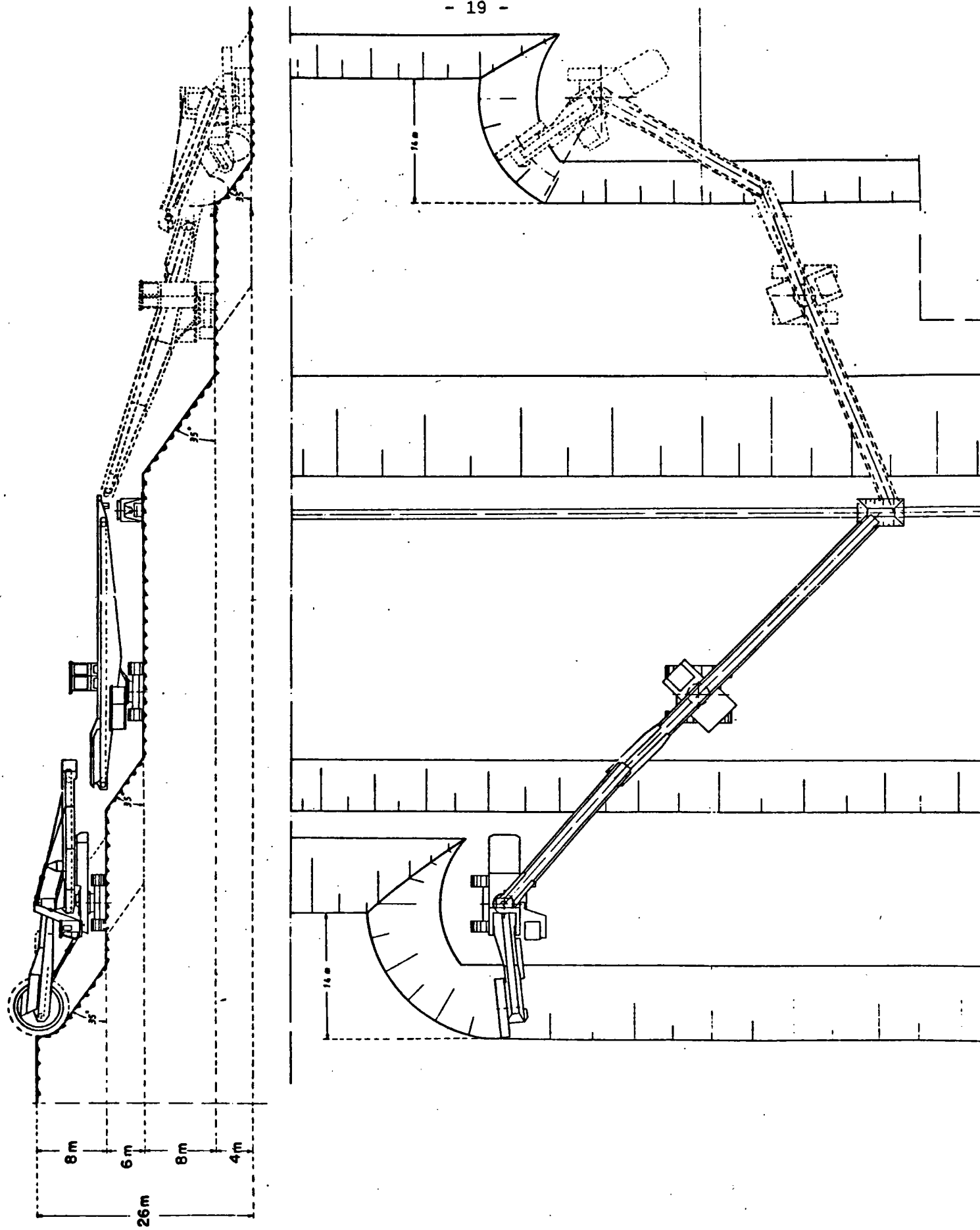


Figure 6 : Schéma d'exploitation du gisement
à l'aide de roues-pelles
(document communiqué par SOCOMINE)

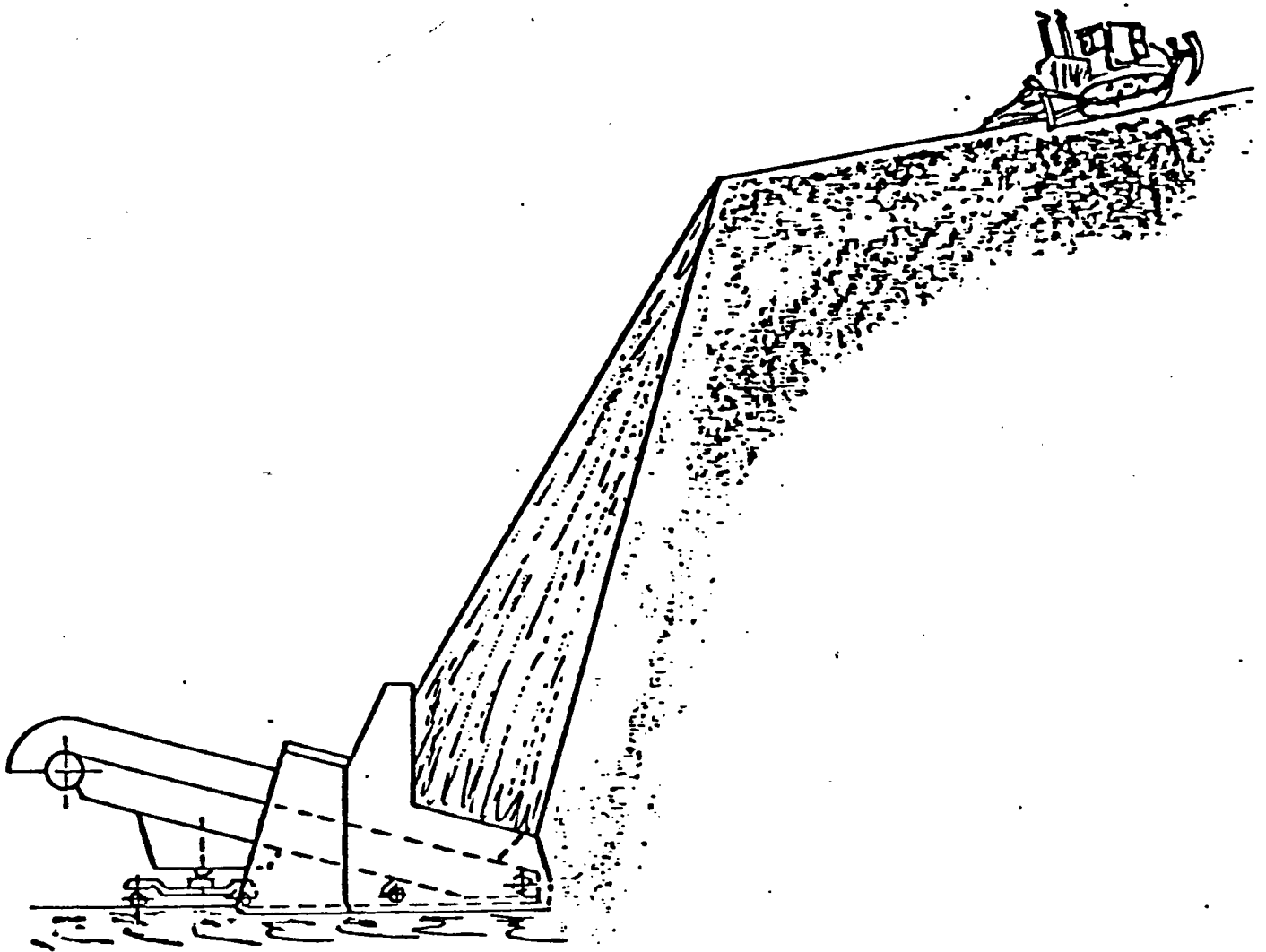
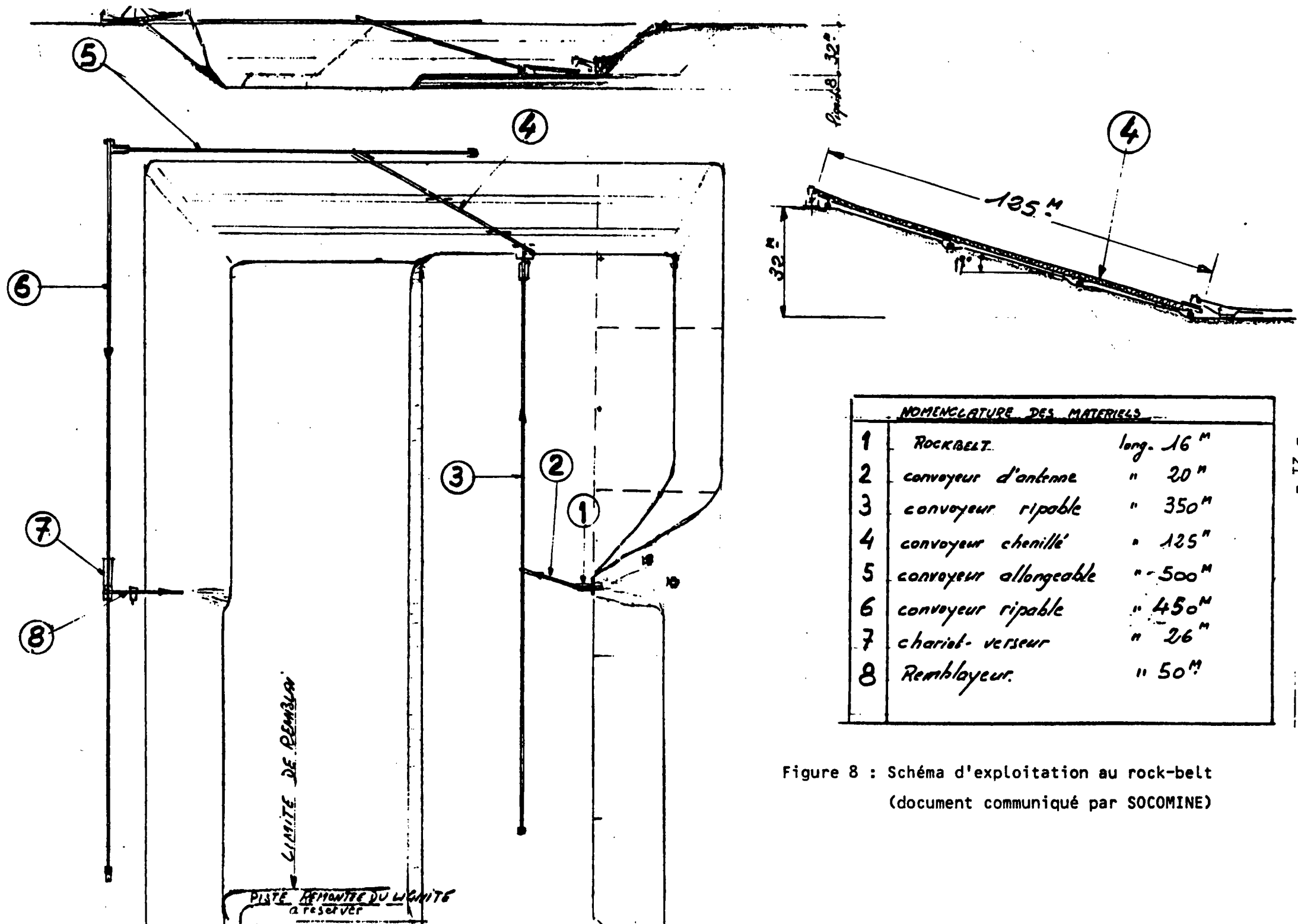


Figure 7 : Extraction en terrains tendres par poussage des matériaux vers le rock-belt.
(document communiqué par SOCOMINE)



| NOMENCLATURE DES MATERIELS | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | ROCKBELT. | long. 16 ^m |
| 2 | convoyeur d'antenne | " 20 ^m |
| 3 | convoyeur ripable | " 350 ^m |
| 4 | convoyeur chenille | " 125 ^m |
| 5 | convoyeur allongeable | " 500 ^m |
| 6 | convoyeur ripable | " 450 ^m |
| 7 | chariot-verseur | " 26 ^m |
| 8 | Remblayeur. | " 50 ^m |

Figure 8 : Schéma d'exploitation au rock-belt
(document communiqué par SOCOMINE)

et/ou ouest de la fosse. Cela occasionnera des surcharges ponctuelles le long de ces flancs qui devront être prises en compte dans l'analyse de stabilité des gradins.

Quelle que soit la méthode d'exploitation envisagée, il s'avère que seule la stabilité globale des flancs latéraux (Est et Ouest) de la future fosse doit être assurée pendant une période de plusieurs mois. Au niveau du front d'excavation, l'angle de pente global est soit réduit du fait de la présence de banquettes de grande largeur (15 à 30 m) dans le cas d'une extraction à l'aide de roues pelles (figure 6), soit limité à la pente maximale admissible par les engins de terrassement (c'est-à-dire 30 % soit 17°) dans le cas d'une exploitation en rock-belt.

Seule la stabilité globale des flancs est et ouest de la future fosse sera donc analysée. La stabilité de chacun des fronts d'excavation à la roue-pelle sera étudiée individuellement dans le chapitre suivant, au même titre que celle des gradins.

En ce qui concerne l'angle de pente global β du talus est ou ouest, la prédominance des formations sableuses implique qu'il ne doit pas être supérieur à l'angle de frottement interne ϕ de ces matériaux pulvérulents. En effet, lorsque le sol est un matériau pulvérulent c'est-à-dire présentant une cohésion c nulle, la valeur limite de l'angle β , qui correspond à $F = 1$, est égale à ϕ , angle de frottement interne du matériau (angle naturel du talus) :

$$F = \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \phi} = 1.$$

Les essais de résistance au cisaillement réalisés sur ce type de matériau indiquent que ϕ est compris entre 30° et 37°.

Dans les calculs de stabilité effectués avec le programme ANASTAB, nous avons donc retenu comme point de départ une valeur de 30° puis de 35° pour l'angle de pente global.

Le mur du corps ligniteux étant situé globalement à la cote 0 m NGF d'un bout à l'autre du gisement, la profondeur de la fosse ultime en un point donné

est égale à la cote NGF de ce point. Compte tenu de la topographie du secteur de Mézos, l'analyse de stabilité globale des flancs de fosse a été effectuée pour des profondeurs de 40 m, 50 m et 60 m.

4.2.2. - *Structure du massif*

Un simple examen de la coupe schématique de la figure 2 représentant la succession lithologique des formations en présence à l'aplomb de Mézos, montre qu'elles s'individualisent bien les unes des autres et présentent une bonne continuité spatiale. Par contre, la puissance de chacune de ces formations est sujette à variation entre deux points espacés de quelques dizaines de mètres. Les variations de puissance les plus importantes affectent la formation des sables supérieurs (sable des Landes), qui repose sur la formation d'Onesse, dont le toit, à dominante argileuse, est relativement plat. Ainsi, au droit du sondage D 117, l'épaisseur du sable des Landes n'excède pas 3 m alors qu'au sondage D 163 elle est de l'ordre de 32 m.

Compte tenu de ces éléments, la structure du massif a été schématisée par une structure stratiforme, horizontale et continue. Pour un angle de pente global donné, l'analyse de la stabilité de la fosse pour différentes profondeurs a été effectuée en faisant varier principalement l'épaisseur de la formation des sables supérieurs.

4.2.3. - *Caractéristiques physiques et mécaniques des terrains*

Les caractéristiques physiques (masse volumique saturée) et mécaniques des matériaux introduites dans les calculs ont été directement déduites des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les carottes du sondage C 201.

Sur la base des renseignements fournis par ce sondage, confrontés à ceux obtenus lors des campagnes de reconnaissance géologique du gisement, sept types de sol ont été distingués. Le tableau n° 2 ci-après résume l'ensemble des caractéristiques retenues dans les calculs de stabilité pour chacun de ces sols.

L'examen de ce tableau appelle les commentaires suivants :

TABLEAU N° 2 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES 7 TYPES DE SOLS RETENUES POUR LES CALCULS DE STABILITE

| NUMERO DU SOL | PROFONDEUR PAR RAPPORT AU TERRAIN NATUREL (en m) | | | POIDS VOLUMIQUE SATURE γ_{sat} (EN T/M ³) | CARACTERISTIQUES DE CISAILLEMENT | | OBSERVATIONS |
|---------------------|---|---------------|---------------|---|-------------------------------------|---|---|
| | FOSSE DE 40 M | FOSSE DE 50 M | FOSSE DE 60 M | | COHESION C (EN BAR) | ANGLE DE FROTTEMENT ϕ (EN DEGRE) | |
| 1 | de 0 à 2 | de 0 à 9 | de 0 à 19 | 2,0 | 0 | 31 | Sables supérieurs (sable des Landes) |
| 2 | de 2 à 5 | de 9 à 15 | de 19 à 25 | 1,9 | 0,2 | 26 | Sables moyens argileux |
| 3 | de 5 à 7 | de 15 à 17 | de 25 à 27 | 2,0 | 0,2 | 18 | Argile |
| 4 | de 7 à 17 | de 17 à 27 | de 27 à 37 | 1,9 | 0,2 | 26 | Sables moyens argileux |
| 5 | de 17 à 40 | de 27 à 50 | de 37 à 60 | 2,1 | 0 | 35 | Sables moyens à grossiers |
| 6 | de 40 à 42 | de 50 à 52 | de 60 à 62 | 2,0 | 0,2 | 25 | Sables moyens argileux |
| 7 | de 42 à 54 | de 52 à 64 | de 62 à 74 | 2,1 | 0 | 35 | Sables moyens à grossiers |

- les caractéristiques physiques et mécaniques affectées respectivement aux sols n° 4 et 7 sont identiques à celles des sols n° 2 et 5. D'autre part, le sol n° 6 présente des caractéristiques de cisaillement très peu différentes de celles des sols n° 2 et 4. Ceci reflète bien la constance des faciès observés sur le sondage C 201 ;
- pour les différentes profondeurs de fosse analysées, seule l'épaisseur du sol n° 1 et, dans une moindre mesure, celle du sol n° 2 varie ;
- les caractéristiques de cisaillement retenues pour l'ensemble des sols sont celles mesurées en contraintes effectives et donc pour un comportement à moyen et long terme.
Ceci est justifié par la prédominance des faciès sableux qui auront également pour effet d'accélérer le drainage au sein des formations plus argileuses au demeurant peu épaisses ;
- dans cette coupe schématique de la structure du massif, il n'apparaît pas de couche de lignite alors qu'il est envisagé de ne pas l'extraire lorsque sa puissance est inférieure à 4 m. Ceci est le cas en particulier en bordure est et ouest du gisement. Cette schématisation va dans le sens de la sécurité puisque les caractéristiques de cisaillement mesurées en laboratoire sur le lignite sont très nettement supérieures à celles des autres formations. D'autre part, l'extension latérale du lignite non exploité dans le plan des profils étudiés est réduite.

4.2.4. - Charge hydraulique dans les terrains

La charge hydraulique dans les terrains, ou de façon plus concrète dans le cas présent, le niveau de la nappe phréatique dans les bords de fosse joue un rôle important dans la stabilité de ceux-ci.

Ceci dit, il est prévu d'extraire le lignite à sec et de ce fait de rabattre le niveau phréatique sous le lignite au minimum à la cote -2 m NGF. Par rapport au pied du talus, la base du cône de rabattement sera donc située à une distance horizontale de plusieurs dizaines de mètres.

Des études antérieures ont montré que dans ce type de configuration, les coefficients de sécurité correspondant aux surfaces de rupture les plus critiques sont identiques à ceux calculés pour ces mêmes surfaces en l'absence totale de nappe à condition bien sûr que ces surfaces de rupture soient superficielles et débouchent à quelques mètres en arrière de la crête du talus.

En conséquence, tous les calculs de stabilité ont été effectués en l'absence totale de nappe dans le massif. Ceci dit, les terrains ont été considérés comme étant entièrement saturés sur toute la hauteur du talus : l'eau n'intervient donc que par son poids, sa pression étant supposée nulle.

4.3. - RESULTATS DES CALCULS DE STABILITE GLOBALE

Pour chacune des simulations réalisées, le calcul du coefficient de sécurité global a été effectué pour 150 surfaces circulaires générées à partir de 5 points de départ, à raison de 30 surfaces par point ; le premier de ces points, distants de 2 mètres, est situé en pied de talus.

Au terme de ce calcul, les dix surfaces de rupture les plus défavorables sont sélectionnées et représentées graphiquement. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau n° 3. L'annexe 3 présente un certain nombre de ces résultats sous forme graphique.

Les variations du coefficient de sécurité correspondant à la surface de rupture la plus défavorable en fonction de l'angle de pente global du talus (30° et 35°) et pour différentes profondeurs de la fosse sont illustrées par la figure 9. Notons que, pour toutes les simulations effectuées, la surface la plus défavorable part du pied du talus et débouche en arrière du bord de fosse à une distance comprise entre 7 et 15 mètres. De plus, cette surface ne descend jamais à une cote inférieure à celle du fond de fosse (annexe 3).

Ceci dit, les valeurs des angles de pente globaux à retenir pour les flancs latéraux de la fosse se déduisent facilement de la figure 9. En effet, en l'absence de nappe et compte tenu des hypothèses émises pour les calculs de stabilité, les angles de pente β donnant un coefficient de sécurité de 1,2, déterminés par l'intersection de la droite $F = 1,2$ avec les courbes donnant F en fonction de l'angle de pente pour différentes hauteurs de talus, sont :

TABLEAU N° 3 : COEFFICIENTS DE SECURITE GLOBAUX CALCULES POUR DIFFERENTES PROFONDEURS DE FOSSE A PARTIR DES CARACTERISTIQUES AFFECTEES A CHACUNE DES FORMATIONS ET PRESENTEES DANS LE TABLEAU 2

| PROFONDEUR DE LA FOSSE | COEFFICIENT DE SECURITE GLOBAL F CORRESPONDANT AUX DIX SURFACES DE RUPTURE LES PLUS DEFAVORABLES | |
|------------------------|--|------------------------------|
| | ANGLE DE PENTE GLOBAL DE 30° | ANGLE DE PENTE GLOBAL DE 35° |
| 40 m | $1,348 \leq F \leq 1,447$ | $1,124 \leq F \leq 1,250$ |
| 50 m | $1,250 \leq F \leq 1,322$ | $1,059 \leq F \leq 1,147$ |
| 60 m | $1,165 \leq F \leq 1,272$ | $0,997 \leq F \leq 1,078$ |

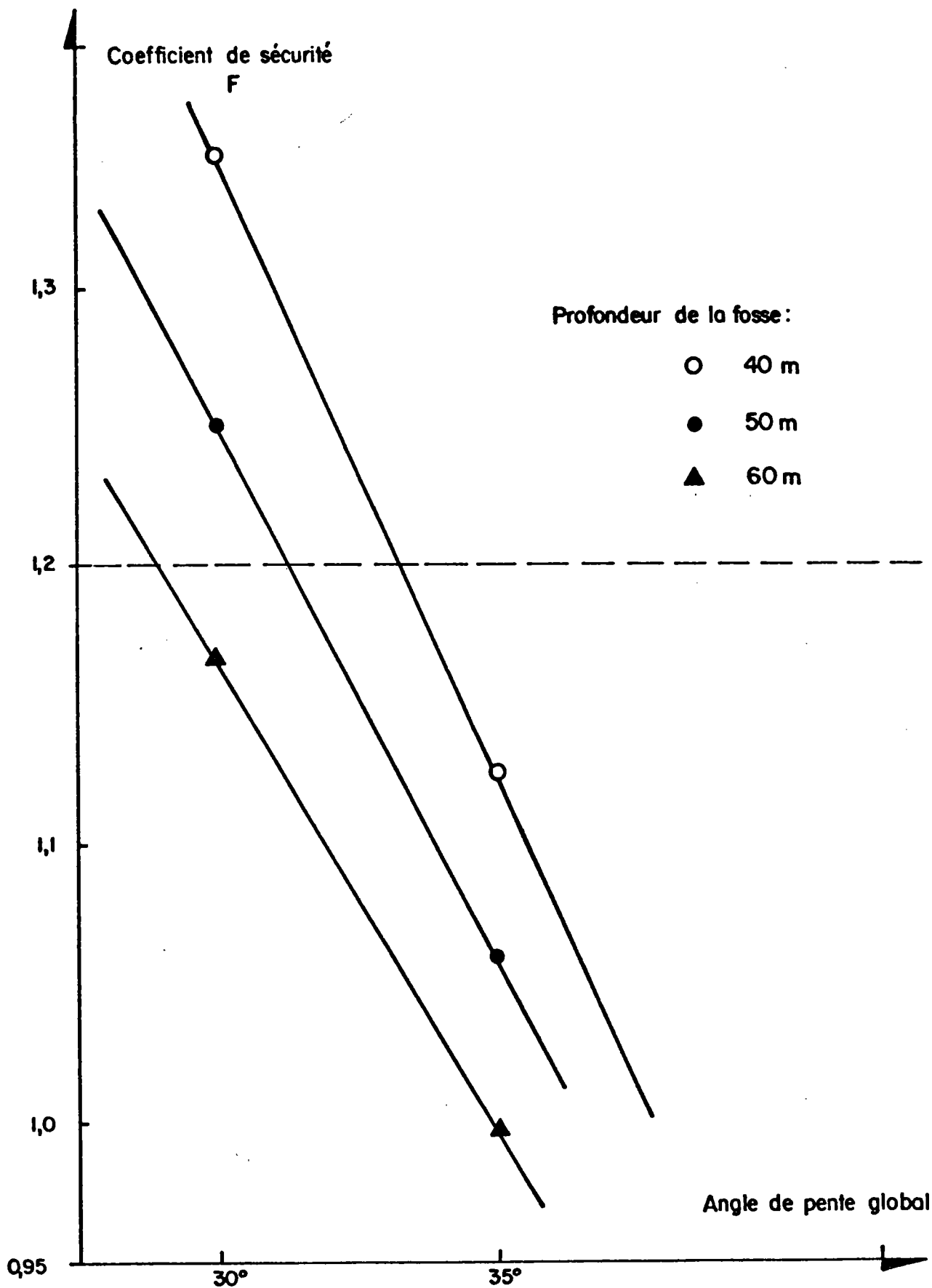


Figure 9 : Variation du coefficient de sécurité F correspondant à la surface de rupture la plus défavorable en fonction de l'angle de pente globale pour différentes profondeurs de fosse

- pour un talus de 40 m de hauteur : $\beta = 33^\circ$
- pour un talus de 50 m de hauteur : $\beta = 31^\circ$
- pour un talus de 60 m de hauteur : $\beta = 29^\circ$.

5 - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE DES GRADINS ET DES FRONTS D'EXCAVATION

5.1. - EVALUATION DE L'ANGLE DE PENTE DES GRADINS

La détermination de l'angle de pente des gradins est basée sur les données géométriques suivantes, imposées par les méthodes d'exploitation envisagées (figure 8) :

- hauteur maximale des gradins : $h = 17$ m
- angle de pente global de la fosse : $\beta = 31^\circ$ (pour une hauteur maximale de talus dans les terrains stériles de 50 m)
- largeur des risbermes : $l = 4$ m.

L'angle de pente des gradins α peut être déterminé soit par simple construction graphique ou encore à partir des formules suivantes (figure 10) :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{L}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{L + l}$$

d'où
$$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} - \frac{1}{h}$$

Applications numériques :

si $\beta = 31^\circ$ } valeurs
 $h = 17$ m } fixées

pour $l = 2$ m $\alpha = 33^\circ$
 $l = 4$ m $\alpha = 35^\circ$
 $l = 6$ m $\alpha = 37^\circ$.

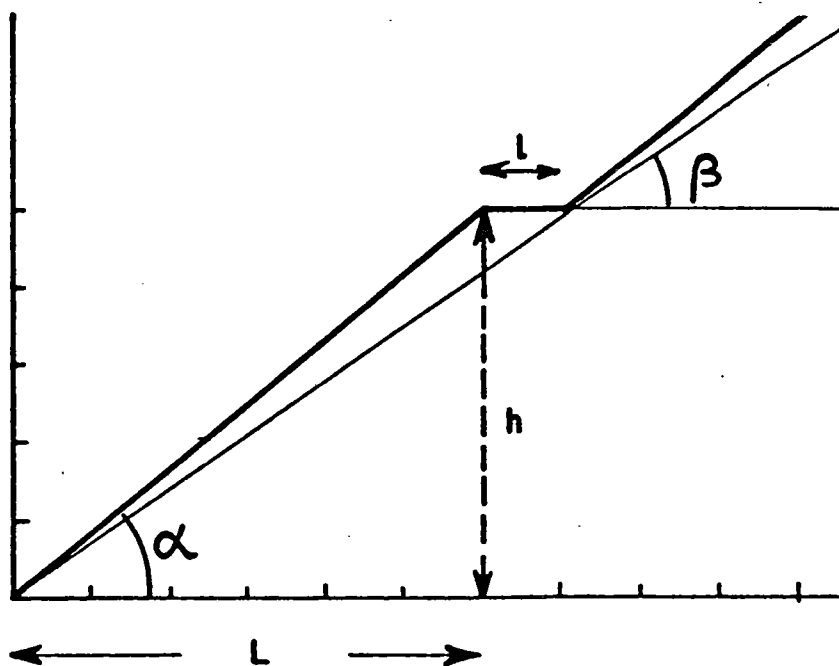


Figure 10 : Profil type d'un gradin

De ces résultats, il ressort que des gradins de 17 m de hauteur séparés par des risbermes de 4 m de large doivent être inclinés de 35° sur l'horizontale dans le cas d'un talus de 50 mètres de haut dont l'angle de pente global est de 31° .

La stabilité de tels gradins a été analysée à l'aide du programme ANASTAB qui permet de prendre en compte des surcharges appliquées sur le profil du talus. Ceci dit, dans les calculs de stabilité, la longueur du talus est considérée comme étant infinie dans la direction perpendiculaire au profil étudié. De ce fait, le programme de calcul considèrera que les surcharges introduites s'appliquent également sur une longueur infinie dans cette même direction. Ceci ne représente pas bien sûr la réalité dans la mesure où les surcharges appliquées sont très ponctuelles. Les coefficients de sécurité ainsi obtenus sont donc calculés suivant une hypothèse pessimiste qui les minorent par rapport au cas de charge réel. Dans le cas présent, ces surcharges sont dues au convoyeur monté sur chenilles dont le poids total est de l'ordre de 250 T. réparti sur quatre appuis (figure 8). En l'absence de données plus précises, on considèrera que sous les chenilles du convoyeur, la pression exercée au sol est au maximum de 1 bar (10 T/m^2), appliquée à une distance de 1,5 m du pied et de la crête du talus sur une largeur de 1 m.

L'analyse a été effectuée pour chaque type de sol distingué dans le tableau n° 2 sauf pour le sol n° 6 dont les caractéristiques physiques et mécaniques sont très peu différentes de celles des sols n° 2 et 4.

Le tableau n° 4 résume les résultats obtenus. Il en ressort que de tels gradins ne seront pas stables dans la formation des sables supérieurs (sol n° 1) et les niveaux franchement argileux qui constituent le toit de la formation d'Onesse (sol n° 3). Dans les sables moyens à grossiers propres (sols n° 5 et 7) les gradins sont en état d'équilibre limite puisque le coefficient de sécurité minimum est à peine supérieur à 1 ($F = 1,045$). Dans les sables moyens à grossiers pourvus d'une légère cohésion (sols n° 2 et 4), la stabilité de gradins de 17 m de haut inclinés de 35° sur l'horizontale est largement assurée.

Compte tenu de l'ensemble de ces résultats, il est apparu nécessaire d'effectuer le même type d'analyse pour des gradins inclinés de 30° sur l'horizontale, toutes choses égales par ailleurs. Les résultats obtenus sont également reportés dans le tableau n° 4.

TABLEAU N° 4 : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA STABILITE D'UN GRADIN DE 17 METRES DE HAUT INCLINE DE 30 OU DE 35° SUR L'HORIZONTALE AVEC PRISE EN COMPTE DES SURCHARGES DUES AU CONVOYEUR POUR LES DIFFERENTS TYPES DE SOL.

| N° DU SOL (CF. TABLEAU N° 2) | COEFFICIENT DE SECURITE CORRESPONDANT AUX DIX SURFACES DE RUPTURE LES PLUS DEFAVORABLES | |
|---------------------------------|--|---------------------------|
| | ANGLE DE PENTE DE 35° | ANGLE DE PENTE DE 30° |
| 1 | $0,873 \leq F \leq 0,981$ | $1,081 \leq F \leq 1,170$ |
| 2 et 4 | $1,278 \leq F \leq 1,330$ | $1,460 \leq F \leq 1,488$ |
| 3 | $0,987 \leq F \leq 1,003$ | $1,108 \leq F \leq 1,131$ |
| 5 et 7 | $1,045 \leq F \leq 1,150$ | $1,237 \leq F \leq 1,325$ |

Dans ces conditions, et si on se contente pour les gradins de 17 m de hauteur d'un coefficient de sécurité de 1,1 sachant que les surcharges imputables au convoyeur seront ponctuelles et non pas réparties sur toute la longueur de la risberme, ce qui introduit un élément de sécurité complémentaire, l'angle de pente maximal admissible déterminé à partir de la figure 11 est égal à :

- 29,5° dans les sables supérieurs (sable des Landes),
- 30,0° dans les argiles de la formation d'Onesse,
- 33,5° dans les niveaux de sables moyens à grossiers propres.

Dans les sables pourvus d'une légère cohésion, cet angle de pente sera limité à 35° compte tenu des hétérogénéités lithologiques et donc mécaniques de la formation d'Onesse.

5.2. - ANALYSE DE LA STABILITE DES FRONTS D'EXCAVATION

5.2.1. - Exploitation à la roue-pelle

La figure 6 présente la géométrie des fronts d'excavation envisagée dans le cadre d'une extraction des terrains stériles à la roue-pelle. L'angle de pente des talus de 8 m, 6 m et 4 m de hauteur est de 35°.

Au même titre que pour les gradins, la stabilité de tels talus a été analysée avec prise en compte des surcharges dues aux matériels d'extraction, à savoir la roue-pelle (110 tonnes), la sauterelle sur chenilles couplée à un enrouleur à câble (60 tonnes + 8 tonnes) et la trémie mobile (12 tonnes).

Le tableau n° 5 résume, pour chacun des fronts et les différents types de sol, les coefficients de sécurité correspondant aux dix surfaces de rupture circulaire les plus défavorables. Sur la figure 12 sont représentées schématiquement les données (intensité et position des surcharges par rapport au pied et à la crête des talus) introduites dans les calculs.

De ces résultats, il ressort que la stabilité des fronts d'excavation est très largement assurée dans les sols n° 2, 3, 4 et 6 malgré les surcharges dues aux matériels d'extraction. Dans les niveaux de sables moyens à grossiers (sols n° 5 et 7) dépourvus de cohésion, les talus sont proches de l'état d'équilibre limite. Ceci dit, on peut se satisfaire pour les talus réalisés dans ces

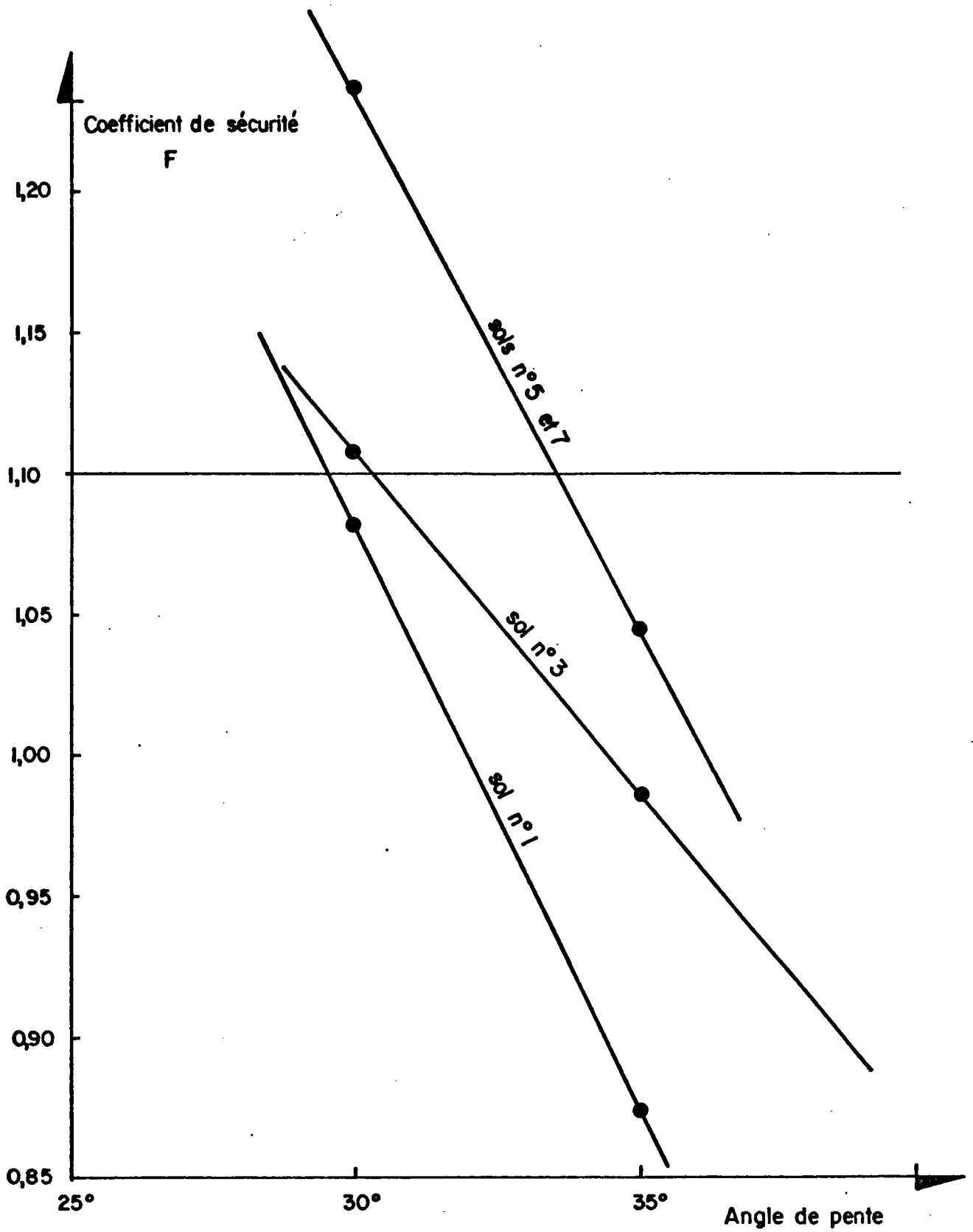


Figure 11 : Variation du coefficient de sécurité minimum F en fonction de l'angle de pente de gradins de 17 mètres de haut réalisés dans les différentes formations

TABLEAU N° 5 : RESULTATS DE L'ANALYSE DE STABILITE DES FRONTS D'EXCAVATION DE 6 ET 8 METRES DE HAUT INCLINES DE 35° SUR L'HORIZONTALE, DANS LE CAS D'UNE EXPLOITATION A L'AIDE DE ROUES-PELLES

| N° DU SOL (CF. TABLEAU N° 2) | PROFIL | COEFFICIENT DE SECURITE F DES DIX SURFACES LES PLUS DEFAVORABLES |
|--|---|---|
| <p>1</p> <p>2 et 4</p> <p>5 et 7</p> <p>6</p> | <p>front d'excavation supérieur : hauteur 8 m - sans surcharges</p> | <p>$0,919 \leq F \leq 1,201$</p> <p>$1,947 \leq F \leq 2,097$</p> <p>$1,071 \leq F \leq 1,400$</p> <p>$1,869 \leq F \leq 2,012$</p> |
| <p>1</p> <p>2 et 4</p> <p>5 et 7</p> <p>6</p> | <p>front d'excavation intermédiaire : hauteur 6 m - surcharges en tête (roue pelle) et en pied (sauterelle et trémie)</p> | <p>$0,921 \leq F \leq 1,274$</p> <p>$2,222 \leq F \leq 2,320$</p> <p>$1,073 \leq F \leq 1,485$</p> <p>$2,147 \leq F \leq 2,235$</p> |
| <p>1</p> <p>2 et 4</p> <p>3</p> <p>5 et 7</p> <p>6</p> | <p>front d'excavation inférieur : hauteur 8 m - surcharges en tête (sauterelle et trémie)</p> | <p>$0,955 \leq F \leq 1,286$</p> <p>$1,915 \leq F \leq 2,091$</p> <p>$1,551 \leq F \leq 1,798$</p> <p>$1,049 \leq F \leq 1,355$</p> <p>$1,839 \leq F \leq 2,076$</p> |

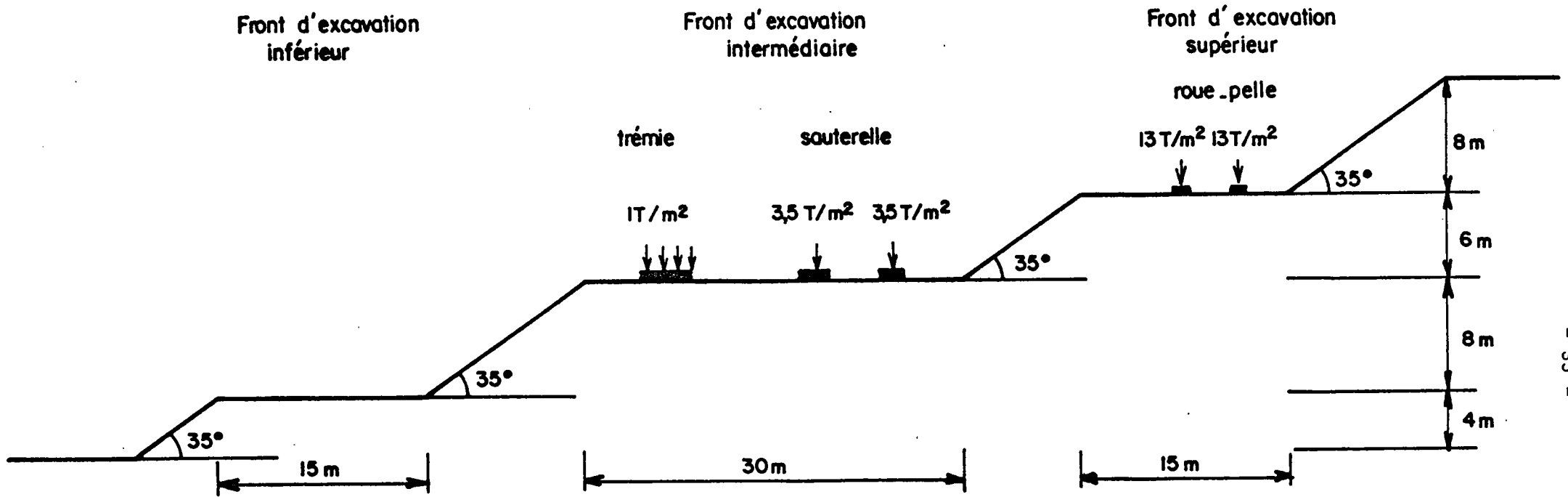


Figure 12 : Géométrie des talus et position et intensité des surcharges prises en compte dans l'analyse de stabilité des fronts d'excavation à la roue-pelle

niveaux d'un coefficient de sécurité à peine supérieur à 1 dans la mesure où les surfaces de rupture les plus défavorables correspondent à des ruptures superficielles et donc sans grave inconvénient pour le matériel d'extraction. En effet, ces surfaces partent toutes du pied du talus et débouchent en arrière de la crête à une distance comprise entre 0,7 m (pour la surface la plus défavorable) et 3,5 m. D'autre part, les coefficients de sécurité calculés pour les surfaces de rupture débouchant à proximité de l'emprise de la trémie, située à 4 m de la crête du talus, sont supérieurs à 1,2.

Dans la formation des sables supérieurs, les fronts d'excavation inclinés de 35° sur l'horizontale ne seront pas stables puisqu'ils sont également dépourvus de cohésion et ont un angle de frottement interne de 30° . Comme pour les sables moyens à grossiers, les ruptures possibles sont des ruptures superficielles. Les coefficients de sécurité des surfaces de rupture débouchant sous l'emprise de la trémie sont légèrement supérieurs à 1,1 ce qui est acceptable à court terme d'autant plus que ce type de matériau possède une légère cohésion apparente lorsqu'il est humide. Notons qu'il n'a pas été jugé nécessaire d'analyser la stabilité du front d'extraction de 4 m de hauteur puisque, si les fronts de 6 m ou 8 m de hauteur sont stables, ils le seront pour une hauteur de 4 m. D'autre part, dans les formations dépourvues de cohésion, les coefficients de sécurité calculés pour de tels talus seront logiquement plus élevés que ceux obtenus pour les talus de plus grande hauteur.

5.2.2. - *Exploitation au rock-belt*

Dans le cadre d'une exploitation au rock-belt, l'analyse de la stabilité du front d'excavation ne nécessite pas de simulations supplémentaires à celles déjà effectuées.

Dans la zone d'extraction, les morts terrains sont poussés au bulldozer vers l'extracteur à courroie (rock-belt), situé en contrebas (figure 7). L'angle de pente de cette zone est donc limitée par la puissance des engins. La pente ne peut excéder une déclivité de 30 % ce qui correspond à un angle de l'ordre de 17° .

Au niveau du front lui-même, au pied duquel est placé l'extracteur, l'angle de pente des matériaux foisonnés ne sera pas supérieur aux angles de frottement interne des matériaux purement frottants mesurés en laboratoire.

Il sera donc compris entre 31° et 37°. Notons que cette dernière valeur représente un maximum, la moyenne des angles de frottement mesurés étant de 35°. Pour le sable des Landes, l'angle de pente maximal admissible est de l'ordre de 30°.

Dans les formations en place, et pour des fronts d'excavation de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, on déterminera l'angle de pente maximal admissible correspondant à un coefficient de sécurité de 1 à partir de la figure 9. Par exemple, pour un front de 40 m de hauteur, l'angle de pente maximal admissible est égal à 37°.

6 - CONDITIONS DE STABILITE DU FOND DE FOSSE

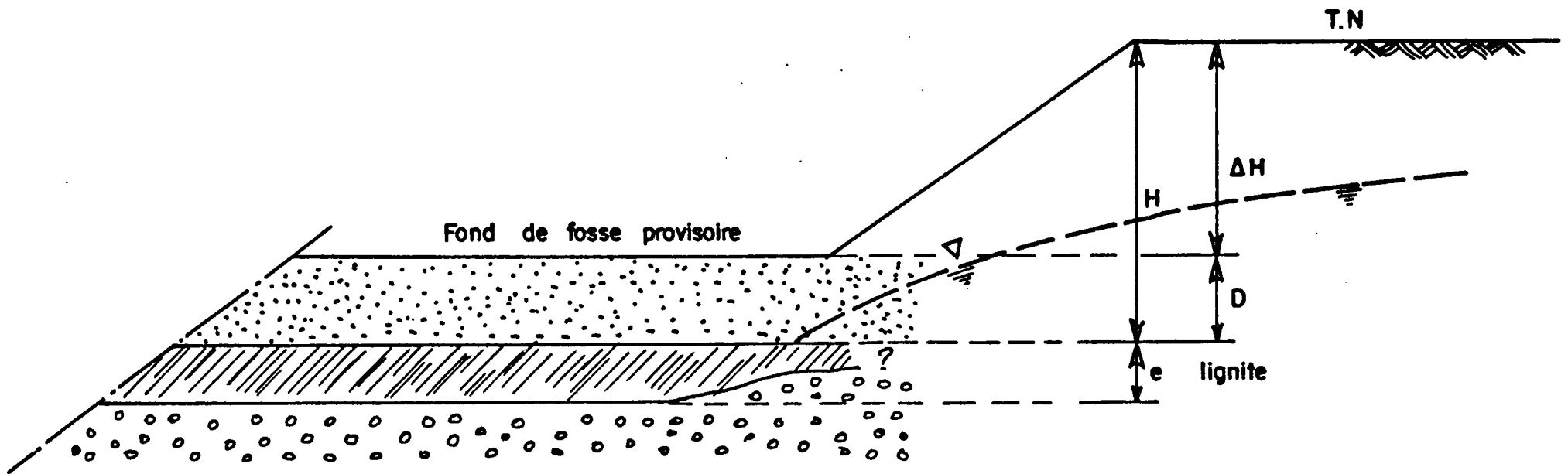
Dans le chapitre 2, il a déjà été indiqué qu'une nappe en charge est contenue dans la formation des graviers de base, sous le corps ligniteux imperméable. Le niveau piézométrique de cette nappe s'établit en moyenne à 10 mètres de profondeur sous le sol (figure 13). Autrement dit, la charge hydraulique au mur du lignite se déduit de la relation suivante :


$$P_{\text{eau}} = \gamma_w (H - 10 + e)$$

γ_w le poids volumique de l'eau (= 1 T/m³)
avec H l'épaisseur des terrains stériles (en mètre)
e l'épaisseur du corps ligniteux (en mètre).


L'exploitation du lignite se faisant "à sec", il est prévu de rabattre le niveau de cette nappe à une cote inférieure à celle du fond de fosse ultime. Dans cette configuration, la couche de lignite ne sera plus soumise à des poussées hydrauliques. Ceci dit, il est également envisagé de rabattre cette nappe au dernier moment c'est-à-dire lorsque le fond de fosse provisoire a déjà atteint une certaine profondeur par rapport au terrain naturel. Le problème posé est donc de savoir à partir de quelle profondeur il sera nécessaire de rabattre cette nappe pour assurer la stabilité au soulèvement de la couche de lignite.

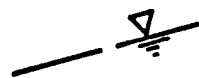
Dans ces conditions, les forces hydrauliques qui s'exercent au mur du lignite doivent être équilibrées par les forces de pesanteur dues au poids des



 formation d'Onesse non excavée (épaisseur D)

 lignite (épaisseur e)

 sables et graviers de base

 limite du cône de rabattement de la nappe contenue dans la formation d'Onesse

H = épaisseur totale des morts-terrains

ΔH = hauteur excavée

Figure 13 : Paramètres pris en compte dans l'analyse des conditions de stabilité du fond de fosse

terrains surincombants telles que :

$$P_{\text{terrains}} = e\gamma_{\text{lignite}} + D\gamma_{\text{terrains stériles}}$$

D étant l'épaisseur minimale des terrains stériles situés au-dessus du corps ligniteux et exprimant la différence entre l'épaisseur totale des morts terrains H et la profondeur maximale admissible ΔH de la fosse pour assurer la stabilité au soulèvement de la couche de lignite (figure 13).

La stabilité est donc assurée si :

$$P_{\text{terrains}} \geq P_{\text{eau}}$$

ou

$$e\gamma_{\text{lignite}} + D\gamma_{\text{terrains stériles}} \geq \gamma_w (H - 10 + e)$$

Dans cette expression, les forces de résistance au cisaillement qui s'opposent au soulèvement du fond de fouille sont négligées. Ceci est justifié par la grande largeur de la fouille (300 à 400 m) par rapport à l'épaisseur de la couche de lignite (12 m maximum) qui dans ce cas se comporte comme une dalle encastrée chargée à sa partie inférieure et subit des efforts de traction incompatibles avec sa résistance.

L'extraction des morts terrains s'effectuant également à sec, la nappe contenue dans la formation d'Onesse sera rabattue jusqu'au toit du lignite. De ce fait, c'est le poids volumique apparent saturé* du lignite et des terrains stériles qui interviendront dans la précédente relation et non pas leur poids volumique déjaugé d'où :

$$D \geq \frac{\gamma_w (H - 10 + e) - e \gamma_{\text{sat lignite}}}{\gamma_{\text{sat terrains stériles}}}$$

Des essais d'identification en laboratoire réalisés sur le lignite et les morts terrains (tableau 1), il ressort que :

- pour le lignite : $\gamma_{\text{sat}} = 0,5 (1 + 1,4) = 1,2 \text{ T/m}^3$
- pour les morts terrains : $\gamma_{\text{sat}} \approx 2 \text{ T/m}^3$ en moyenne.

* $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_d (1 + W_{\text{sat}})$

L'épaisseur minimale D des terrains stériles à ne pas excaver pour assurer la stabilité au soulèvement de la couche de lignite est donc égale à :

$$D = \frac{H - 10 + e (1 - 1,2)}{2}$$

ou

$$D = \frac{H}{2} - (5 + 0,1 e)$$

Applications numériques

La nappe contenue dans la formation d'Onesse étant entièrement rabattue jusqu'au toit du lignite, l'épaisseur minimale des terrains stériles nécessaire pour assurer la stabilité au soulèvement de la couche de lignite en fonction de sa puissance e et de l'épaisseur totale H des morts terrains est reportée dans le tableau n° 6.

TABLEAU N° 6 : EPAISSEUR DES MORTS TERRAINS A NE PAS EXCAVER EN FONCTION DE LA PUISSANCE DE LA COUCHE DE LIGNITE ET DE L'EPAISSEUR TOTALE DES TERRAINS STERILES

| EPAISSEUR DU LIGNITE | EPAISSEUR TOTALE DES MORTS TERRAINS | | |
|-------------------------|--|----------|----------|
| | H = 30 M | H = 40 M | H = 50 M |
| e = 4 m | 9,6 m | 14,6 m | 19,6 m |
| e = 6 m | 9,4 m | 14,4 m | 19,4 m |
| e = 8 m | 9,2 m | 14,2 m | 19,2 m |
| e = 10 m | 9,0 m | 14,0 m | 19,0 m |
| e = 12 m | 8,8 m | 13,8 m | 18,8 m |

De ces résultats on retiendra que, pour assurer la stabilité au soulèvement de la couche de lignite, il est nécessaire d'une part de rabattre le niveau de la nappe contenue dans la formation d'Onesse jusqu'au toit du lignite et d'autre part, de ne pas excaver plus de 60 % de l'épaisseur totale des morts terrains préalablement au rabattement de la nappe en charge sous le lignite.

7 - CONDITIONS DE TERRASSEMENT DES MORTS TERRAINS

Sur les carottes du sondage C 201, des essais Proctor normaux et de poinçonnement CBR ont été réalisés. Ces essais ont pour but, d'une part, de connaître l'aptitude au compactage des différents sols rencontrés et, d'autre part d'évaluer leurs qualités mécaniques par l'intermédiaire de l'indice portant californien (Californian Bearing Ratio ou CBR). Cet indice est d'autant plus élevé que le pouvoir portant du sol est grand. Signalons que pour réaliser ces essais, il est nécessaire de disposer d'un volume de matériau suffisant. Ils n'ont donc intéressé que les niveaux lithologiques homogènes et d'épaisseur importante.

Dans le tableau n° 7 sont récapitulés pour chacun de ces niveaux :

- le poids volumique sec apparent et la teneur en eau mesurés à l'état naturel (γ_{dnat} et W_{nat})
- le poids volumique sec apparent et la teneur en eau correspondant à l'optimum Proctor (γ_{dopt} et W_{opt})
- l'indice portant CBR correspondant à différentes énergies de compactage (10-25 et 55 coups) mesuré sur les éprouvettes Proctor après 4 jours d'imbibition.

Les courbes montrant l'évolution d'une part, du poids volumique apparent sec en fonction de la teneur en eau de moulage, et d'autre part, de l'indice CBR en fonction de l'énergie de compactage, sont données en annexe 2.

A partir de ces résultats et des essais d'identification physique réalisés sur les carottes de sondage, il est possible de classer ces sols en suivant les recommandations pour les terrassements routiers* (classification RTR).

*"Recommandation pour les terrassements routiers" - Publication du Setra et du LPC - janvier 1976.

TABLEAU N° 7 : RESULTATS DES ESSAIS PROCTOR NORMAUX ET DE POINCONNEMENT CBR REALISES SUR LES CAROTTES DU SONDAGE C 201

| PRELEVEMENT | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE SOMMAIRE | ETAT NATUREL | | OPTIMUM PROCTOR | | INDICE PORTANT CBR A SATURATION | | | CLASSIFICATION DU SOL SUIVANT R.T.R. |
|-------------------------|---|------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|---------------------------------|----------|-----------|--------------------------------------|
| | | γ_d NAT (T/M ³) | W NAT (%) | γ_d OPT (T/M ³) | W OPT (%) | 10 COUPS | 25 COUPS | 55 COUPS | |
| prélèvement de surface | sable fin à moyen propre (sable des Landes) | 1,68 | 19 | 1,69 | 10 | 4 | 9 | <u>13</u> | B ₁ ou D ₁ |
| gainés n°s 7 + 8 + 9 | argile finement sableuse | 1,57 | 24 | 1,64 | 17 | ≈ 0 | 1 | <u>5</u> | A _{3h} |
| gainés n°s 10 + 11 + 12 | sable fin à moyen propre | 1,60 1,44 | 24 33 | 1,50 | 11 | - | 2 | <u>7</u> | B _{2h} |
| gainés n°s 17 + 18 + 19 | sable moyen à grossier propre | 1,72 | 20 | 1,76 | 9 | 4 | <u>9</u> | 24 | B ₁ ou D ₁ |
| gainés n°s 22 + 23 + 24 | sable fin à moyen | 1,62 | 23 | 1,78 | 12 | <u>3</u> | 7 | 11 | B _{2h} |
| gainés n°s 38 + 39 + 40 | sable grossier propre | 1,77 | 18 | 1,75 | 6 | 9 | 11 | <u>30</u> | B ₁ ou D ₁ |

Les valeurs de CBR soulignées ont été mesurées sur les moulages dont le poids volumique après compactage se rapproche le plus de celui mesuré sur les prélèvements intacts.

D'une manière générale, les poids volumiques secs correspondant à l'optimum Proctor sont comparables à ceux mesurés sur les prélèvements intacts. La plus grande divergence entre ces différentes valeurs est observée sur l'échantillon de sable fin à moyen provenant des gaines n° 22, 23 et 24 puisque le poids volumique à l'état naturel et à l'optimum Proctor est respectivement de $1,62 \text{ T/m}^3$ et de $1,78 \text{ T/m}^3$.

Les teneurs en eau naturelles sont dans tous les cas supérieures aux teneurs en eau optimales, d'une dizaine de points en moyenne. Ceci s'explique par le fait que le niveau de la nappe libre se situe à 10 mètres de profondeur sous le sol. A partir de cette profondeur, les formations sont saturées d'eau.

Les courbes illustrant l'évolution du poids volumique sec en fonction de la teneur en eau de compactage ($\gamma_d = f(W)$), ont toutes une forme en cloche très aplatie. Ceci est imputable à la dominante sableuse des formations et à leur granulométrie relativement grossière. Elles présentent un maximum bien marqué mais, pour des teneurs en eau de compactage inférieure ou supérieure de 1 ou 2 points par rapport à l'optimum, le poids volumique sec obtenu est peu différent du poids volumique maximal.

Bien que les essais de poinçonnement CBR aient tous été effectués sur les moulages après imbibition, les indices CBR mesurés sont généralement supérieurs à 5 lorsque le poids volumique sec du moulage est proche de celui du sol en place. On note également une très nette amélioration de cet indice en fonction de l'énergie de compactage mise en oeuvre. Les indices CBR les plus faibles sont obtenus sur les sols dont la fraction fine (inférieure à $80 \mu\text{m}$) représente plus de 75 % du poids sec de l'échantillon et confère au sol une grande plasticité. Ceci est en particulier le cas des niveaux argileux situés dans la partie supérieure de la formation d'Onesse.

Dans la classification RTR, ce type de sol appartient à la sous classe A_{3h} correspondant aux sols fins, à plasticité et teneur en eau naturelle élevées. Ces sols sont très collants et glissants à l'état naturel et de ce fait, sont de mise en oeuvre très difficile sur le chantier. Ils sont sensibles à l'eau et ont une portance faible à teneur en eau élevée. Leur perméabilité étant réduite, les variations de la teneur en eau sont lentes ce qui n'est pas favorable à la traficabilité et au compactage de ces sols.

Les sables supérieurs (sable des Landes) et les niveaux de sable moyen à grossier voire légèrement graveleux des formations d'Onesse et de base, peuvent se classer indifféremment en B₁ ou D₁. Le pourcentage de fines, peu ou pas plastiques, dans ces sols est limité. A saturation, la portance de ces sols n'est pas négligeable (CBR > 10). Leur grande perméabilité favorise l'essuyage rapide de ces matériaux ce qui a pour effet d'améliorer encore leur portance. Ceci dit, leur granulométrie est mal graduée et de petit calibre : ces sols sont de ce fait très érodables et peuvent poser des problèmes de traficabilité s'ils ne sont pas dénoyés au préalable.

Les niveaux de sable fin à moyen, comportant une fraction fine non négligeable (5 à 12 %), de la formation d'Onesse appartiennent à la sous-classe B_{2h}. Leur teneur en eau naturelle est élevée et, dans ces conditions, leur portance est médiocre. Ils sont très sensibles aux conditions météorologiques. Leur traficabilité sera dépendante de l'efficacité du drainage préalable de ces horizons à la faveur des pompages en pleine fouille et périphériques envisagés pour le rabattement de l'aquifère captif contenu dans ces horizons.

8 - EVALUATION SOMMAIRE DES TASSEMENTS DES TERRAINS INDUITS PAR LES POMPAGES D'EXHAURE

Pour assurer d'une part, la stabilité des flancs de fosse dont les angles de pente globaux ont été déterminés en supposant que les effets dus à la pression de courant seront nuls (cas correspondant à l'absence de nappe dans les bords de fosse), et d'autre part, la stabilité du fond de fosse sous l'effet de sous pression, il est nécessaire de rabattre les différentes nappes contenues dans les horizons sableux (formations des sables supérieurs, d'Onesse, et des graviers de base). Ces rabattements sont également imposés par les méthodes d'exploitation envisagées puisque l'extraction des terrains stériles et du lignite sera opérée à sec.

Ces rabattements induiront en surface des tassements, par suppression totale ou partielle de la poussée d'Archimède au sein du massif, dont l'amplitude et la durée pour différents rabattements donnés font l'objet du présent chapitre.

Notons d'ores et déjà que les formations constitutives du massif dans le secteur de Mézos sont à dominante sableuse. De ce fait, les tassements induits par les rabattements se produiront rapidement et seront d'amplitude faible.

La compressibilité des différentes formations a été appréciée soit au moyen d'essais en laboratoire sur des échantillons provenant du sondage carotté C 201, soit à partir de données bibliographiques ou issues d'études antérieures réalisées sur des faciès lithologiques comparables.

8.1. - RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

Trois essais oedométriques ont été réalisés dans le cadre de cette étude. Ces essais permettent de déterminer :

- 1) la variation de l'indice des vides initial e_o sous l'application de charges verticales croissantes. A partir de la courbe d'évolution de l'indice des vides en fonction de la charge appliquée, il est possible de calculer l'indice de compression C_c du sol ;
- 2) l'évolution des tassements en fonction du temps sous l'application d'une charge donnée. A partir de cette courbe, le coefficient de consolidation C_v est déterminé.

Des mesures de perméabilité K ont été également effectuées au cours des essais de compressibilité, dans le moule oedométrique.

L'ensemble des essais a porté sur les niveaux jugés au départ les plus compressibles, c'est-à-dire sur les niveaux argileux situés à la partie supérieure de la formation d'Onesse et des graviers de base, ainsi que sur le lignite. Les résultats obtenus se résument comme suit (annexe 2) :

- 1) argile finement sableuse (gaine n° 7 - 10,5 m de profondeur)

$$e_o = 1,102$$

$$C_c = 0,112$$

$$C_v = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{jour (ou } 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s)}$$

$$K \approx 10^{-11} \text{ m/s.}$$

2) lignite (gaine n° 33 - 39,1 m de profondeur)

$$e_o = 2,537$$

$$C_c = 0,038$$

$$C_v = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{jour} \text{ (ou } 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s)}$$

3) argile grise organique (gaine n° 34 - 40,6 m de profondeur)

$$e_o = 0,766$$

$$C_c = 0,147$$

$$C_v = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{jour} \text{ (ou } 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s)}$$

$$K = 2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s.}$$

Il ressort de ces résultats que le lignite est en fait un matériau peu compressible ($C_c \approx 0,04$) malgré un indice des vides initial e_o très important. Les indices de compressibilité des argiles testées sont du même ordre de grandeur, mais la vitesse de consolidation de l'échantillon prélevé à 41 m de profondeur est environ 20 fois plus élevée que celle obtenue sur le prélèvement à 10 m de profondeur. Ceci s'explique en partie par la différence de perméabilité de ces deux argiles.

8.2. - CALCUL THEORIQUE DES TASSEMENTS

8.2.1. - Rappels théoriques

Les tassements qui se produiront dans la zone intéressée par le rabattement sont dûs à l'augmentation des contraintes effectives au sein du massif. Les considérations théoriques développées ci-dessous sont directement issues de l'article de H. JOSSEAUME intitulé "Tassements dûs aux rabattements de nappe" paru dans le numéro spécial du Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers "Hydraulique des sols" (1968).

1) Tassement dû à un abaissement uniforme de la nappe

Soit un massif de sol partiellement baigné par une nappe libre dont le toit se trouve à la profondeur z_0 comptée à partir de la surface.

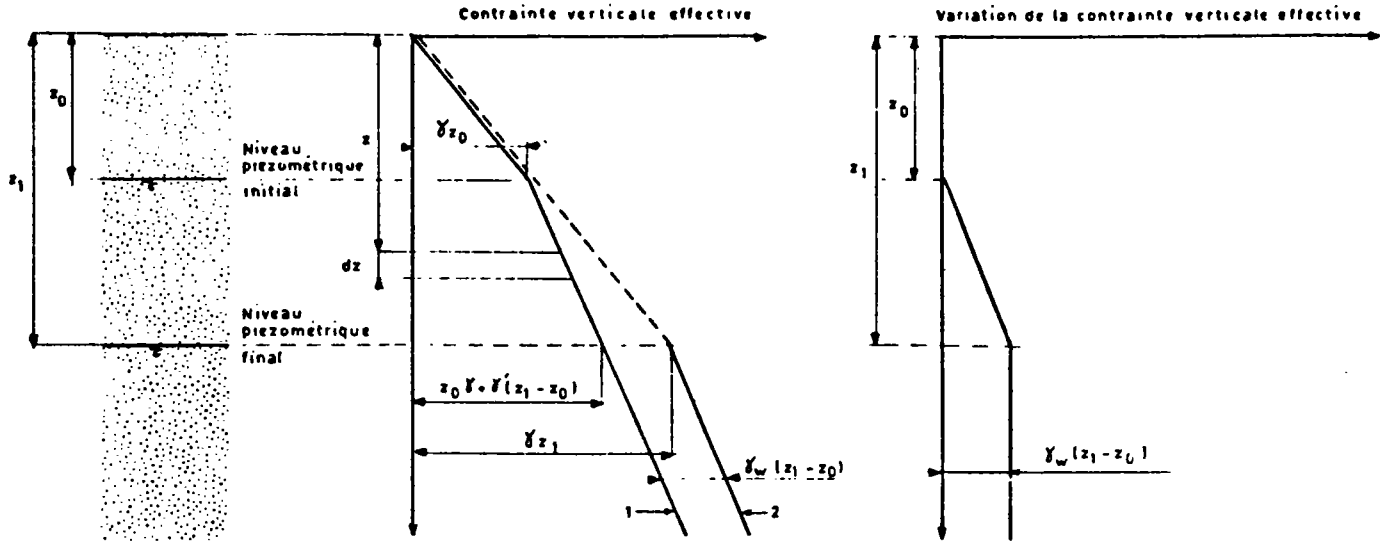
La contrainte verticale effective exercée par le sol en place est représentée en fonction de la profondeur z par la courbe 1 de la figure 14a. Lorsque la nappe subit un abaissement uniforme d'amplitude $z_1 - z_0$, la poussée d'Archimède n'agit plus sur le sol compris entre les cotes z_0 et z_1 et la courbe des contraintes effectives devient la courbe 2. L'augmentation de la contrainte effective en fonction de la profondeur est égale à $\gamma_w (z_1 - z_0)$ lorsque z est supérieur à z_1 (figure 14 b).

Dans le cas d'une nappe en charge dont le toit est constitué par une couche superficielle A peu perméable (figure 15), un abaissement $z_1 - z_0$ de la surface piézométrique se traduit également par un accroissement $\gamma_w (z_0 - z_1)$ de la contrainte verticale effective en tout point de la couche B.

Mais il faut aussi tenir compte de l'accroissement des contraintes effectives dans la couche A. Si, par exemple, les infiltrations de surface sont négligeables, il existe dans cette couche une nappe alimentée par celle de la couche B et dont le niveau piézométrique se situe initialement à la profondeur z_0 . L'abaissement du niveau piézométrique entraîne donc une diminution de la pression de l'eau dans la couche A (plus lente que dans la couche B en raison de la différence des perméabilités) et, à l'équilibre, l'augmentation de la contrainte verticale effective est représentée par le diagramme de la figure 15 de même allure que celui de la figure 14 b.

Si le sol est suffisamment compressible, l'augmentation de la contrainte effective se traduit par des tassements :

- 1) tassement du sol compris entre les niveaux z_0 et z_1 , somme des tassements des couches élémentaires d'épaisseur dz situées à la profondeur z_1 et supportant la surcharge uniforme $\gamma_w (z_1 - z_0)$;
- 2) tassement du sol situé au-dessous du niveau z_1 provoqué par la surcharge uniforme $\gamma_w (z_1 - z_0)$ supposée appliquée au niveau z_1 . Si le sol compressible a



a) Diagramme des contraintes effectives avant et après rabattement.

b) Variation des contraintes verticales effectives due à un rabattement.

Figure 14 : Influence de l'abaissement d'une nappe libre sur les contraintes verticales effectives dans un massif de sol

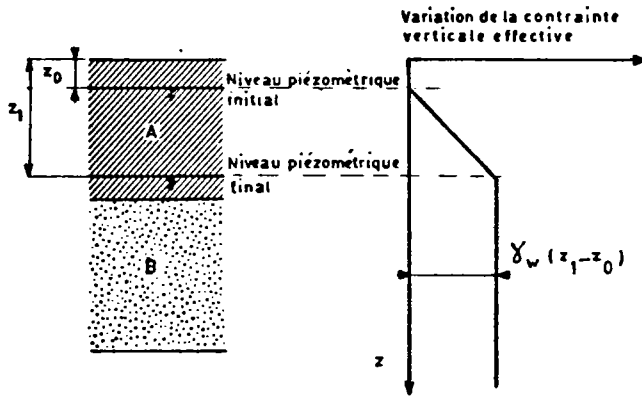


Figure 15 : Nappe captive. Variation des contraintes verticales effectives due à un rabattement de nappe

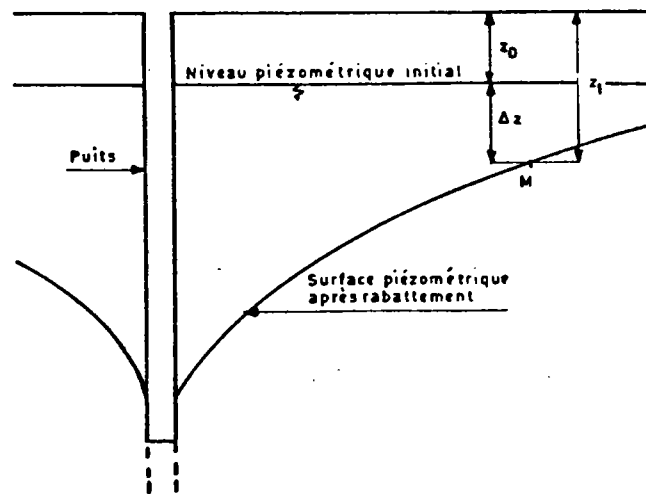


Figure 16 : Rabattement autour d'un puits

Les figures n° 14, 15 et 16 sont tirées de "Hydraulique des sols" - Numéro spécial série N du Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers - 1970.

une certaine extension en profondeur, le tassement du sol situé sous la nappe peut être important, la surcharge due à l'abaissement de la nappe étant transmise intégralement aux couches les plus profondes.

Lorsque l'amplitude du rabattement est faible par rapport à l'épaisseur des couches compressibles, on peut négliger le tassement du sol compris entre z_0 et z_1 .

Le tassement ΔH d'une couche de sol fin argileux d'épaisseur H a pour expression :

$$\Delta H = H \frac{C_c}{1 + e_0} \log \left(1 + \frac{\Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

C_c = indice de compression du sol,

e_0 = indice des vides initial,

σ'_0 = contrainte verticale effective initiale appliquée dans le plan moyen de la couche,

$\Delta \sigma'$ = l'accroissement de la contrainte verticale effective.

Pour une couche située en-dessous du niveau final de la nappe :

$$\Delta \sigma' = \gamma_w \Delta z \text{ avec } \Delta z = z_1 - z_0$$

Si le sol ne supporte aucune construction, σ'_0 est égal à la pression effective des terres σ'_{01} .

Au contraire, si le sol supporte un ouvrage, σ'_0 est la somme de la pression effective des terres σ'_{01} et de la pression verticale effective σ'_{02} transmise par l'ouvrage.

2) Tassement dû à un abaissement non uniforme de la nappe

Le rabattement d'une nappe provoqué par un pompage n'est pas uniforme. Son amplitude est d'autant plus grande que l'on est plus proche du groupe de puits

ou de pointes filtrantes mis en service.

Les équipotentiellles de l'écoulement vers ces puits peuvent généralement être assimilées à des surfaces cylindriques à génératrices verticales dans la majeure partie de la zone intéressée par le rabattement. Dans ces conditions, l'augmentation des contraintes effectives en un point M (figure 16) est :

$$\Delta\sigma' = -\Delta u = \gamma_w (z_1 - z_0) = \gamma_w \Delta z$$

On peut alors évaluer le tassement au point M à partir des formules établies au paragraphe précédent. Δz étant variable, le tassement n'est pas uniforme et un ouvrage situé dans la zone d'influence du pompage subit des tassements différentiels, ceux-ci sont d'autant plus importants que l'ouvrage est plus étendu.

3) Evolution des tassements en fonction du temps

Alors que le tassement se produit très rapidement dans un sol à caractère sableux de par sa bonne perméabilité, la consolidation des couches à tendance argileuse se produit beaucoup plus lentement en fonction du temps. Cette consolidation résulte d'un écoulement d'eau interstitielle et dépend de la perméabilité du sol. Pour apprécier l'amplitude du tassement à des temps déterminés, il faut donc faire intervenir la notion de vitesse de consolidation.

De façon schématique, la théorie de la consolidation établie par TERZAGHI permet de calculer la durée de consolidation t d'une couche d'épaisseur $2H$ drainée sur ses 2 faces par la relation :

$$t = T_v \frac{H^2}{C_v}$$

où C_v est le coefficient de consolidation caractérisant la vitesse de consolidation de l'échantillon testé, c'est-à-dire la vitesse d'écoulement de l'eau interstitielle. Il fait intervenir la perméabilité du sol ;

T_v est relié par une loi complexe à la pression interstitielle ou encore au pourcentage de consolidation U c'est-à-dire au rapport de la diminution de pression interstitielle Δu à la pression interstitielle maximale lors du chargement de la couche.

8.2.2. - Hypothèses prises en compte dans les calculs

1) Caractéristiques hydrogéologiques

D'après les données piézométriques du site, les potentiels hydrauliques des nappes respectivement contenues dans la formation d'Onesse et les graviers de base sont très voisins. Le niveau statique de ces nappes s'établit à une cote légèrement inférieure à celle du niveau piézométrique de la nappe libre contenue dans la formation des sables supérieurs. Ce dernier se situe en moyenne à 10 m de profondeur sous le terrain naturel.

Dans les calculs de tassement, on considèrera que les niveaux statiques naturels des différentes nappes sont tous situés à la même cote, c'est-à-dire à 10 mètres de profondeur sous le sol.

D'autre part, il est envisagé de rabattre en même temps les deux premières nappes, celle contenue dans la formation des graviers de base étant rabattue au cours de l'approfondissement de la fosse suivant les indications fournies dans le chapitre 6 du présent rapport. Rappelons que le rabattement de cette dernière nappe est nécessaire pour assurer la stabilité au soulèvement du fond de fosse et permettre l'extraction du lignite à sec. Ceci dit, au droit de la fosse, l'amplitude du rabattement sous le fond de fosse, c'est-à-dire sous le mur du lignite, sera réduite, l'objectif étant de s'affranchir des sous-pressions sous le corps ligniteux. D'après les données actuellement disponibles, l'amplitude globale du rabattement au niveau de la fosse sera en moyenne de 38 à 42 mètres. De ce fait, les tassements induits par les pompages d'exhaure seront calculés pour des rabattements allant de 5 à 35 m par pas de 5 mètres.

2) Caractéristiques géotechniques des formations

A partir de la coupe géologique du sondage C 201, des résultats d'essais en laboratoire et des données bibliographiques, la structure et les propriétés mécaniques des formations constitutives du massif sont présentées dans le tableau récapitulatif n° 8.

On peut remarquer que l'épaisseur des couches de sable moyen à grossier propre représente près de 75 % de l'épaisseur totale considérée ce qui est conforme aux résultats obtenus lors des différentes campagnes de reconnaissance

TABLEAU N° 8 : DONNEES PRISES EN COMPTE DANS LE CALCUL DES TASSEMENTS
INDUITS PAR LES POMPAGES D'EXHAURE

| N° DE LA COUCHE | PROFONDEUR SOUS LE SOL (EN M) DE - A | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE SOMMAIRE | POIDS VOLUMIQUE SATURE γ_h (T/M ³) | e_o | C_c | C_v (m ² /j) | K (m/s) | σ_o^* (T/M ²) |
|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|-------|-------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 1 | 0 - 20 | sable des Landes | 2,0 | 0,43 | 0,02 | (1) | 10 ⁻⁴ | 25,0 |
| 2 | 20 - 22 | argile finement sableuse | 2,0 | 1,10 | 0,11 | 2,4.10 ⁻³ | 10 ⁻¹¹ | 31,0 |
| 3 | 22 - 32 | sables moyens à grossiers argileux | 2,0 | 0,77 | 0,06 | (1) | 10 ⁻⁵ | 37,0 |
| 4 | 32 - 40 | sables moyens à grossiers propres | 2,1 | 0,55 | 0,04 | (1) | 10 ⁻⁵ | 46,4 |
| 5 | 40 - 42 | sables moyens à grossiers argileux | 2,0 | 0,77 | 0,06 | (1) | 10 ⁻⁵ | 51,8 |
| 6 | 42 - 60 | sables moyens à grossiers propres | 2,1 | 0,55 | 0,04 | (1) | 10 ⁻⁵ | 62,2 |

σ_o est la contrainte verticale effective initiale appliquée dans le plan moyen de la couche. Pour la formation des sables supérieurs, cette contrainte est calculée à mi-hauteur de la tranche immergée (de 10 m d'épaisseur) puisque le niveau statique de la nappe se situe à 10 m de profondeur sous le sol.

géologique du gisement. Le complément est constitué par des couches de sable plus ou moins argileux et d'argile franche. Dans cette schématisation de la structure du massif, il n'apparaît pas de couche de lignite pour les différentes raisons suivantes :

- 1) l'épaisseur du lignite en bordure est et ouest du gisement est faible, inférieure à 2 mètres ;
- 2) l'indice de compressibilité de ce matériau, déterminé en laboratoire, est peu élevé ($C_c \approx 0,04$) et comparable à ceux mesurés sur des sables moyens à grossiers propres ;
- 3) le calcul des tassements induits par les pompes d'exhaure est effectué pour différentes valeurs de rabattement, inférieures au rabattement attendu au droit de la fosse, correspondant à des zones situées à une distance pluri-hectométrique à pluri-kilométrique de la fosse. Au droit de ces zones, il n'y aura plus, en principe, de couche de lignite.

Pour les couches à dominante sableuse, la valeur du coefficient de consolidation C_v est volontairement élevée ($C_v = 1 \text{ m}^2/\text{jour}$) par rapport aux valeurs habituellement admises afin de tenir compte de leur caractère globalement très perméable et donc de leur consolidation quasi immédiate sous l'application de surcharges.

Les caractéristiques de compressibilité des différentes couches sableuses sont faibles. C'est le cas en particulier des sables supérieurs (sable des Landes). La valeur retenue ($C_c = 0,02$) provient de la bibliographie, c'est-à-dire de l'article de C. FAMECHON sur "Le sable des Landes" déjà précité, et caractérise un sol pratiquement incompressible. Des caractéristiques de compressibilité légèrement plus élevées ont été affectées aux couches de sable moyen à grossier propre, c'est-à-dire dont la fraction fine inférieure à 80 μm est réduite. Au delà de 60 mètres de profondeur sous le sol, la formation des graviers de base est considérée comme incompressible. En fait, seule la couche franchement argileuse située sous les sables supérieurs présente un indice de compressibilité élevé ($C_c = 0,11$) par rapport aux autres couches ($C_c \leq 0,4$). Aux niveaux sableux pollués par des argiles, un indice intermédiaire a été affecté ($C_c = 0,06$). Ceci dit, comme toutes les autres couches sableuses, ils sont considérés comme drainants, le seul niveau franchement imperméable étant la couche d'argile ($K = 10^{-11} \text{ m/s}$).

Conformément aux données géologiques et hydrogéologiques disponibles, nous avons supposé que toutes les couches sont normalement consolidées.

8.2.3. - Synthèse des résultats obtenus

Les calculs théoriques de l'amplitude globale des tassements ont été effectués pour des rabattements de nappe de 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 mètres. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau n° 9.

L'évolution du tassement de chacune des couches en fonction du temps, après le début des pompages d'exhaure, fait l'objet du tableau n° 10. Cette évolution suppose que le rabattement de la nappe est instantané c'est-à-dire que la surcharge appliquée est maximale dès le début des pompages.

L'amplitude des tassements théoriques calculée n'est pas négligeable même lorsqu'ils sont induits par les rabattements les plus faibles considérés (5 mètres). L'amplitude globale des tassements sera respectivement de 7.10^{-2} et 25.10^{-2} m pour des valeurs de rabattement de 5 et 35 mètres. La valeur la plus forte sera bien évidemment obtenue aux abords immédiats de la fosse.

Près de 80 % de l'amplitude de ces tassements se produiront dans le premier mois qui suivra le début des pompages d'exhaure. Au bout de 8 mois de pompage, le degré de consolidation des couches sera de l'ordre de 99 % c'est-à-dire qu'au delà de cette période, le massif ne tassera pratiquement plus. Ce résultat est tout à fait logique car le massif est constitué essentiellement de couches sableuses. Toutes choses égales par ailleurs, les horizons plus argileux tasseront moins rapidement. Ceci dit, ils sont bien drainés au mur et au toit par des couches de sable propre ce qui favorise la dissipation des pressions interstitielles au sein de ces couches. Ainsi, le degré de consolidation du niveau franchement argileux situé dans la partie supérieure de la formation d'Onesse sera de 99 %, 24 mois après le début des pompages.

Au vu des résultats reportés dans les tableaux n° 8 et 9, une relation évidente apparaît entre l'amplitude du tassement en un point et celle du rabattement au droit de ce même point. L'équation de la droite de régression linéaire calculée à partir des tassements théoriques au bout de 8 mois (240 jours) de pompage est la suivante :

$$\Delta H \text{ (en m)} = 0,007 \Delta S + 0,032 \text{ (en m)}$$

| N° DE LA COUCHE (CF. TABLEAU N° 8) | AMPLITUDE DU RABATTEMENT (EN METRES) | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 1 | 0,011 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| 2 | 0,007 | 0,013 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| 3 | 0,019 | 0,035 | 0,050 | 0,064 | 0,069 | 0,069 | 0,069 |
| 4 | 0,009 | 0,017 | 0,025 | 0,032 | 0,039 | 0,045 | 0,045 |
| 5 | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,010 | 0,012 | 0,013 | 0,014 |
| 6 | 0,016 | 0,030 | 0,044 | 0,056 | 0,068 | 0,079 | 0,090 |
| amplitude globale du tassement de l'ensemble des couches | 0,065 | 0,120 | 0,161 | 0,197 | 0,223 | 0,241 | 0,253 |

TABLEAU N°9 : AMPLITUDE GLOBALE DU TASSEMENT (en mètres) DES DIFFERENTES COUCHES
CONSTITUTIVES DU MASSIF EN FONCTION DU RABATTEMENT DE LA NAPPE

TABLEAU N° 10 : EVOLUTION DES TASSEMENTS THEORIQUES (en mètres)
EN FONCTION DU TEMPS (en jours)

| RABATTEMENT EN METRES TEMPS EN JOURS | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,014 | 0,032 | 0,036 | 0,046 | 0,052 | 0,056 | 0,059 |
| 30 (1 mois) | 0,054 | 0,097 | 0,131 | 0,160 | 0,184 | 0,198 | 0,206 |
| 60 (2 mois) | 0,059 | 0,108 | 0,146 | 0,180 | 0,205 | 0,220 | 0,231 |
| 120 (4 mois) | 0,061 | 0,113 | 0,153 | 0,188 | 0,213 | 0,231 | 0,248 |
| 240 (8 mois) | 0,063 | 0,117 | 0,158 | 0,194 | 0,220 | 0,238 | 0,250 |
| infini | 0,065 | 0,120 | 0,161 | 0,197 | 0,223 | 0,241 | 0,253 |

où ΔH et ΔS sont respectivement les amplitudes du tassement et du rabattement, exprimées en mètre, en un même point.

L'ajustement de cette droite de régression linéaire est très bon puisque le coefficient de corrélation calculé est égal à 0,972.

Ceci dit, cette droite a une ordonnée à l'origine non négligeable ce qui paraît paradoxal. En effet, en absence totale de rabattement, le tassement du massif est nul. On peut donc en conclure que pour un rabattement d'amplitude inférieure à 5 mètres, le tassement induit calculé à partir de cette équation sera vraisemblablement surestimé.

Cette remarque importante étant faite, et à condition de s'assurer au préalable que les hypothèses prises en compte dans ces calculs sont également transposables à un secteur de grande étendue, la carte des tassements autour de la fosse pourra être déduite de celle des rabattements en appliquant cette relation simple.

9 - CONCLUSIONS

La présente étude avait pour principaux objectifs le dimensionnement de la future exploitation à ciel ouvert du gisement de lignite de Mézos Sud (département des Landes) et l'évaluation théorique des tassements des terrains induits par les pompages d'exhaure. D'autres aspects, tels que les conditions de stabilité du fond de fosse vis à vis des poussées hydrauliques et de terrassement des morts terrains, ont été également examinés.

Un sondage carotté intégralement sur toute sa hauteur a été spécialement réalisé à ces fins. Sur la base des résultats d'essais d'identification physique et mécanique effectués en laboratoire sur les différentes formations traversées, l'étude entreprise a permis de dégager les conclusions suivantes :

- 1) quel que soit le mode d'excavation des morts terrains retenu (roue-pelle ou au rock-belt), l'angle de pente maximal admissible correspondant à un coefficient de sécurité vis à vis de la rupture de 1,2 varie de 33° à 29° pour respectivement des hauteurs de talus de 40 à 60 mètres.

La stabilité des fronts d'excavation à la roue-pelle, dont la géométrie est imposée par la méthode d'exploitation envisagée, sera assurée malgré les surcharges imputables aux matériels d'extraction. Des ruptures très superficielles du talus, donc sans grande conséquence pour la sécurité du chantier, sont à craindre dans la formation des sables supérieurs (sable des Landes).

Les gradins, d'une hauteur maximale de 17 mètres, seront stables s'ils ne sont pas inclinés sur l'horizontale de plus de 29° dans la formation des sables supérieurs, et de 33° à 35° dans les horizons de sable moyen à grossier propre de la formation d'Onesse.

- 2) Pour assurer la stabilité du fond de fosse vis à vis des sous pressions, il sera nécessaire d'une part de rabattre le niveau de la nappe contenue dans la formation d'Onesse jusqu'au toit du lignite, et d'autre part de ne pas excaver plus de 60 % de l'épaisseur totale des morts terrains préalablement au rabattement de la nappe en charge sous le lignite.
- 3) Dans l'ensemble, les formations à dominante sableuse présentent une bonne portance et de ce fait ne devraient pas poser de problèmes particuliers de traficabilité et de terrassement. En effet, ces sols peuvent être considérés comme insensibles à l'eau. Il n'en est pas de même des niveaux plus argileux qui constituent notamment la partie supérieure et inférieure de la formation d'Onesse. Leur portance est médiocre. Leur fort pourcentage en éléments fins, inférieurs à 80 µm et présentant une grande plasticité, rend ces sols très sensibles aux variations climatiques.
- 4) L'amplitude théorique des tassements du massif induits par les pompages d'exhaure a pu être reliée à celle des rabattements par l'équation de la droite de régression linéaire suivante :

$$\Delta H \text{ (en m)} = 0,007 \Delta S + 0,032 \text{ (en m)}$$

dans laquelle ΔH et ΔS sont respectivement les amplitudes du tassement et du rabattement, exprimées en mètre, en un même point. De plus, ces tassements se produiront rapidement : le degré de consolidation du massif est de 99 % au bout de huit mois.

Il importe de souligner que l'ensemble de ces résultats repose pour partie sur des hypothèses rendues nécessaires par le fait qu'un nombre restreint d'essais a été réalisé en laboratoire sur des prélèvements d'échantillons intacts provenant d'un seul sondage. L'une de ces hypothèses a porté sur la structure complexe du massif, schématisée par une succession de couches horizontales, continues et d'épaisseur constante. Si cette schématisation est justifiée par la constance des faciès observés, il n'empêche qu'elle peut se trouver prise en défaut en certains points particuliers et éloignés de la zone reconnue par sondages. L'autre hypothèse importante qui a été faite, porte sur les caractéristiques de cisaillement des terrains, leur indice de compressibilité et leur vitesse de consolidation. Bien sûr, les résultats des essais de laboratoire réalisés dans le cadre de cette étude ont été pris en compte mais d'autres données proviennent d'études antérieures ou de la bibliographie.

Si les hypothèses retenues, considérées comme réalistes, sont suffisantes pour permettre d'évaluer sans risque d'erreur grave les paramètres à prendre en compte dans une étude de faisabilité, il n'en reste pas moins qu'il est impératif de les contrôler au fur et à mesure du creusement de la fosse et de modifier éventuellement les premières conclusions de l'étude en fonction des données nouvelles.

Une telle démarche est adoptée systématiquement pour toute fosse de quelque importance. Elle s'appuie en outre sur l'"auscultation" de la fosse, c'est-à-dire sur le suivi de son comportement dans le temps, au moyen d'appareils de mesure (essentiellement mesures inclinométriques, piézométriques, de déplacements horizontaux et verticaux), qui permettent de vérifier que l'ouvrage se comporte conformément aux schémas retenus, et de déceler toute amorce d'évolution anormale.

ANNEXE 1

COUPE DU SONDAGE CAROTTÉ C 201

(HORS TEXTE)

ANNEXE 2

RÉSULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION PHYSIQUE ET
MÉCANIQUE RÉALISÉS AU LABORATOIRE DE MÉCANIQUE DES SOLS

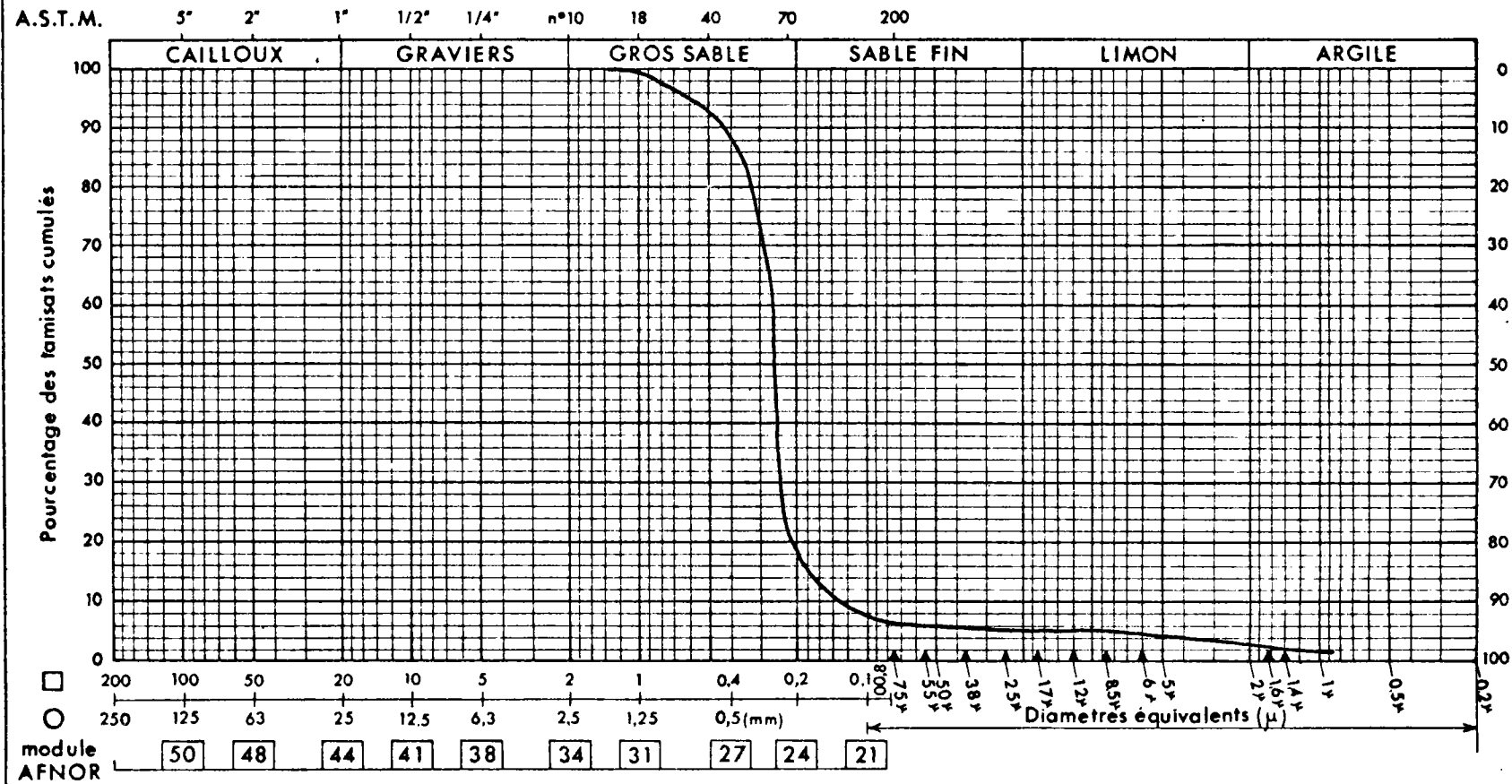
COURBES D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE
ET SEDIMENTOMETRIQUE

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°3 Nature : Sable fin à moyen
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 5,65-6,37 m Poids initial sec :

| | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

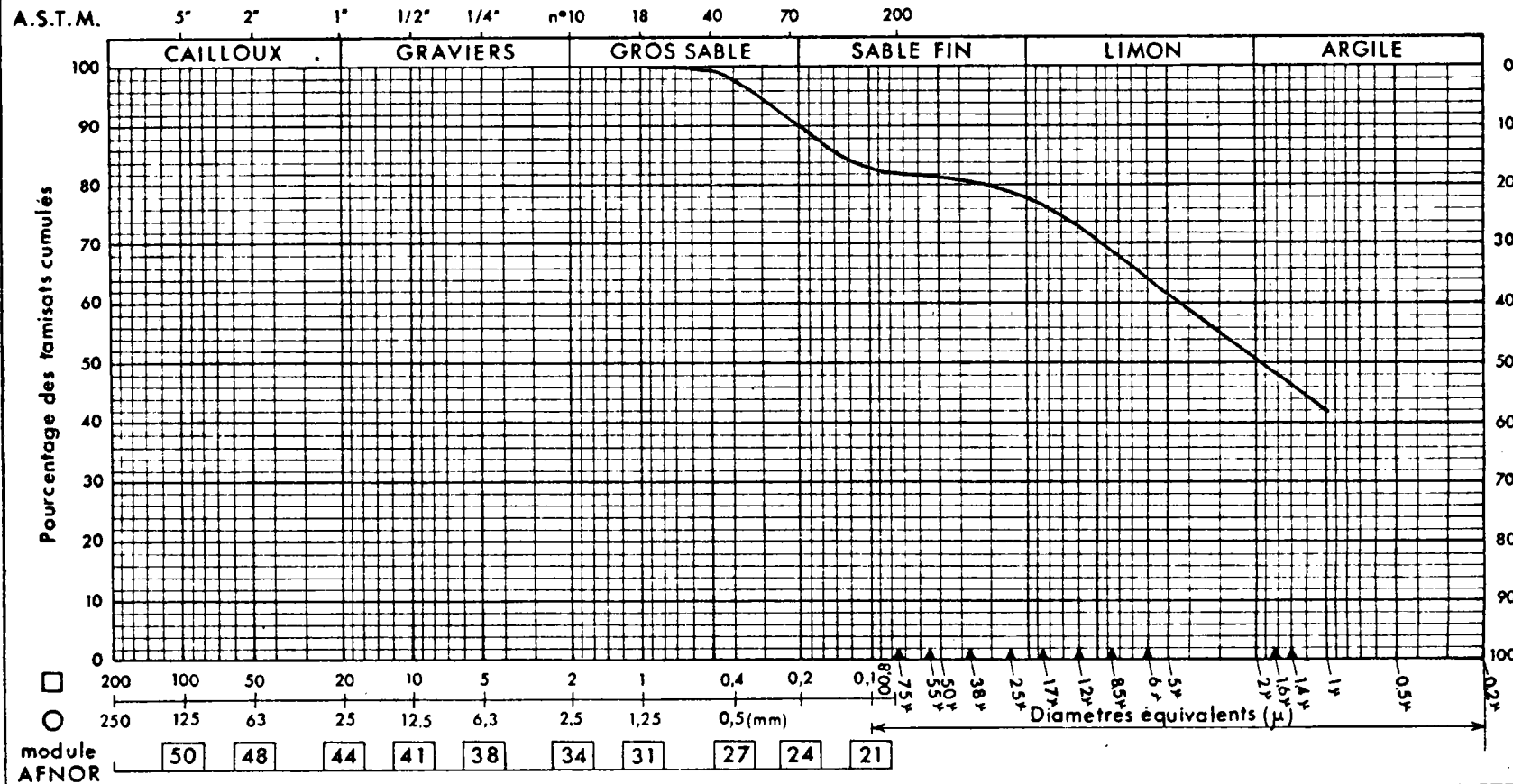


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°7 Nature : Argile sableuse
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 10,45 m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | 71 | 31 | 40 |
| | | | |

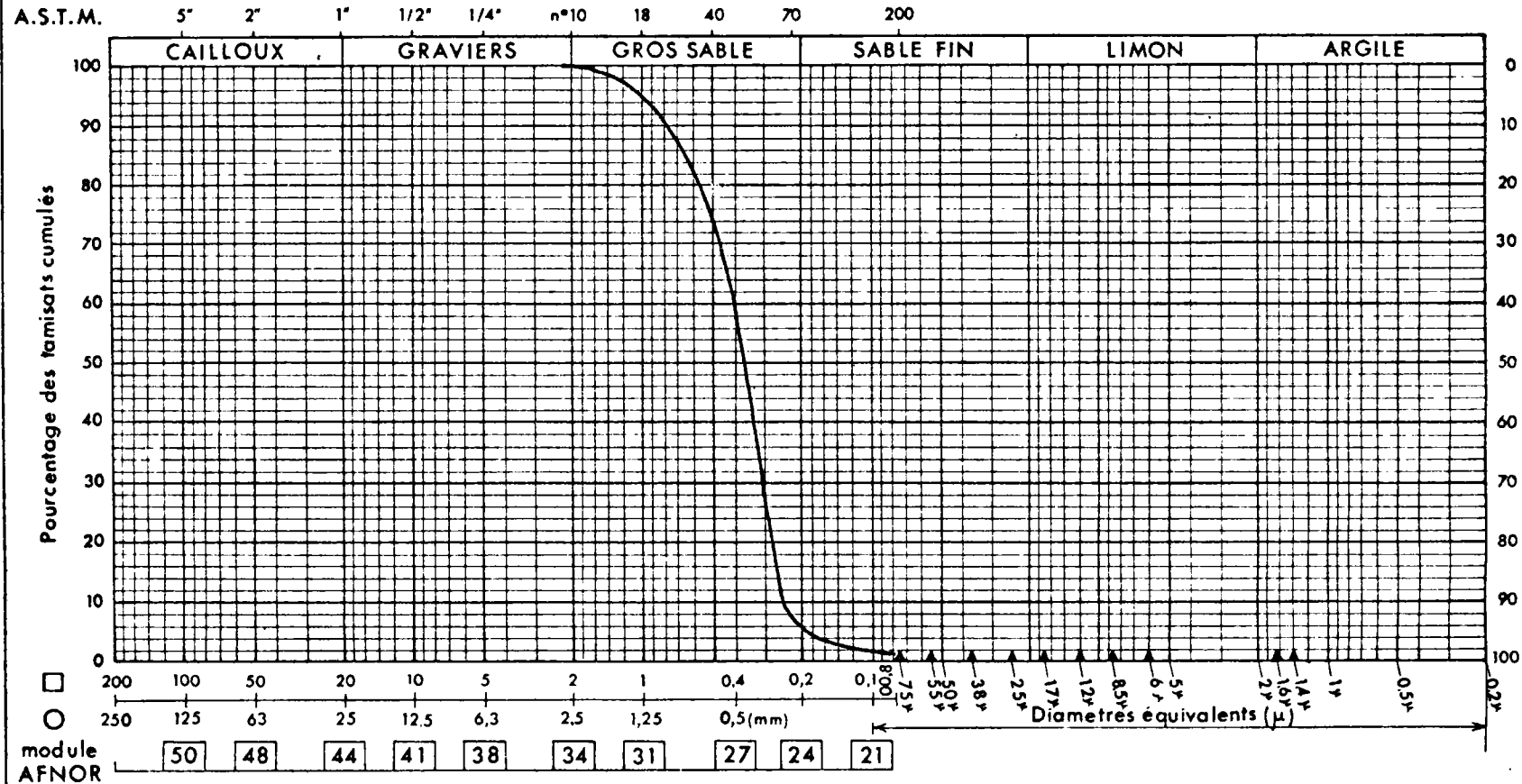


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
Echantillon n° : Gaine n°8 Nature : sable moyen
Sondage : Date de l'essai : Mai 84
Profondeur : 10,65-10,95m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

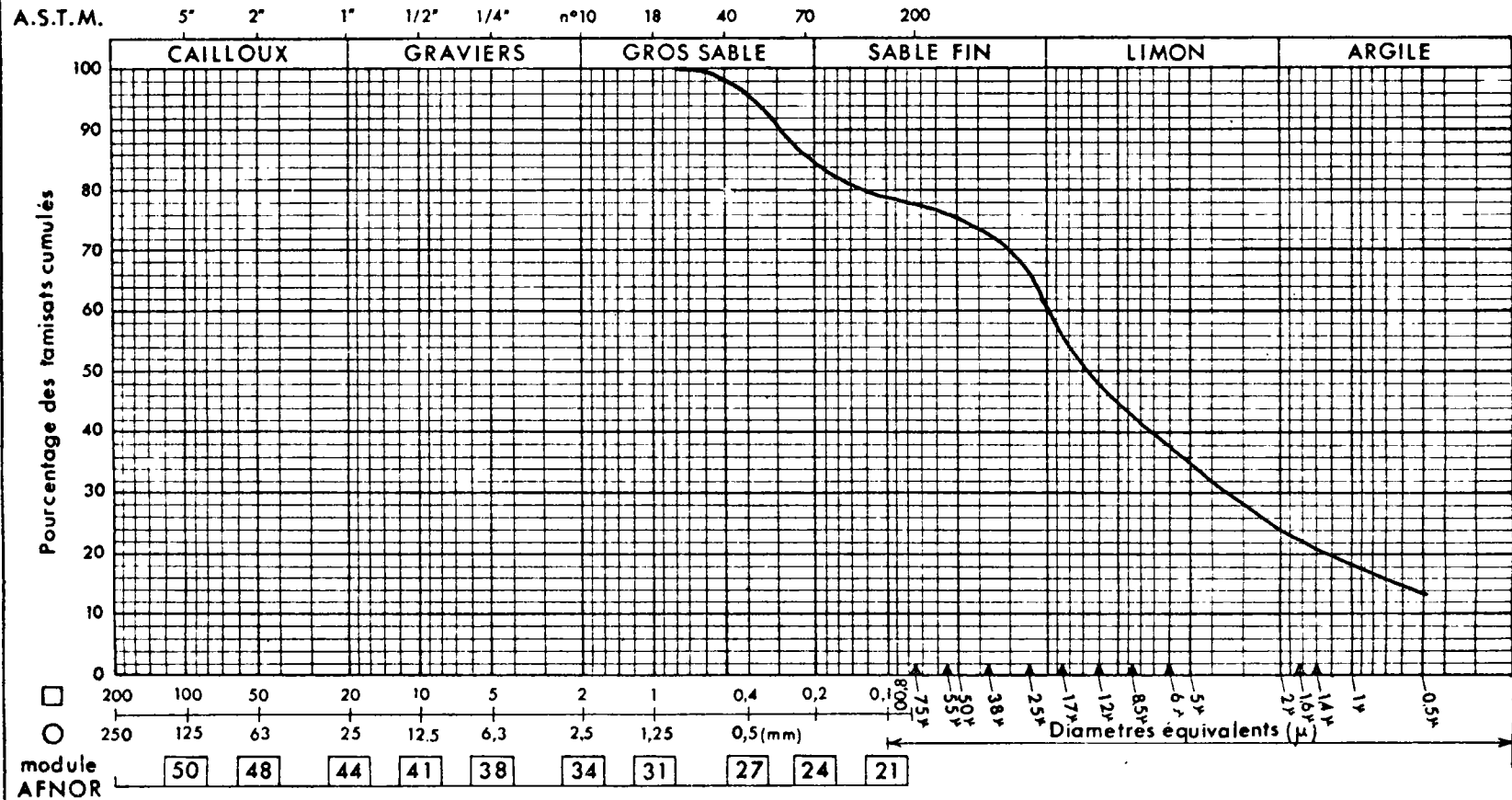


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°8 Nature : Sable fin
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 11,65 à 12,15m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | 67 | 31 | 36 |
| | | | |

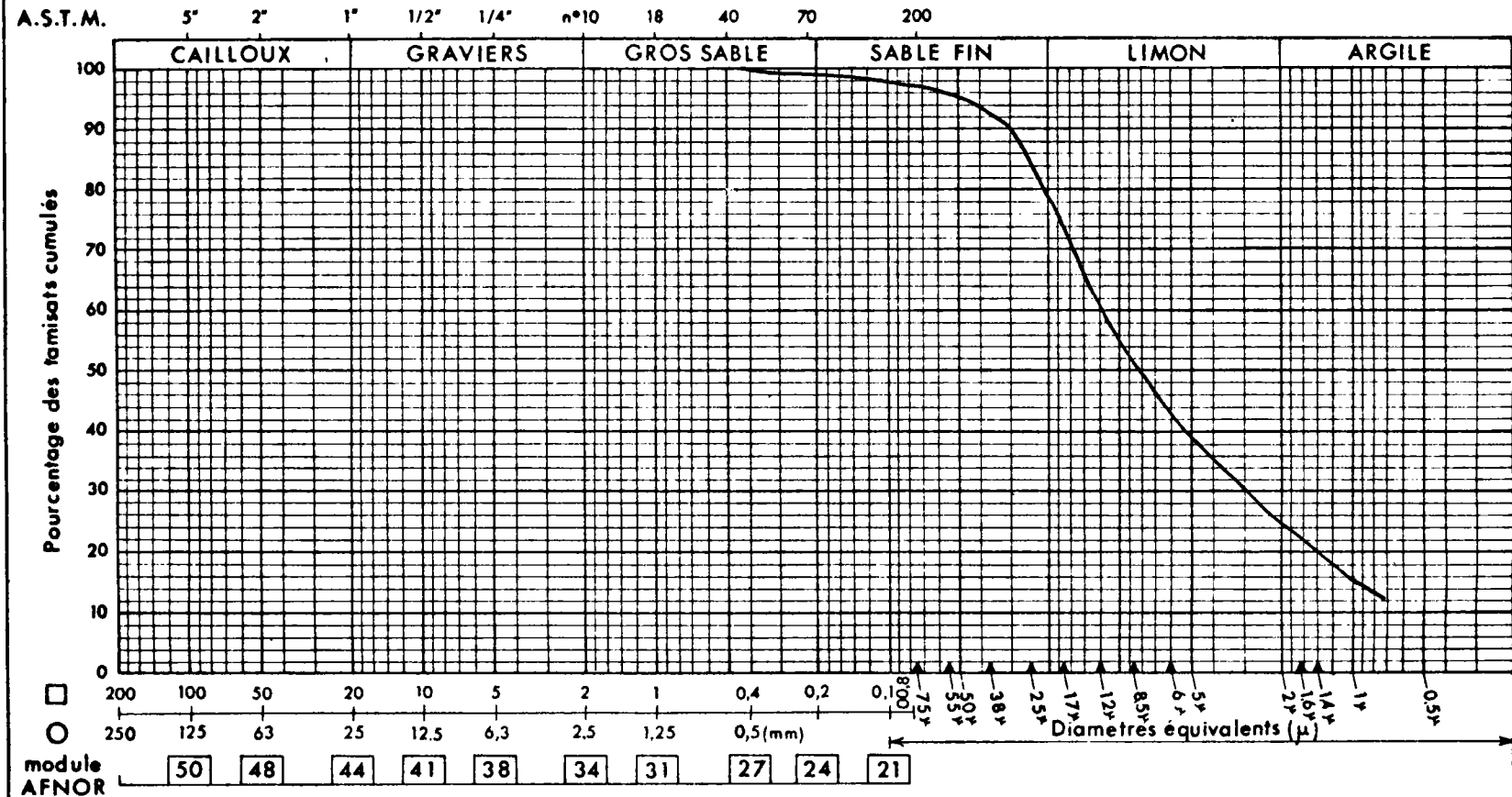


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
Echantillon n° : Gaine n°9 Nature : Silt argileux
Sondage : Date de l'essai : Mai 84
Profondeur : 13,00-13,40m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | 41 | N P | |

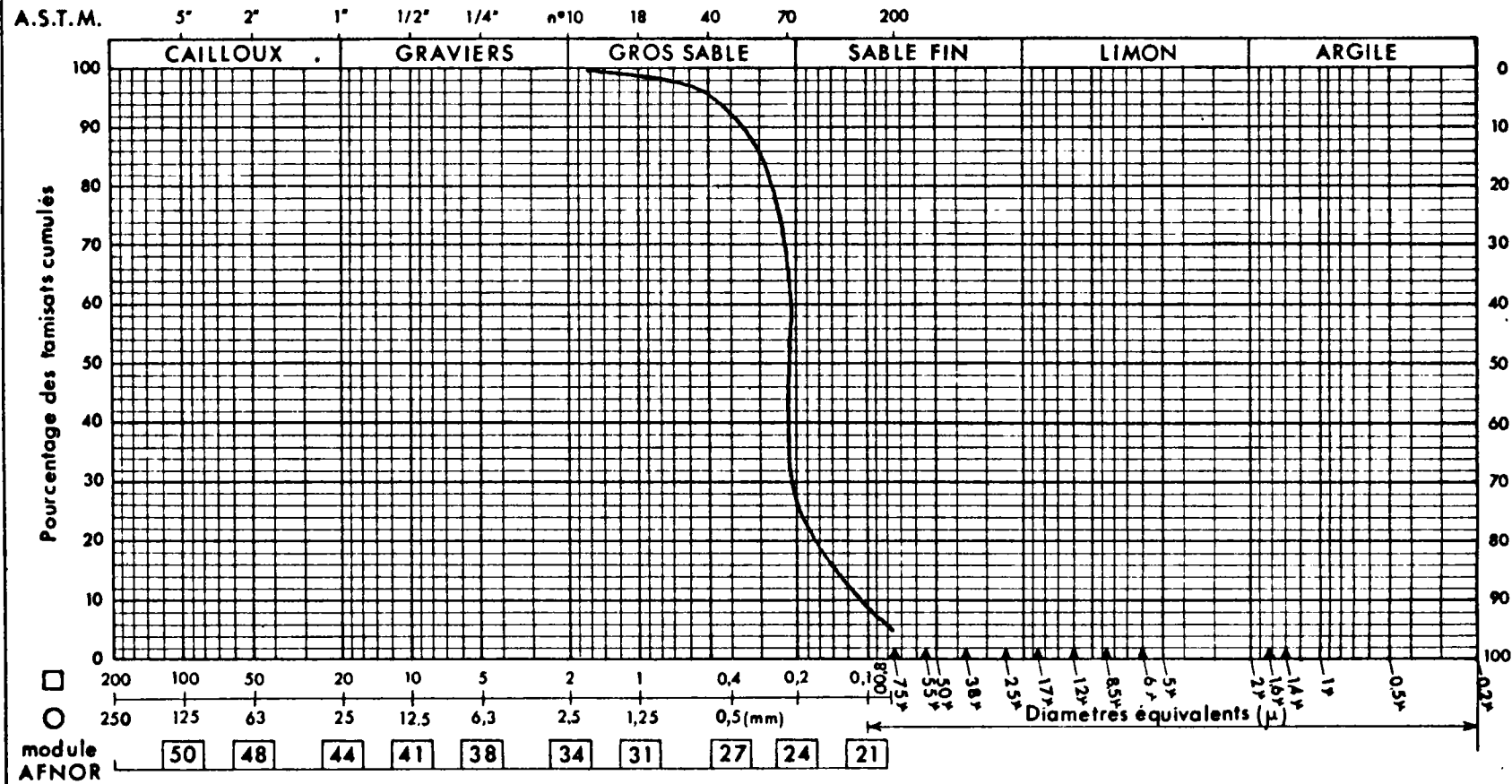


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°11 Nature : Sable fin à moyen
 Sondage : Date de l'essai : 18/05/84
 Profondeur : 14,8 à 15,2 m Poids initial sec : 604,04 gr.

| | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

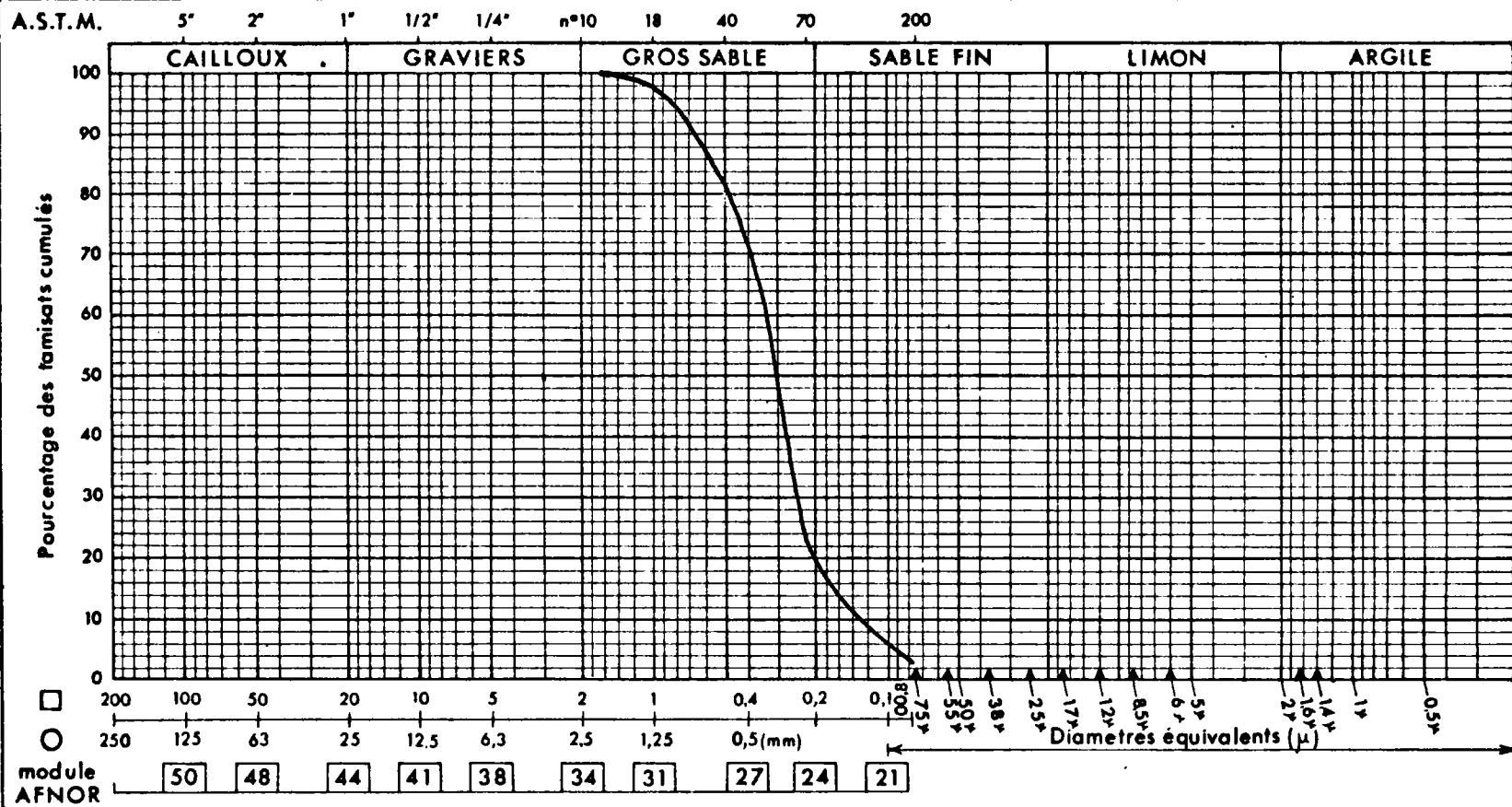


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°13 Nature : Sable moyen
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 18,00 m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |



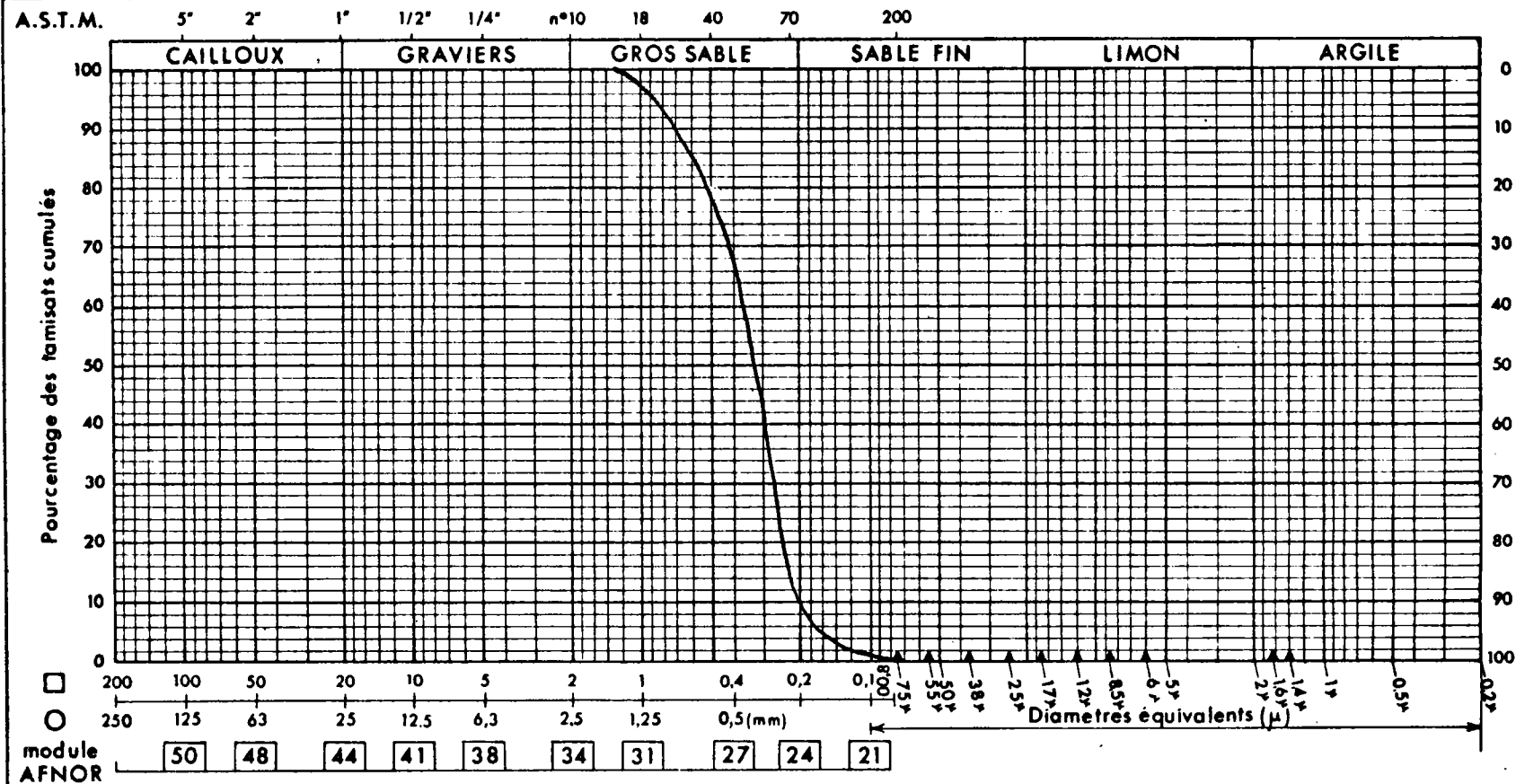
Imp. BRGM/DAG - 71/1° 3

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°17 Nature : Sable moyen
 Sondage : Date de l'essai : 18/05/84
 Profondeur : 22,05 à 22,45m Poids initial sec : 533,55 gr.

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

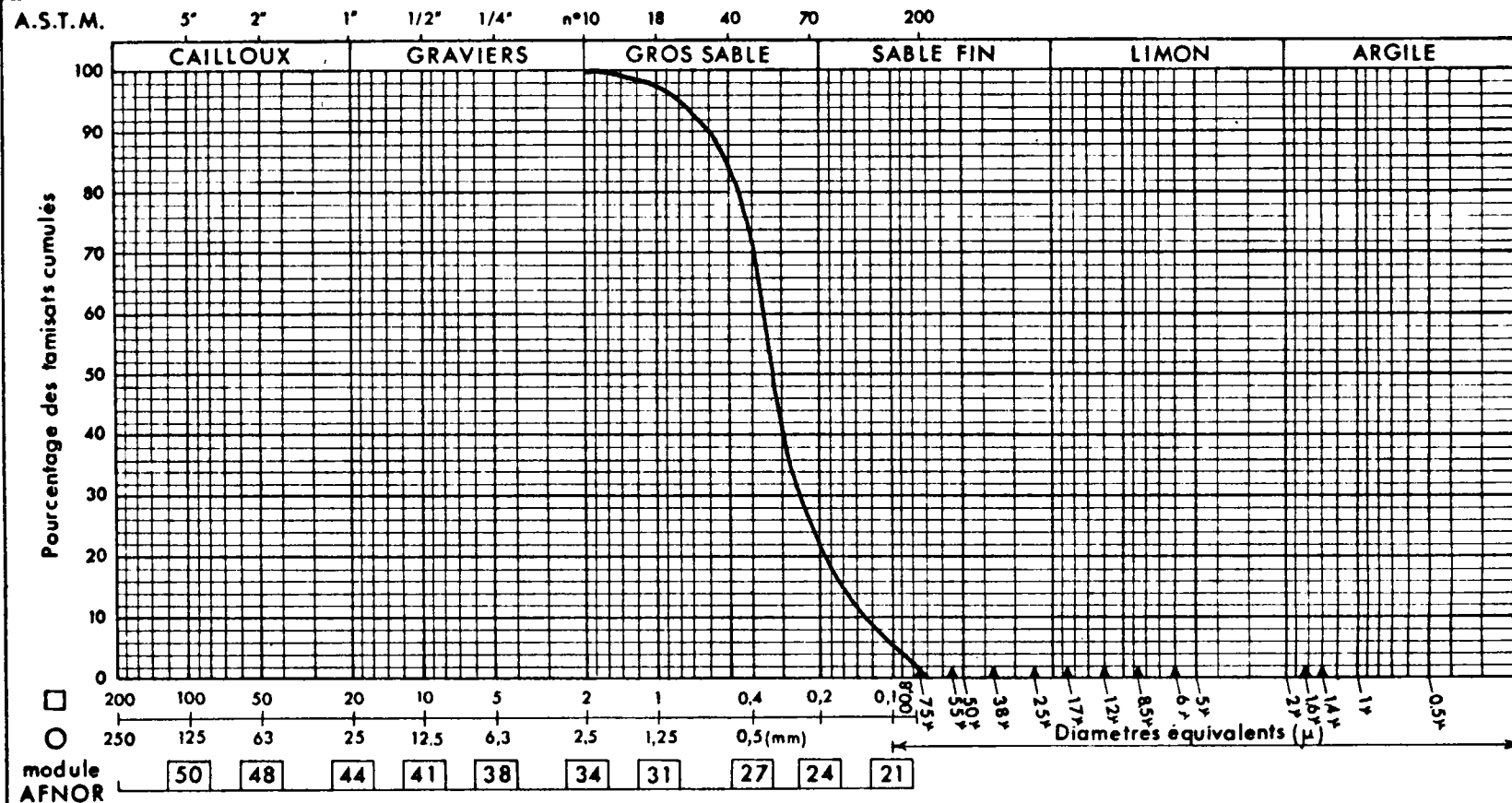


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°20 Nature : Sable moyen
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 24,50-24,95 m Poids initial sec :

| | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

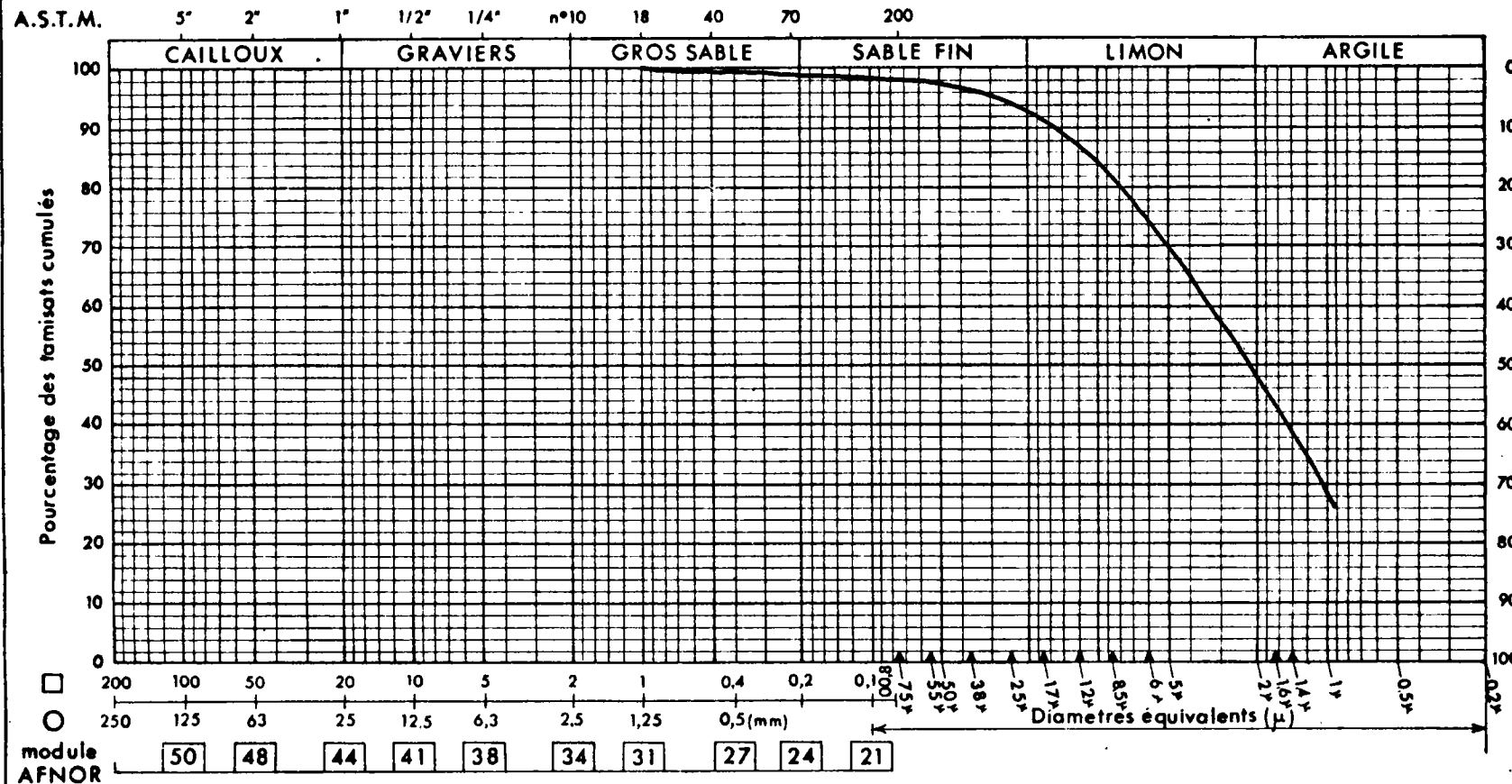


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°33 Nature : Argile silteuse
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 40,50 m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | 63 | 30 | 33 |
| | | | |

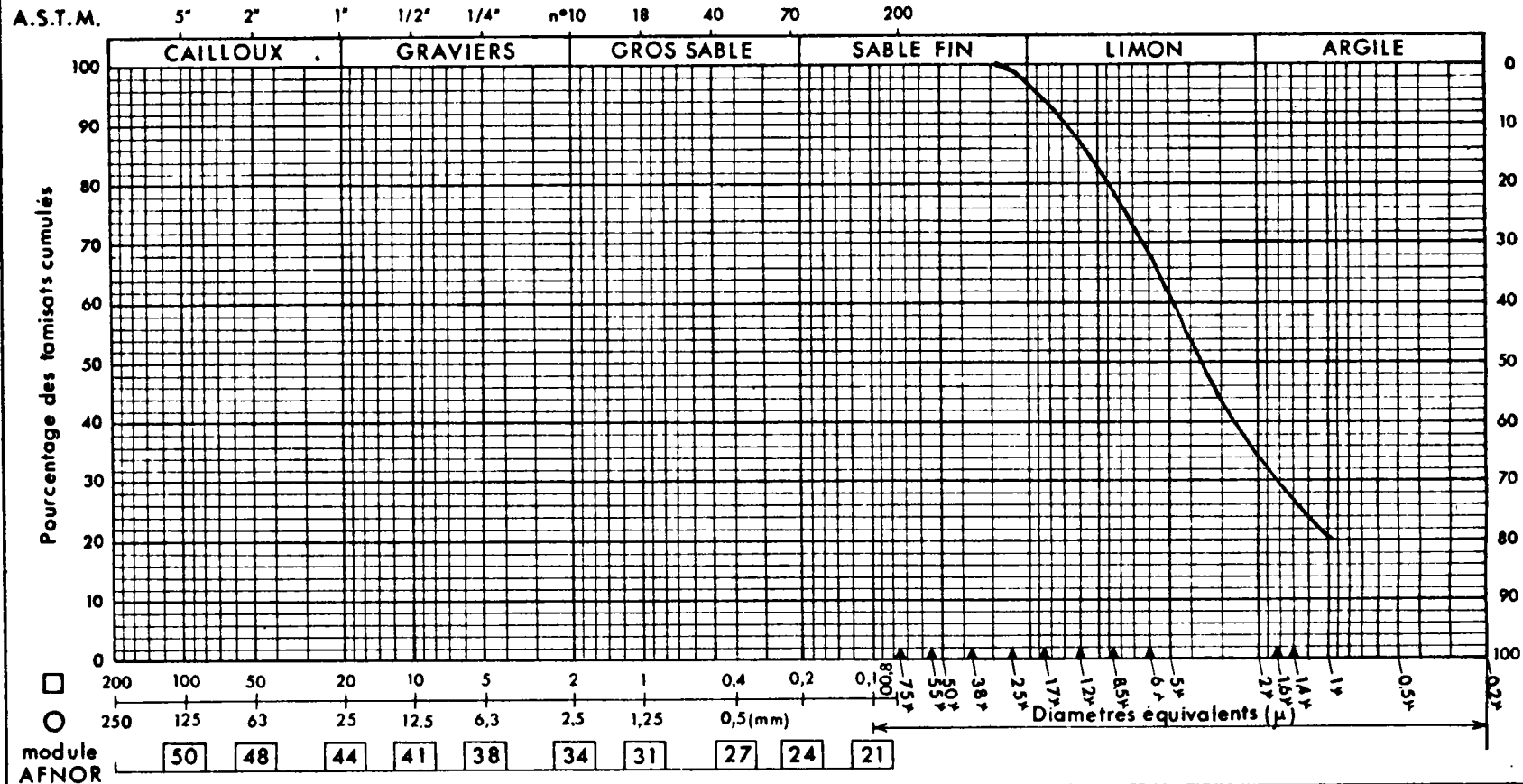


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°34 Nature : Argile silteuse
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 40,60-40,90 m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | 50 | 21 | 29 |
| | | | |

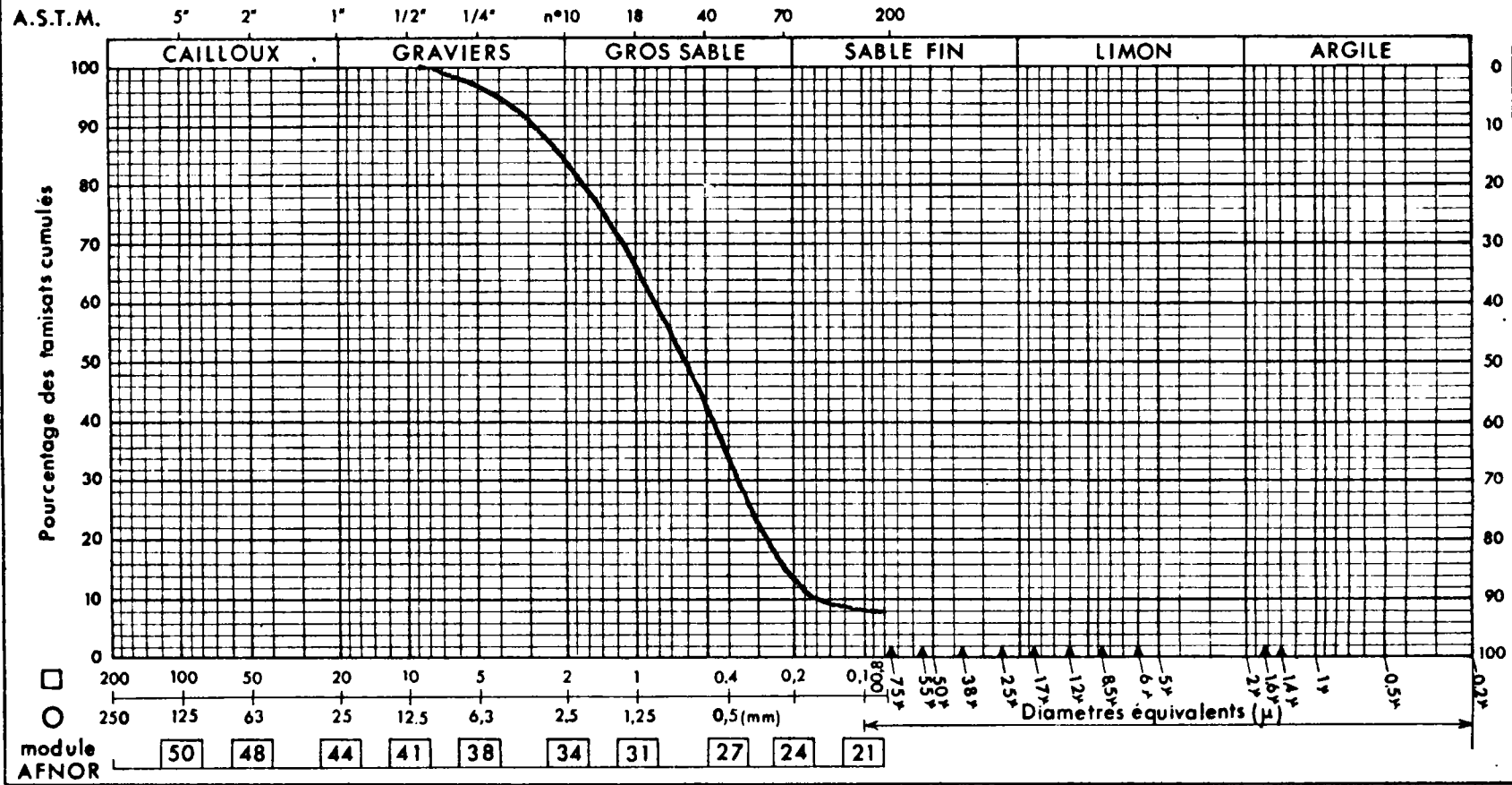


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°34 Nature : Sable grossier
 Sondage : Date de l'essai : Mai 84
 Profondeur : 41,90-42,05m Poids initial sec :

| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |



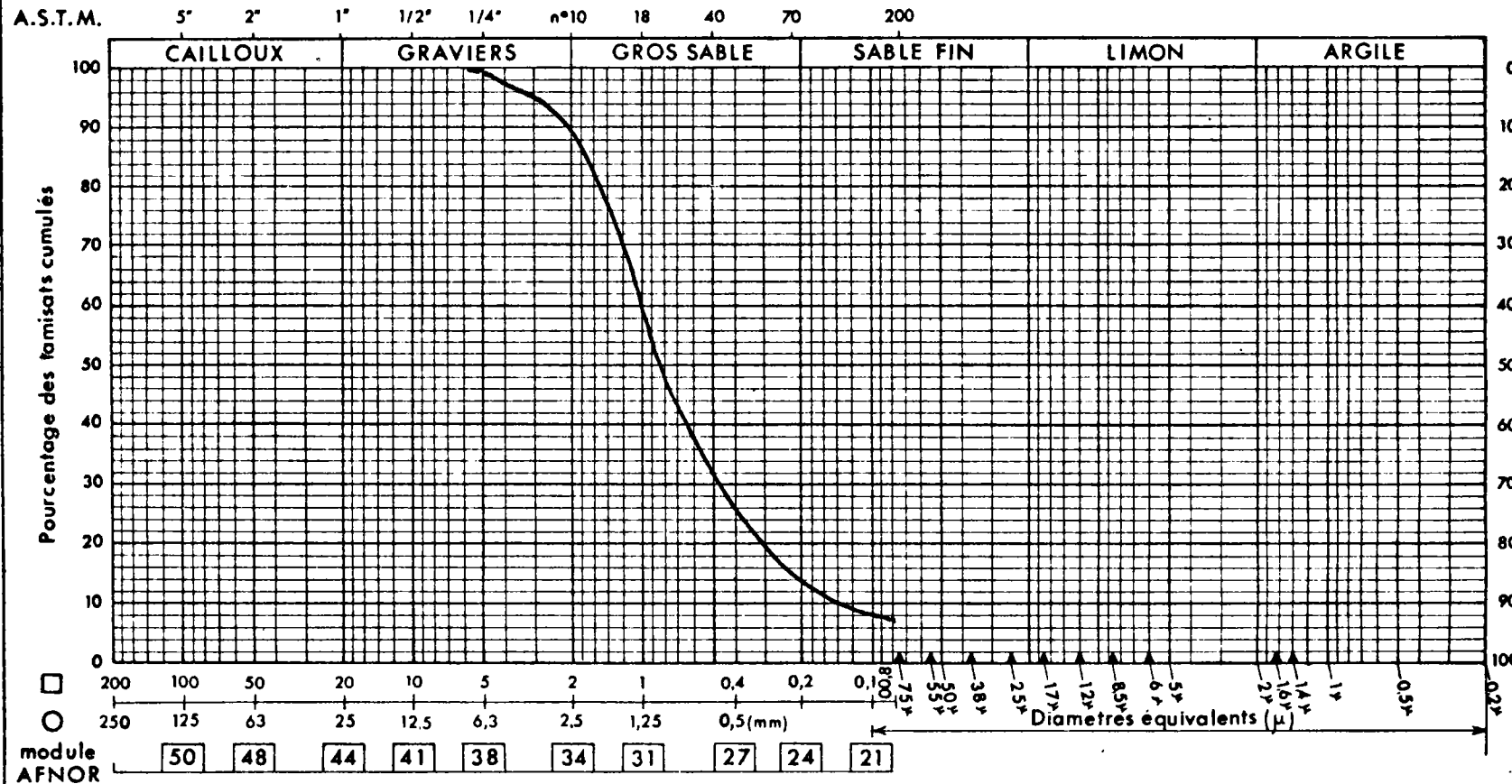
Imp. BRGM/DAG - 71/N° 3

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°38 Nature : Sable grossier
 Sondage : Date de l'essai : 18/05/84
 Profondeur : 45,05 à 45,8m Poids initial sec : 679,61 gr.

| | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |

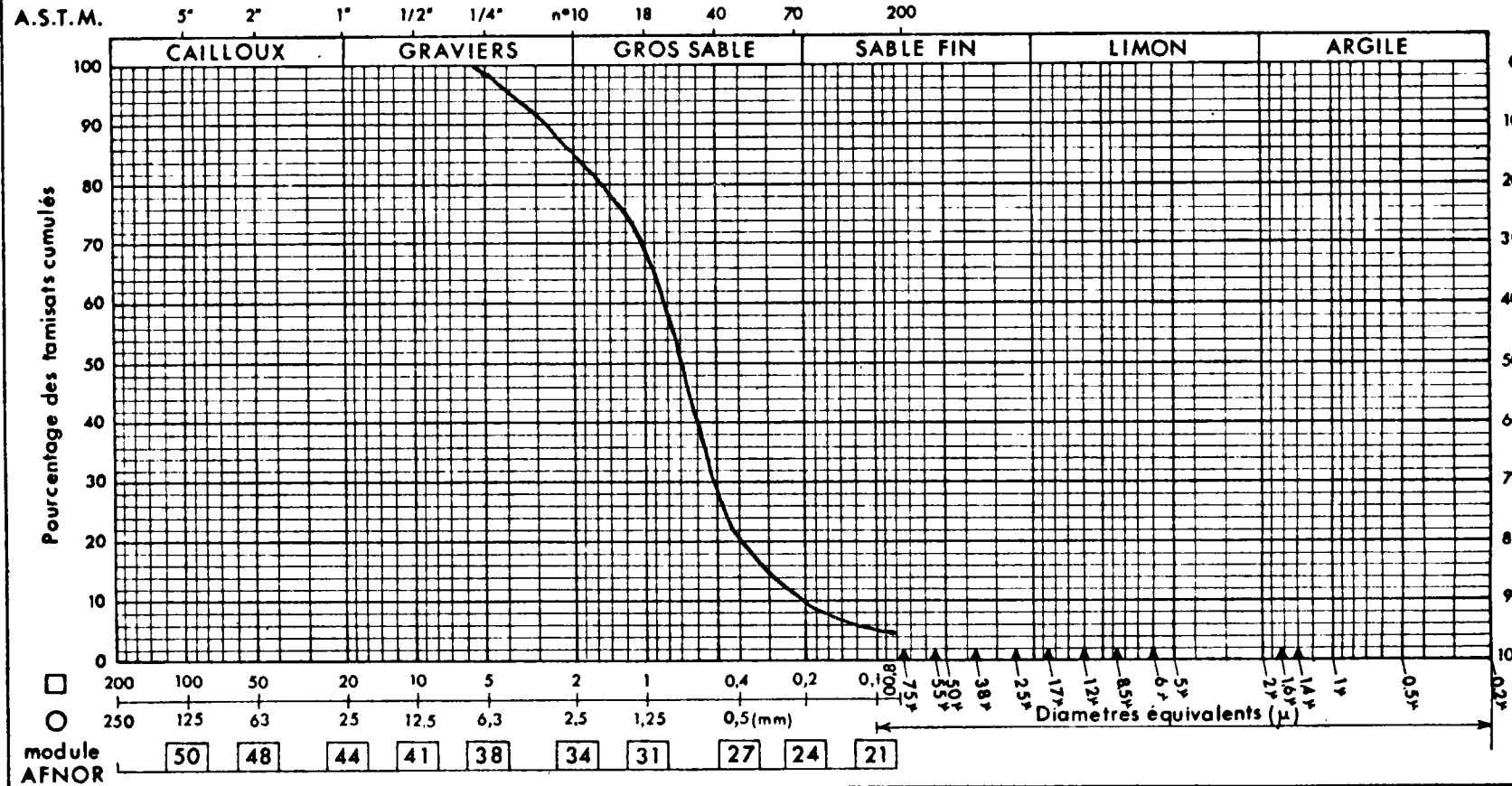


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : MEZOS
 Echantillon n° : Gaine n°40 Nature : Sable grossier
 Sondage : Date de l'essai : 18/05/84
 Profondeur : 46,4 à 47,15m Poids initial sec : 482,7 gr.

| | | | |
|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Classific. L.P.C. | Limites d'Atterberg | | |
| | W _L | W _P | I _P |
| | | | |
| | | | |



RESULTATS DES ESSAIS DE COMPRESSION SIMPLE
REALISES SUR LE LIGNITE

ESSAIS DE COMPRESSION SIMPLE

Provenance : MEZOS SUD

Sondage : C 201

Cote :

Vitesse de montée en charge :

Vitesse de déplacements : 0,5 mm/mn

Echantillon : gaine n° 33

Nature géologique : lignite

| N° | Diam. (cm) | Haut. (cm) | Elan- cement | Force (daN) | Surface (cm ²) | Rc (MPa) | Observations |
|----------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| | D | L | $e = \frac{L}{D}$ | F | $S = \pi \frac{D^2}{4}$ | $R_c = \frac{F \cdot 1}{S \cdot 10}$ | |
| 39,10 39,30 | 10,06 | 19,91 | 1,98 | 1 114 | 79,49 | 1,4 | Ruptures multiples sui- vant un angle de 50° par rapport à l'horizon- tale $W_{nat} = 150 \%$ $\gamma_d = 0,47 \text{ T/m}^3$ |
| 39,95 40,15 | 10,10 | 19,61 | 1,94 | 813 | 80,12 | 1,0 | Rupture en diabololo $W_{nat} = 146 \%$ $\gamma_d = 0,46 \text{ T/m}^3$ |
| Moyenne | | | | | | | |

ESSAIS DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE

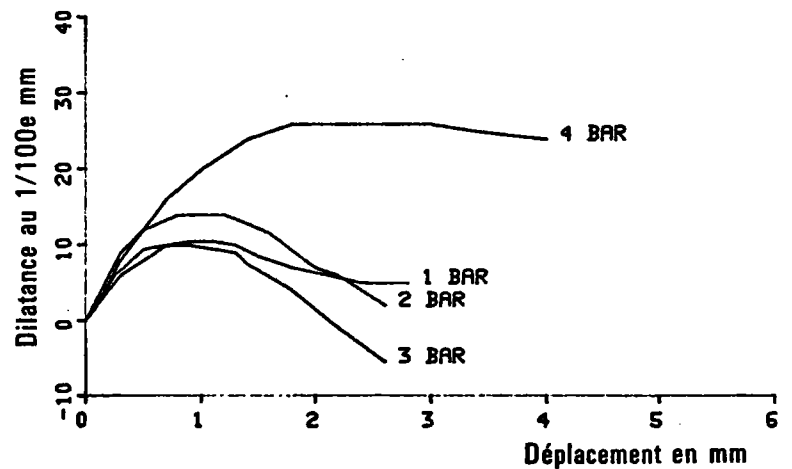
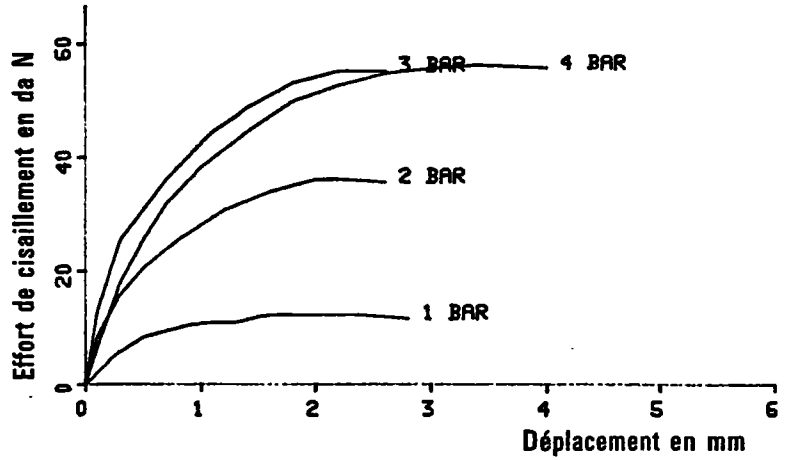


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Prél. GAINÉ 3 | Prof. 5.65- | 6.37 |
| Nature : SABLE FIN DUNAIRE | | |
| WL : | Ip : | < 80 μ : 7% |
| Echantillon : INTACT | | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | | |

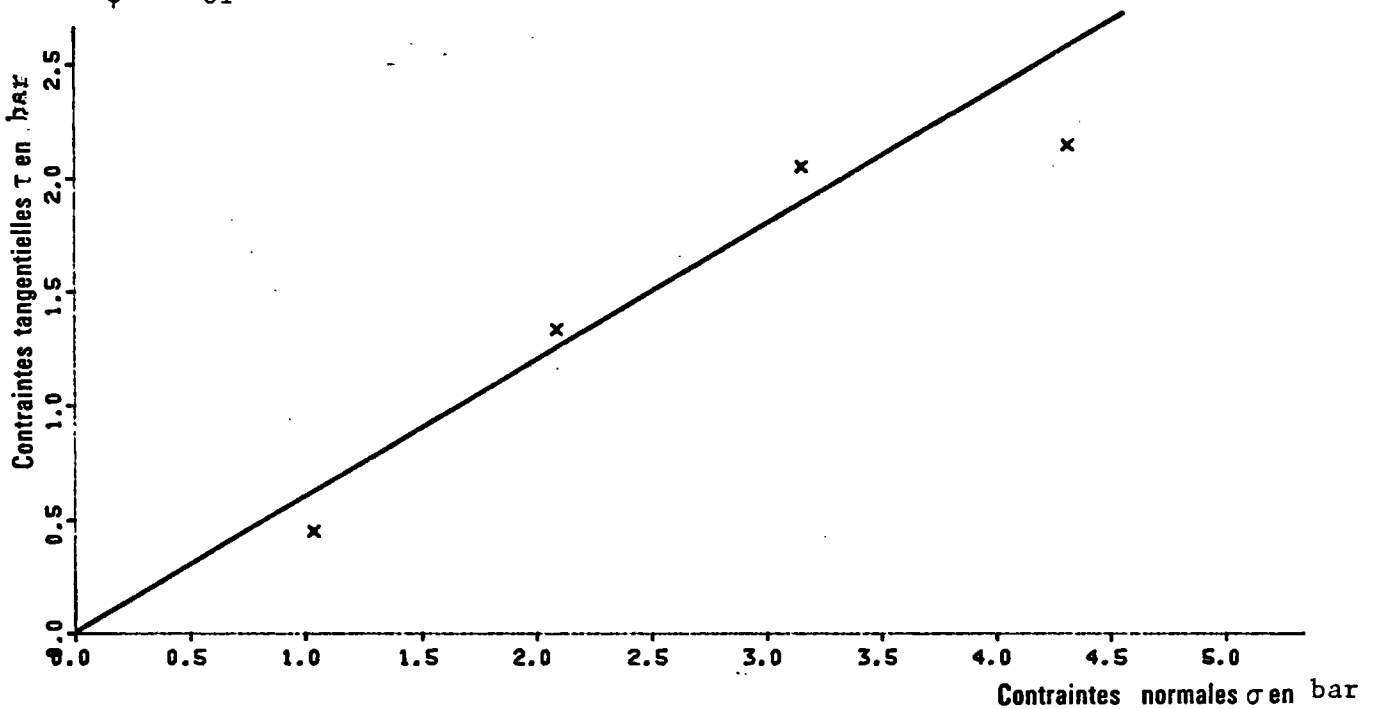
| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 15.7 | 20.4 | 19.5 | 19.2 |
| W final % | 23.4 | 20.6 | 22.2 | 24.5 |
| γ d initial T/M ³ | 1.68 | 1.72 | 1.66 | 1.68 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.04 | 2.09 | 3.15 | 4.31 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.45 | 1.34 | 2.05 | 2.15 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :

$C' = 0 \text{ bar}$

$\phi' = 31^\circ$



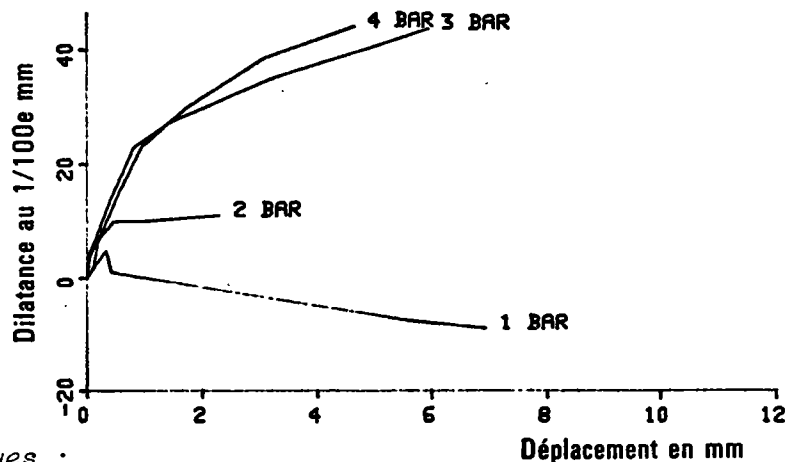
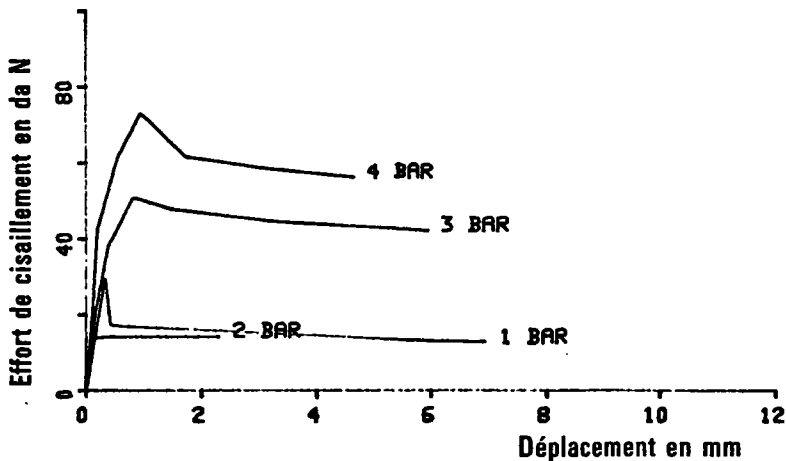


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

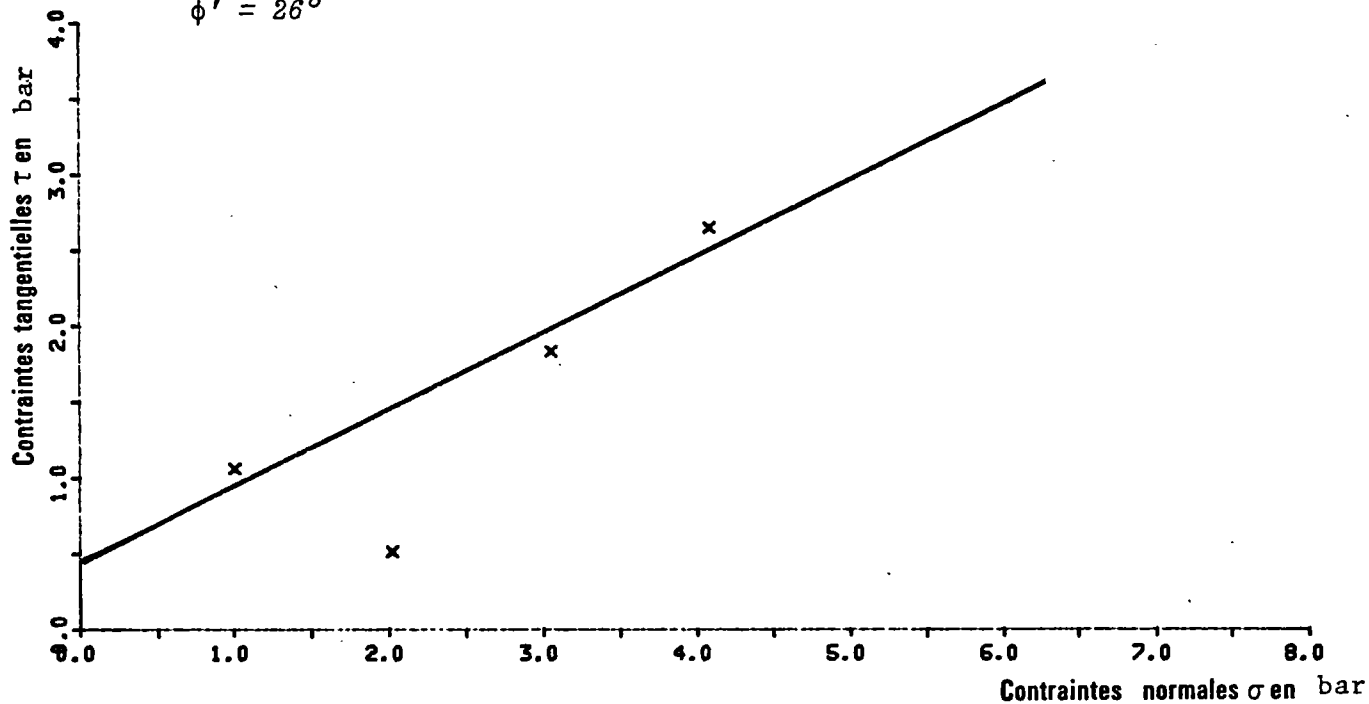
| | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Prél. GAINÉ 8 | Prof. 11.65- 12.15 |
| Nature : ARGILE SABLEUSE | |
| WL : 67 | Ip : 36 < 80 μ : 78 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 30.8 | 32.1 | 30.8 | 30.2 |
| W final % | 37.0 | 31.8 | 34.7 | 27.9 |
| γ d initial T/M ³ | 1.40 | 1.38 | 1.46 | 1,4 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.01 | 2.02 | 3.05 | 4.08 |
| Vit. def. mm/mn | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| τ max bar | 1.06 | 0.52 | 1.84 | 2.66 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :

$C' = 0,45 \text{ bar}$
 $\phi' = 26^\circ$



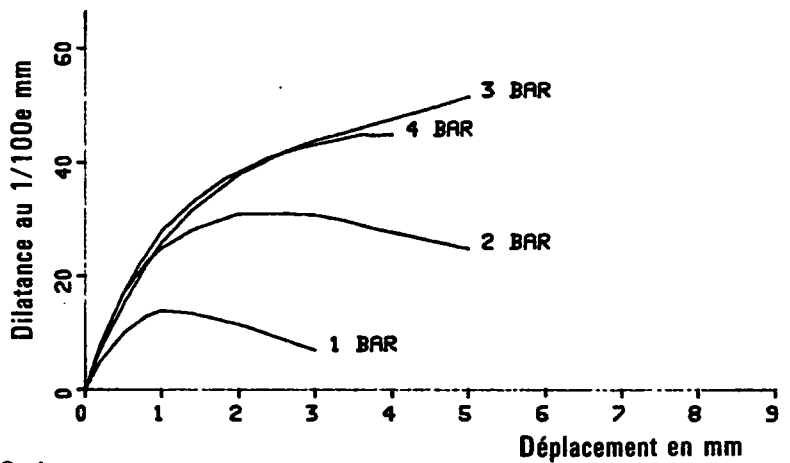
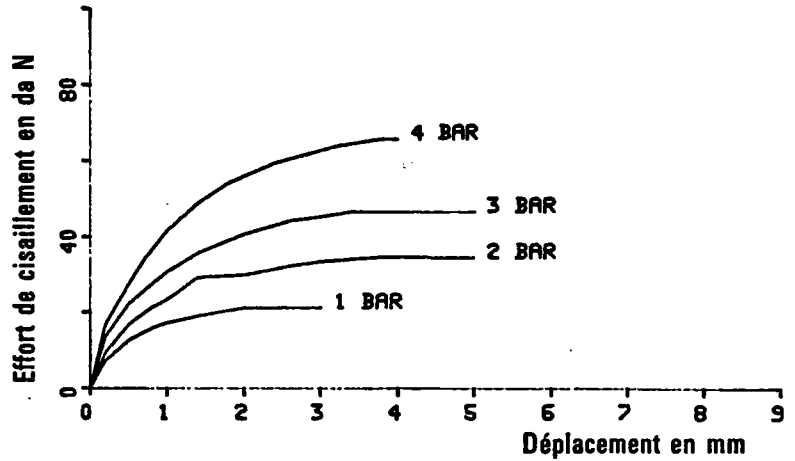


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

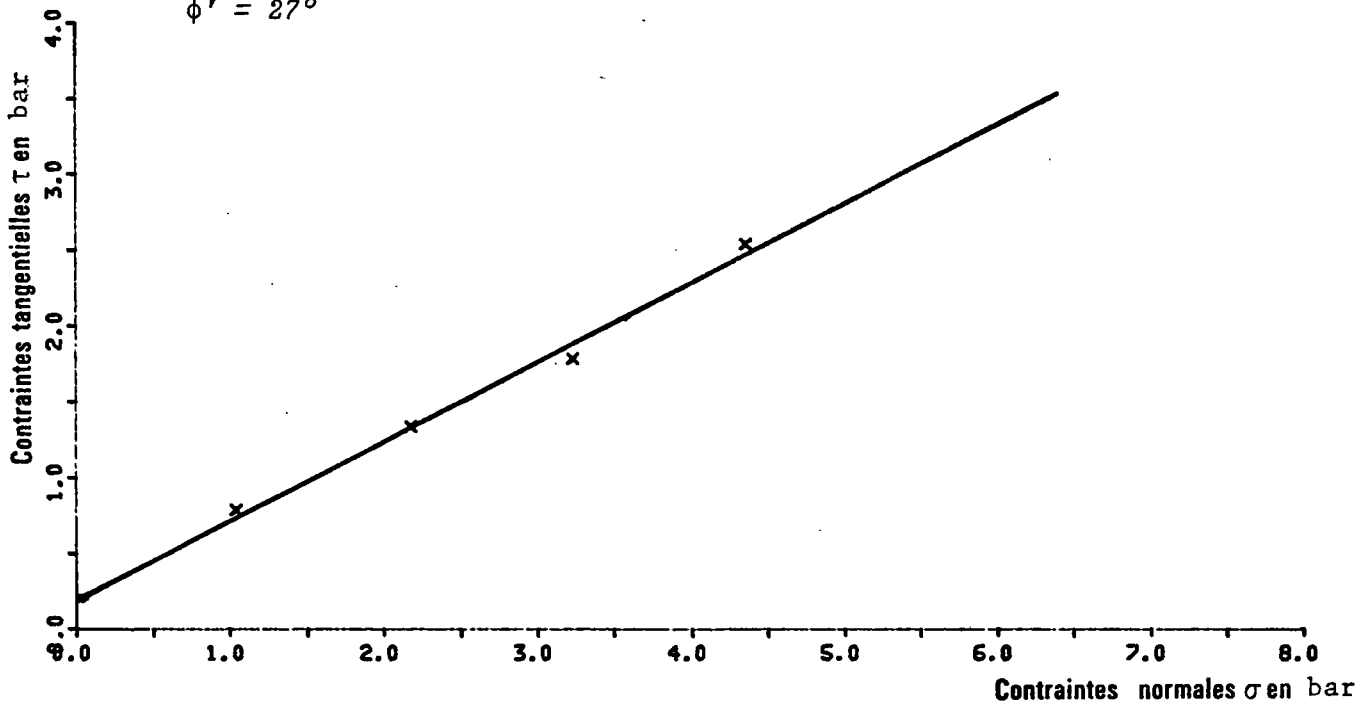
Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 11 | Prof. 14.80- 15.20 |
| Nature : SABLE FIN A MOYEN | |
| WL : — | Ip : < 80 μ : 5 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 33.2 | 32.9 | 32.1 | 32.6 |
| W final % | 36.3 | 35.5 | 35.6 | 35.0 |
| γ d initial T/M ³ | 1.42 | 1.45 | 1.46 | 1.41 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.04 | 2.18 | 3.23 | 4.35 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.79 | 1.34 | 1.79 | 2.54 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $C' = 0,2 \text{ bar}$
 $\phi' = 27^\circ$



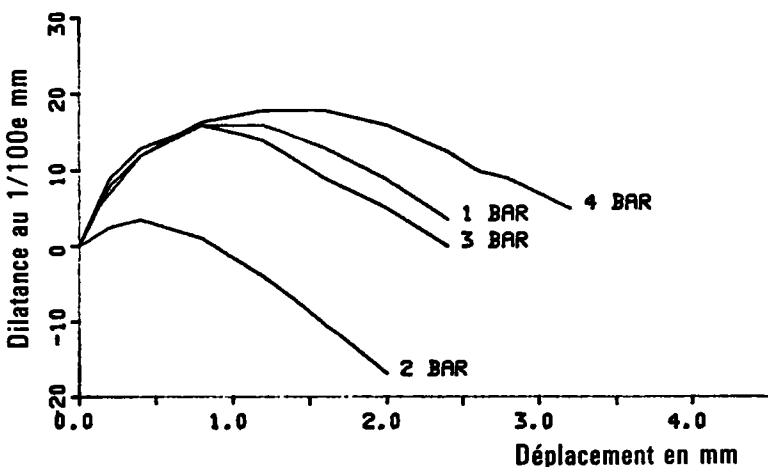
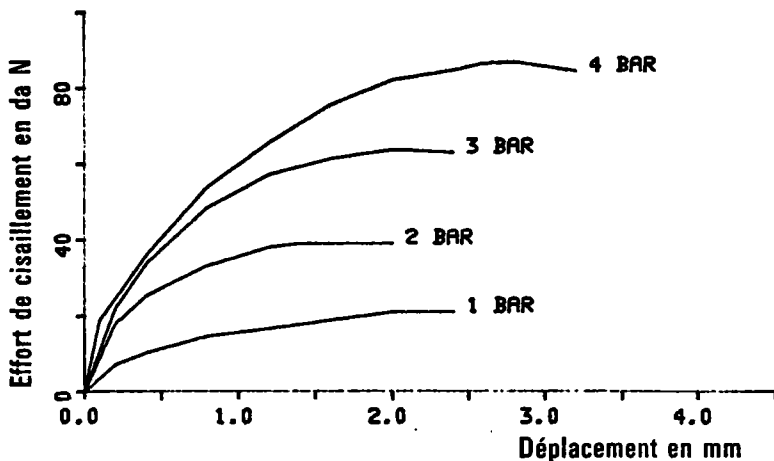


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

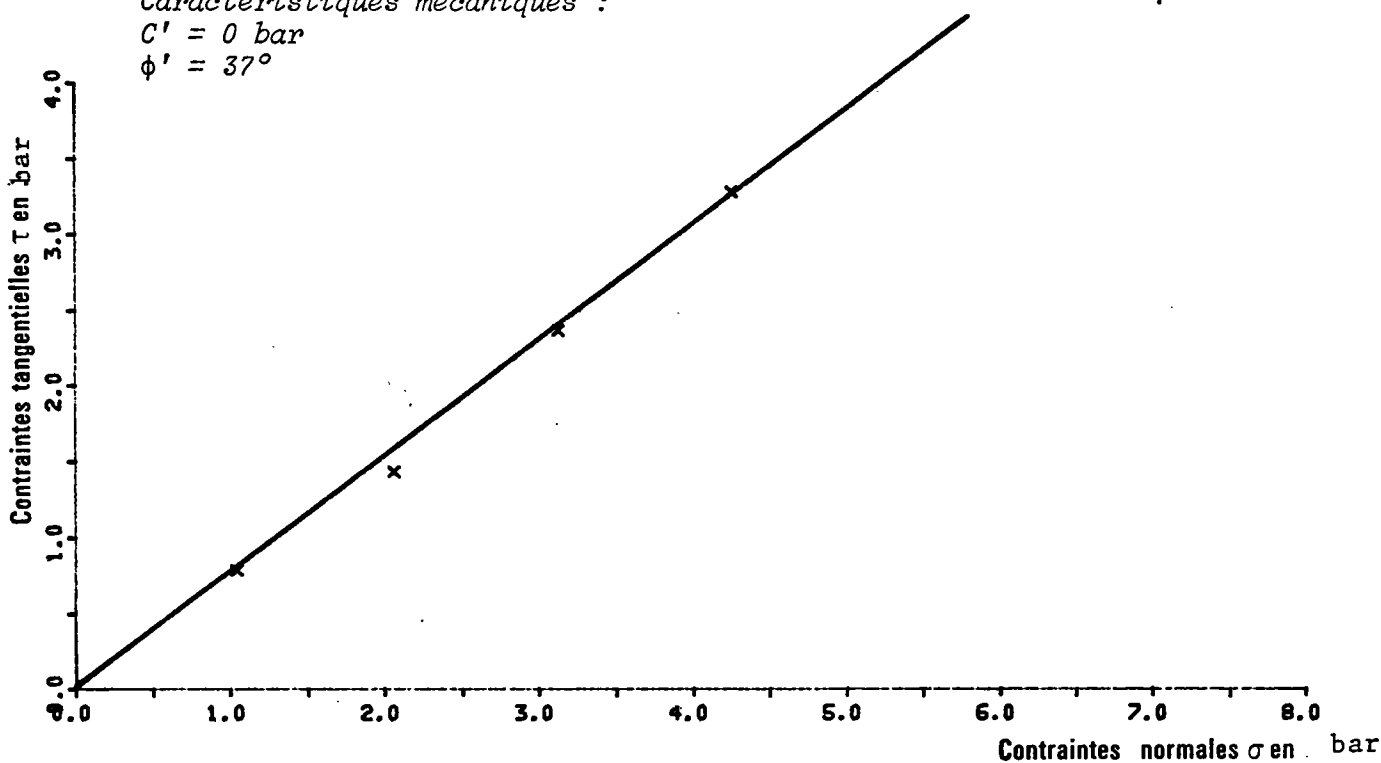
Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 13 | Prof. 18.00- 18.50 |
| Nature : SABLE MOYEN | |
| WL : | Ip : < 80 μ : 3 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 19.9 | 20.6 | 21.1 | 18.2 |
| W final % | 20.5 | 21.8 | 20.6 | 19.6 |
| γ d initial T/M ³ | 1.73 | 1.75 | 1.74 | 1.70 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.04 | 2.06 | 3.13 | 4.25 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.79 | 1.44 | 2.37 | 3.28 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
C' = 0 bar
φ' = 37°



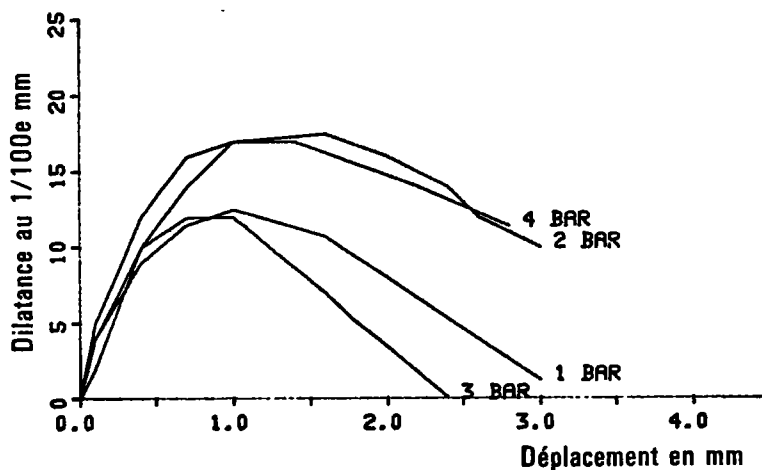
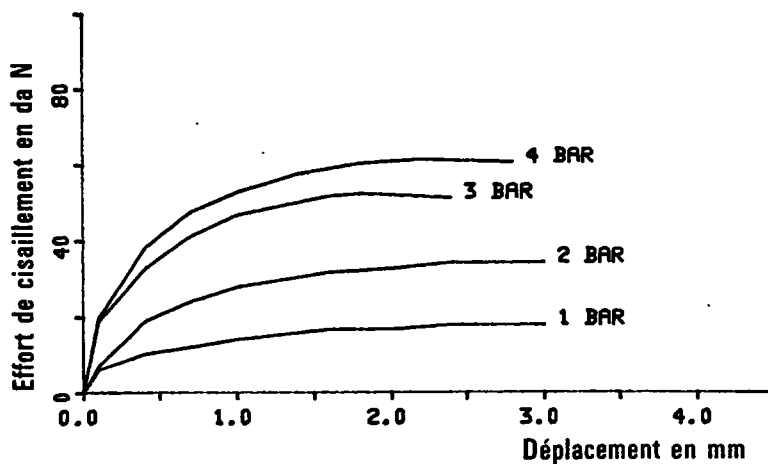


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 19 | Prof. 23.70- 23.90 |
| Nature : SABLE MOYEN | |
| WL : | Ip : < 80 μ : |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

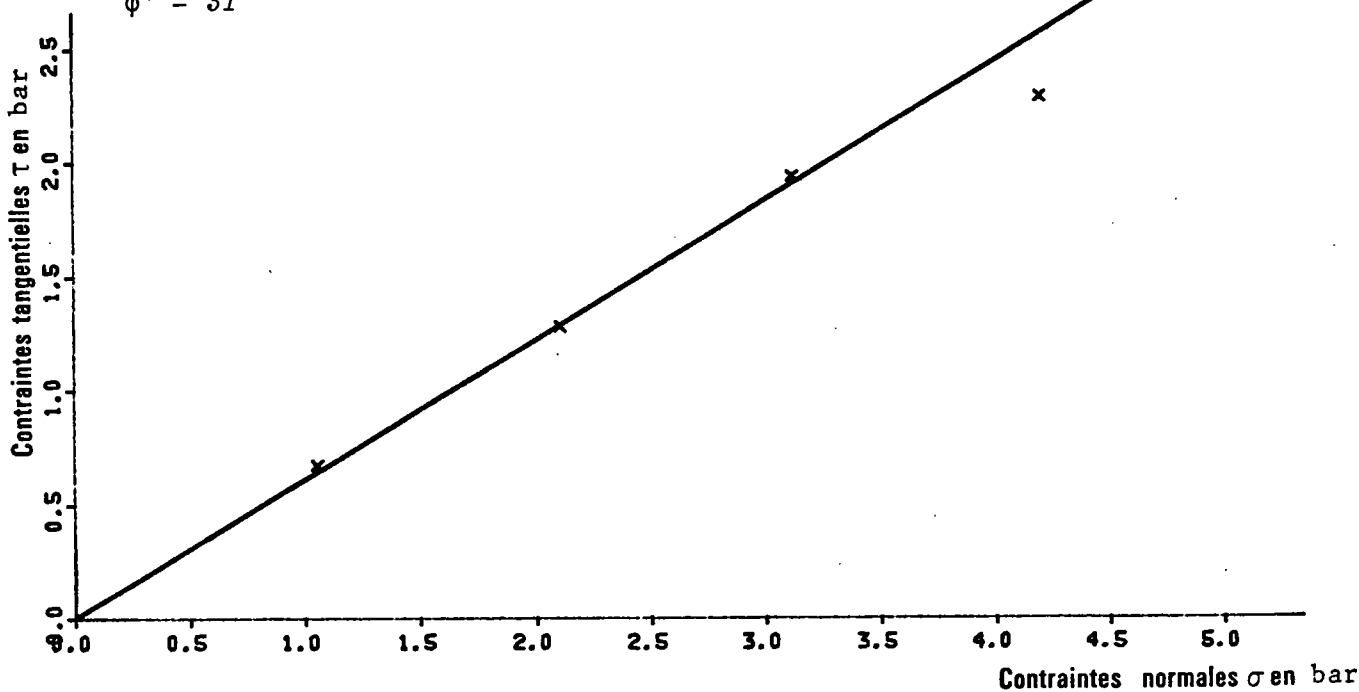
| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 22.6 | 20.7 | 18.7 | 18.1 |
| W final % | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 22.0 |
| γ_d initial T/M ³ | 1.72 | 1.65 | 1.74 | 1.78 |
| γ_d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.05 | 2.11 | 3.12 | 4.20 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.67 | 1.29 | 1.94 | 2.29 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :

$C' = 0 \text{ bar}$

$\phi' = 31^\circ$

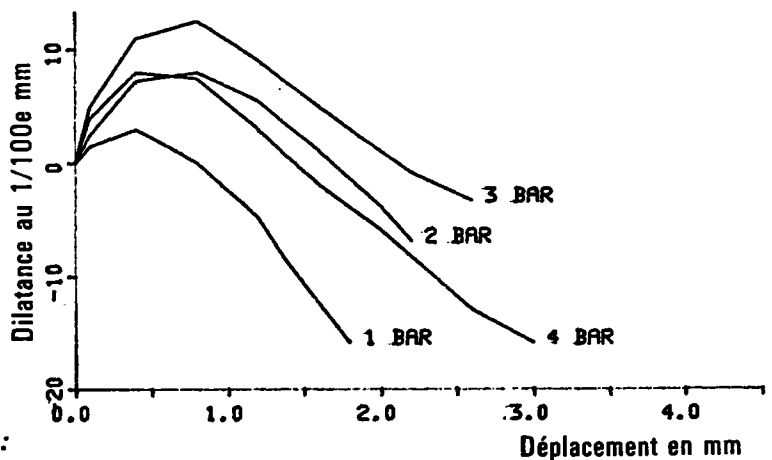
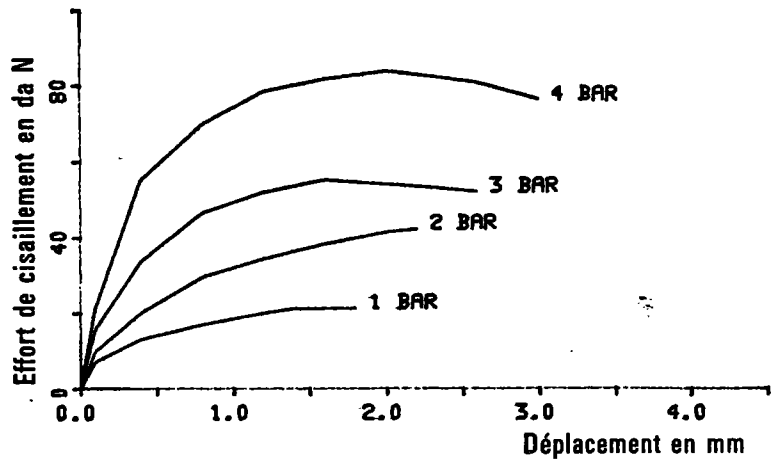


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 20 | Prof 24.50 - 24.95 |
| Nature : SABLE MOYEN | |
| WL : | Ip : < 80 μ : 2 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

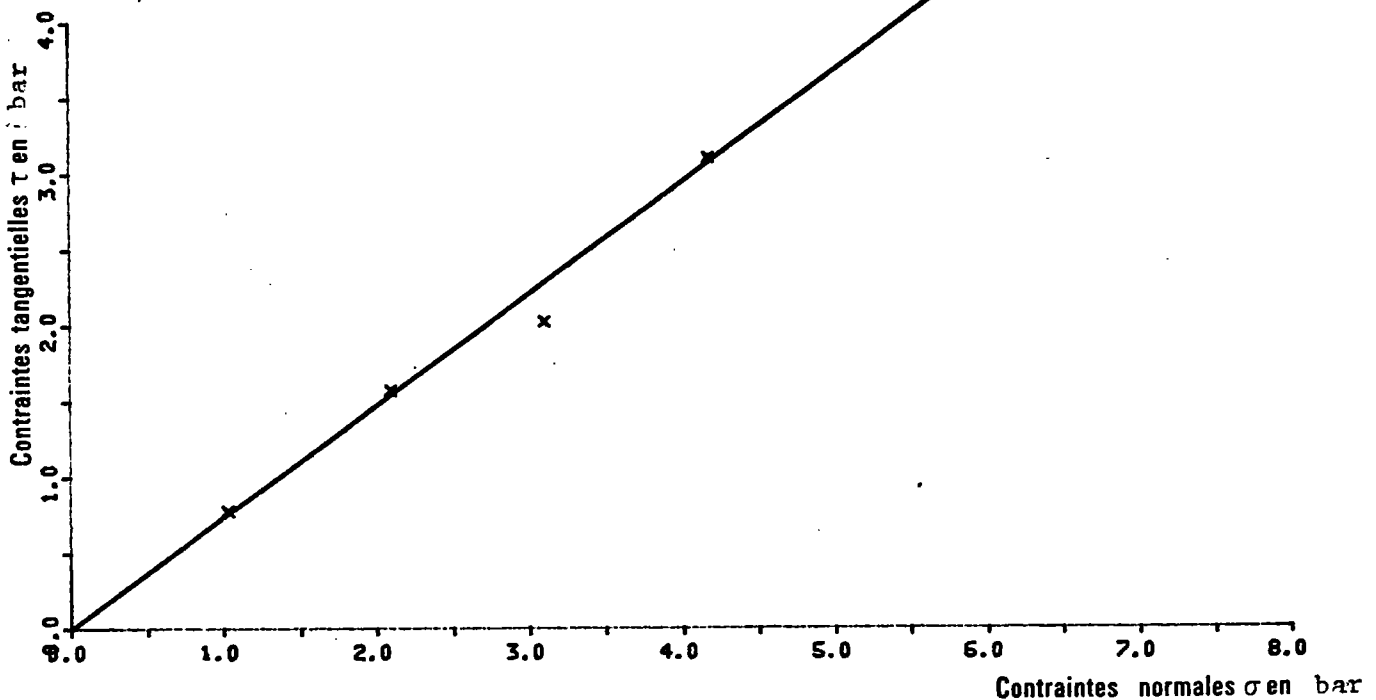
| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 22.9 | 22.5 | 30.9 | 18.5 |
| W final % | 22.1 | 21.9 | 20.3 | 20.5 |
| γ d initial T/M ³ | 1.71 | 1.63 | 1.59 | 1.75 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.03 | 2.10 | 3.11 | 4.18 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.78 | 1.57 | 2.03 | 3.11 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :

$C' = 0 \text{ bar}$

$\phi' = 36^\circ$

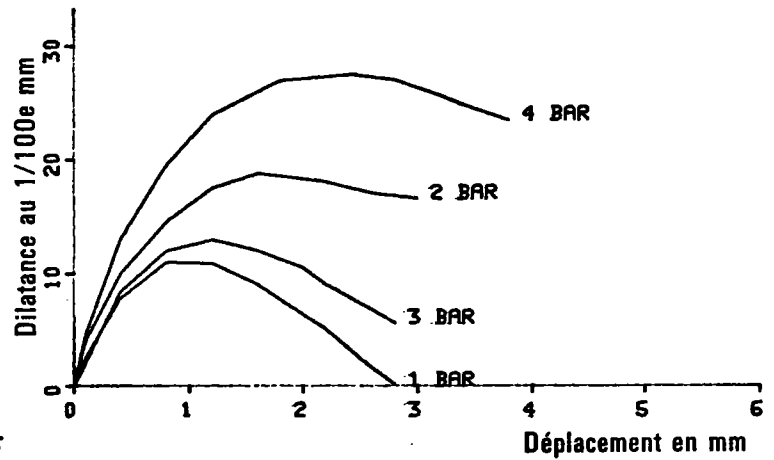
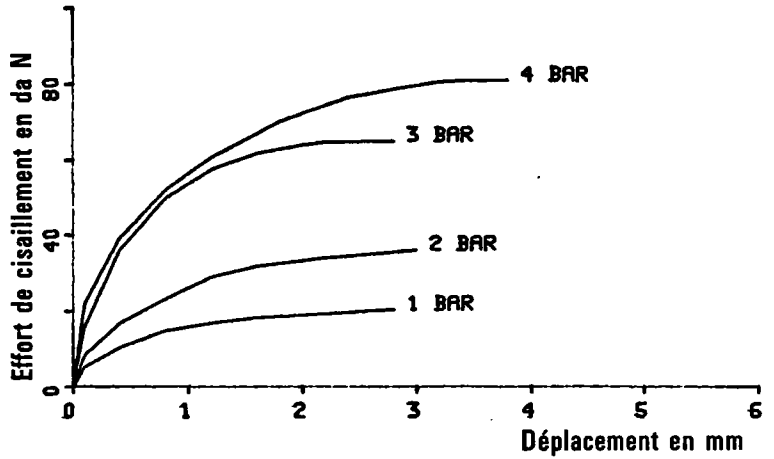


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

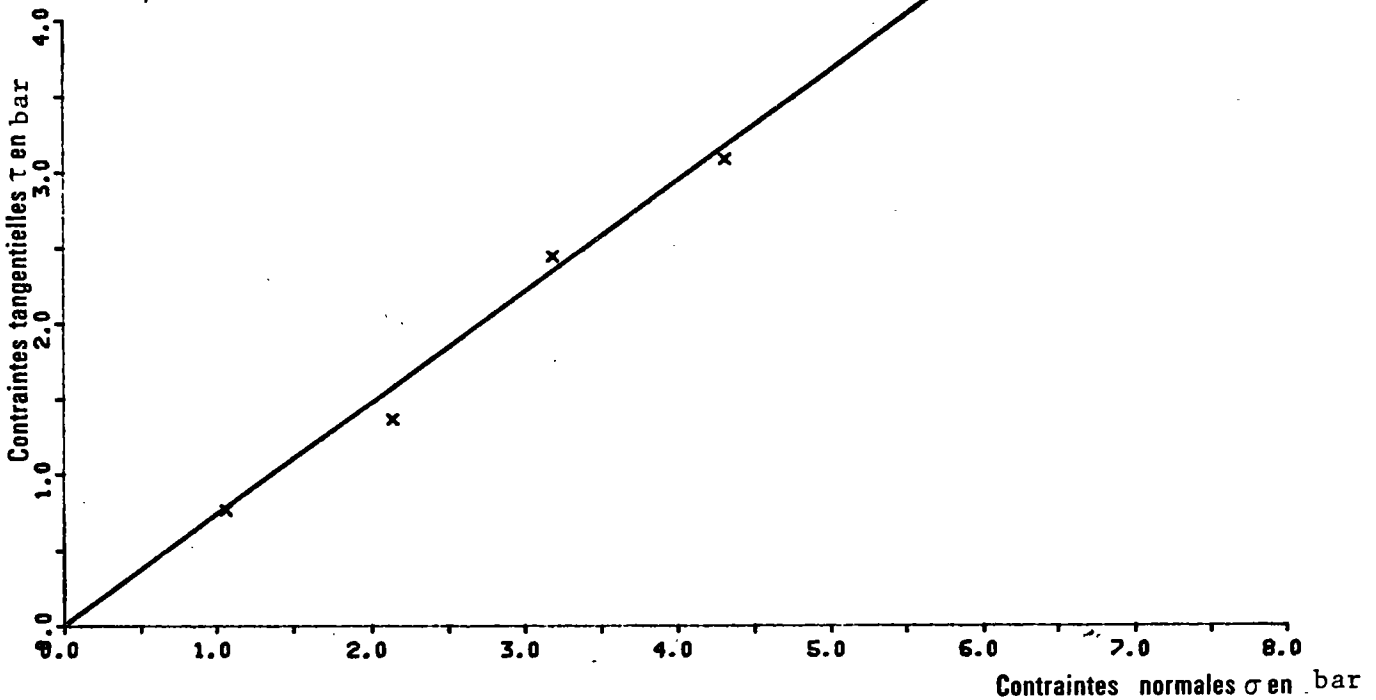
Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 23 | Prof 27.40 - 27.60 |
| Nature : SABLE FIN A MOYEN, NOIR | |
| WL : | Ip : < 80 μ 10 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 22.0 | 23.3 | 23.7 | 24.0 |
| W final % | 21.9 | 23.8 | 25.0 | 28.4 |
| γ_d initial T/M ³ | 1.72 | 1.62 | 1.62 | 1.54 |
| γ_d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.06 | 2.14 | 3.19 | 4.31 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.77 | 1.37 | 2.44 | 3.09 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $C' = 0 \text{ bar}$
 $\phi' = 36^\circ$



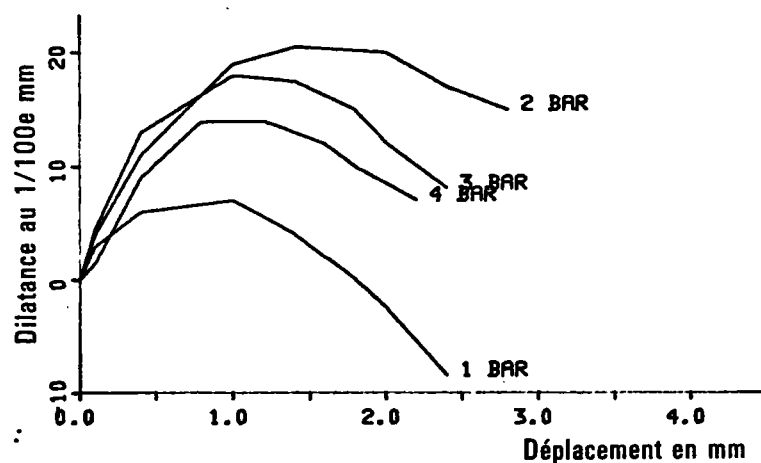
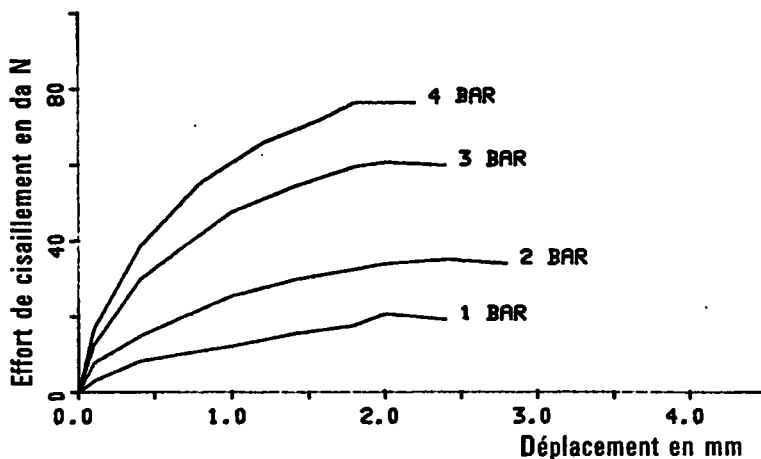


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Prél. GAINÉ 26 | Prof. 30.10 - 30.50 |
| Nature : SABLE GROSSIER | |
| WL : | Ip : < 80 μ : 9 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

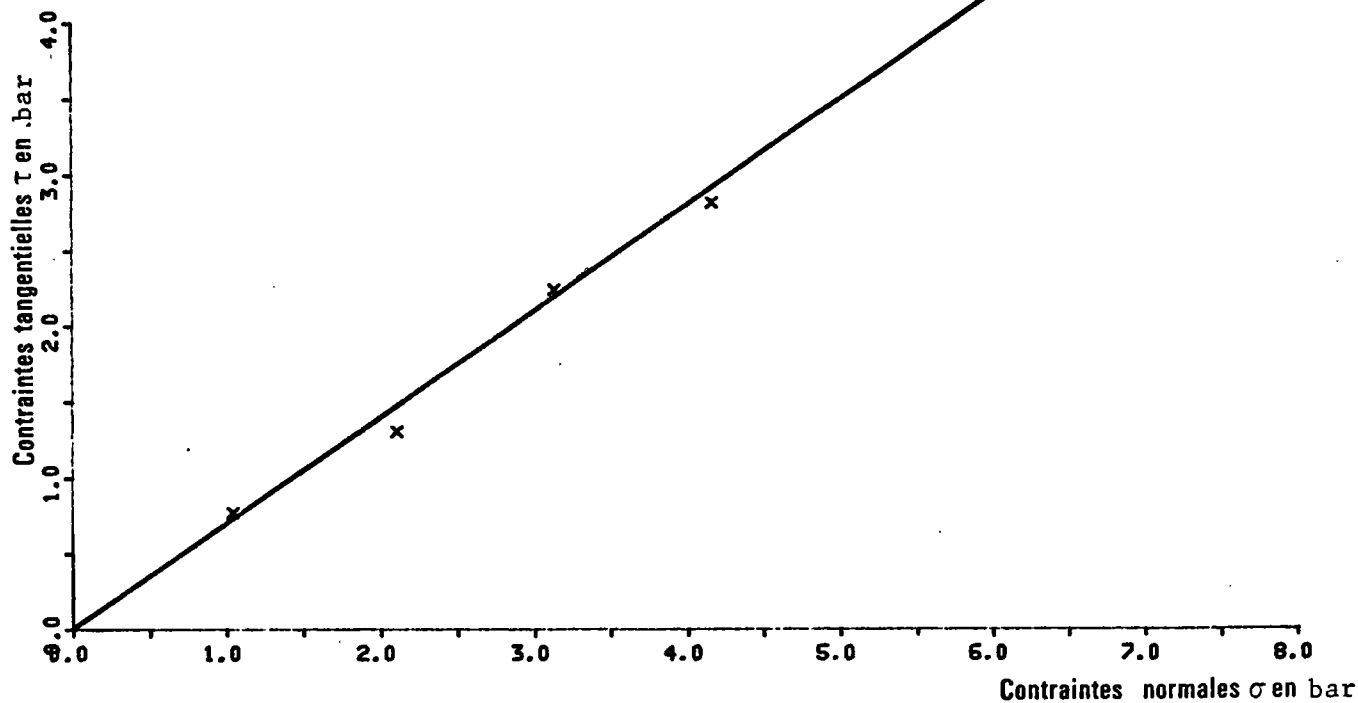
| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 22.6 | 21.4 | 19.9 | 20.5 |
| W final % | 20.7 | 21.0 | 21.0 | 21.9 |
| γ d initial T/M ³ | 1.76 | 1.68 | 1.72 | 1.70 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.04 | 2.11 | 3.13 | 4.16 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.77 | 1.31 | 2.24 | 2.82 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :

$C' = 0 \text{ bar}$

$\phi' = 35^\circ$





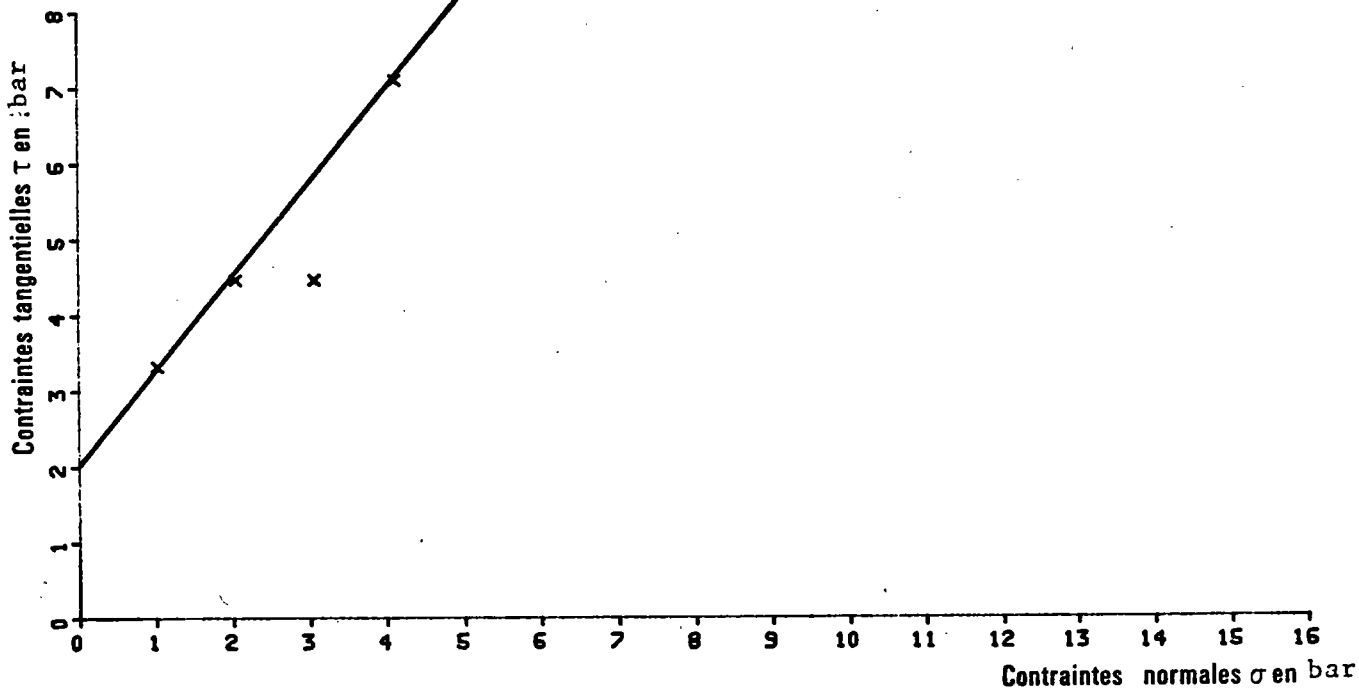
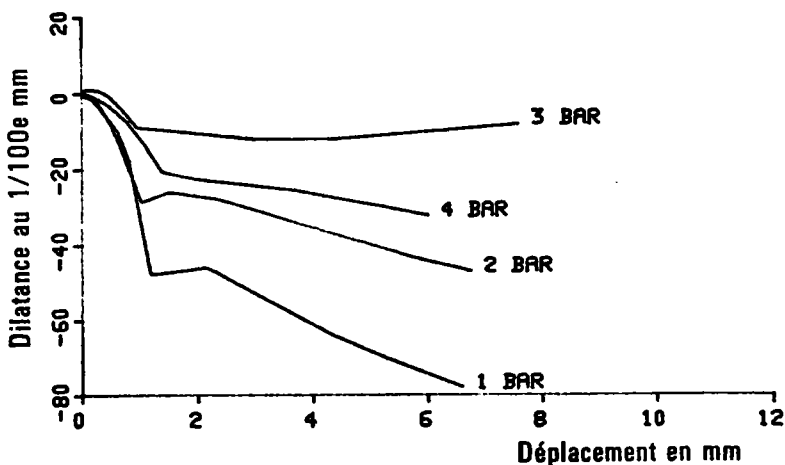
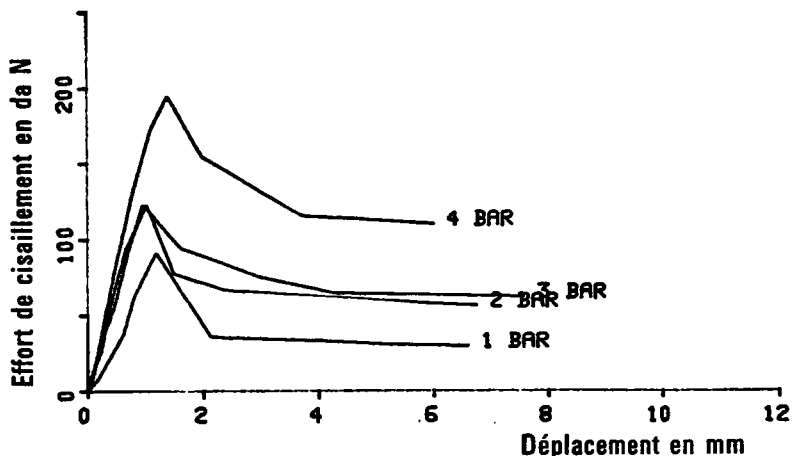
ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAINÉ 33 | Prof. 39.40- 40.00 |
| Nature : LIGNITE | |
| WL : | Ip : < 80 μ : |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 127.0 | 127.0 | 127.0 | 127.0 |
| W final % | 135.0 | 138.0 | 134.0 | 137.0 |
| γ_d initial T/M ³ | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.51 |
| γ_d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.03 | 2.05 | 3.06 | 4.12 |
| Vit. def. mm/mn | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| τ max bar | 3.32 | 4.47 | 4.46 | 7.10 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |

Caractéristiques mécaniques :
 $C' = 2 \text{ bar}$
 $\phi' = 51^\circ$

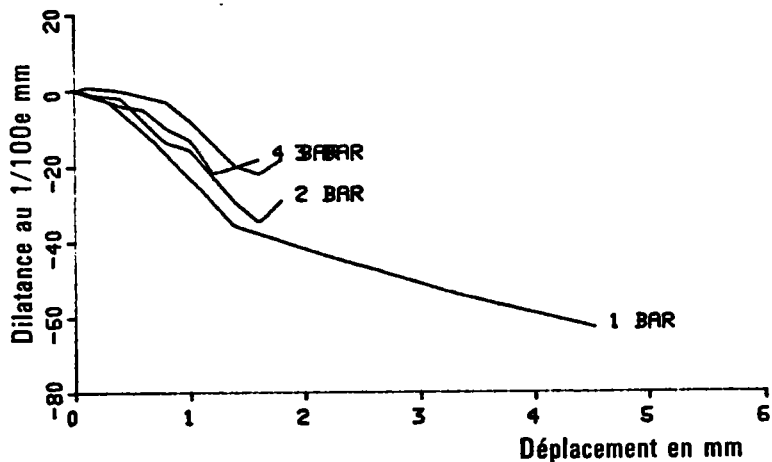
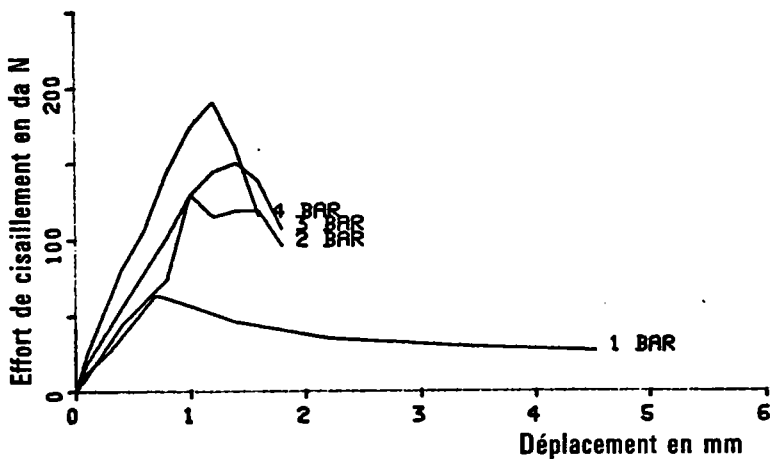


ESSAI DE CISAILLEMENT CU

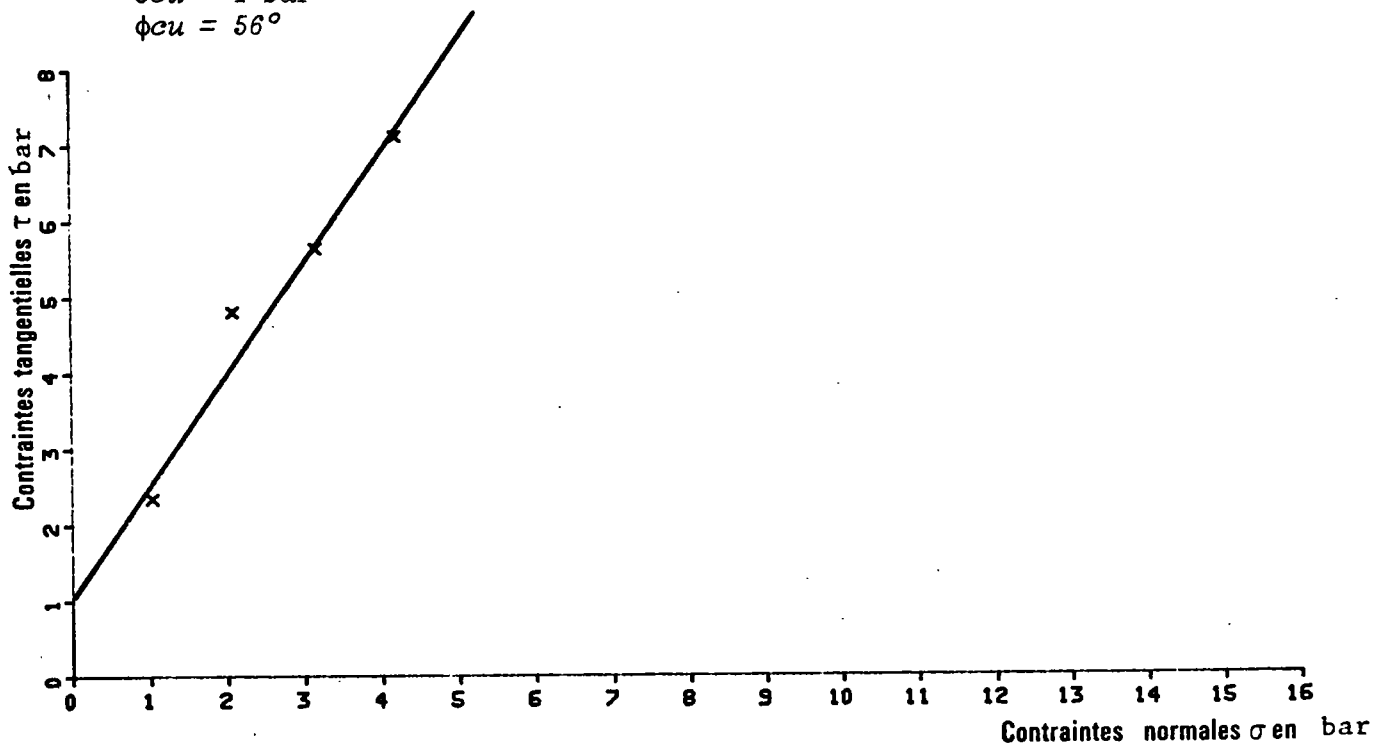
Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Prél. GAINÉ 33 | Prof 39.40- 40.00 |
| Nature : LIGNITE | |
| WL : | Ip : < 80 μ : |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 59.30 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 127.0 | 128.0 | 127.0 | 127.0 |
| W final % | 118.0 | 111.0 | 123.0 | 105.0 |
| γ_d initial T/M ³ | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.51 |
| γ_d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.04 | 2.08 | 3.17 | 4.20 |
| Vit. def. mm/mn | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| τ max bar | 2.35 | 4.81 | 5.66 | 7.12 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $c_{cu} = 1 \text{ bar}$
 $\phi_{cu} = 56^\circ$





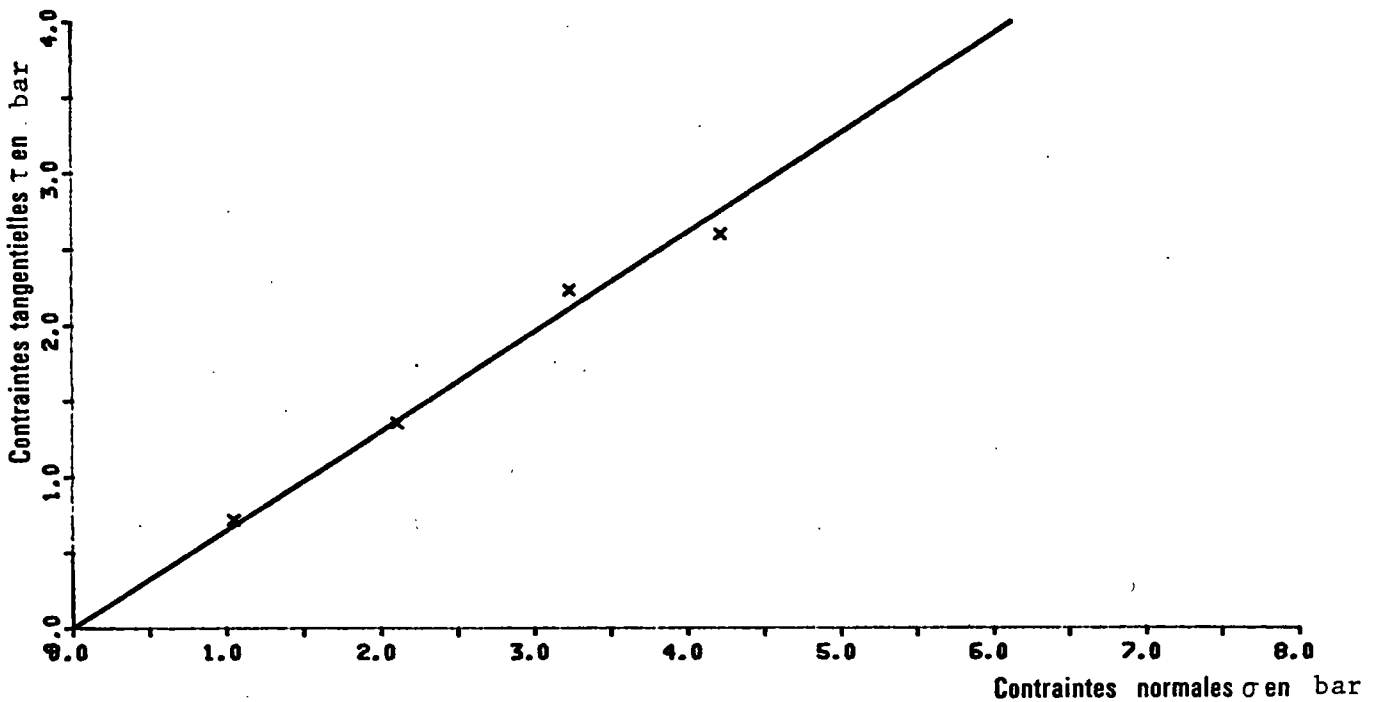
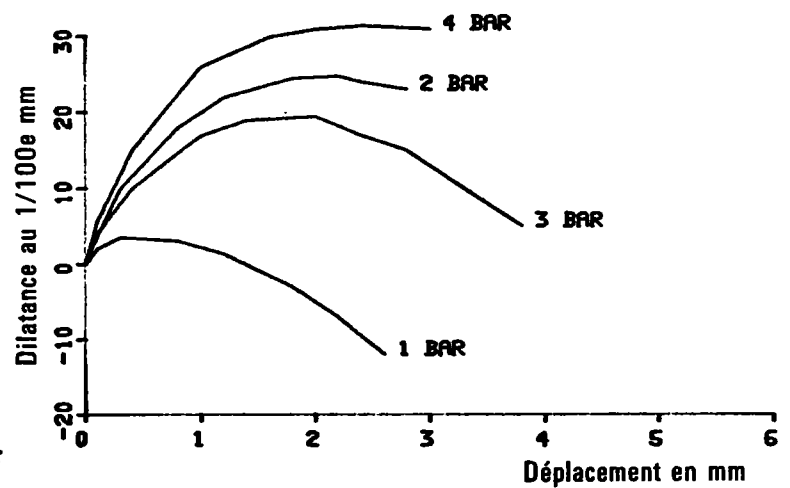
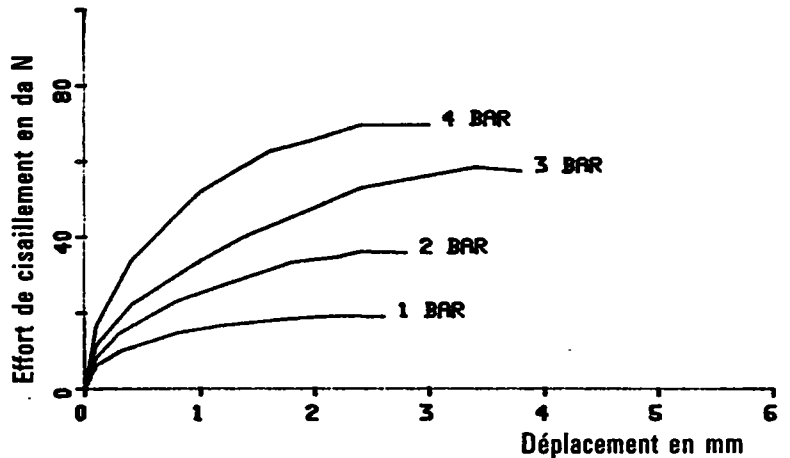
ESSAI DE CISAILLEMENT CD

Chantier : MEZOS

| | |
|--|---------------------------|
| Prél. GAINÉ 3S | Prof. 43.40- 43.70 |
| Nature : SABLE GROSSIER | |
| WL : | Ip : <80 μ : 13 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 15.9 | 16.7 | 15.7 | 16.5 |
| W final % | 18.3 | 18.8 | 16.1 | 17.5 |
| γ d initial T/M ³ | 1.82 | 1.77 | 1.77 | 1.76 |
| γ d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.05 | 2.11 | 3.23 | 4.21 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.72 | 1.36 | 2.23 | 2.60 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |

Caractéristiques mécaniques :
C' = 0 bar
φ' = 33°



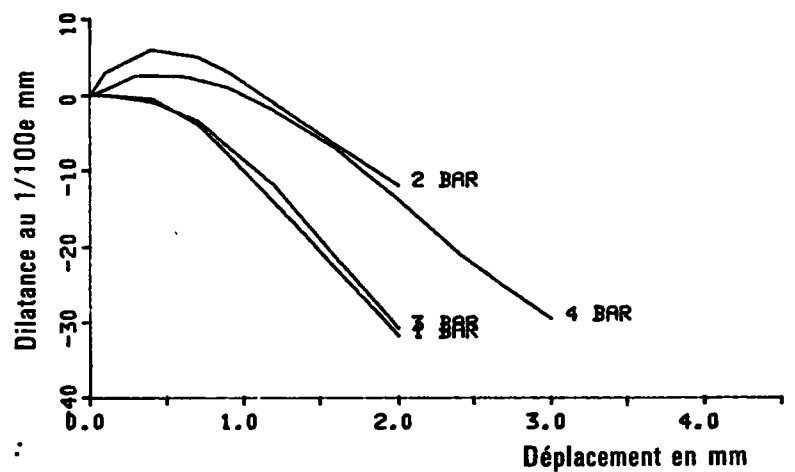
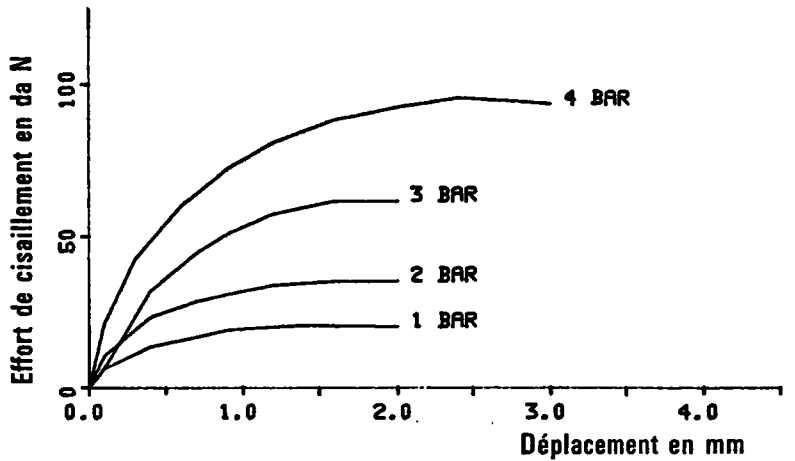


ESSAI DE CISAILLEMENT CD

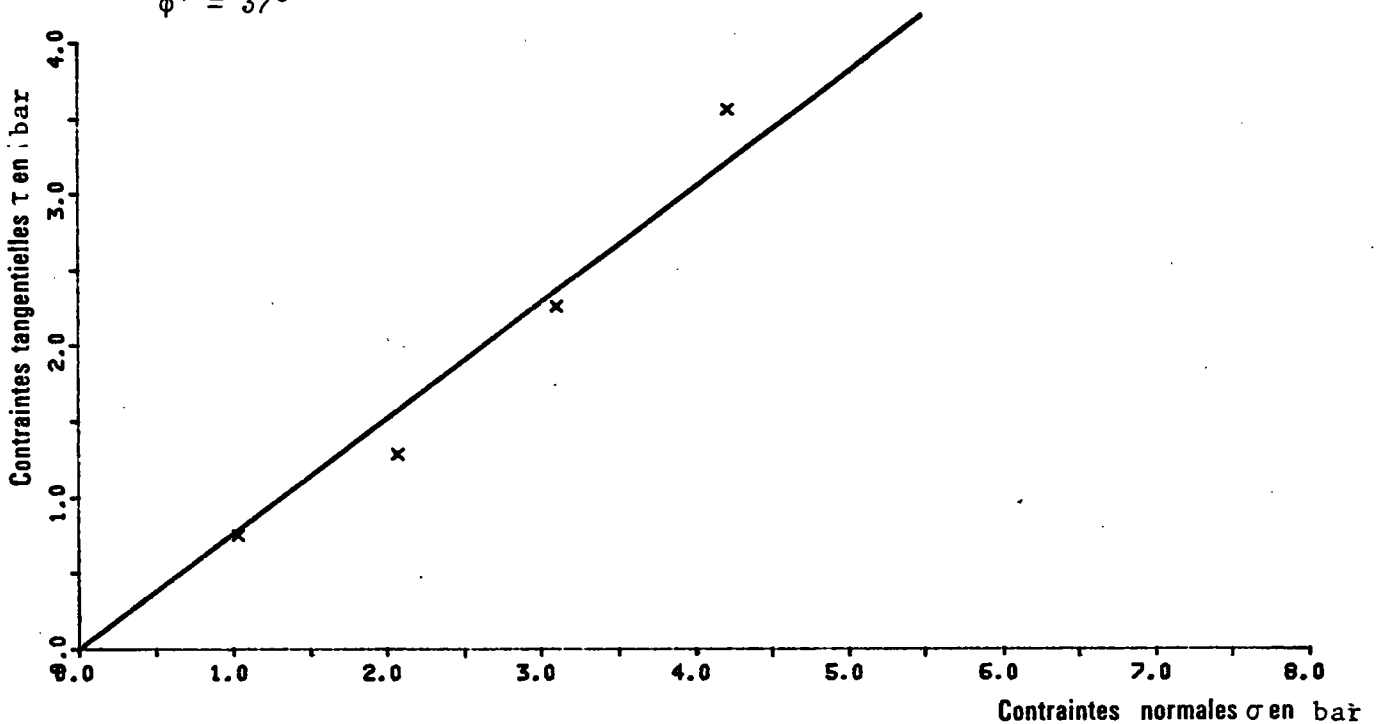
Chantier : MEZOS

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Prél. GAIN 39 | Prof. 45.80- 46.40 |
| Nature : SABLE GROSSIER | |
| WL : | Ip : < 80 μ : |
| Echantillon : INTACT | |
| Diamètre de l'éprouvette D : 60.00 mm | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 23.1 | 21.7 | 18.1 | 18.2 |
| W final % | 25.0 | 23.1 | 20.9 | 21.0 |
| γ_d initial T/M ³ | 1.56 | 1.63 | 1.73 | 1.70 |
| γ_d final T/M ³ | | | | |
| σ normal bar | 1.03 | 2.07 | 3.11 | 4.21 |
| Vit. def. mm/mn | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| τ max bar | 0.75 | 1.29 | 2.26 | 3.56 |
| τ résiduel bar | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $C' = 0 \text{ bar}$
 $\phi' = 37^\circ$



ESSAIS DE CISAILLEMENT A L'APPAREIL TRIAXIAL

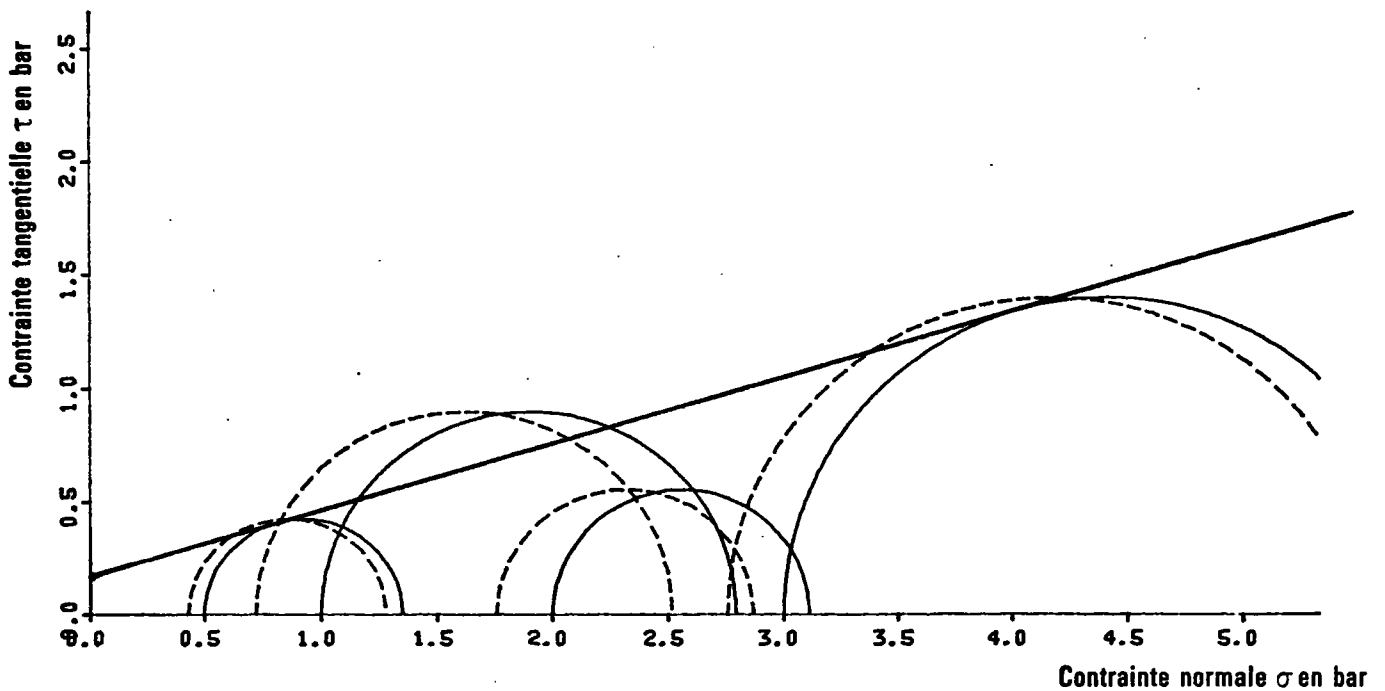
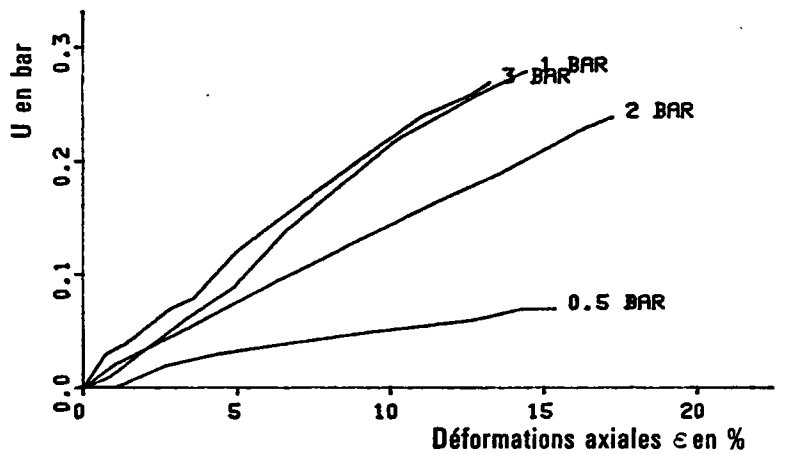
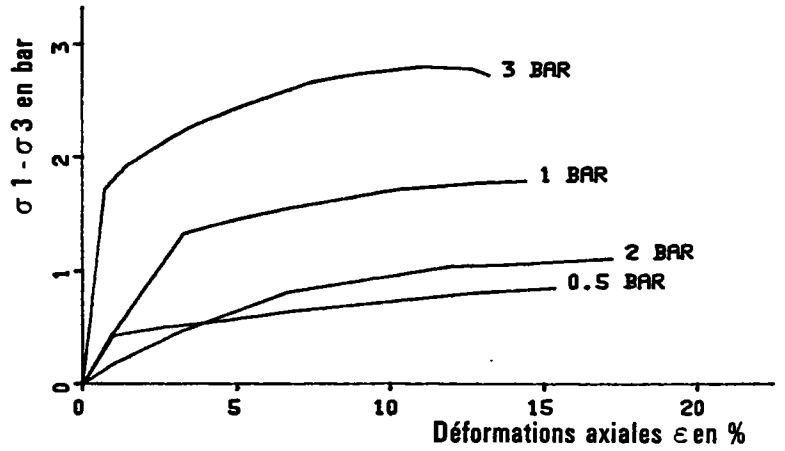
ESSAI TRIAXIAL CU

Chantier : MEZOS

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Prél. C201-67 | Prof. 10.1- 10.3 |
| Nature : ARGILE GRISE | |
| WL : 71 | Ip : 40 <80 μ : 82 % |
| Echantillon : INTACT | |
| Eprouvette Cyl. h : | 7.00 D : 3.50 |
| Drainage : pierre poreuse inf. sup. | |
| Contrepression Uc : | 2.00 |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 33.6 | 34.8 | 34.8 | 35.6 |
| W final % | 31.8 | 33.9 | 34.8 | 34.6 |
| γ d initial T/M ³ | 1.38 | 1.37 | 1.37 | 1.36 |
| γ d final T/M ³ | 1.44 | 1.39 | 1.38 | 1.37 |
| Sr % | 100 | 100 | 100 | 100 |
| σ 3 bar | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 |
| Vit. def. mm/mn | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| σ 1 - σ 3 max bar | 2.81 | 1.11 | 1.80 | 0.85 |
| ε rupture % | 11.00 | 17.21 | 14.43 | 15.37 |
| U rupture bar | 0.24 | 0.24 | 0.28 | 0.07 |
| Δ Vs cm ³ | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |

Caractéristiques mécaniques :
Cu = 0,2 bar
φu = 16°

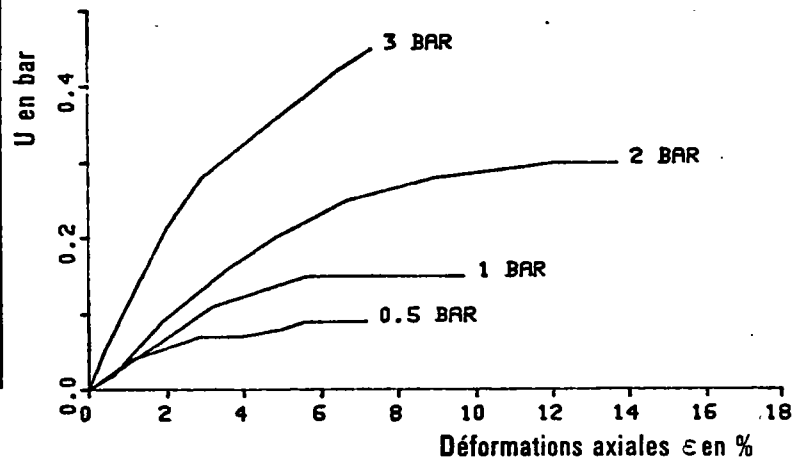
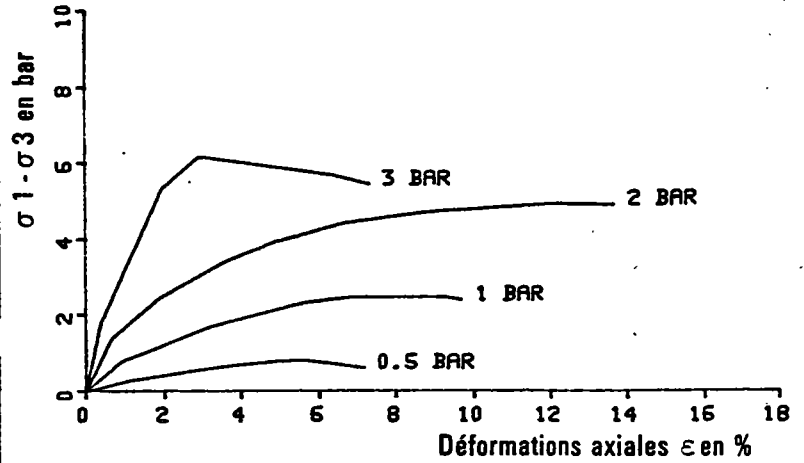


ESSAI TRIAXIAL CU

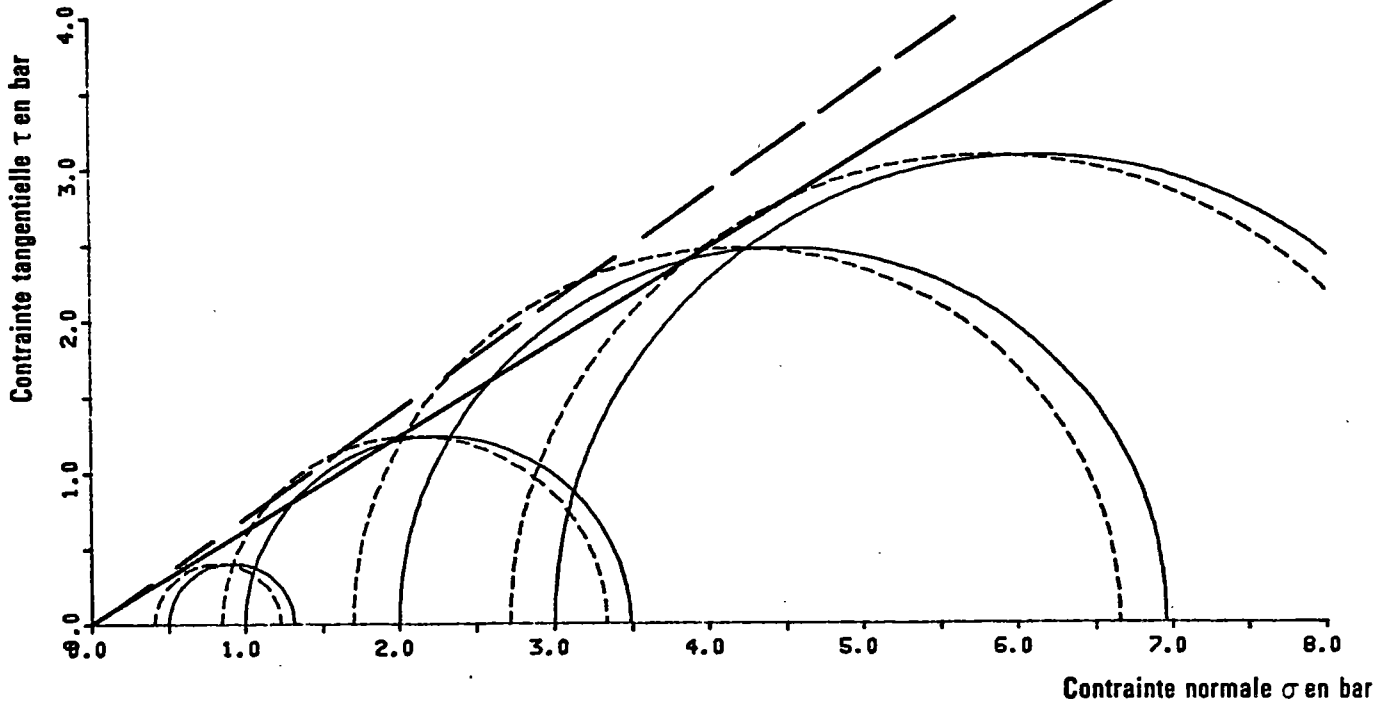
Chantier : MEZOS

| | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------|
| Prél. C201-G9 | Prof. 12.9- | 13.1 |
| Nature : silt argileux | | |
| WL : 41 | Ip : Np | <80 μ : 97 % |
| Echantillon : INTACT | | |
| Eprouvette Cyl. h : | 7.00 | Ø : 3.50 |
| Drainage : pierre poreuse inf. sup. | | |
| Contrepression Uc : | 2.00 | |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 30.2 | 30.0 | 30.0 | 33.5 |
| W final % | 30.0 | 29.1 | 26.8 | 29.3 |
| γ_d initial T/M ³ | 1.47 | 1.45 | 1.46 | 1.43 |
| γ_d final T/M ³ | 1.47 | 1.48 | 1.51 | 1.47 |
| Sr % | 100 | 100 | 100 | 100 |
| σ_3 bar | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| Vit. def. mm/mn | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| $\sigma_1 - \sigma_3$ max bar | 0.82 | 2.49 | 4.96 | 6.18 |
| ϵ rupture % | 5.58 | 9.21 | 12.02 | 2.89 |
| U rupture bar | 0.09 | 0.15 | 0.30 | 0.28 |
| ΔV_s cm ³ | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $C_{eu} = 0 \text{ bar}$ $C' = 0 \text{ bar}$
 $\phi_u = 32^\circ$ $\phi' = 35^\circ$

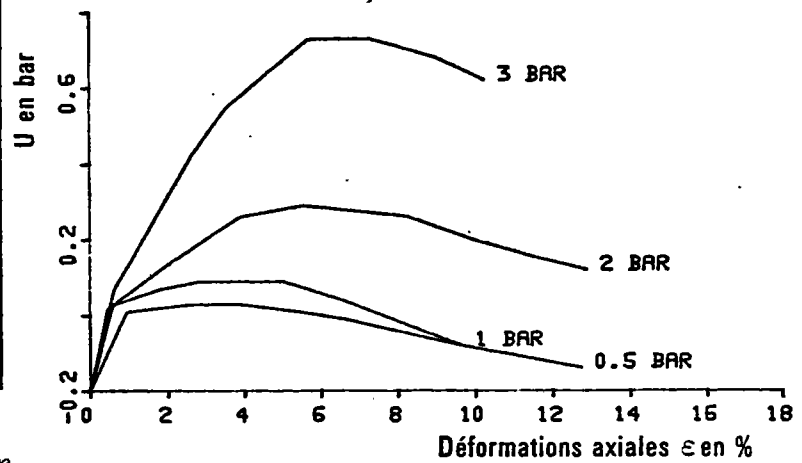
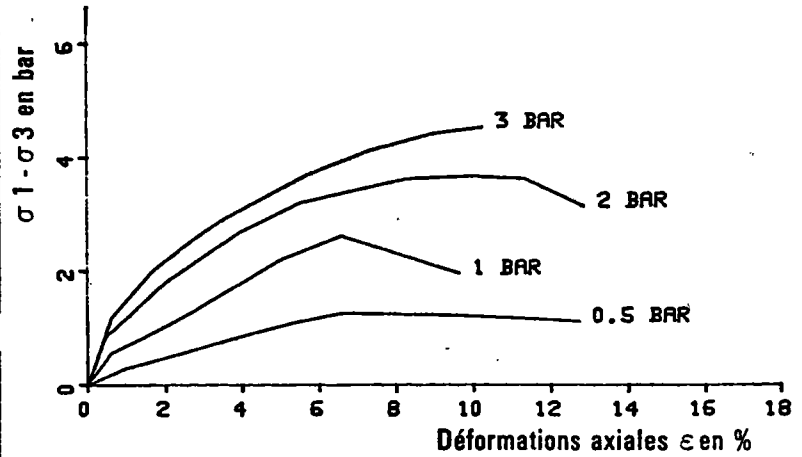


ESSAI TRIAXIAL CU

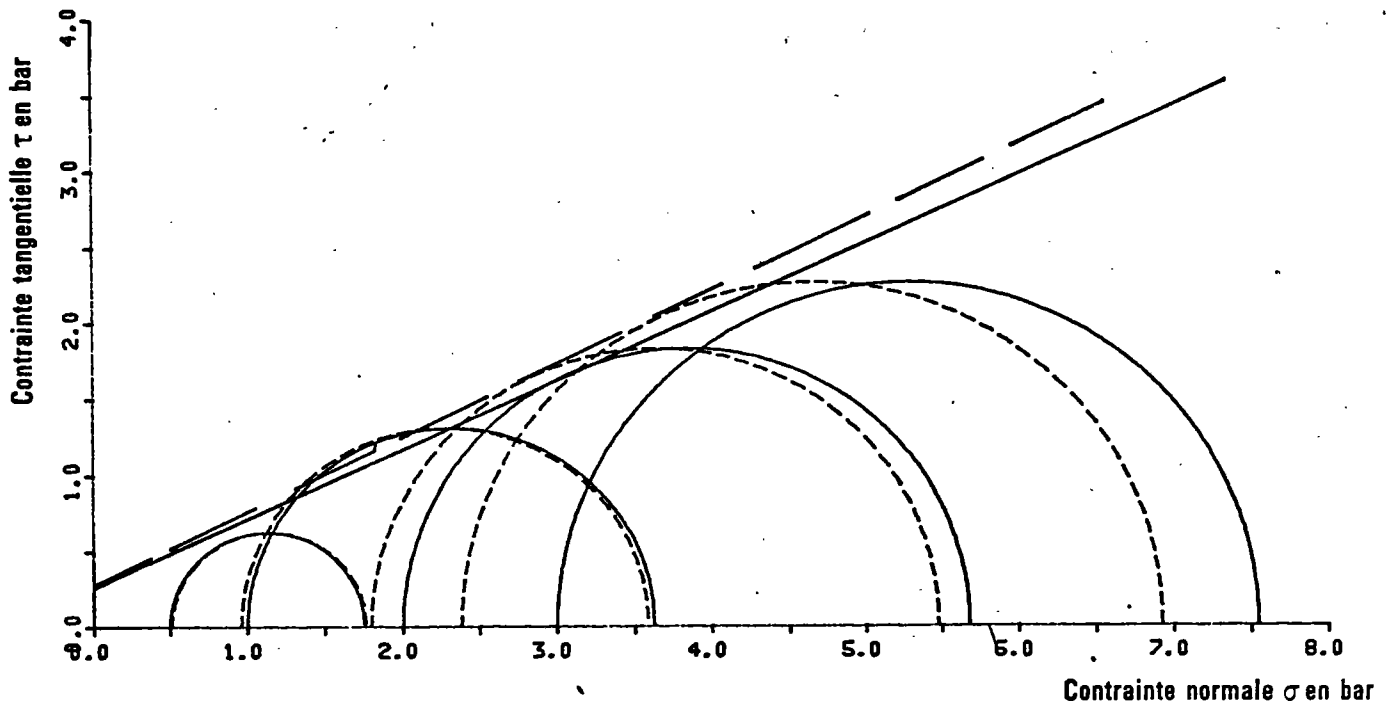
Chantier : MEZOS

| | | |
|-------------------------------------|-------------|---------------|
| Prél. C201-G34 | Prof. 40.6- | 40.9 |
| Nature : ARGILE GRISE | | |
| WL : 50 | Ip : 29 | <80 μ : 100 % |
| Echantillon : INTACT | | |
| Eprouvette Cyl. h : | 7.00 | D : 3.50 |
| Drainage : pierre poreuse inf. sup. | | |
| Contrepression Uc : | | 2.00 |

| ESSAIS | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-------|-------|-------|-------|
| W initial % | 30.4 | 26.2 | 28.1 | 27.1 |
| W final % | 28.6 | 25.2 | 25.2 | 25.7 |
| γ d initial T/M ³ | 1.48 | 1.59 | 1.53 | 1.53 |
| γ d final T/M ³ | 1.52 | 1.59 | 1.61 | 1.60 |
| Sr % | 100 | 100 | 100 | 100 |
| σ ₃ bar | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| Vit. def. mm/mn | 0.020 | 0.020 | 0.020 | 0.020 |
| σ ₁ - σ ₃ max bar | 1.26 | 2.63 | 3.68 | 4.55 |
| ε rupture % | 6.60 | 6.55 | 9.90 | 10.24 |
| U rupture bar | -0.01 | 0.04 | 0.20 | 0.62 |
| Δ Vs cm ³ | | | | |
| OBSERVATIONS : | | | | |



Caractéristiques mécaniques :
 $C_{cu} = 0,25 \text{ bar}$ $C' = 0,25 \text{ bar}$
 $\phi_u = 24^\circ$ $\phi' = 26^\circ$



ESSAIS DE COMPACTAGE (PROCTOR NORMAL)
ET DE POINÇONNEMENT CBR

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude: MEZOS

Sondage: /

Echantillon: Sable des landes

Profondeur:

Optimum PROCTOR

Normal

Modifié

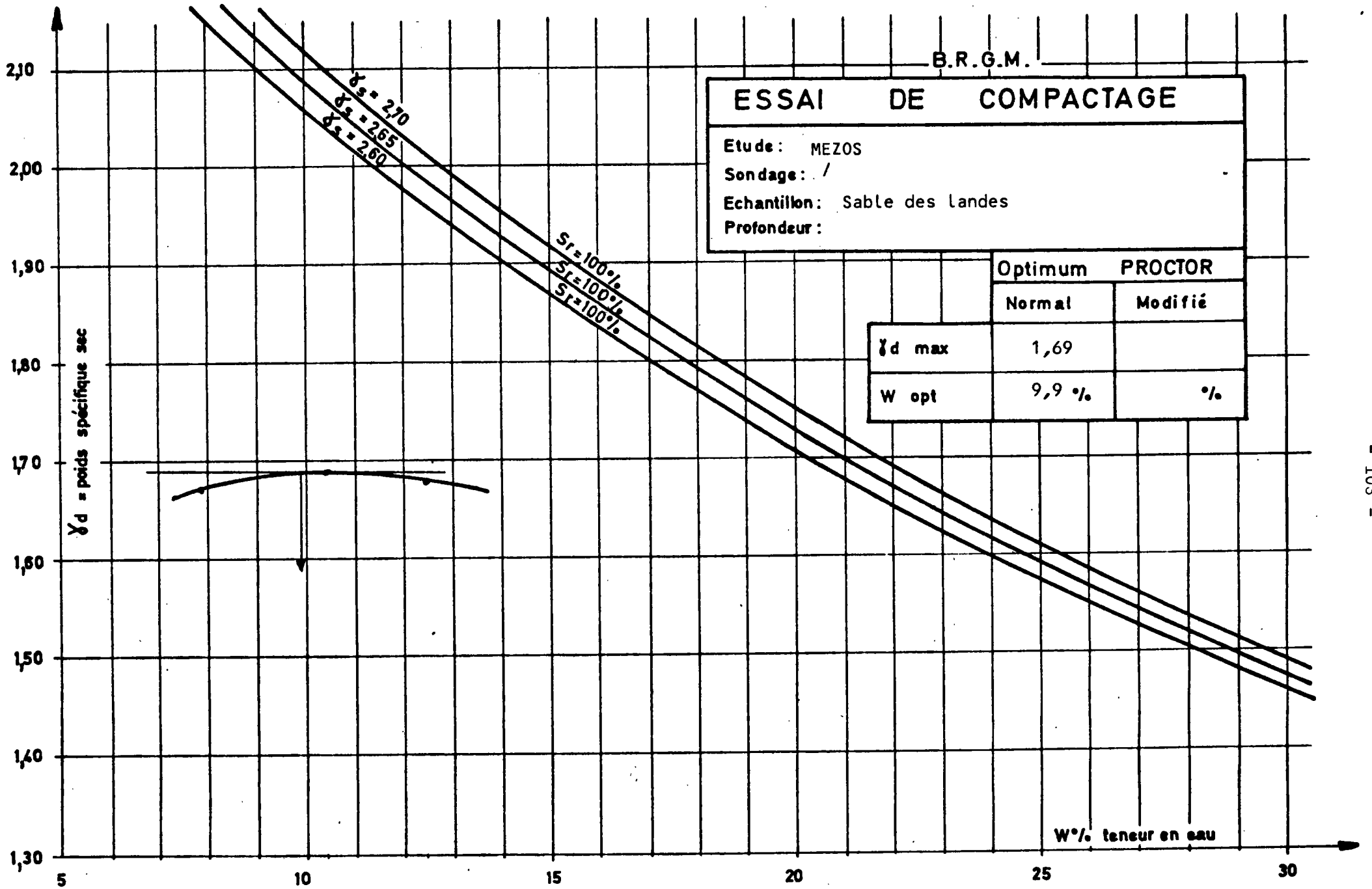
γ_d max

1,69

W opt

9,9 %

%



ESSAI C B R

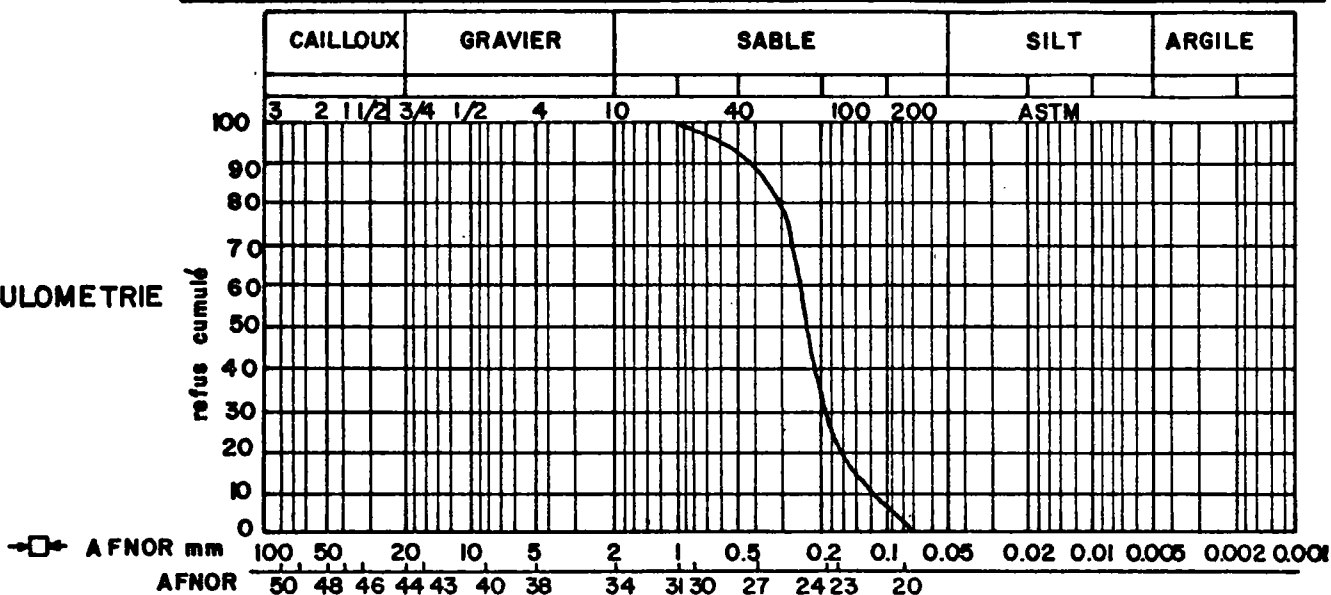
Chantier : MEZOS

Sable des Landes

IDENTIFICATION

| | | | | | | | |
|-----------------|--|------------|----|----|----|----|----------------|
| | | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
| Sols types | | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | | |

GRANULOMETRIE



| ESSAI PROCTOR NORMAL | | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | 4 jours Immersion | | W % | | | Gonflem. % |
|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------------|---------|---------|------------|------|------------|
| DENSITE SECHE MAXIMALE | T / m ³ | | | Optimal | Moulage | Moulage | Imbibition | | |
| | 1,69 | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | Nb.coups | 55 | 9,8 | | 17,4 | - |
| TENEUR EN EAU OPTIMALE | 9,9 | | | 25 | 9,0 | | 18,8 | - | |
| | | | | 10 | 9,8 | | 17,7 | - | |

| Teneur en eau | | C.B.R % | |
|---------------|----|---------|----|
| 8 | 9 | 4 | 6 |
| 10 | 11 | 8 | 10 |
| 12 | | 12 | 14 |

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude: MEZOS

Sondage: Gaines n° 7, 8, 9

Echantillon: Sable

Profondeur:

Optimum PROCTOR

Normal

Modifié

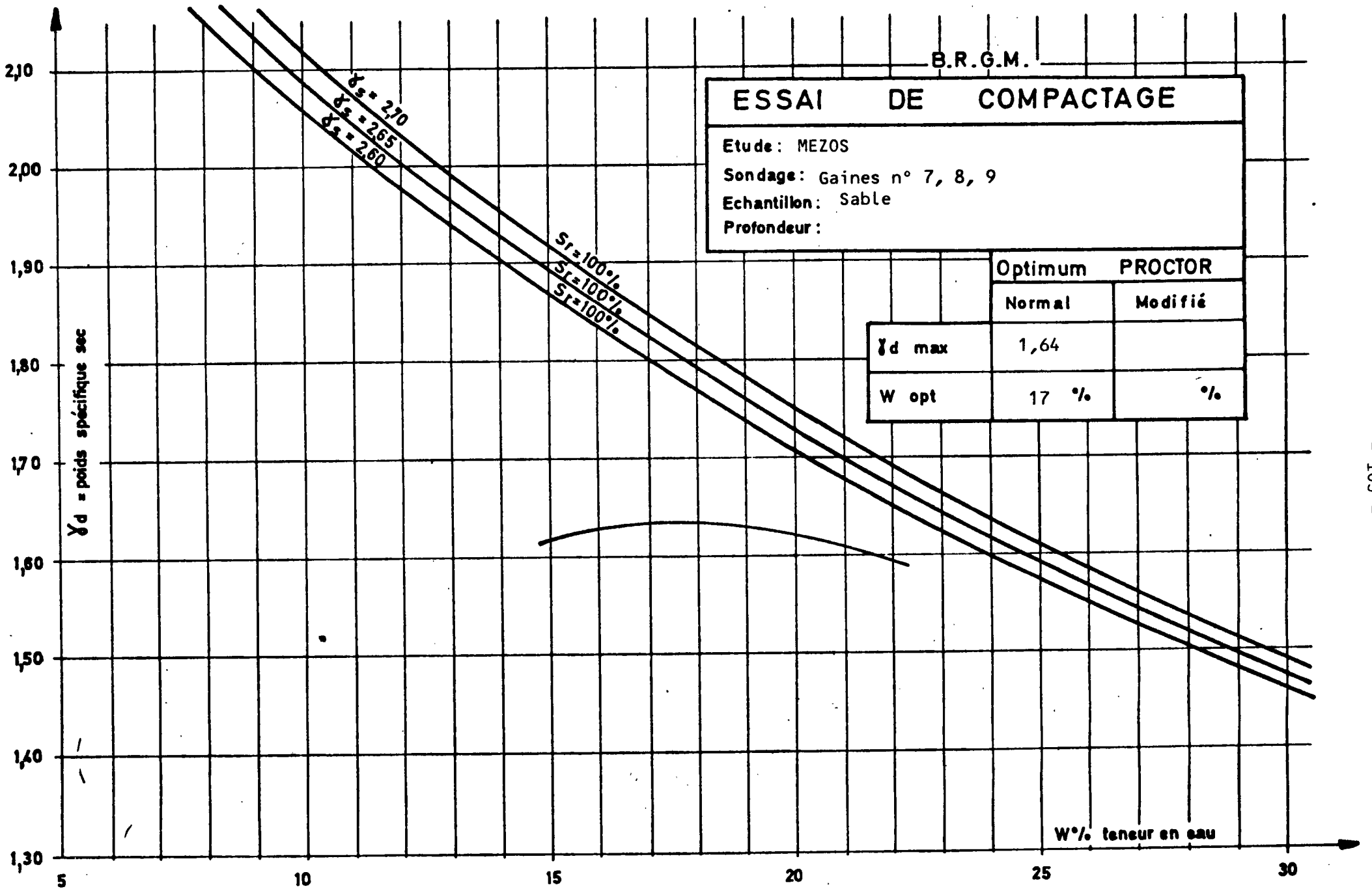
γ_d max

1,64

W opt

17 %

%



ESSAI C B R

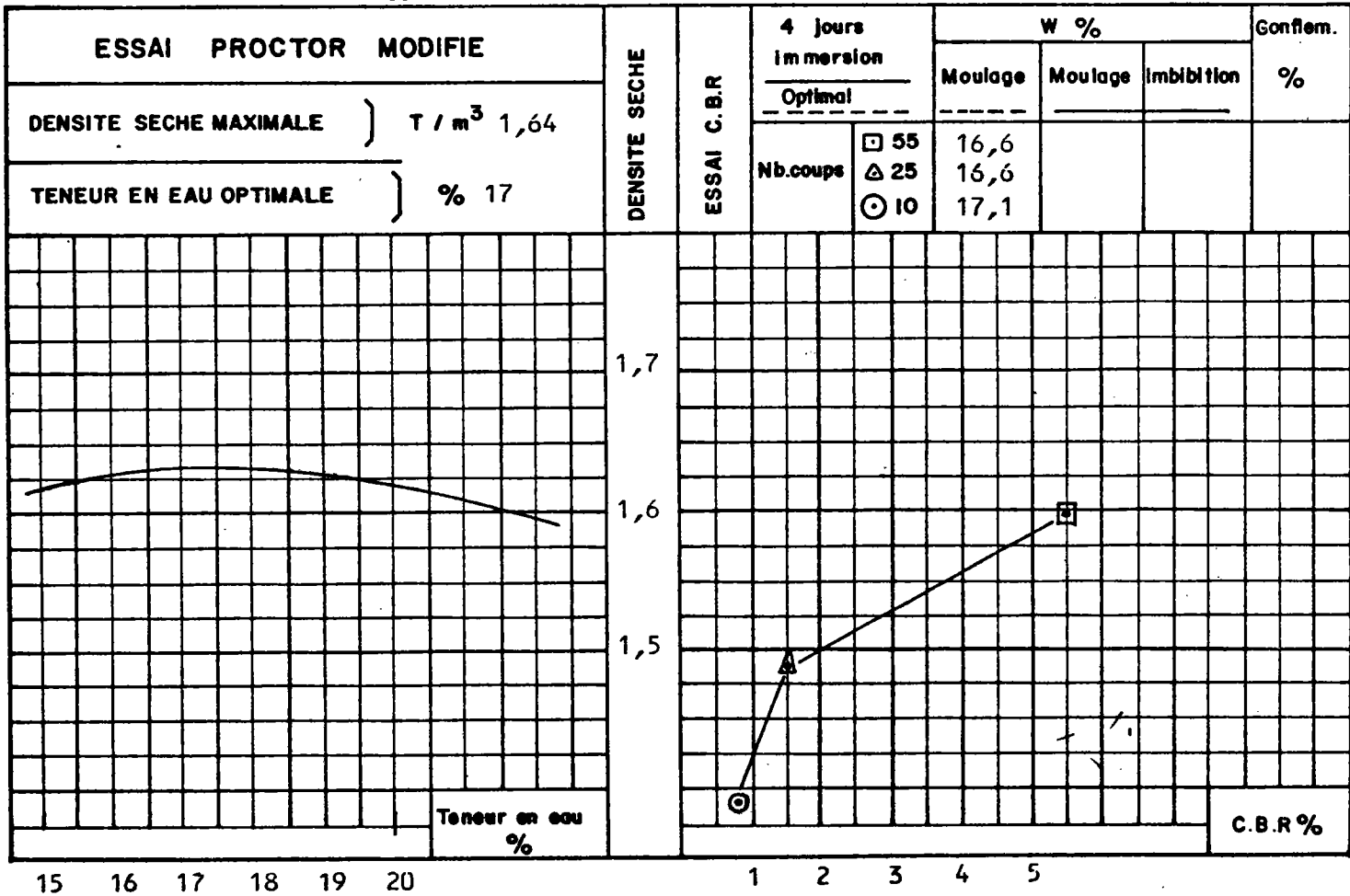
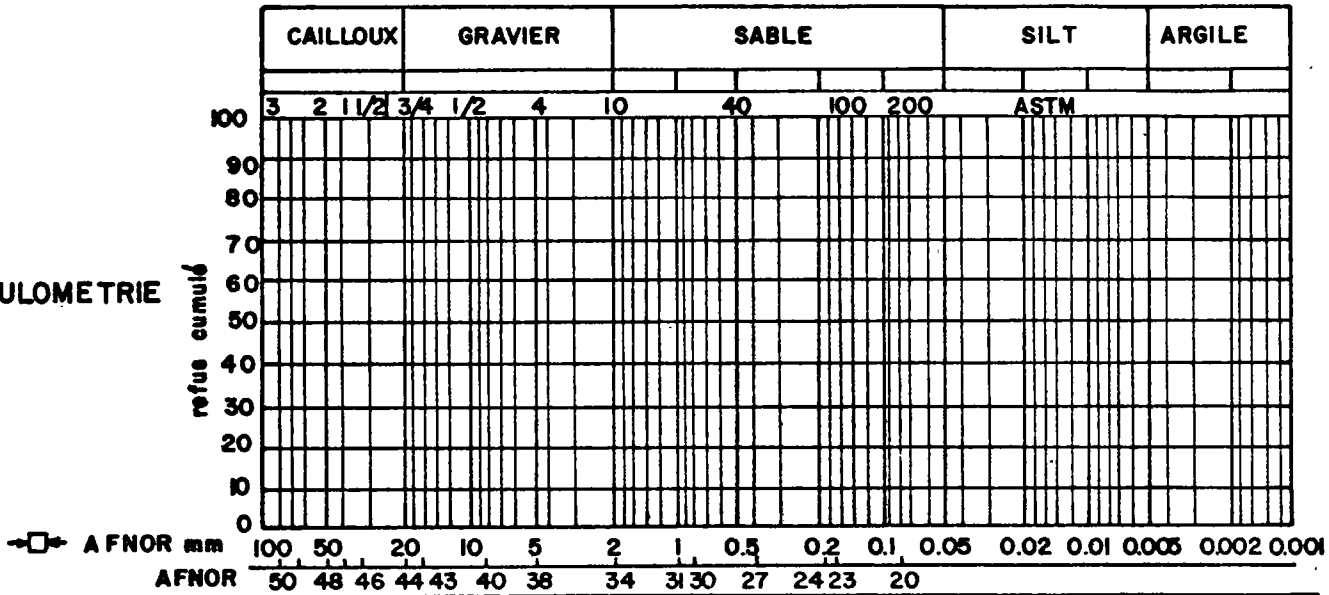
Chantier : MEZOS

Dossier : 6 + 7 + 8 + 9

IDENTIFICATION

| | | | | | | | |
|-----------------|--|------------|----|----|----|----|----------------|
| | | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
| Sols types | | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | | |

GRANULOMETRIE



15 16 17 18 19 20

1 2 3 4 5

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude : MEZOS

Sondage : Gaines n° 10, 11, 12

Echantillon : Sable fin

Profondeur :

Optimum PROCTOR

Normal

Modifié

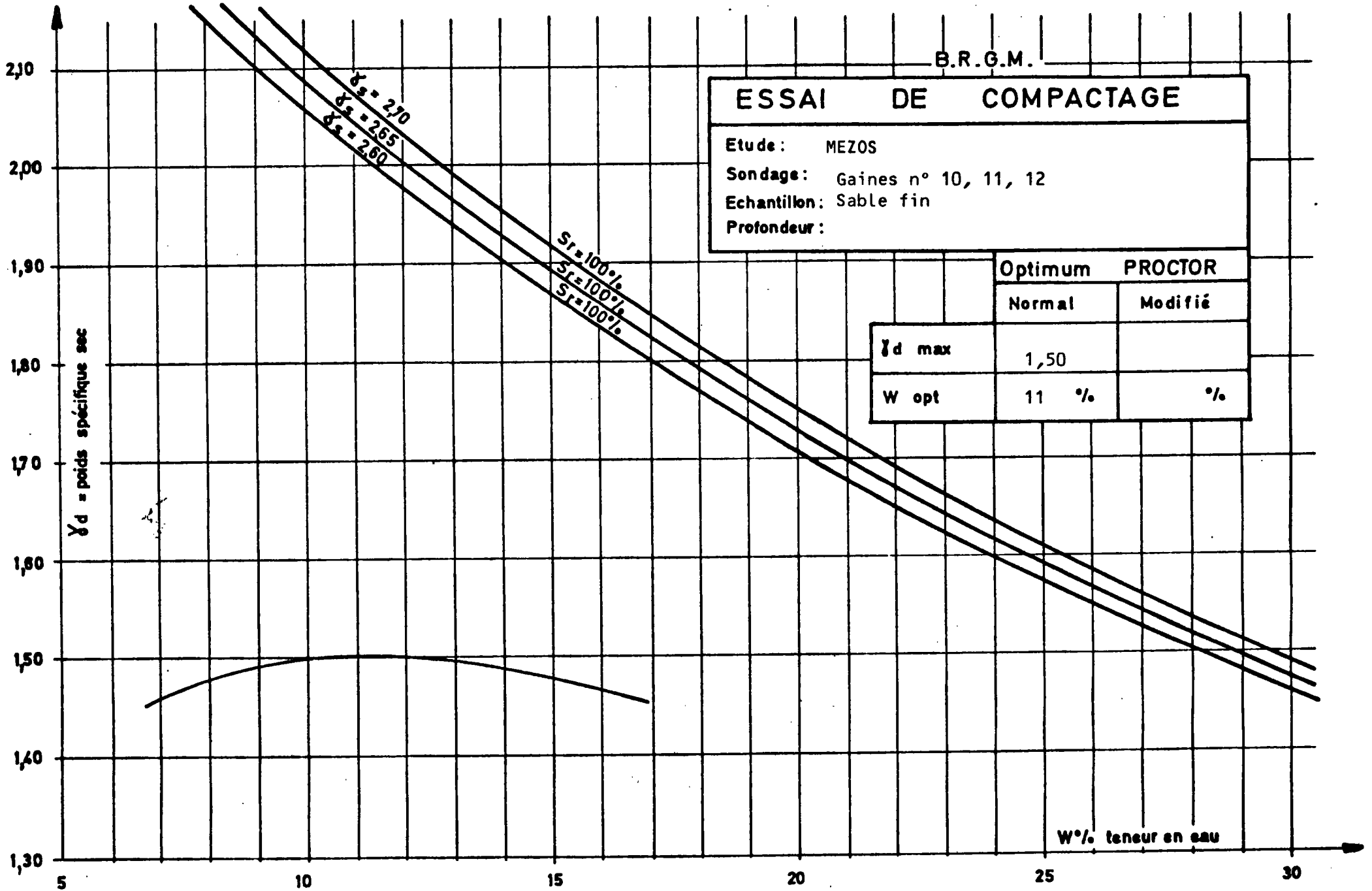
γ_d max

1,50

W opt

11 %

%



ESSAI C B R

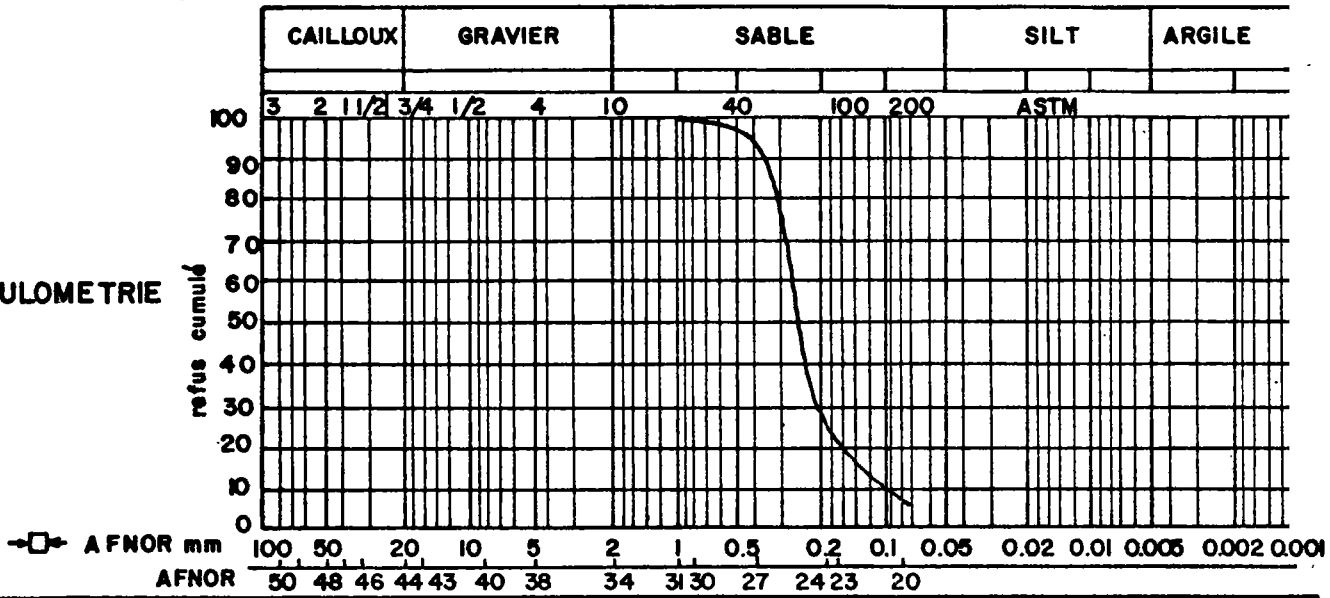
Chantier : MEZOS

Gaines 10, 11, 12

IDENTIFICATION

| | | | | | | | |
|-----------------|--|------------|----|----|----|----|----------------|
| | | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
| Soils types | | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | | |

GRANULOMETRIE



| ESSAI PROCTOR NORMAL | | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | 4 jours Immersion | | | Gonflem. % |
|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------------|-------|-----------|------------|
| DENSITE SECHE MAXIMALE | T / m ³ | | | Optimal | | Mouillage | |
| Teneur en eau optimale | % 11 | | Nb.coups | □ 55 | 11,0 | | 23,5 |
| | | | | △ 25 | 11,2 | | 24,4 |
| | | | | ○ 10 | 11,65 | | 26,8 |

| | | | |
|-----------------|--|---------|--|
| | | | |
| Teneur en eau % | | C.B.R % | |

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude: MEZOS

Sondage: Gains 17, 18, 19

Echantillon: Sable moyen

Profondeur:

Optimum PROCTOR

Normal

Modifié

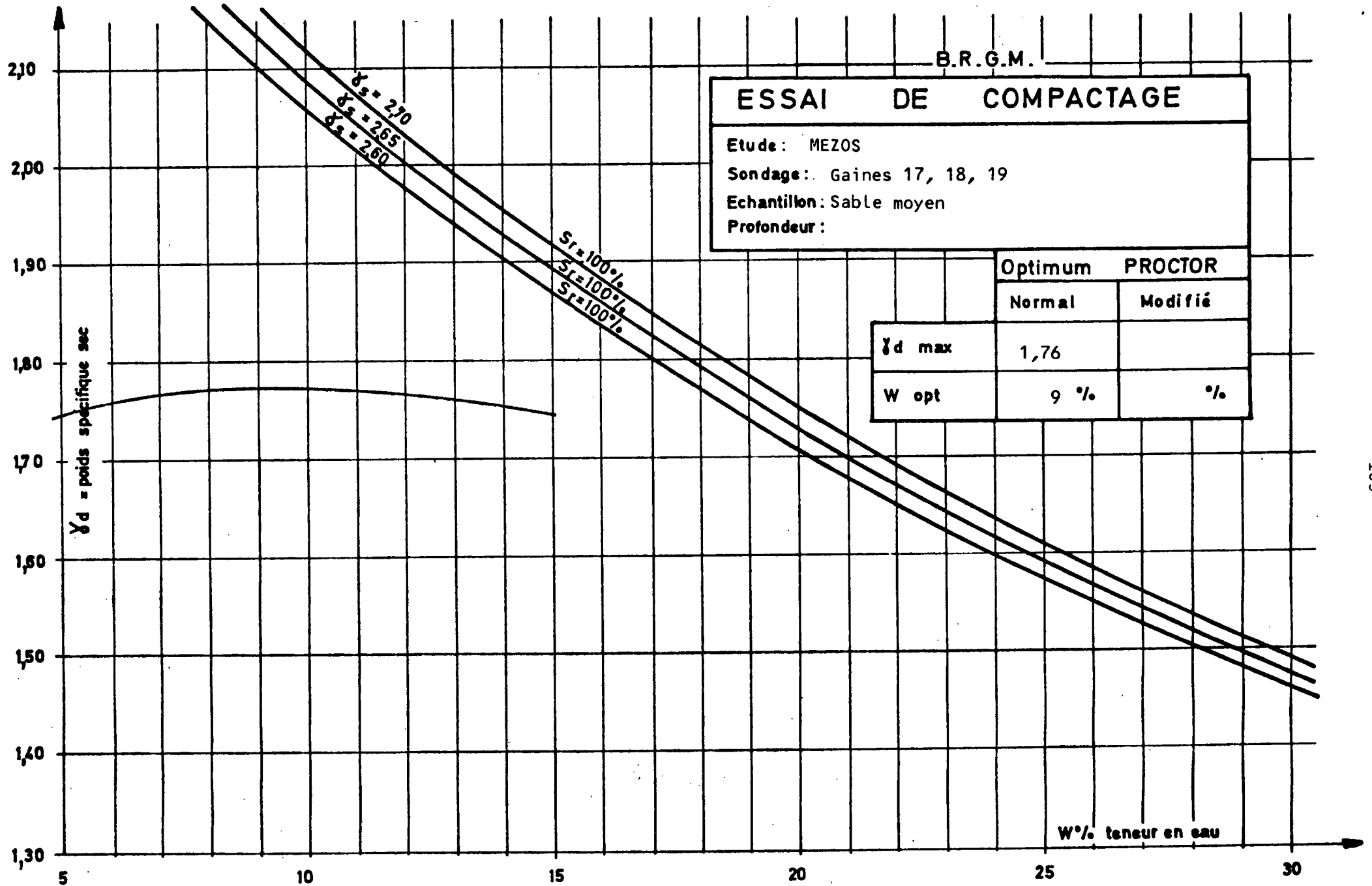
γ_d max

1,76

W opt

9 %

%



ESSAI C B R

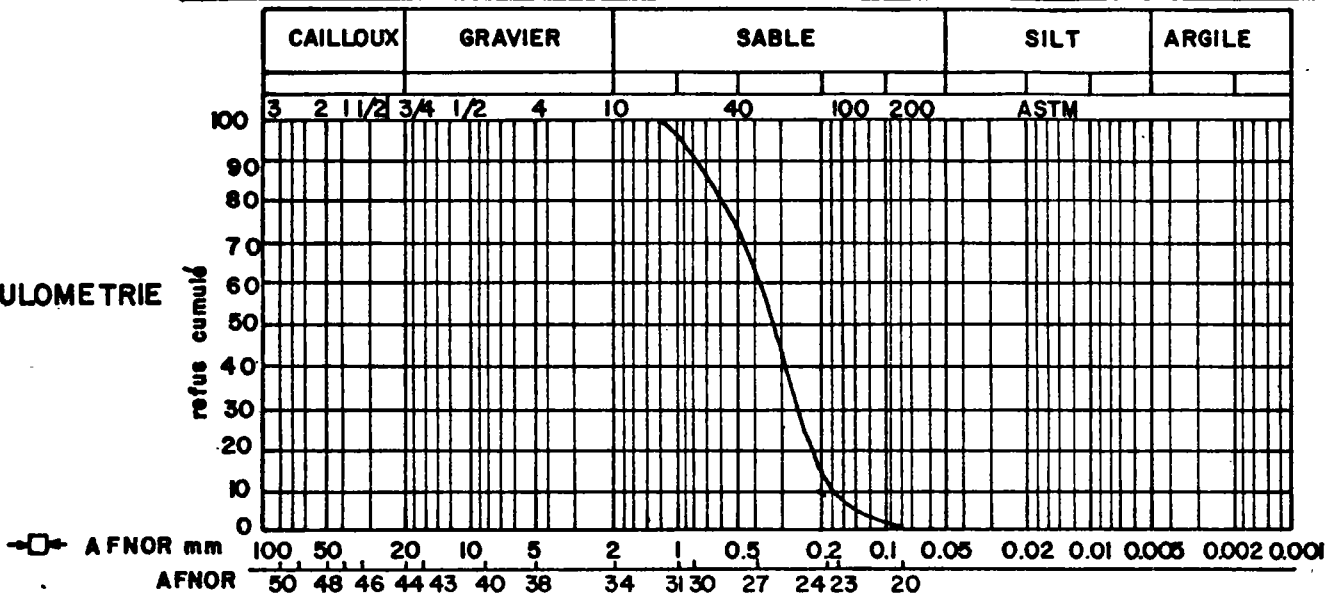
Chantier : MEZOS

Gaines 17, 18, 19

IDENTIFICATION

| | | | | | | | |
|-----------------|--|------------|----|----|----|----|----------------|
| | | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
| Sols types | | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | | |

GRANULOMETRIE



| ESSAI PROCTOR NORMAL | | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | 4 jours Immersion | | | Gonflem. % |
|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------------|---------|------------|------------|
| DENSITE SECHE MAXIMALE | T / m ³ | | | W % | | | |
| TENEUR EN EAU OPTIMALE | % | | Nb.coups | Moulage | Moulage | Imbibition | |
| 1,76 | 9 | | Optimal | | | | |
| | | | 55 | 8,8 | | 11,7 | - |
| | | | 25 | 8,9 | | 12,4 | - |
| | | | 10 | 8,85 | | 14,1 | - |

| Teneur en eau (%) | C.B.R. (%) |
|-------------------|------------|
| 9 | 10 |
| 11,7 | 25 |
| 12,4 | 30 |
| 14,1 | 35 |

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude: MEZOS

Sondage: Gaines 22, 23, 24

Echantillon: Sable fin à moyen

Profondeur:

Optimum PROCTOR

Normal

Modifié

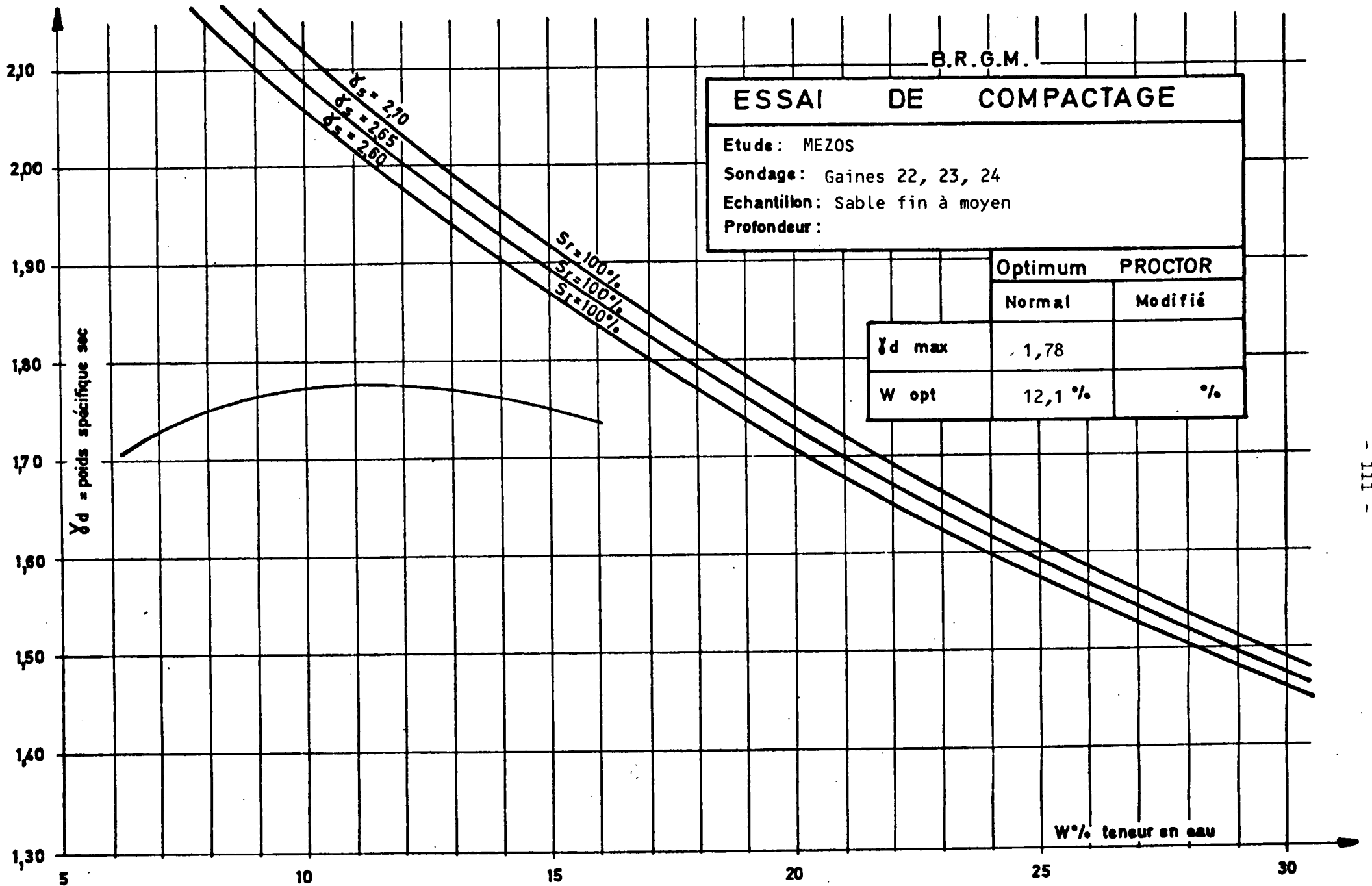
γ_d max

1,78

W opt

12,1 %

%



ESSAI C B R

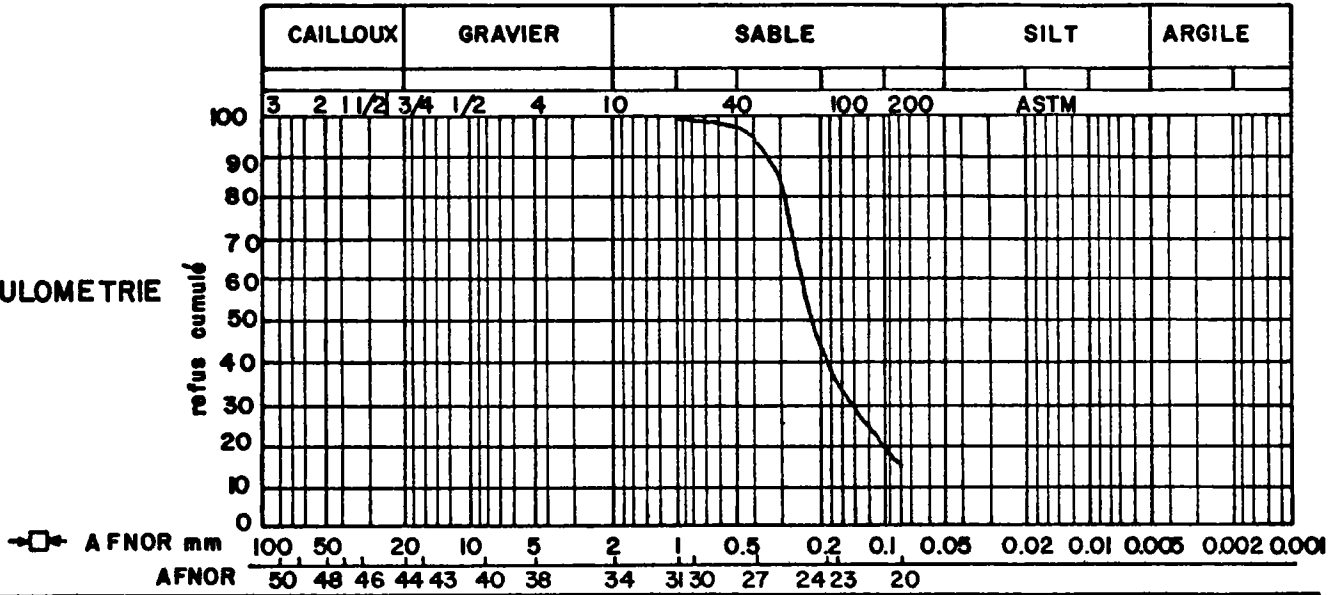
Chantier : MEZOS

Gaines 22, 23, 24

IDENTIFICATION

| | | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
|-----------------|--|------------|----|----|----|----|----------------|
| Sols types | | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | | |

GRANULOMETRIE

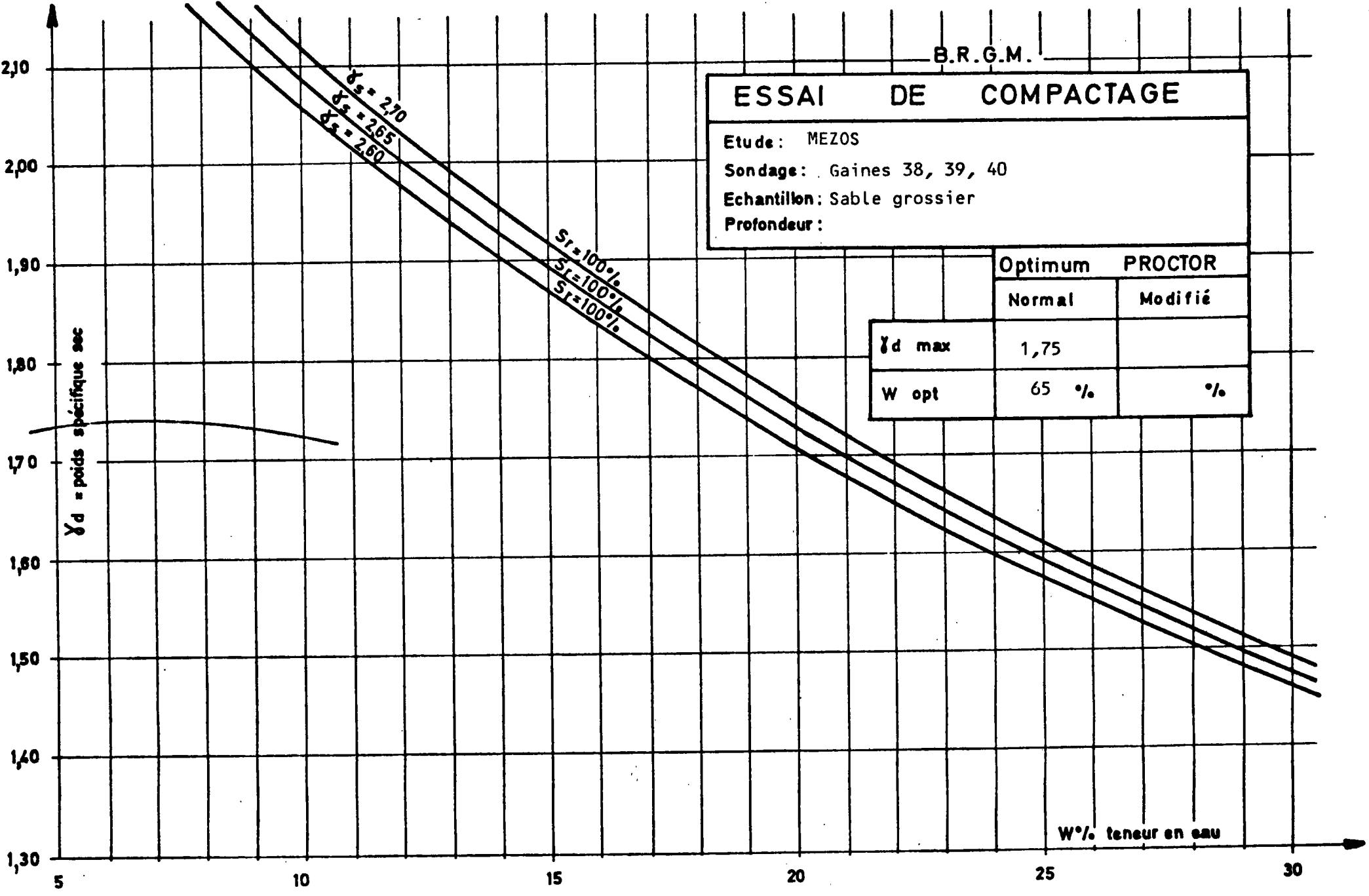


| ESSAI PROCTOR NORMAL | | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | 4 jours Immersion | | W % | | | Gonflem. |
|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------------|---------|---------|------------|---|----------|
| DENSITE SECHE MAXIMALE | T / m ³ | | | Optimal | Moulage | Moulage | Imbibition | % | |
| | 1,78 | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | Nb.coups | 11,9 | | 14,1 | - | |
| TENEUR EN EAU OPTIMALE | 1,11 | | | □ 55 | | | 14,5 | - | |
| | | | | △ 25 | 11,55 | | | - | |
| | | | | ○ 10 | 11,6 | | | - | |

| Teneur en eau (%) | | C.B.R % | |
|-------------------|-------|---------|------|
| 8 | 11,55 | 10 | 11,9 |
| 11 | 14,5 | 15 | 14,1 |
| 12 | 14,1 | 20 | 14,5 |

B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE
 Etude: MEZOS
 Sondage: Gaines 38, 39, 40
 Echantillon: Sable grossier
 Profondeur:



ESSAI C B R

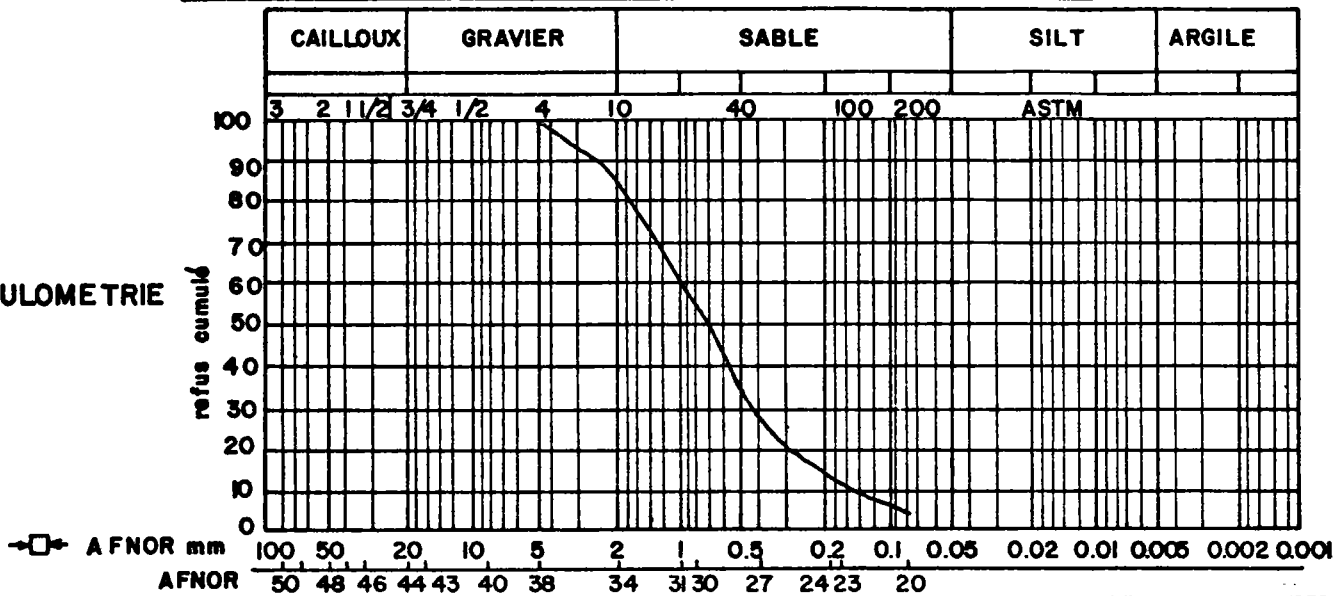
Chantier : MEZOS

Gaines 38, 39, 40

IDENTIFICATION

| | PROFONDEUR | WL | WP | IP | ES | Classification |
|-----------------|------------|----|----|----|----|----------------|
| Sols types | | | | | | |
| Sondage - Puits | | | | | | |

GRANULOMETRIE



| ESSAI PROCTOR NORMAL | | | DENSITE SECHE | ESSAI C.B.R | 4 jours immersion | | | Gonfiem. % | |
|------------------------|--------------------|------|---------------|-------------|-------------------|---------|------------|------------|---|
| DENSITE SECHE MAXIMALE | T / m ³ | 1,75 | | | Optimal | | W % | | |
| TENEUR EN EAU OPTIMALE | | | % | 6,5 | Moulage | Moulage | Imbibition | % | |
| | | | | Nb.coups | □ 55 | 6,3 | | 15,0 | - |
| | | | | | △ 25 | 7,5 | | 14,3 | - |
| | | | | | ○ 10 | 7,25 | | 14,5 | - |

Graphs showing Proctor Normal test results and C.B.R. test results. The left graph plots density vs. water content, and the right graph plots C.B.R. % vs. water content.

ESSAIS OEDOMETRIQUES

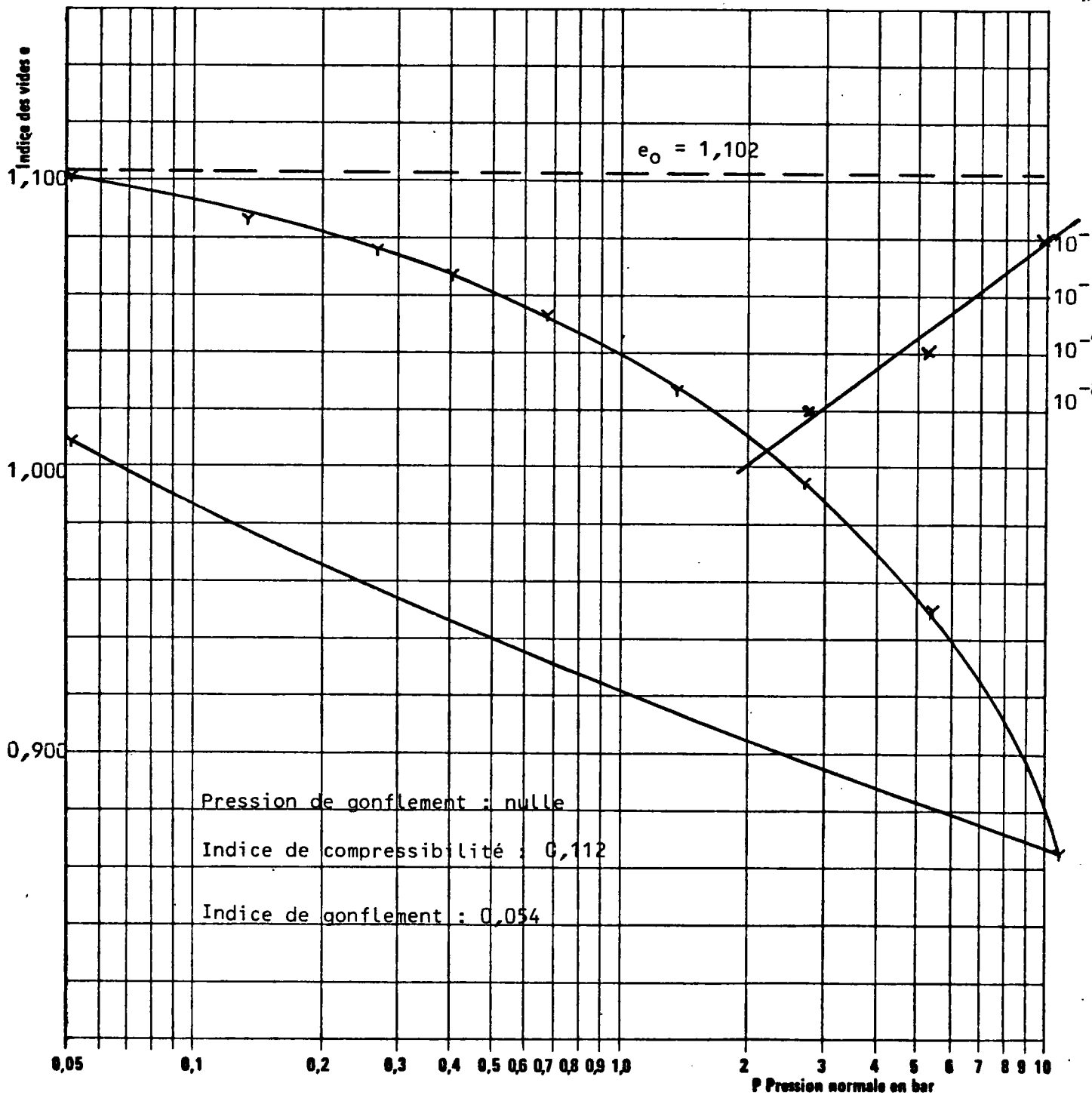
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE

Chantier : MEZOS
Prélèvement : GAINÉ 7
Profondeur en m : 10.55
Nature : ARGILE SABLEUSE

WL : 71

Ip : 40

< 80 μ : 82 %



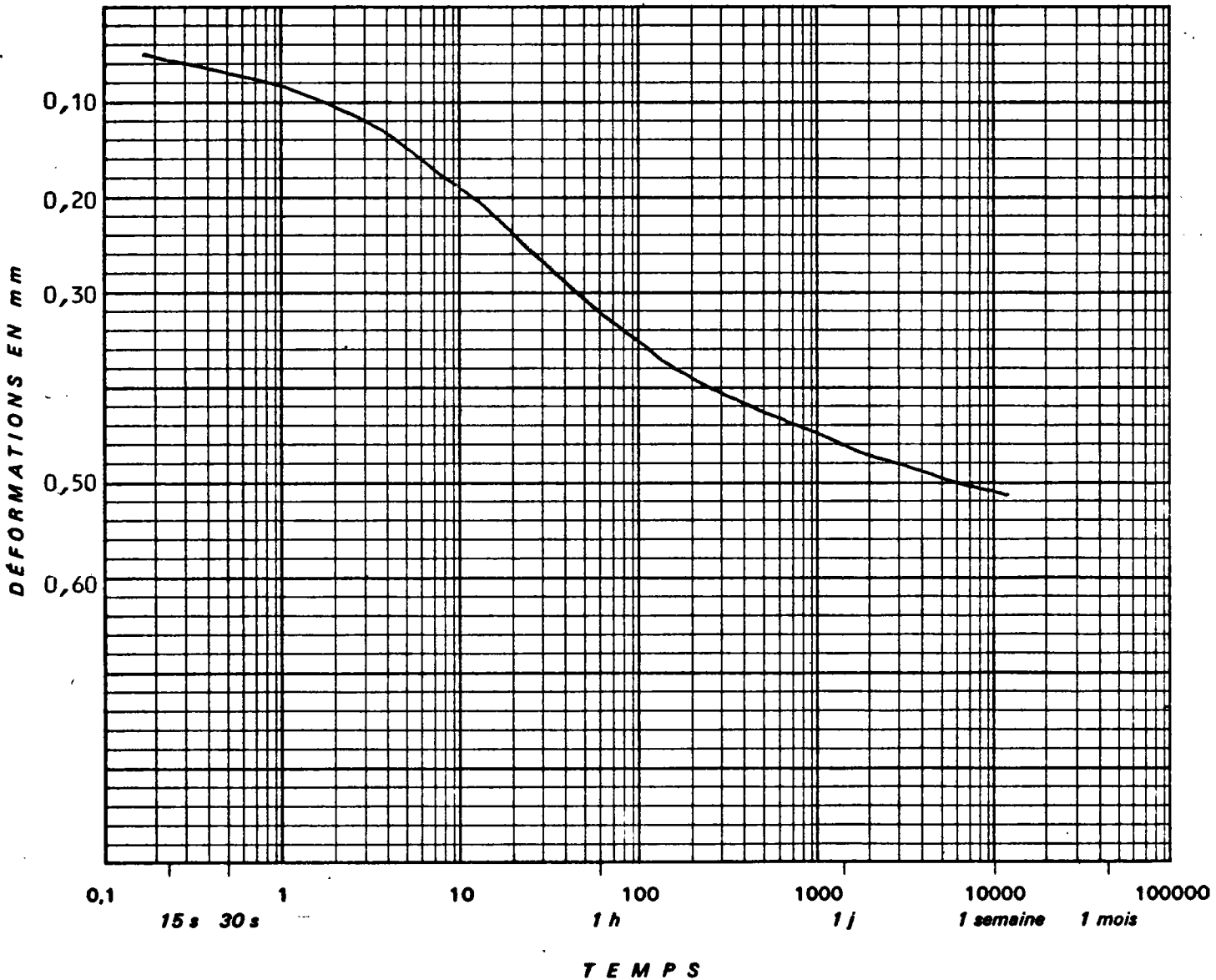
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE COURBE DE CONSOLIDATION EN FONCTION DU TEMPS

Chantier : MEZOS
Prélèvement : Gaine 7
Profondeur en m : 10,35 - 10,55 m
Nature : Argile sableuse

WL : 71 **Ip :** 40 **<80μ :** 82 %

Accroissement de la pression normale : de 2,6 à 5,2 bar

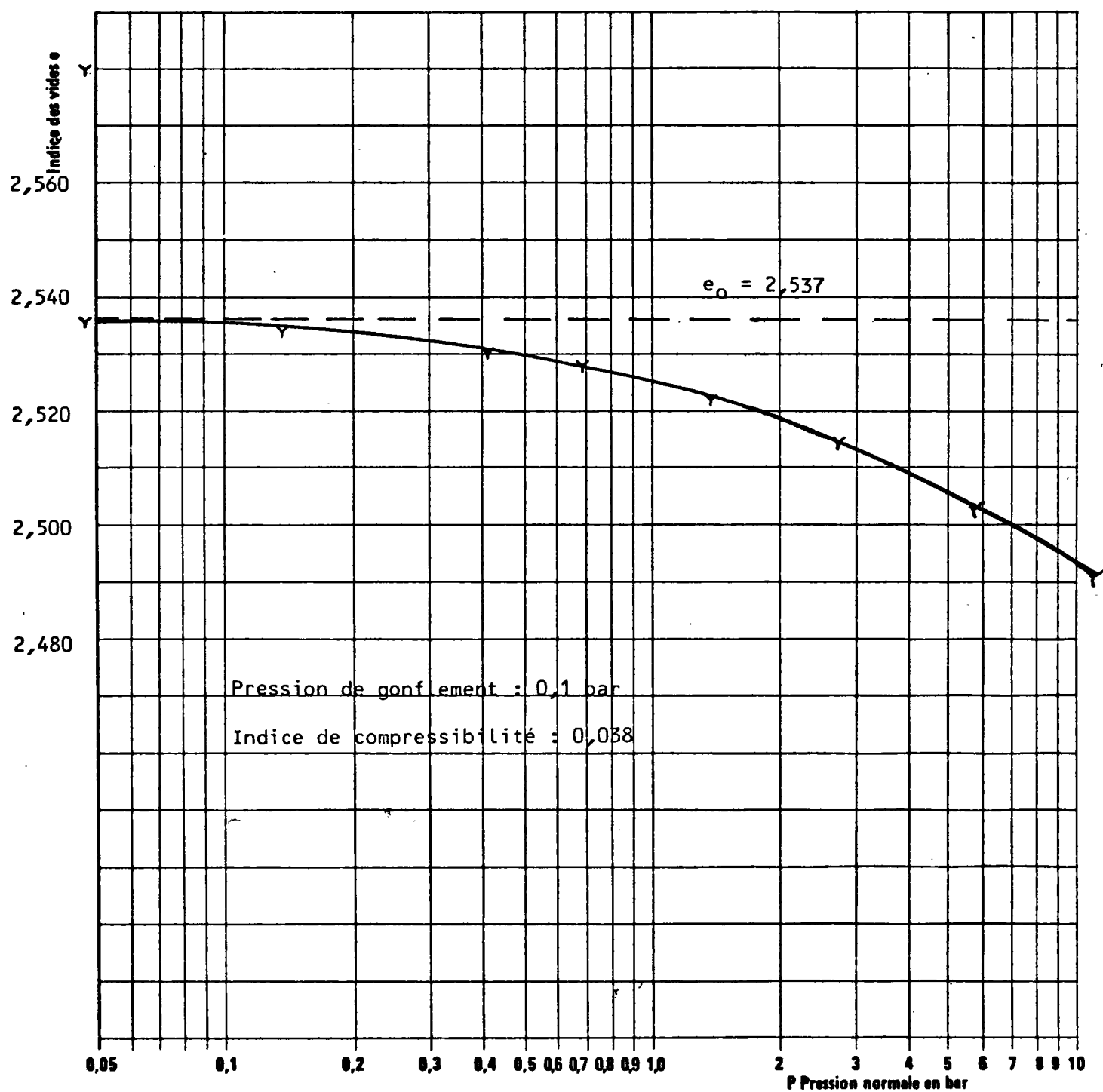
$$Cv = 0.197 \frac{h^2}{t_{50}} = 2,8.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$$
$$= 2,4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{j}$$



ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE

Chantier : MEZOS
Prélèvement : GAINE 33
Profondeur en m : 39,10 m.
Nature : LIGNITE

WL : / Ip : / < 80 μ : /



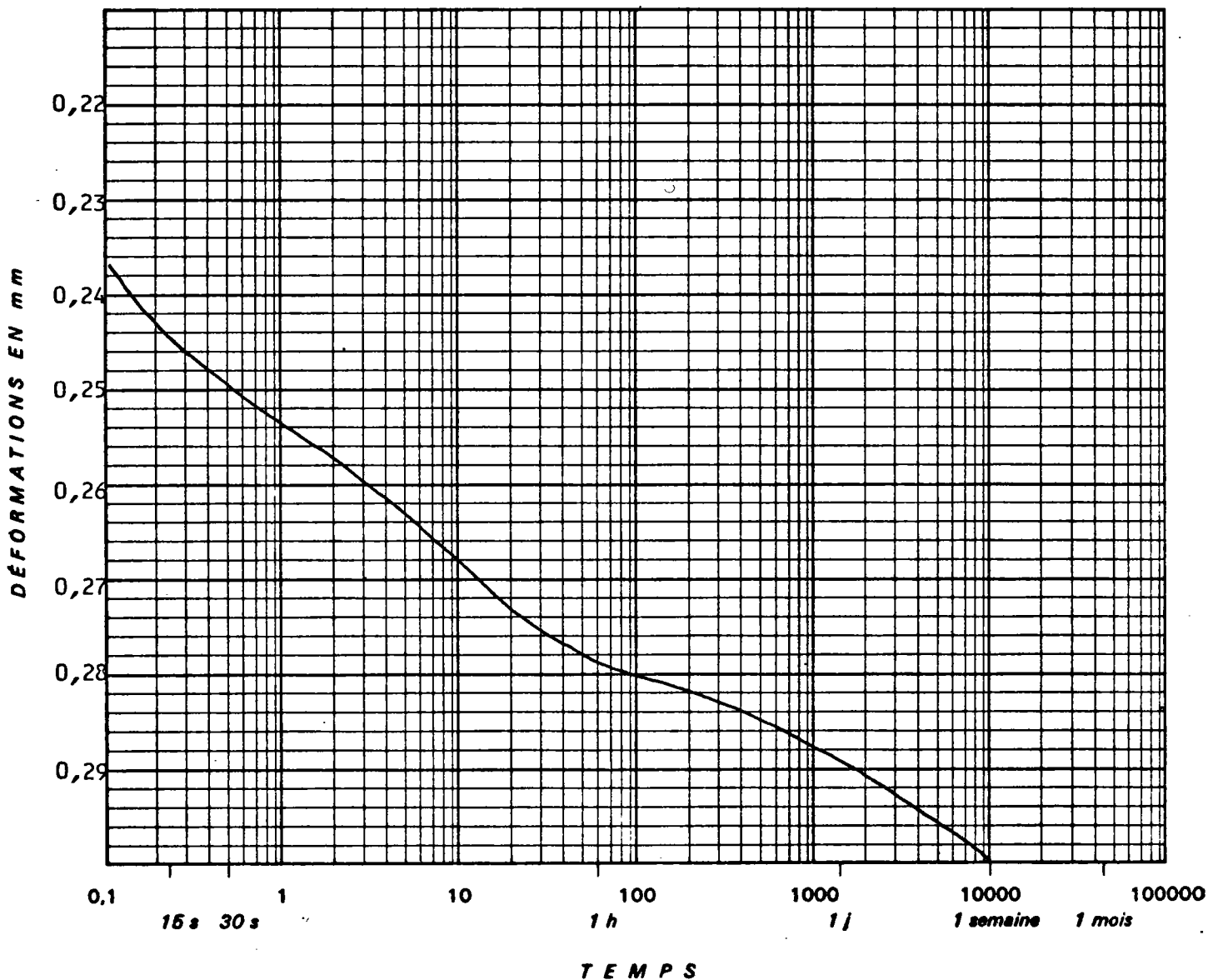
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE
COURBE DE CONSOLIDATION EN FONCTION DU TEMPS

Chantier : MEZOS
Prélèvement : Gaine 33
Profondeur en m : 39,10 m
Nature : Lignite

WL : / **Ip :** / **<80μ :** /

Accroissement de la pression normale : de 5,2 à 10,4 bar

$$C_v = 0.197 \frac{h^2}{t_{50}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$$
$$\approx 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{j}$$



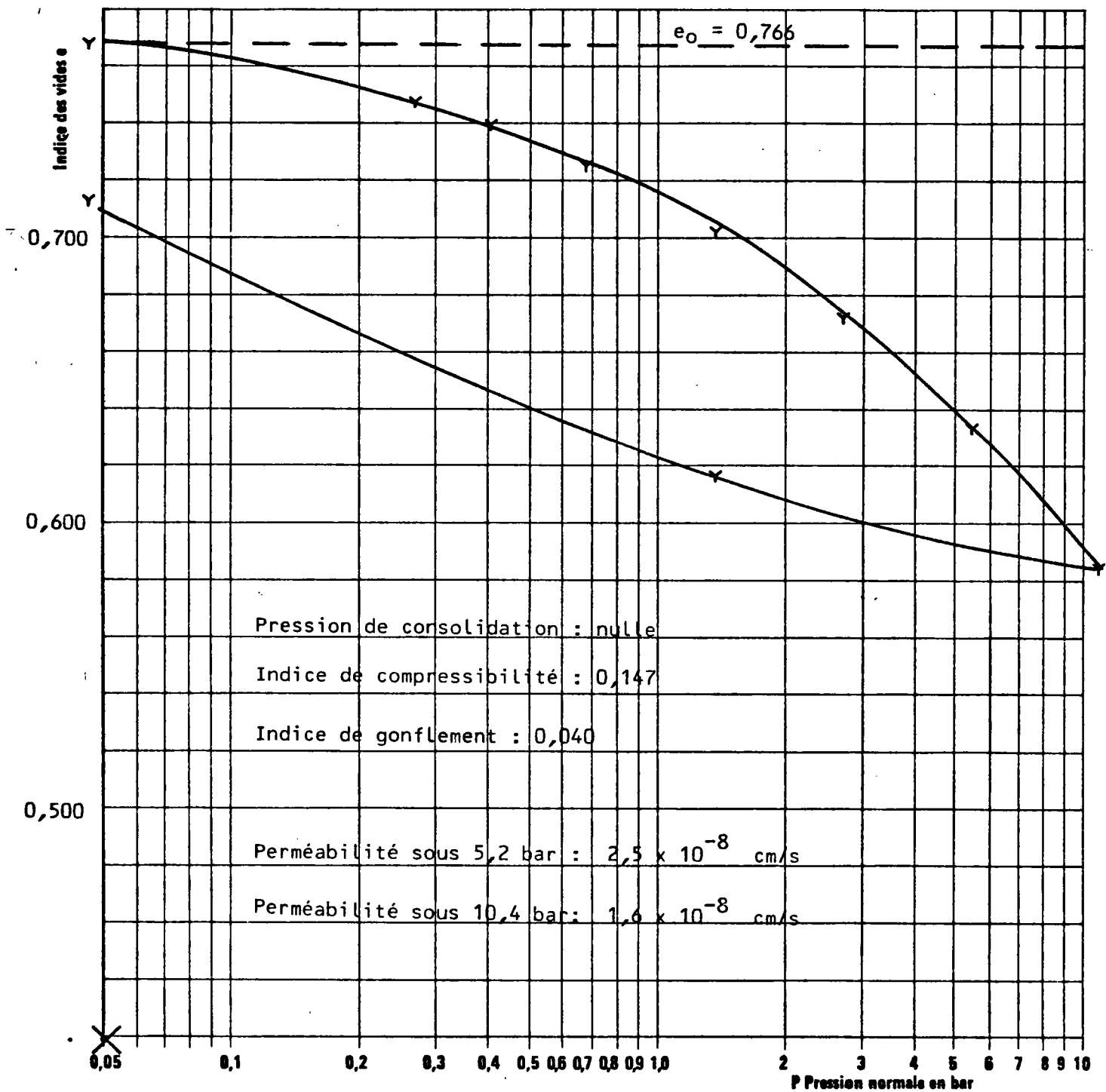
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE

Chantier : MEZOS
Prélèvement : GAINÉ 34
Profondeur en m : 40.60
Nature : ARGILE GRISE ORGANIQUE

WL : 50

Ip : 29

< 80 μ : 100 %



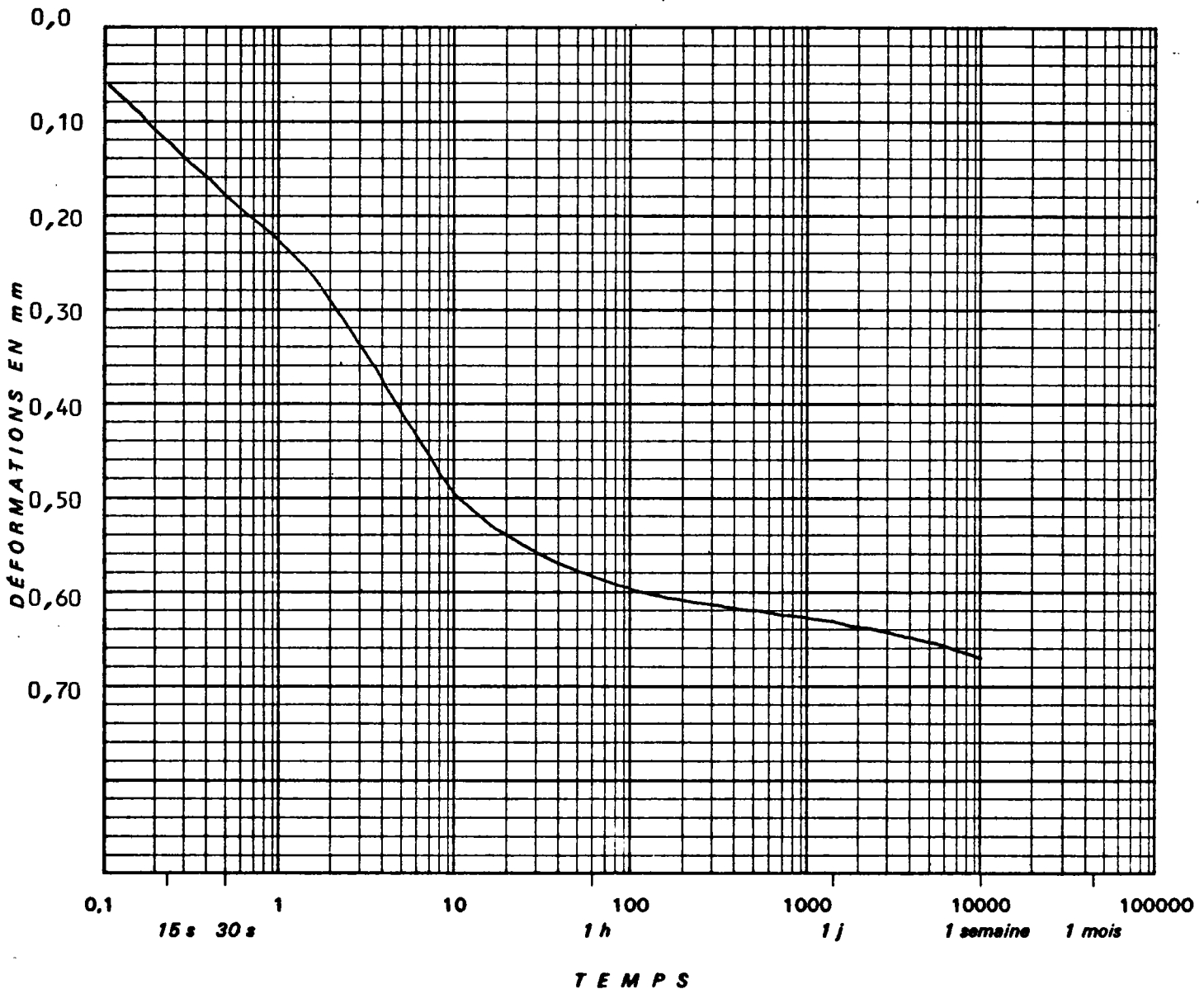
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE COURBE DE CONSOLIDATION EN FONCTION DU TEMPS

Chantier : MEZOS
Prélèvement : Gaine 34
Profondeur en m : 40,60 m
Nature : Argile silteuse

WL : 49,5 **Ip :** 21,0 **< 80μ :** 100 %

Accroissement de la pression normale : de 5,2 à 10,4 bar

$$Cv = 0.197 \frac{h^2}{t_{50}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} \\ \approx 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{j}$$



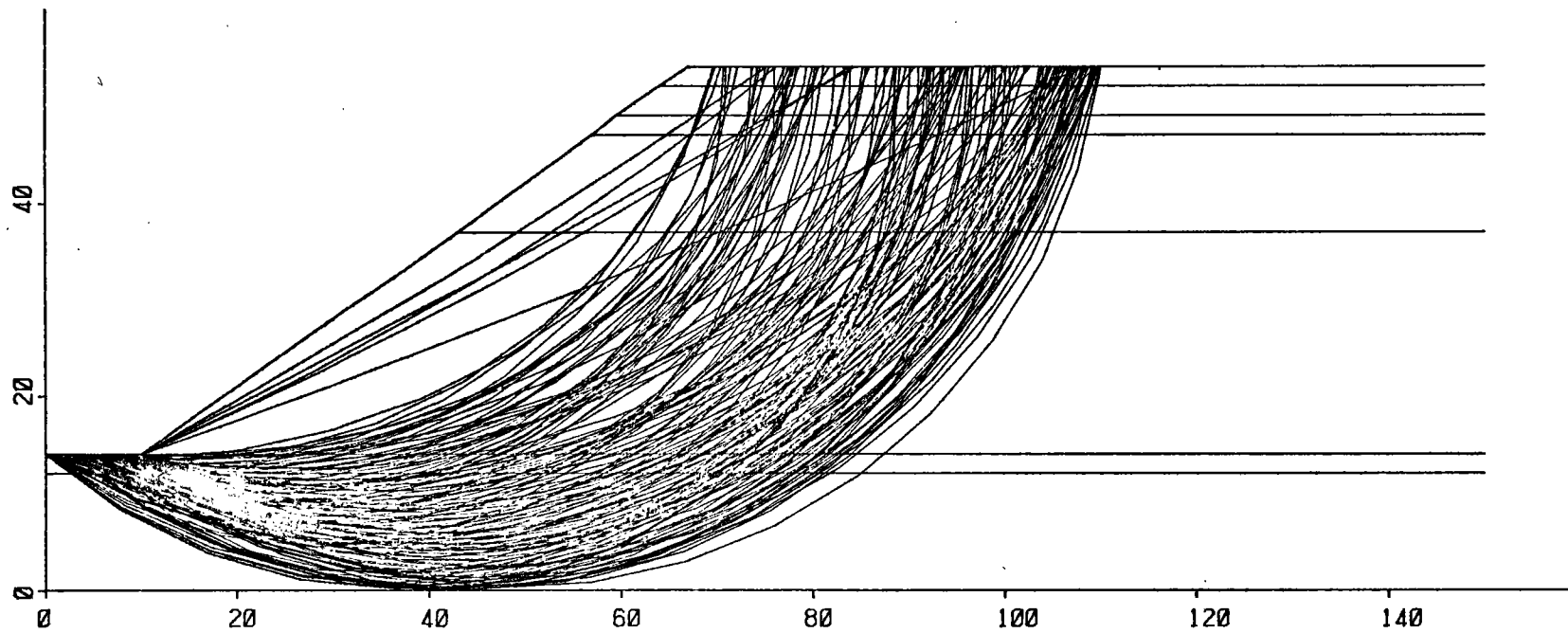
ANNEXE 3

ANALYSE SUR ORDINATEUR DE LA STABILITÉ DE LA PENTE GLOBALE
DES FLANCS DE LA FUTURE FOSSE

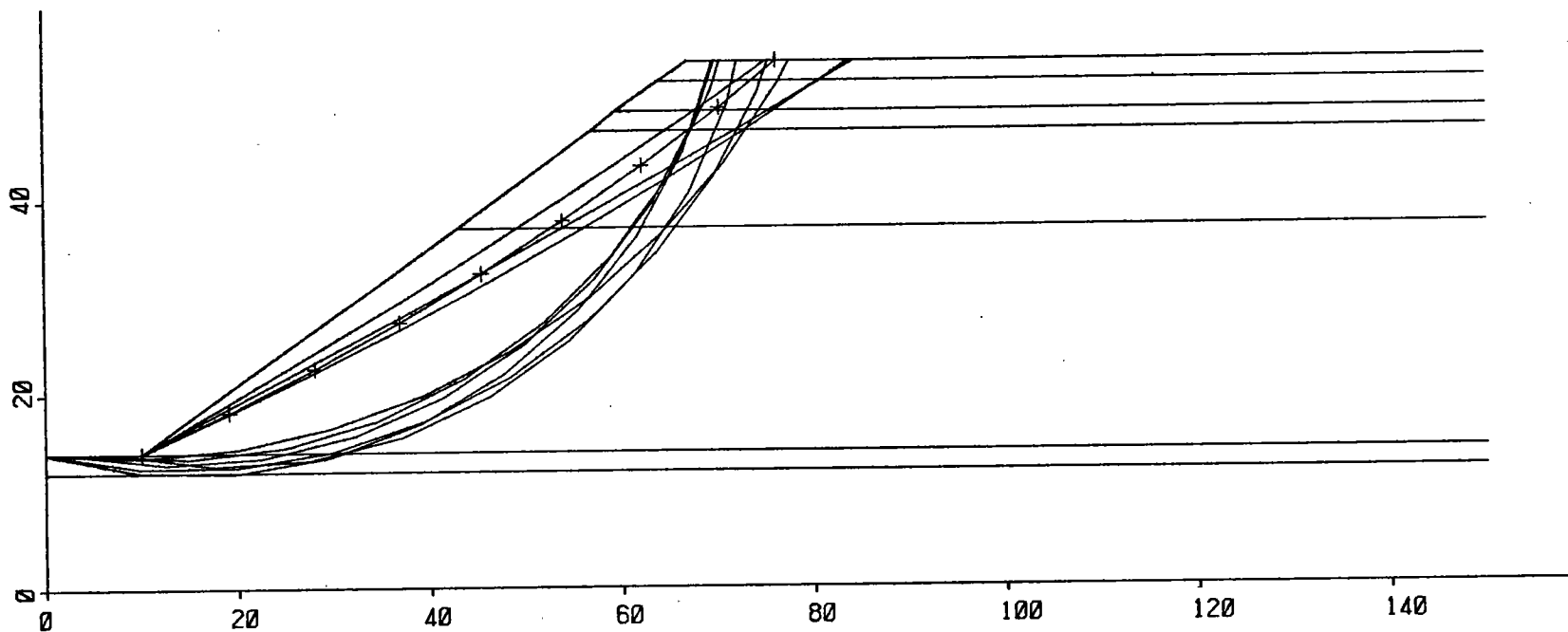
ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

LA SURFACE DE RUPTURE LA PLUS DÉFAVORABLE EST SOULIGNÉE PAR
DES CROIX

MEZOS - 40 M - 35 DEG



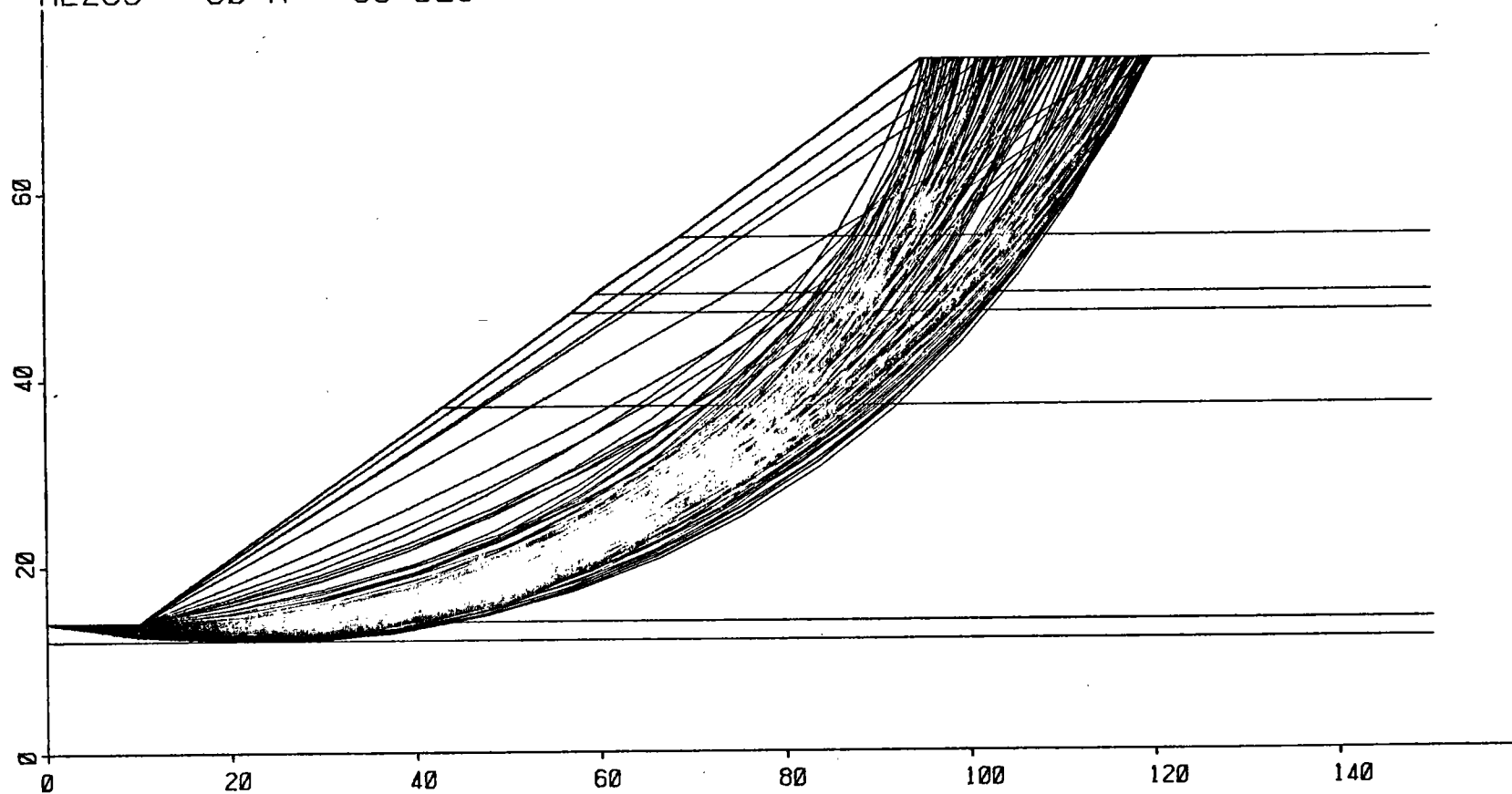
150 SURFACES ONT ETE CALCULEES



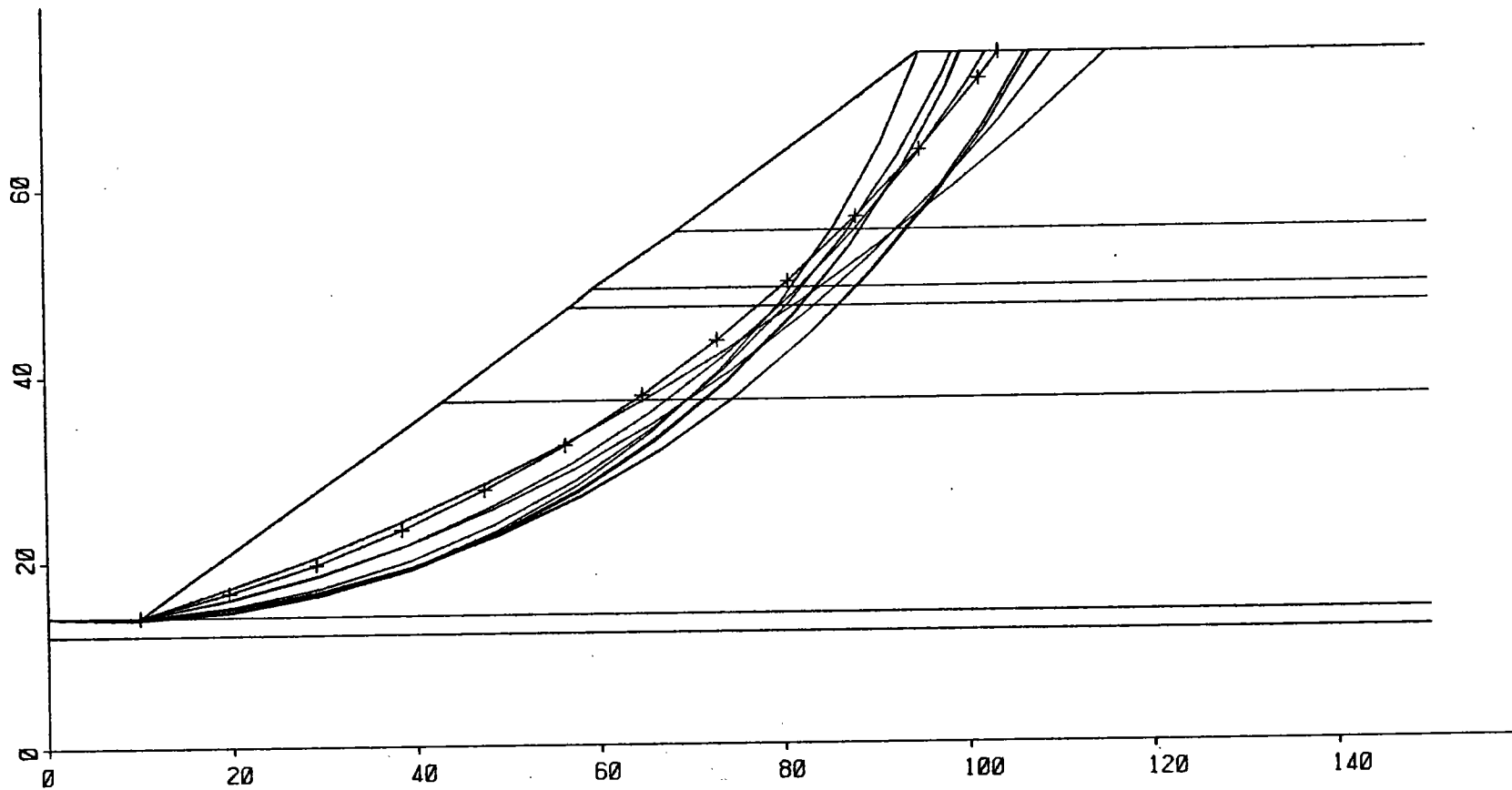
REPRESENTATION DES 10 SURFACES LES PLUS CRITIQUES PARMI LES 150 SURFACES ETUDIEES

FACTEUR DE SECURITE MINIMUM = 1.124.

MEZOS - 60 M - 35 DEG



150 SURFACES ONT ETE CALCULEES



REPRESENTATION DES 10 SURFACES LES PLUS CRITIQUES PARMIS LES 150 SURFACES ETUDIÉES

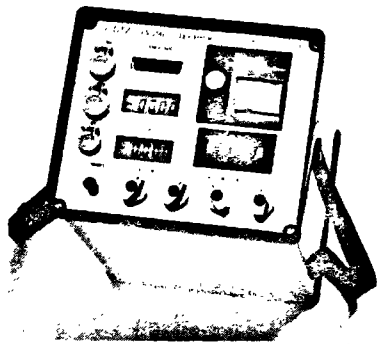
FACTEUR DE SECURITE MINIMUM = 0.997.

ETUDE DE PREFAISABILITE
DU GISEMENT DE LIGNITES DE MEZOS-SUD
(LANDES)

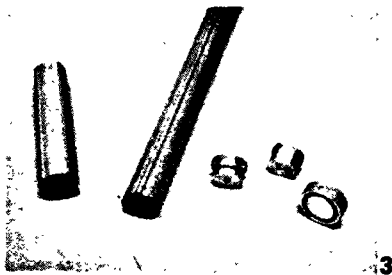
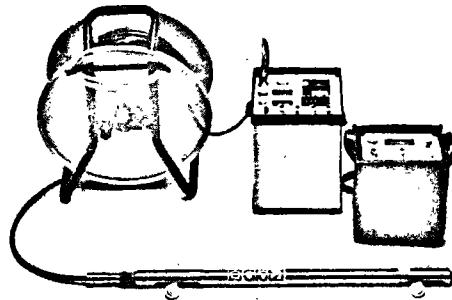
A N N E X E

NOTICES TECHNIQUES DES DISPOSITIFS
ET APPAREILS DE MESURE ENVISAGES POUR
L'AUSCULTATION DE LA MINE DE LIGNITE A CIEL OUVERT
A MEZOS

INCLINOMETRE EQUIPE DE BAGUES TASSOMETRIQUES



1 2



3



4

Inclinomètre digital Glötzl. Il permet la mesure d'angle d'inclinaison dans un tube guide. L'ensemble des relevés donne des enseignements sur les mouvements horizontaux dans les sols. Les exemples d'utilisation sont nombreux : barrages, remblais, glissements de terrain, etc . . . Il peut être livré en version mono- ou bi-axiale avec gamme +ou - 30° et +ou- 90°. Précision globale: 0,01 mm/mètre.

Il peut être équipé d'une imprimante et d'une cassette magnétique permettant l'enregistrement pendant la mesure.

Glötzl Digital Inclinometer. This instrument allows measurement of deflection angles in a guide-tube. The sum of readings gives information on the horizontal movements in the soil. The examples of application are numerous : dams, embankments, landslides etc . . .

It can be delivered in mono- or bi-axial version with +or- 30° or +or- 90° ranges. Global precision : .01 mm/metre.

The instrument can be fitted with a printer or a magnetic cassette recorder allowing recording during measurement.

Note : Un dispositif de repérage électromagnétique peut-être couplé avec le système ci-dessus et permettre des mesures à niveau fixe pour déterminer des tassements par l'adjonction d'anneaux magnétiques rivetés le long du tube rainuré.

An electromagnetic detecting device can be coupled to the above system and allow fixed level measurements to determine settlement through installation of magnetic rings riveted along the grooved tubing.

1. **Coffret de mesure.** Léger et peu encombrant (15 x 15 x 20 cm, 4 kg.) cet appareil à été conçu pour être transporté facilement. Rechargeable sur secteur ou batterie auto. Affichage par cristaux liquides.

Read-out Unit. Lightweight and compact (15 x 15 x 20 cm, 4 kg), this instrument has been designed to be carried and used easily. Rechargeable from mains or car battery. Liquid crystal display.

2. **Ensemble Torpille-Câble-Touret.** La torpille munie d'un accéléromètre, reliée au coffret de lecture par un câble électroporteur gradué tous les mètres est descendue dans un tube rainuré servant de guide. Immobilisée au point de mesure, elle permet l'affichage et la lecture de l'angle ou de la déviation du tube dans deux plans perpendiculaires.

Torpedo-Cable-Drum Assembly. The torpedo, equipped with one or two accelerometers and connected to the read-out unit through an electro-mechanical cable graduated every metre, is lowered into a grooved aluminium tubing used as a guide. Immobilized at the measuring point it will give the value of the angle or the deviation of the tubing in two perpendicular plans.

3. **Tube rainuré Ø 50 mm en aluminium** livré en longueurs de 3 mètres se raccordant par manchons télescopiques rivetés Ø ext. total : 62 mm.

Aluminium 50 mm dia. grooved tubing delivered in 3 metre lengths for interconnection through riveted telescoping couplings. Total O.D. 62 mm.

4. **Poulie de guidage avec dispositif de blocage du câble.**

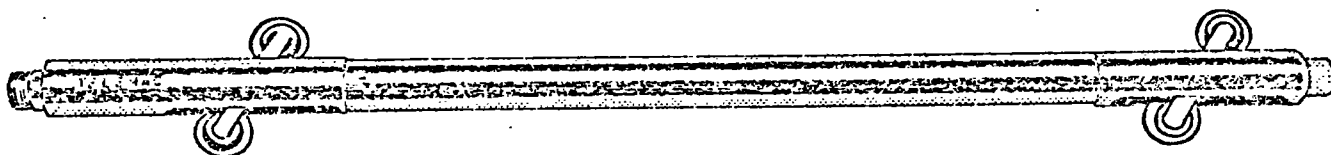
Guide pulley with cable clamping device.



C L I N O M E T R E D E F O R A G E M P F 1

Le clinomètre de forage MPF1 mesure les mouvements d'un tube mis en place dans un forage à l'intérieur d'une fondation :

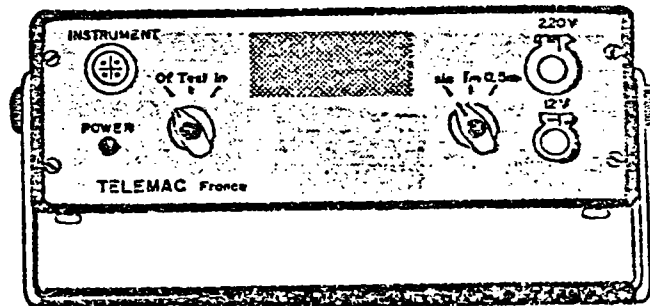
- . mouvements latéraux et de tassement de la fondation,
- . stabilité de barrage ou remblai pendant et après la construction,
- . stabilité de tunnel, puit et travaux souterrains.



La sonde inclinométrique et les accessoires comprennent :

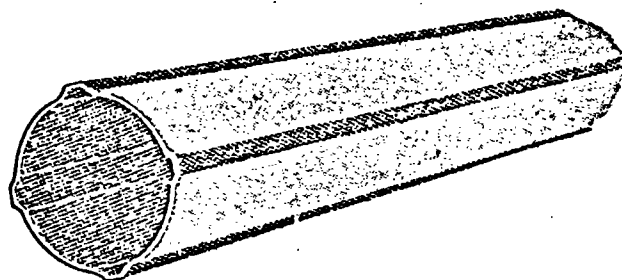
- . la sonde inclinométrique
- . le câble de connexion
- . le poste de mesure digital
- . le tube de guidage

- . Mise en place et mesure aisées,
- . Fiabilité,
- . Robustesse,
- . Mesures en continu et répétitives,
- . Mesures de tassement par des anneaux repère magnétiques,
- . Haute répétitivité de mesures.



Principaux accessoires

- . Câble : armé, 6 conducteurs \varnothing 10 mm, gradué tous les 0,50 m,
- . Touret : pour un câble d'une longueur allant jusqu'à 100 mètres avec contact rotatif pour une ou deux directions de mesure (2 types). Poids : 6 à 7 kg,
- . Poulie guide de câble : avec système de blocage,
- . Tube guide en aluminium : peinture plastique, avec 4 rainures pour guidage de la sonde. L : 3000 mm - Diamètre extérieur : 53 mm - Diamètre Intérieur : 48 mm - Poids par mètre : 1 kg,
- . Manchon : L. : 300 mm - Diamètre extérieur : 63 mm - Poids : 0,3 kg,
- . Bouchon de fond étanche : avec vis de blocage,
- . Bouchon : formant un couvercle de protection avec vis de blocage,
- . Kit d'outillage,
- . Anneaux magnétiques pour mesure de tassement.



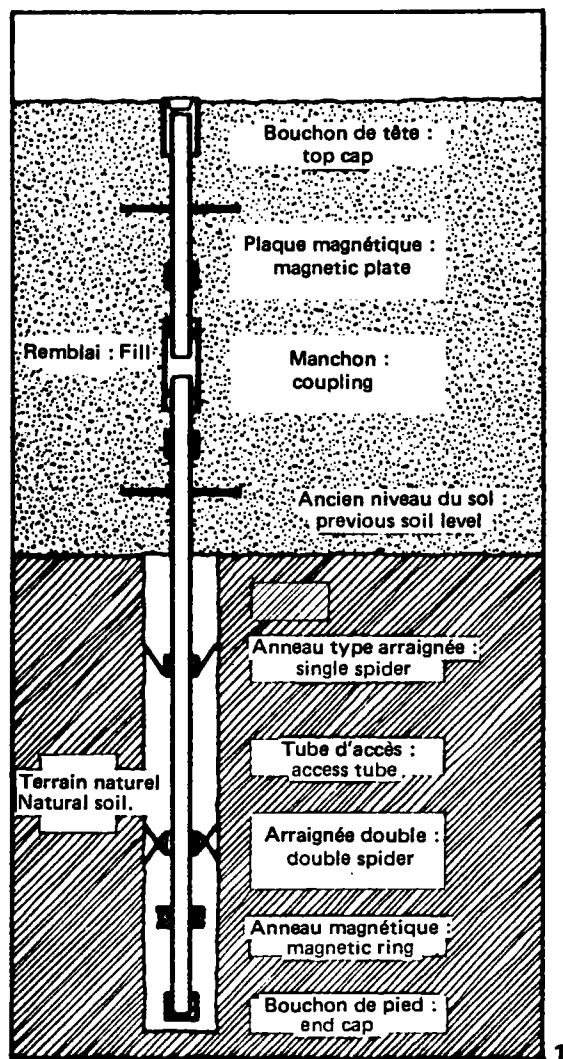
Tube guide

Spécifications :

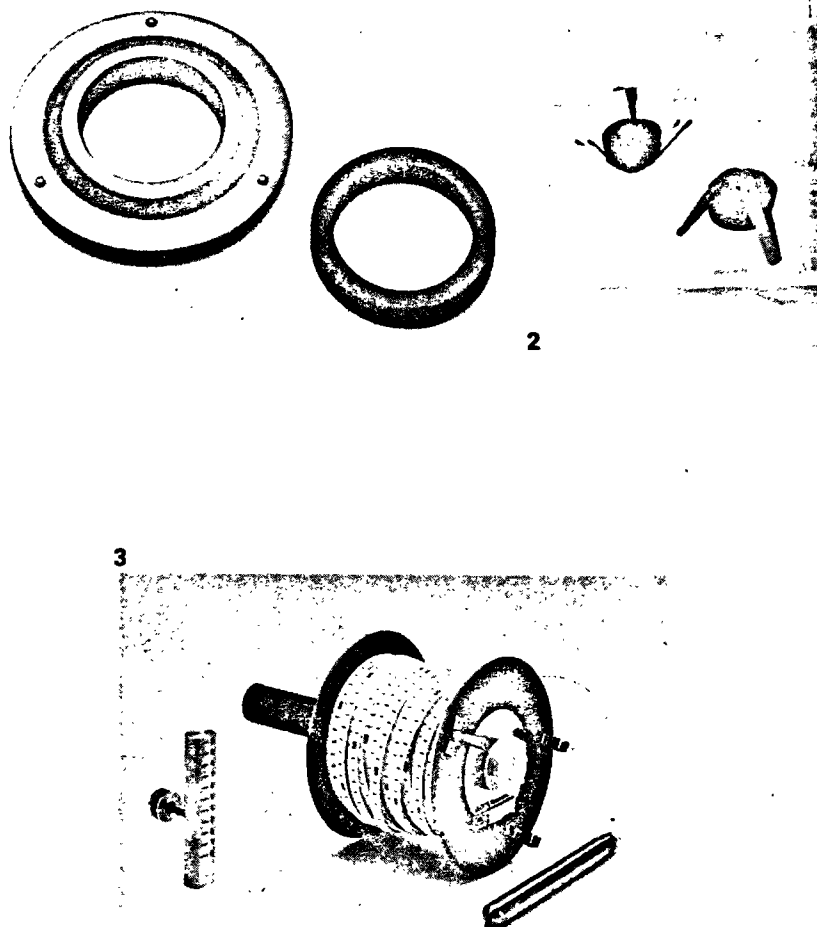
| | | | |
|----------------------|---|----------------------------------|----------------------------|
| Poids | : 2,2 kg | Longueur totale | : 700 mm |
| Linéarité | : $\pm 0,02$ % | Long. de mesure | : 500 mm |
| Hystérésis | : 0,01 % | \varnothing du tube de guidage | : max. 70 mm min. 35 mm |
| Déviat. du zéro | : $\pm 0,005$ % de la valeur de mesure / °C | Température d'utilisation | : -5°C + 60°C |
| Résistance aux chocs | : 1000 G pendant 10ms | | |

Informations nécessaires pour passation d'une commande

- Spécifier :
- une ou deux directions de mesure,
 - la longueur de câble nécessaire,
 - en option, valise de transport pour sonde et poste de lecture et tou



TASSOMETRES MAGNETIQUES
MAGNETIC EXTENSOMETERS



Principe : Les tassements ou soulèvements à différents niveaux dans un sol ou une masse rocheuse peuvent être évalués par le repérage précis de cibles magnétiques. Celles-ci peuvent être mises en place pendant la construction ou introduites dans un sondage. On les dispose à différents points le long d'un tube d'accès proche de la verticale et dans lequel on fait descendre un détecteur à lame mince qui émet un signal sonore lors de la traversée d'un champ magnétique. Les mesures faites au moyen d'un câble ou d'un ruban gradués peuvent alors être rapportées à un repère fixe. Les cibles peuvent se mouvoir indépendamment ou être solidaires du tube qui peut lui-même coulisser.

Principle : Settlement or heave at various levels within a soil or rock mass may be assessed by accurately monitoring the location of magnetic targets. These targets may be positioned during construction or by subsequently introducing them into a borehole. The targets are located at various points over a near vertical access tube, through which a reed switch probe is lowered. When the probe enters the magnetic field produced by a target, an audible signal is emitted at ground level. Measurement made on a steel tape or a graduated cable may then be related to any convenient datum. Targets can either move independently of the tube or be fixed to tubing which is allowed to compress or extend vertically.

1. Coupe schématique montrant les différents systèmes.

Diagrammatic representation of components.

2. Différentes cibles : araignées simple et double, anneaux, plaque magnétique.

Various targets : single and double spiders, magnetic rings and plate.

3. Sonde tassométrique avec câble gradué sur touret.

Settlement probe with graduated cable on drum.

Note : Les anneaux magnétiques \varnothing int. 58 mm peuvent être utilisés sur tube inclinométrique (cf. page 90).

Note : The magnetic rings 58 mm I.D. can be used on inclinometer tubing (cf. page 90).



SERVICE GEOLOGIQUE

de rhône-alpes

29 bd du 11 novembre - B.P. 6083 - 69604 Villeurbanne Cedex - Tél (7) 889.72.02 - Télex BRGM 380 966 F
ALPES : 18 rue du Général Champon - 38100 Grenoble - Tél. (76) 87.37.01

UNE METHODE RAPIDE ET FIABLE DE SAISIE ET DE TRAITEMENT DES MESURES INCLINOME- TRIQUES

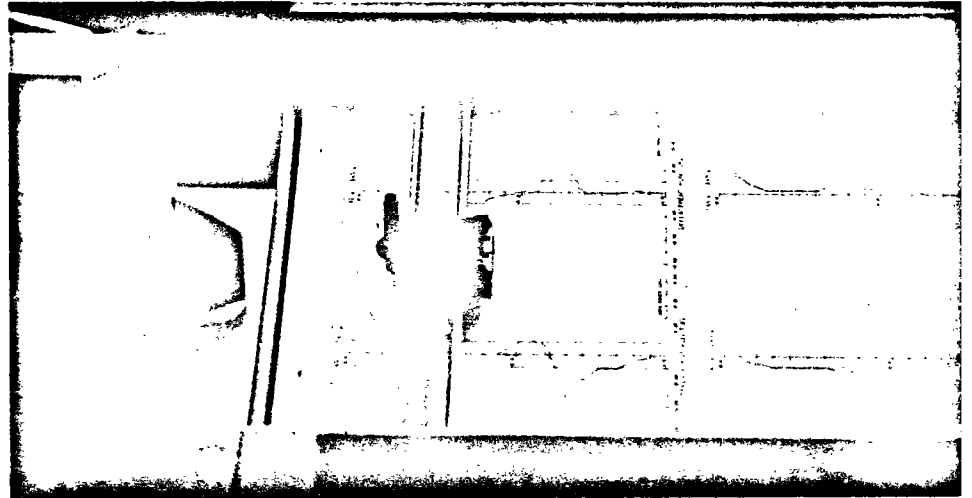


fig. B

Le Service géologique de Rhône-Alpes utilise depuis plus de sept ans des inclinomètres pour la détection et le suivi de mouvements de terrain ou l'auscultation d'ouvrages d'art. Cette longue expérience a permis de constituer une équipe très entraînée aux techniques inclinométriques, et de mettre au point une procédure automatisée de saisie et de traitement des résultats.

Tous les utilisateurs d'inclinomètres savent en effet que l'intérêt de mesures sophistiquées est malheureusement souvent contrebalancé par la longueur des délais nécessaires pour l'obtention et l'expression d'un résultat fiable. Cela constituait jusqu'à présent, au niveau d'un chantier d'ouvrage ou devant une menace de glissement, un handicap sérieux pour une prise de décision rapide, d'autant que, au-delà même des calculs déjà fastidieux, il fallait apprécier le degré d'incertitude lié à la mesure.

Le Bureau de recherches géologiques et minières a donc développé successivement :

- une procédure de calcul, comprenant la détermination du seuil en deça duquel la différence entre deux mesures successives ne peut être considérée comme significative ;
- une procédure de tracé graphique, associant aux tracés des déformées successives et des accroissements de déformations, une image du vecteur déplacement en tête par rapport aux principales coordonnées locales (voir illustration au verso).

Les deux procédures améliorent grandement l'expression du résultat à partir de mesures saisies de façon classique sur le terrain et de l'entrée au clavier ou sur cartes des données correspondantes.

Restait donc à améliorer cette saisie de données, fastidieuse et génératrice d'erreurs, sur le terrain, mais aussi au moment de la transcription.

Cela a été fait par le développement d'une malette (fig. A) reliée au boîtier de mesure par une liaison parallèle ASCII 7 bits, avec un bit de validation. Un système d'acquisition lit les données validées à chaque mesure par simple pression d'un bouton, les range dans une mémoire sauvegardée et les ressort à la demande, soit sur une imprimante de contrôle sur le chantier, soit sur une liaison série standard type V 24 permettant le couplage avec un micro ordinateur et une table traçante (fig. B).

Ces moyens, opérationnels au niveau du BRGM, sont également à la disposition d'utilisateurs extérieurs sous forme :

- soit de vacation complète de mesure (technicien, déplacement et traitement) ;
- soit sous forme de service à partir de résultats saisis sur bordereau de chantier. Le service comporte alors le calcul et la sortie graphique. Le délai nécessaire pour l'expédition du diagramme imprimé est d'une demi-journée à réception des données. Une transmission type Transpac est également possible avec des matériels compatibles à l'arrivée chez le client.

Pour tout renseignement, s'adresser au Service géologique de Rhône-Alpes.

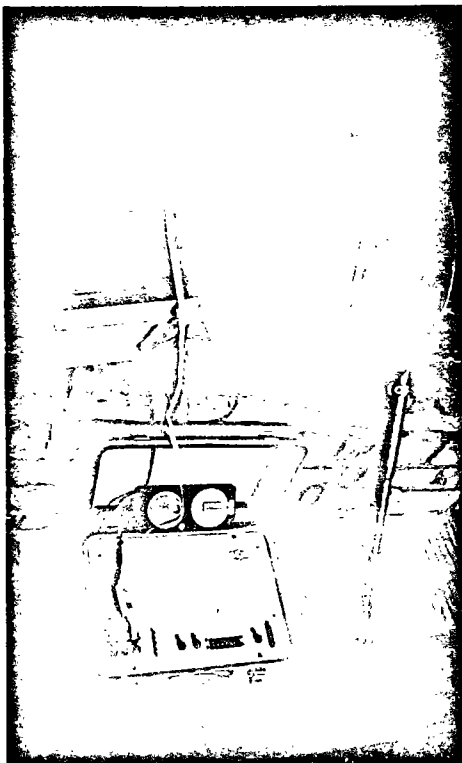
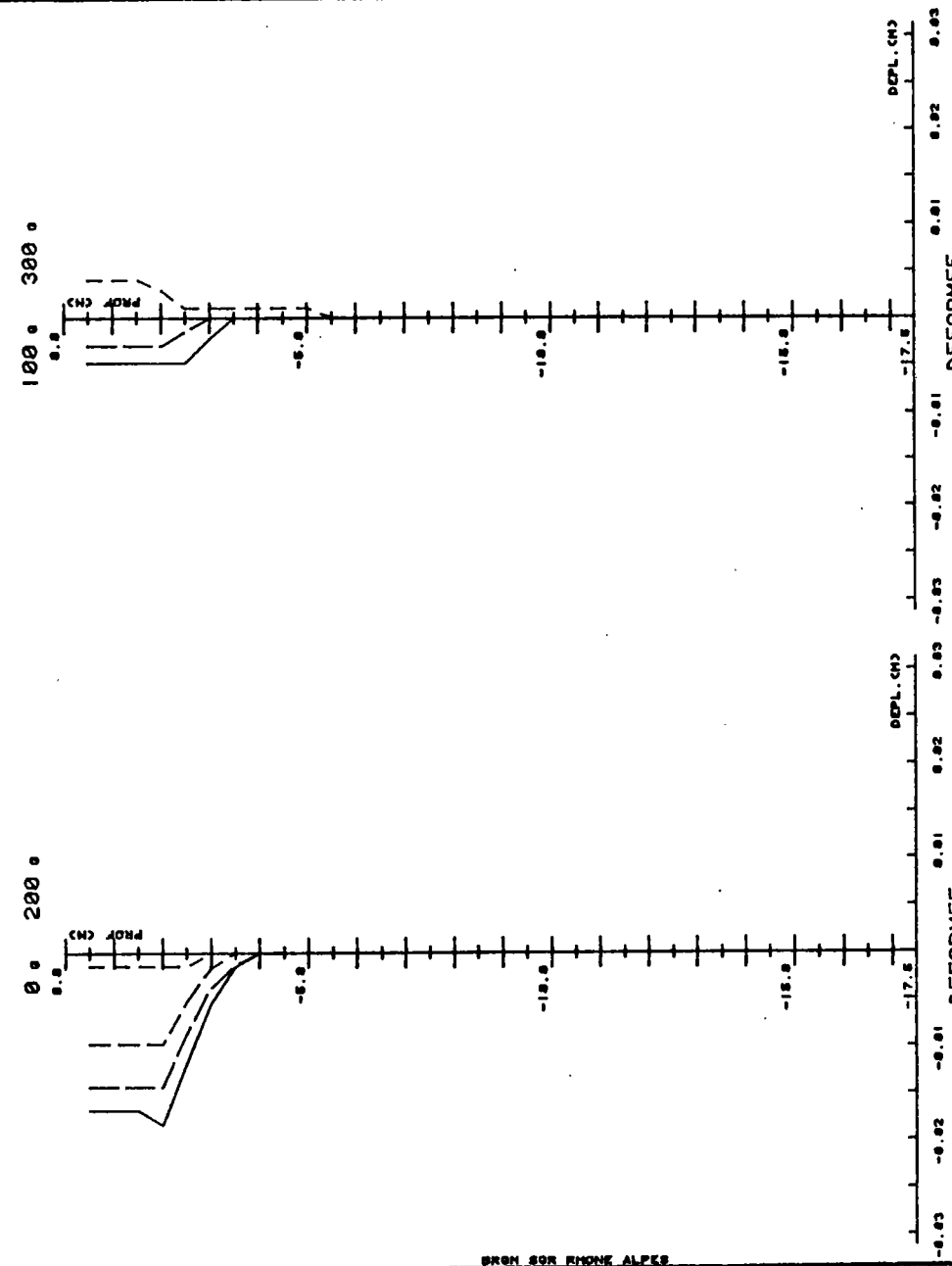
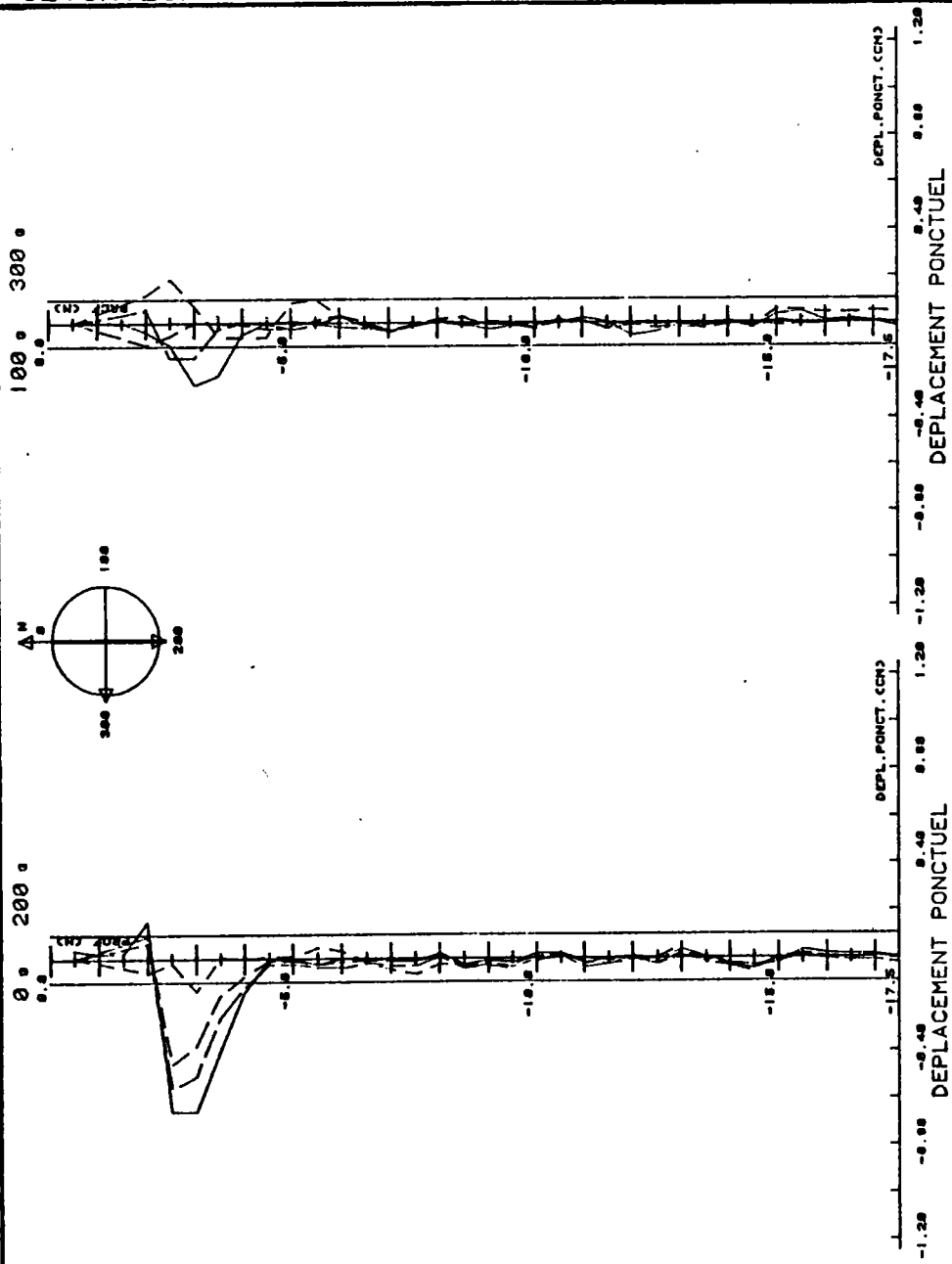


fig A

SONDAGE TOME D ANCRAGE
SITUATION TOME D'ANCRAGE

X=0
Y=0
Z=0
REF BSS 0

MESURE INCLINOMETRIQUE



ACCROISSEMENT DE DEFORMATION ENTRE LE 24.04.82 ET LE 22.06.82 21.07.82 26.07.82 18.08.82

L'appareillage et ses caractéristiques métrologiques

Il n'est pas inutile de rappeler la liste des principaux appareils qui ont existé au cours des dix dernières années avec un développement plus ou moins important :

- témoins de rupture à résistances (Terrametrics, LRPC Rouen) ;
- inclinomètres mécaniques ;
- inclinomètres mécaniques électriques (LRPC Lyon) ;
- inclinomètres optiques Schlumberger (sondages pétroliers) ;
- inclinomètres à pendule et cordes vibrantes (Télémac, Géonor) ;
- inclinomètres à pendule, avec contact mobile sur résistance (Wilson, EDR) ;
- inclinomètres Solétanche à double pendule ;
- inclinomètres à sonde rotative Géoconsult.

Aujourd'hui, la plupart des appareils utilisés en France sont basés sur le principe de l'accéléromètre et utilisent des tubes standard en aluminium de 50 mm de diamètre, à double rainure.

L'appareil type (Soil Instrument, Télémac, Glöztz, Terra-Technologie) a une longueur de 65 à 70 cm et un diamètre de 2,5 à 3 cm, avec un ou deux jeux de roulettes espacées de 50 cm et un ou deux accéléromètres.

Les performances métrologiques sont essentiellement celles de l'organe de mesure : il s'agit d'une masse flottant dans un champ magnétique et dont la position est maintenue constante par asservissement. On réalise donc une mesure indirecte de l'inclinaison.

Le schéma présenté ci-dessous est celui fourni par l'un des principaux fabricants, la société Schoevitz.

L'accéléromètre (ou servo-accéléromètre) correspondant est disposé dans un boîtier étanche qui sert d'amortisseur hydraulique. De plus, l'équipage mobile du pendule lui permet de supporter des chocs très durs. Le boîtier est étanche et il est livré avec une compensation en température qui permet de fonctionner entre -20 et $+70^{\circ}\text{C}$, avec une dérive de zéro et de sensibilité comprise entre 0,003 % par degré et 0,02 % par degré, selon les étendues de mesure.

La sensibilité est évidemment d'autant plus grande que l'appareil est conditionné pour travailler dans un domaine d'inclinaison faible par rapport à la verticale.

On ne pourra donc prétendre à la même sensibilité pour des mesures faites à partir d'un sondage incliné que pour celles réalisées dans un sondage vertical. Toutefois, ces mesures en sondage incliné sont possibles avec les inclinomètres à accéléromètre, alors qu'elles ne l'étaient pas au-delà d'une certaine inclinaison avec les appareils classiques.

Au-delà des performances de l'organe de mesure proprement dit, les constructeurs annoncent pour l'inclinomètre :

- une résolution de ± 2 minutes entre $\pm 5^{\circ}$ (0,6 mm/m) ;
de ± 10 minutes entre $\pm 25^{\circ}$ (2,1 mm/m) ;
- une dérive en température de 10^{-3} par degré de température ;
- une sensibilité transversale de 1/100 de degré par degré ;
- un rayon de courbure maximal négociable de 3 mètres, avec des torpilles de 0,5 m de long.

Une brève étude expérimentale a été menée, fin 1979, au Service géologique régional de Lyon. Les expériences ont porté sur :

- le calage de zéro

La torpille a été placée sur un bâti rigide dont on pouvait contrôler l'inclinaison exprimée sous forme de déplacement

en tête. Il était alors possible de mesurer le rapport γ entre le déplacement indiqué par la torpille au déplacement vrai :

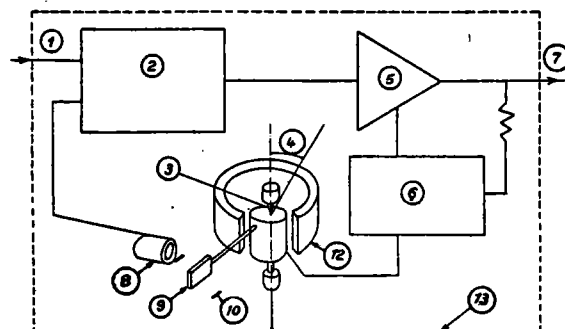
- avec un décalage de zéro nul, il y a une très bonne concordance ;
- avec un décalage de zéro de 1 mm, γ n'atteint la valeur 1 que pour un déplacement supérieur à 50 mm ;
- avec un décalage de zéro de 10 mm, γ ne tend vers 1 que pour de très grands déplacements.

Il est donc très important d'assurer un bon calage de zéro au début de toute série de mesures.

- L'influence de la température.

Des essais ont été faits avec une sonde immobile mais soumise à des fluctuations thermiques de 40° .

Les mesures enregistrées fluctuent dans une bande de 1 mm de largeur, qui n'est pas centrée sur zéro.



(1) : Alimentation. (2) : Module électronique. (3) : Lame flexible. (4) : Angle mesuré. (5) : Servo-amplificateur. (6) : Amortisseur. (7) : Signal. (8) : Détecteur de position. (9) : Masselotte. (10) : Butée. (11) : Verticale vraie. (12) : Moteur couple. (13) : Boîtier étanche.

Figure 1

Les conditions d'une bonne mesure

Ces conditions doivent être réunies aussi bien à la mise en place des tubes que lors de la mesure elle-même, puis de son traitement et de son interprétation.

A la mise en place, il faut d'abord se soucier de la connaissance des terrains concernés et de la définition de la longueur d'encastrement minimum. Les tubes doivent être conditionnés à la longueur prévue, avec préparation des raccords, numérotation et demi-mançonnage en laboratoire, pour réduire les opérations de terrain à la pose des derniers rivets dans des trous existants et repérés. Les rivets doivent être correctement positionnés et en nombre adapté à la longueur de tube à soutenir au cours de la mise en place. Le coulis et la cimentation devront être faits en fonction des terrains traversés. Le recours à un tube plongeur est souvent la meilleure solution. L'étanchéité des joints et la protection des têtes doivent être assurés, et enfin il est indispensable d'orienter le tube en repérant la direction de la ligne de plus grande pente et en définissant un ordre de mise en place de la torpille, qui devra impérativement rester la même tout au long des mesures.

La procédure de couplage extensomètre – tassomètre magnétique est généralement à éviter. Elle oblige en effet à laisser aux tubes une possibilité de coulisser légèrement dans les manchons et peut altérer le signal de la torpille à la profondeur de ces manchons.

PERFECTIONNEMENT ET DEVELOPPEMENT DES METHODES INCLINOMETRIQUES

IMPROVING AND PROGRESS IN CLINOMETRIC MEASUREMENT METHODS

ASTÉ J.P., ing.*

Résumé

Au cours des dix dernières années, le développement des techniques inclinométriques de mesure *in situ* des déformations du sol, derrière un ouvrage ou sur une zone en glissement, s'est beaucoup accéléré. Le dépouillement de ces mesures exige un travail de calcul très important, qui devient vite fastidieux dans un chantier où l'on a des mesures nombreuses et fréquentes. Il était donc nécessaire de développer des programmes de dépouillement automatique, puis un appareillage de saisie automatique des données, de conception particulièrement résistante pour être utilisé opérationnellement sur des chantiers. Avec ces développements, la technique inclinométrique devient sûre, rapide et facile à mettre en oeuvre, ce qui lui vaudra certainement un nouvel essor.

Summary

For the last ten years, development of in situ clinometric measurements, in sliding area or at the back of a civil work, has quicken a lot. To analyse the results needs a very large computation job soon getting dulltask at a work site with plenty of measurements at high frequency. Then, it was necessary to work out computerised analysis of measurements figures and in the way a computerised apparatus to get the figures, strong enough to be used in rough work sites conditions. With these improvements clinometric technics become reliable, fast and easy to be carried out. That will draw up these technics to new development.

Le développement actuel des techniques inclinométriques en France dans le domaine du génie civil et des travaux publics

La technique de mesure des déformations horizontales d'un tube scellé dans le sol par le biais d'une torpille qui se déplace dans ce tube et dont on mesure l'inclinaison, que l'on intègre ensuite le long du tube pour reconstituer la forme de celui-ci, est déjà bien connue en France depuis longtemps.

Historiquement, plusieurs types d'inclinomètres ont été utilisés et, d'abord, pour l'auscultation des grands barrages. La plupart de ces appareils sont restés à l'état de prototypes ou n'ont été fabriqués qu'en petite série. Les principales difficultés qui ont freiné l'essor de telles techniques, trouvent leur origine dans la technologie de mise en place des tubes et du conditionnement des torpilles. Ce n'est donc qu'à partir des années 1970 que des appareils plus perfectionnés ont fait leur apparition sur le marché français, et que leur utilisation s'est progressivement généralisée à la surveillance des mouvements de terrain et au suivi des déformations d'ouvrages.

En même temps, diverses tentatives étaient faites pour générer, à côté des appareils compliqués que restent les inclinomètres à tube et torpille, une gamme d'appareils plus simples de mesure de déformations en surface (nivelles) ou en profondeur (inclinomètres à pige, clinomètres).

Entré 1975 et 1980, les mesures inclinométriques se sont beaucoup généralisées chez un certain nombre de grands organismes ou de maîtres d'ouvrage publics et privés :

- DDE et laboratoires ;
- sociétés d'autoroutes ;
- S.N.C.F. ;
- entreprises spécialisées.

Des inclinomètres ont été utilisés avec succès depuis par l'auteur sur des sites instables (glissements de terrain dans les Alpes, aménagement de la ville de La Paz en Bolivie), mais aussi sur des ouvrages (mur de soutènement à Monaco).

L'expérience et la maîtrise progressive des méthodologies de mesure a permis notamment le pilotage, entre 1979 et 1981, des terrassements difficiles du col d'Evires, pour le compte de l'AREA, où 25000 mesures correspondant à une trentaine de forages ont été réalisées pendant les travaux.

Parmi certaines auscultations particulièrement représentatives, on citera encore la surveillance d'un ouvrage audacieux situé à plus de 3000 mètres d'altitude, dans les Alpes, ou une expérience de chargement d'une semelle superficielle sur des éboulis, près de Nantua, où deux dispositifs inclinométriques ont été exploités en même temps que des extensofors et des mesures de distance et de nivellement très fines.

* Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Service Géologique Régional. B.P. 6083 - 69604, Villeurbanne - Croix-Luizet - France.

A la saisie des données, en dépit du bon conditionnement des appareils modernes, il ne faut pas oublier que la torpille reste un outil fragile. Il faut donc généraliser la descente préalable d'une fausse torpille, qui évitera bien des déboires à tous ceux qui ont connu les affres de la perte d'une torpille.

Le repérage de la profondeur est évidemment très important. Si une variation de quelques centimètres n'est pas grave, le saut accidentel d'un palier de mesure peut créer une confusion qui n'apparaîtra qu'à un stade tardif de traitement.

On devra bien évidemment s'assurer que la batterie a été correctement chargée et que la charge reste suffisante, notamment lorsqu'on exécute une grande série de mesures par jour, ce que permettent les techniques de saisie dont il sera fait mention plus loin.

Il faudra également respecter scrupuleusement la procédure de réglage du zéro de l'appareil, suspendu à la verticale, avant toute série de mesures. En cas de variations de température importantes entre le fond et la surface, il faudra adopter un rythme de mesures permettant de réaliser à chaque profondeur les mesures à une température aussi constante que possible.

Lors du traitement des données et indépendamment du développement statistique que l'on indiquera ci-dessous, il sera très important d'assurer une bonne transcription des données de terrain et leur stockage dans des conditions permettant de coupler entre elles des mesures souvent distantes de plusieurs mois. Ces obligations ont depuis longtemps conduit beaucoup d'utilisateurs à une informatisation du traitement.

Enfin, lors de l'interprétation, manuelle ou automatique, il importe de savoir déceler des erreurs grossières (décalage, inversion des axes). Il importe aussi de tracer les courbes avec une échelle optimale permettant une bonne visualisation des déformations sur les deux axes.

L'appréciation de l'intervalle de confiance

Lorsque les conditions de mesure peuvent être considérées comme bonnes, la précision attendue de l'appareillage type ne peut guère être supérieure au millimètre en ce qui concerne les déplacements de la torpille à un niveau donné.

Pour un sondage donné, toutefois, et pour un appareillage de mesure donné, sous réserve de l'existence d'une zone d'ancrage où la déformée du tube peut être considérée comme nulle, un raisonnement statistique permet une approche satisfaisante de l'intervalle de confiance (au seuil de 99 % par exemple) que l'on peut accorder à une mesure.

Cette méthode, due à Monsieur Virollet, a largement été décrite dans plusieurs articles publiés par le LCPC. On rappelle simplement qu'elle est basée sur une double mesure en opposition à 0 et 180°. En considérant que chaque mesure α est entachée d'une erreur aléatoire E_a et d'une erreur systématique E_s , la valeur réelle α_r est définie par :

$$\alpha(p.t) = \alpha \text{ réel}(p.t) - E_s - E_a$$

avec :

$$D(p.t) = \frac{1}{2} (\alpha_m^0 - \alpha_m^{180})$$

$$S(p.t) = \frac{1}{2} (\alpha_m^0 + \alpha_m^{180})$$

Les auteurs montrent, moyennant quelques hypothèses justifiées par l'expérience, les faits suivants :

- S est à peu près constant au cours d'une mesure et peut donc constituer un indicateur rapide de qualité de la mesure ;
- S est centrée sur l'erreur systématique E_s , mais demeure entachée par les erreurs aléatoires sur les deux axes de mesure diamétralement opposés. L'écart type de S sur la longueur stable d'un sondage permet d'apprécier l'erreur aléatoire sur une mesure ;
- D donne la valeur réelle, entachée de l'erreur systématique et de l'erreur aléatoire que l'on peut considérer comme limite à $\pm 3 \sigma [S]$;
- l'erreur systématique peut être éliminée par la comparaison entre deux mesures, car, indépendante de la profondeur, elle n'a pour effet que de provoquer une translation de α , facile à mettre en évidence dans la partie ancrée du tube ;
- enfin, si on appelle $(\Delta \alpha)_p$ la différence des mesures à une certaine profondeur entre t_0 et t_1 , on aura :

$$\sigma^2(\Delta \alpha)_p > \sigma^2[S(t_0)] + \sigma^2[S(t_1)]$$

s'il y a eu mouvement entre deux mesures dans le tube. Dans le cas contraire, ces valeurs sont égales.

Ces calculs, informatisés, ont été faits systématiquement depuis trois ans sur toutes les mesures inclinométriques réalisées au BRGM. L'exploitation des valeurs trouvées permet d'avoir une idée précise de la demi largeur de l'intervalle de confiance : $3 \sigma(S)$.

Cette valeur est de 0,6 mm pour 25.000 mesures faites au col d'Evires. L'histogramme des valeurs de $\sigma(S)$ est présenté ici.

Un exemple, fourni ci-dessous, de traitement informatisé en service au BRGM, montre, pour un mouvement effectivement enregistré à 8 m de profondeur sur un glissement de terrain :

$$3 \sigma(S) = 0,3 \text{ mm}$$

$$\sigma^2(\Delta \alpha)_p = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma^2(t_0) + \sigma^2(t_1) = 0,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

Il y a donc mouvement. De plus, on a tracé sur une même figure le déplacement à 8 m de profondeur en fonction du temps et la variation de la variance $\sigma^2(\Delta \alpha)_p$ en fonction du temps. On se rend compte que cette deuxième courbe donne une excellente approche de l'évolution des déformations.

L'automatisation du traitement des données

L'intérêt de l'automatisation du traitement des données réside plus dans la facilité gagnée dans la gestion des fichiers de données que dans l'automatisation des calculs, qui restent assez simples, mais dont la répétition deviendrait vite prohibitive et ne manquerait pas de multiplier les causes d'erreur.

Dès 1978, a donc été écrit au Service géologique régional de Lyon un programme de traitement et de tracé, qui conduit à l'édition automatique de quatre documents :

- 1) tableau de mesures brutes relatives à un instant t, avec : $D_0(Z)$
- $D_{180}(Z)$ = déformations horizontales en fonction de la profondeur.
- $ED = S \frac{1}{2}$ somme des mesures diamétralement opposées:
- DR = moyenne des valeurs absolues de deux mesures diamétralement opposées.
- DT = déformations moyennes cumulées à partir du fond du tube.

Moyenne = moyenne des demi-sommes ED.
Ecart type de la moyenne des demi-sommes.

Ces deux derniers paramètres permettent de définir la qualité de la mesure.

2) tableau de comparaison de mesures entre les instants t_k et t_j

DPL = différence des déformations entre la mesure au temps k et au temps j , pour différentes profondeurs.

Erreur systématique estimée. Cette valeur est estimée par une approche légèrement différente de celle du LCPC : on estime qu'au cours d'une déformation localisée, le tube inclinométrique conserve la même inclinaison sur la plus grande partie de sa hauteur (ceci est vrai pour un cisaillement, dans un glissement de terrain, mais pas dans l'enregistrement des déformations d'un rideau souple). On établit l'histogramme des valeurs de déplacement mesurées et on admet que, s'il y a eu mouvement, la population est séparée en deux familles. L'erreur systématique estimée est prise égale à la moyenne des valeurs de la famille majoritaire.

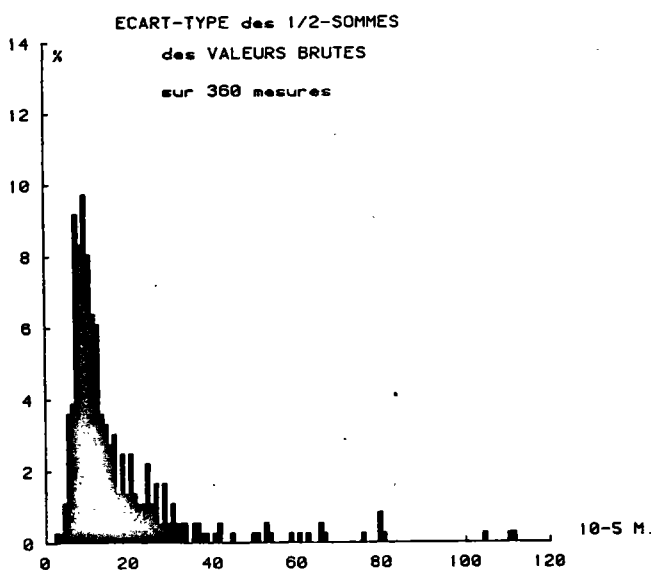
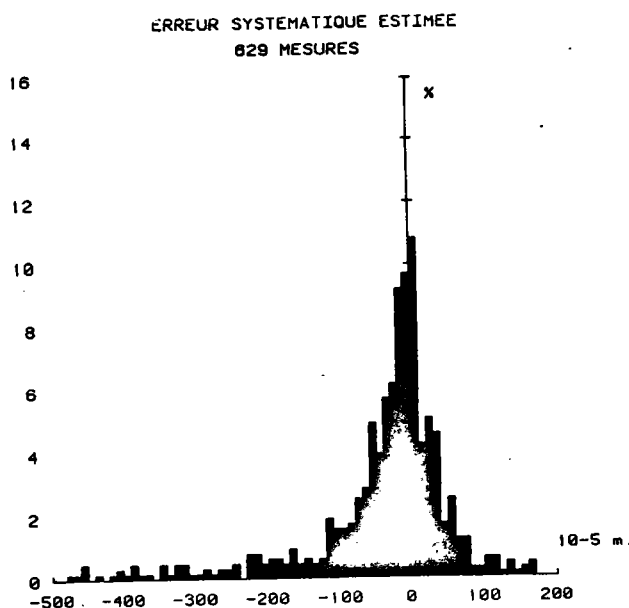


Figure 2

DPC = DPL - erreur systématique estimée

Variance de DPC

Somme des variances des demi-sommes ED_k et ED_j

La comparaison entre ces deux dernières valeurs permet de caractériser l'accroissement de déformation et son importance.

Les tableaux 1 et 2 sont chaque fois édités pour les deux axes de mesures.

3) courbes brutes

Elles sont tracées sur quatre graphiques correspondant aux deux axes de mesures, avec chaque fois :

- en haut, les déplacements unitaires en fonction de la profondeur avec affichage de la largeur de la bande d'erreur. C'est, par excellence, la courbe exploitable ;
- en bas, les déformées obtenues par cumul des déplacements.

Les échelles sont adaptées automatiquement en fonction de l'importance des déplacements.

4) courbes d'accroissement

Il s'agit des mêmes courbes, mais correspondant aux accroissements de déformation entre deux ou plusieurs mesures.

Sur chacune des deux dernières planches éditées, figure en outre un schéma de situation et une projection de la déformée sur un plan horizontal, ce qui permet d'identifier immédiatement le sens d'un mouvement par rapport à un système de référence.

Un exemple, extrait de la surveillance des terrassements du col d'Evires, est fourni ici et permet une bonne comparaison avec un relevé topographique dont le résultat est exprimé de la même façon.

Enfin, à partir des fichiers ainsi constitués, il est possible d'éditer le module du déplacement à une profondeur donnée, en fonction du temps par exemple.

Ce programme, écrit en FORTRAN par J.L. Estorges et M. Messin, pour une utilisation sur CDC 7600, a été adapté en BASIC en 1982, par G. Mathiolon et J.F. Bourasseau, pour une utilisation sur TEKTRONIX 4051 possédant un périphérique d'entrée-sortie.

Le périphérique d'entrée est constitué par une valise de saisie des données, dont il sera question au paragraphe suivant :

Le périphérique de sortie est double :

- table traçante TEKTRONIX 4662 pour l'édition des courbes,
- imprimante HONEYWELL LIMA 11, connectée à un micro-ordinateur MICRAL 8021.

Dans cette nouvelle version, le programme INCLINO, écrit en mode conversationnel, peut être utilisé par du personnel n'ayant pas de connaissances particulières en informatique. L'utilisateur se trouve constamment guidé dans ses interventions par des questions et des commentaires s'affichant sur l'écran.

Les erreurs se trouvent ainsi pratiquement limitées aux seules erreurs de transcription des données, et on verra plus loin comment ces dernières ont été radicalement supprimées.

La configuration du micro-ordinateur permet de traiter 350 mètres de tube inclinométrique, à raison d'une mesure tous les 50 centimètres, soit 12 séries de mesures pour un sondage de 30 mètres, ou 24 pour un sondage de 15 mètres !

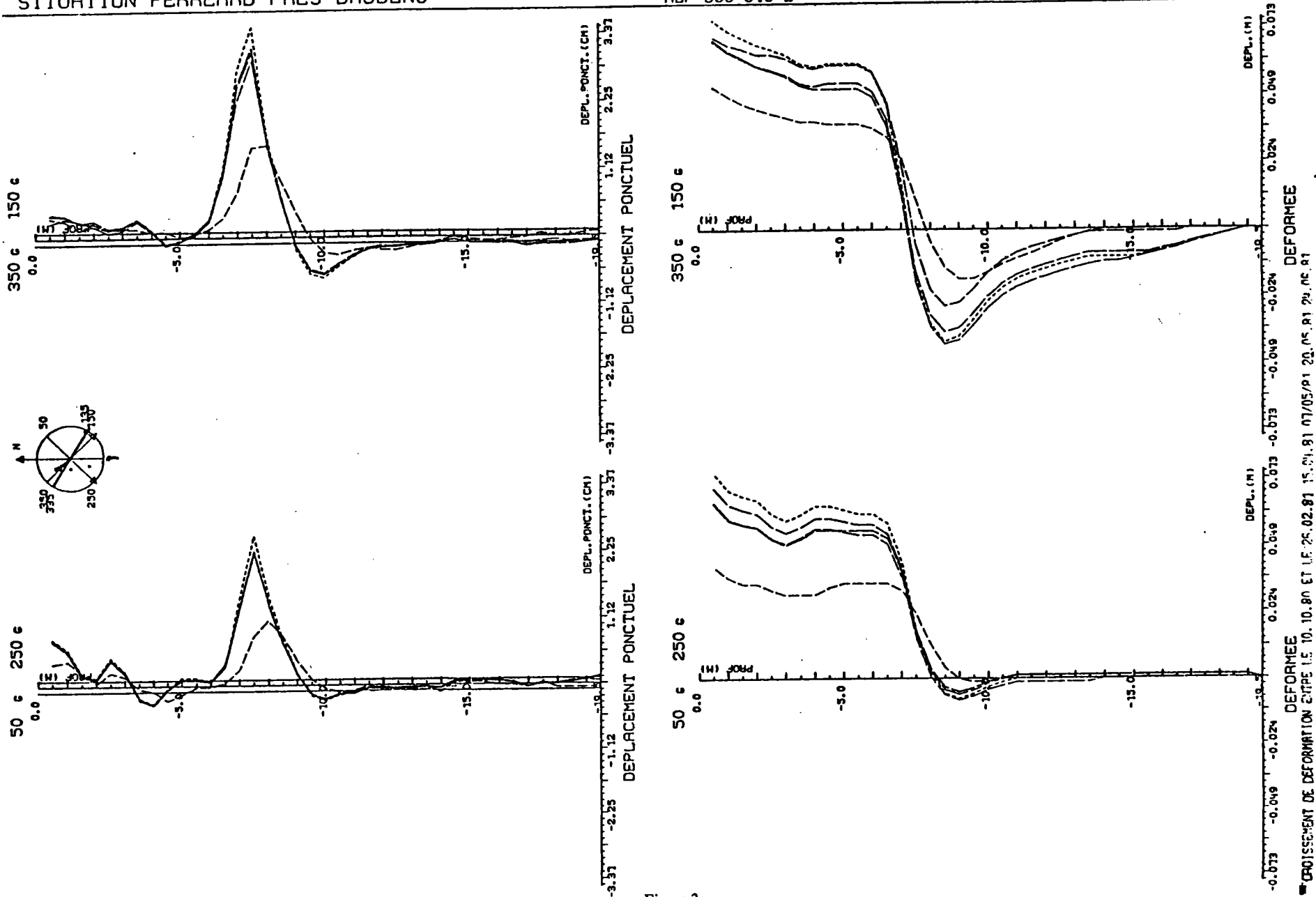


Figure 3

ETUDE : A 41 COL D'EVIERES

SONDAGE : 604.3

Mesures du 24.06.81

Axe : 150-350 - Mesures brutes

| Z | DO | D180 | ED | DR | DT |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.5 | -0.0031 | -0.0030 | -0.0002 | -0.0032 | -0.2421 |
| 1.0 | -0.0036 | -0.0033 | -0.0002 | -0.0039 | -0.2307 |
| 1.5 | -0.0045 | -0.0041 | -0.0003 | -0.0044 | -0.2343 |
| 2.0 | -0.0047 | -0.0044 | -0.0002 | -0.0046 | -0.2298 |
| 2.5 | -0.0032 | -0.0046 | -0.0002 | -0.0050 | -0.2248 |
| 3.0 | -0.0059 | -0.0055 | -0.0002 | -0.0057 | -0.2191 |
| 3.5 | -0.0047 | -0.0043 | -0.0002 | -0.0045 | -0.2146 |
| 4.0 | -0.0047 | -0.0042 | -0.0003 | -0.0045 | -0.2101 |
| 4.5 | -0.0073 | -0.0073 | 0.0000 | -0.0073 | -0.2028 |
| 5.0 | -0.0081 | -0.0077 | -0.0002 | -0.0079 | -0.1949 |
| 5.5 | -0.0077 | -0.0075 | -0.0001 | -0.0076 | -0.1873 |
| 6.0 | -0.0060 | -0.0057 | -0.0002 | -0.0059 | -0.1814 |
| 6.5 | -0.0025 | -0.0025 | -0.0001 | -0.0026 | -0.1840 |
| 7.0 | -0.0195 | -0.0202 | -0.0003 | -0.0199 | -0.2039 |
| 7.5 | -0.0275 | -0.0275 | 0.0000 | -0.0275 | -0.2314 |
| 8.0 | -0.0101 | -0.0098 | -0.0002 | -0.0100 | -0.2413 |
| 8.5 | -0.0018 | -0.0013 | -0.0003 | -0.0016 | -0.2398 |
| 9.0 | -0.0113 | -0.0105 | -0.0004 | -0.0109 | -0.2299 |
| 9.5 | -0.0160 | -0.0154 | -0.0003 | -0.0157 | -0.2132 |
| 10.0 | -0.0170 | -0.0143 | -0.0004 | -0.0167 | -0.1965 |
| 10.5 | -0.0147 | -0.0144 | -0.0001 | -0.0146 | -0.1870 |
| 11.0 | -0.0133 | -0.0128 | -0.0003 | -0.0131 | -0.1809 |
| 11.5 | -0.0125 | -0.0121 | -0.0002 | -0.0123 | -0.1566 |
| 12.0 | -0.0115 | -0.0112 | -0.0002 | -0.0114 | -0.1452 |
| 12.5 | -0.0109 | -0.0104 | -0.0003 | -0.0107 | -0.1346 |
| 13.0 | -0.0100 | -0.0095 | -0.0003 | -0.0090 | -0.1248 |
| 13.5 | -0.0093 | -0.0088 | -0.0003 | -0.0091 | -0.1158 |
| 14.0 | -0.0096 | -0.0080 | -0.0003 | -0.0083 | -0.1075 |
| 14.5 | -0.0092 | -0.0085 | -0.0004 | -0.0089 | -0.0986 |
| 15.0 | -0.0075 | -0.0071 | -0.0002 | -0.0073 | -0.0893 |
| 15.5 | -0.0097 | -0.0092 | -0.0004 | -0.0095 | -0.0799 |
| 16.0 | -0.0095 | -0.0090 | -0.0003 | -0.0093 | -0.0706 |
| 16.5 | -0.0095 | -0.0090 | -0.0003 | -0.0093 | -0.0614 |
| 17.0 | -0.0098 | -0.0094 | -0.0002 | -0.0096 | -0.0516 |
| 17.5 | -0.0103 | -0.0099 | -0.0003 | -0.0101 | -0.0417 |
| 18.0 | -0.0104 | -0.0099 | -0.0003 | -0.0102 | -0.0316 |
| 18.5 | -0.0106 | -0.0102 | -0.0002 | -0.0104 | -0.0212 |
| 19.0 | -0.0110 | -0.0104 | -0.0003 | -0.0107 | -0.0105 |
| 19.5 | -0.0105 | -0.0105 | 0.0000 | -0.0105 | 0.0000 |

Moyenne . 0002

Ecart-type .00071

Axe : 250-50 - Mesures brutes

| Z | DO | D180 | ED | DR | DT |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.5 | 0.0323 | -0.0326 | -0.0001 | -0.0375 | 0.1973 |
| 1.0 | 0.0300 | -0.0304 | -0.0002 | -0.0302 | 0.1671 |
| 1.5 | 0.0250 | -0.0259 | -0.0001 | -0.0259 | 0.1413 |
| 2.0 | 0.0244 | -0.0247 | -0.0002 | -0.0246 | 0.1167 |
| 2.5 | 0.0245 | -0.0246 | -0.0002 | -0.0247 | 0.0921 |
| 3.0 | 0.0222 | -0.0227 | -0.0003 | -0.0225 | 0.0696 |
| 3.5 | 0.0175 | -0.0181 | -0.0003 | -0.0178 | 0.0518 |
| 4.0 | 0.0130 | -0.0136 | -0.0003 | -0.0133 | 0.0385 |
| 4.5 | 0.0143 | -0.0146 | -0.0002 | -0.0145 | 0.0241 |
| 5.0 | 0.0160 | -0.0163 | -0.0001 | -0.0162 | 0.0079 |
| 5.5 | 0.0150 | -0.0154 | -0.0002 | -0.0152 | -0.0073 |
| 6.0 | 0.0139 | -0.0143 | -0.0002 | -0.0141 | -0.0214 |
| 6.5 | 0.0155 | -0.0159 | -0.0002 | -0.0157 | -0.0371 |
| 7.0 | 0.0269 | -0.0266 | -0.0002 | -0.0266 | -0.0638 |
| 7.5 | 0.0367 | -0.0369 | -0.0001 | -0.0366 | -0.1006 |
| 8.0 | 0.0246 | -0.0256 | -0.0005 | -0.0251 | -0.1257 |
| 8.5 | 0.0149 | -0.0152 | -0.0001 | -0.0151 | -0.1408 |
| 9.0 | 0.0073 | -0.0076 | -0.0002 | -0.0075 | -0.1482 |
| 9.5 | 0.0027 | -0.0032 | -0.0003 | -0.0030 | -0.1512 |
| 10.0 | 0.0010 | -0.0014 | -0.0002 | -0.0012 | -0.1524 |
| 10.5 | 0.0012 | -0.0015 | -0.0002 | -0.0014 | -0.1537 |
| 11.0 | 0.0006 | -0.0011 | -0.0003 | -0.0009 | -0.1546 |
| 11.5 | -0.0012 | 0.0006 | -0.0003 | -0.0009 | -0.1537 |
| 12.0 | -0.0016 | 0.0013 | -0.0002 | -0.0015 | -0.1527 |
| 12.5 | -0.0027 | 0.0023 | -0.0002 | -0.0025 | -0.1497 |
| 13.0 | -0.0035 | 0.0030 | -0.0003 | -0.0033 | -0.1465 |
| 13.5 | -0.0041 | 0.0034 | -0.0002 | -0.0041 | -0.1424 |
| 14.0 | -0.0050 | 0.0035 | -0.0002 | -0.0057 | -0.1367 |
| 14.5 | -0.0084 | 0.0070 | -0.0007 | -0.0077 | -0.1290 |
| 15.0 | -0.0087 | 0.0065 | -0.0001 | -0.0094 | -0.1204 |
| 15.5 | -0.0098 | 0.0050 | 0.0000 | -0.0098 | -0.1106 |
| 16.0 | -0.0105 | 0.0103 | -0.0001 | -0.0104 | -0.1002 |
| 16.5 | -0.0114 | 0.0113 | -0.0001 | -0.0114 | -0.0899 |
| 17.0 | -0.0130 | 0.0126 | -0.0002 | -0.0129 | -0.0761 |
| 17.5 | -0.0149 | 0.0144 | -0.0003 | -0.0147 | -0.0614 |
| 18.0 | -0.0155 | 0.0152 | -0.0002 | -0.0154 | -0.0461 |
| 18.5 | -0.0156 | 0.0154 | -0.0001 | -0.0155 | -0.0306 |
| 19.0 | -0.0156 | 0.0150 | -0.0003 | -0.0153 | -0.0153 |
| 19.5 | -0.0140 | 0.0165 | 0.0013 | -0.0153 | -0.0000 |

.0002

.00026

ETUDE : A 41 COL D'EVIERES

SONDAGE : 604.3

Tableau de comparaison

Mesure initiale le 10.10.80

Axe : 150-350

Mesure du 24.06.81 - Axe : 250-50

| Z | DPL | DPC | UTC |
|------|---------|---------|---------|
| 0.5 | 0.0055 | 0.0041 | 0.0753 |
| 1.0 | 0.0053 | 0.0036 | 0.0727 |
| 1.5 | 0.0042 | 0.0027 | 0.0703 |
| 2.0 | 0.0041 | 0.0026 | 0.0674 |
| 2.5 | 0.0031 | 0.0015 | 0.0658 |
| 3.0 | 0.0034 | 0.0019 | 0.0639 |
| 3.5 | 0.0047 | 0.0032 | 0.0609 |
| 4.0 | 0.0028 | 0.0013 | 0.0595 |
| 4.5 | 0.0004 | -0.0011 | 0.0507 |
| 5.0 | 0.0012 | -0.0003 | 0.0507 |
| 5.5 | 0.0021 | 0.0007 | 0.0507 |
| 6.0 | 0.0045 | 0.0030 | 0.0577 |
| 6.5 | 0.0130 | 0.0115 | 0.0452 |
| 7.0 | 0.0296 | 0.0281 | 0.0151 |
| 7.5 | 0.0366 | 0.0351 | -0.0170 |
| 8.0 | 0.0189 | 0.0174 | -0.0344 |
| 8.5 | 0.0084 | 0.0049 | -0.0417 |
| 9.0 | -0.0005 | -0.0020 | -0.0392 |
| 9.5 | -0.0047 | -0.0051 | -0.0331 |
| 10.0 | -0.0054 | -0.0058 | -0.0283 |
| 10.5 | -0.0035 | -0.0049 | -0.0213 |
| 11.0 | -0.0018 | -0.0033 | -0.0180 |
| 11.5 | -0.0006 | -0.0020 | -0.0160 |
| 12.0 | -0.0001 | -0.0018 | -0.0143 |
| 12.5 | -0.0021 | -0.0016 | -0.0127 |
| 13.0 | 0.0001 | -0.0014 | -0.0113 |
| 13.5 | 0.0002 | -0.0013 | -0.0099 |
| 14.0 | 0.0005 | -0.0010 | -0.0094 |
| 14.5 | 0.0010 | -0.0005 | -0.0094 |
| 15.0 | 0.0006 | -0.0009 | -0.0094 |
| 15.5 | 0.0005 | -0.0010 | -0.0094 |
| 16.0 | 0.0004 | -0.0011 | -0.0075 |
| 16.5 | 0.0004 | -0.0011 | -0.0057 |
| 17.0 | 0.0000 | -0.0015 | -0.0052 |
| 17.5 | 0.0002 | -0.0013 | -0.0039 |
| 18.0 | 0.0002 | -0.0013 | -0.0025 |
| 18.5 | 0.0001 | -0.0014 | -0.0012 |
| 19.0 | 0.0003 | -0.0012 | 0.0000 |
| 19.5 | 0.0007 | -0.0004 | 0.0000 |

Erreur systématique estimée . 00149

Variance (DPL)

650E-04

Somme des variances (1/2 (DO + D180))
210E-07

| Z | DPL | DPC | UTC |
|------|---------|---------|---------|
| 0.5 | 0.0074 | 0.0081 | 0.0757 |
| 1.0 | 0.0057 | 0.0063 | 0.0694 |
| 1.5 | 0.0015 | 0.0021 | 0.0673 |
| 2.0 | 0.0009 | 0.0015 | 0.0658 |
| 2.5 | 0.0043 | 0.0049 | 0.0610 |
| 3.0 | 0.0019 | 0.0025 | 0.0585 |
| 3.5 | -0.0028 | -0.0021 | 0.0606 |
| 4.0 | -0.0038 | -0.0032 | 0.0637 |
| 4.5 | -0.0011 | -0.0005 | 0.0637 |
| 5.0 | 0.0008 | 0.0014 | 0.0623 |
| 5.5 | 0.0008 | 0.0014 | 0.0609 |
| 6.0 | 0.0002 | 0.0006 | 0.0609 |
| 6.5 | 0.0027 | 0.0033 | 0.0576 |
| 7.0 | 0.0141 | 0.0147 | 0.0429 |
| 7.5 | 0.0248 | 0.0254 | 0.0175 |
| 8.0 | 0.0145 | 0.0151 | 0.0023 |
| 8.5 | 0.0074 | 0.0080 | -0.0057 |
| 9.0 | 0.0013 | 0.0019 | -0.0076 |
| 9.5 | -0.0025 | -0.0019 | -0.0058 |
| 10.0 | -0.0034 | -0.0028 | -0.0030 |
| 10.5 | -0.0024 | -0.0017 | -0.0013 |
| 11.0 | -0.0020 | -0.0013 | 0.0000 |
| 11.5 | -0.0010 | -0.0010 | 0.0000 |
| 12.0 | -0.0009 | -0.0003 | 0.0000 |
| 12.5 | -0.0012 | -0.0006 | 0.0000 |
| 13.0 | -0.0011 | -0.0004 | 0.0000 |
| 13.5 | -0.0009 | -0.0002 | 0.0000 |
| 14.0 | -0.0012 | -0.0005 | 0.0000 |
| 14.5 | -0.0005 | 0.0007 | 0.0000 |
| 15.0 | -0.0001 | 0.0005 | 0.0000 |
| 15.5 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0000 |
| 16.0 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0000 |
| 16.5 | -0.0002 | 0.0004 | 0.0000 |
| 17.0 | -0.0011 | -0.0004 | 0.0000 |
| 17.5 | -0.0006 | -0.0001 | 0.0000 |
| 18.0 | -0.0006 | -0.0001 | 0.0000 |
| 18.5 | -0.0003 | 0.0003 | 0.0000 |
| 19.0 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| 19.5 | -0.0000 | 0.0006 | 0.0000 |

Erreur systématique estimée . 00064

Variance (DPL)

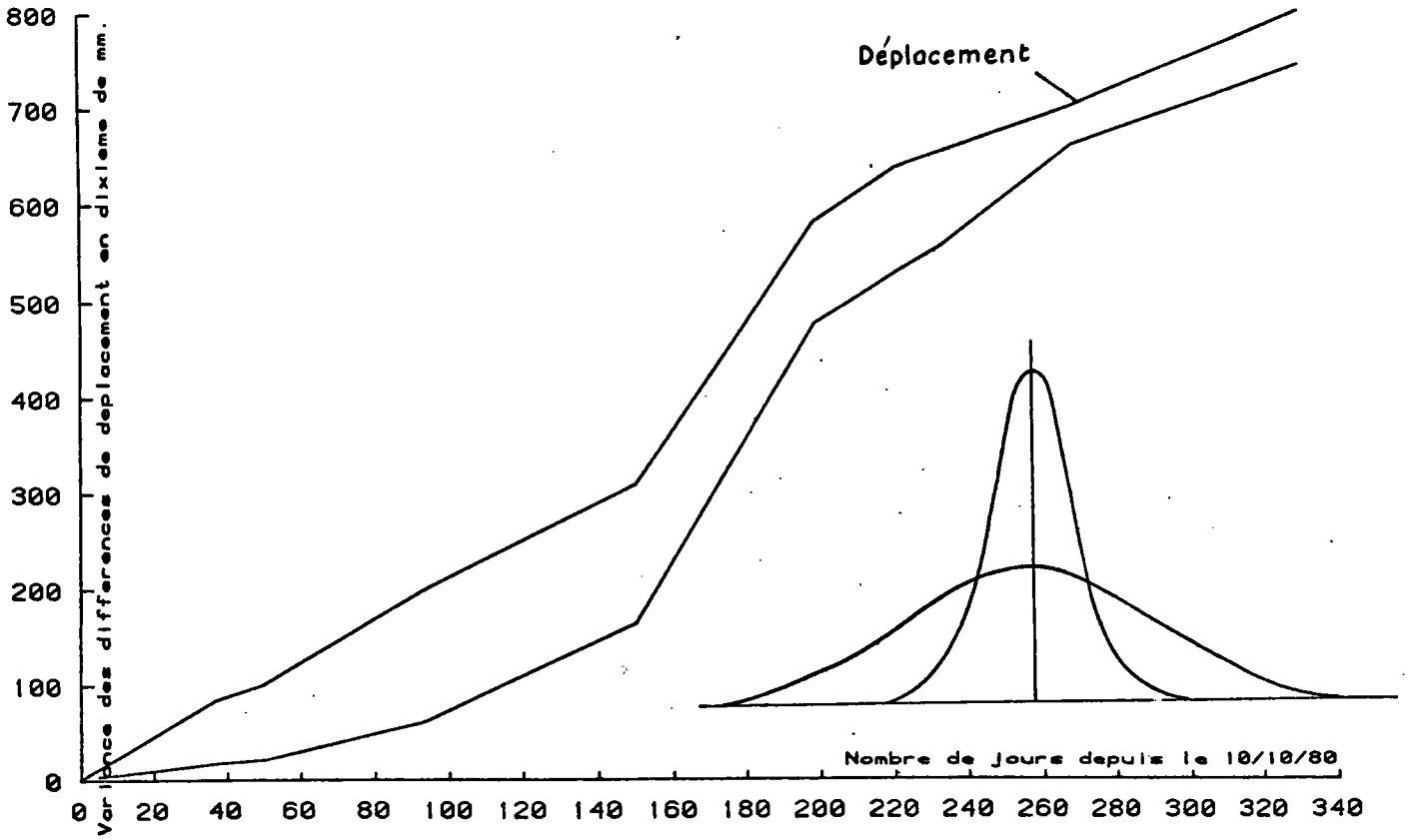
298E-04

Somme des variances (1/2 (DO + D180))
817E-07

Figure 4

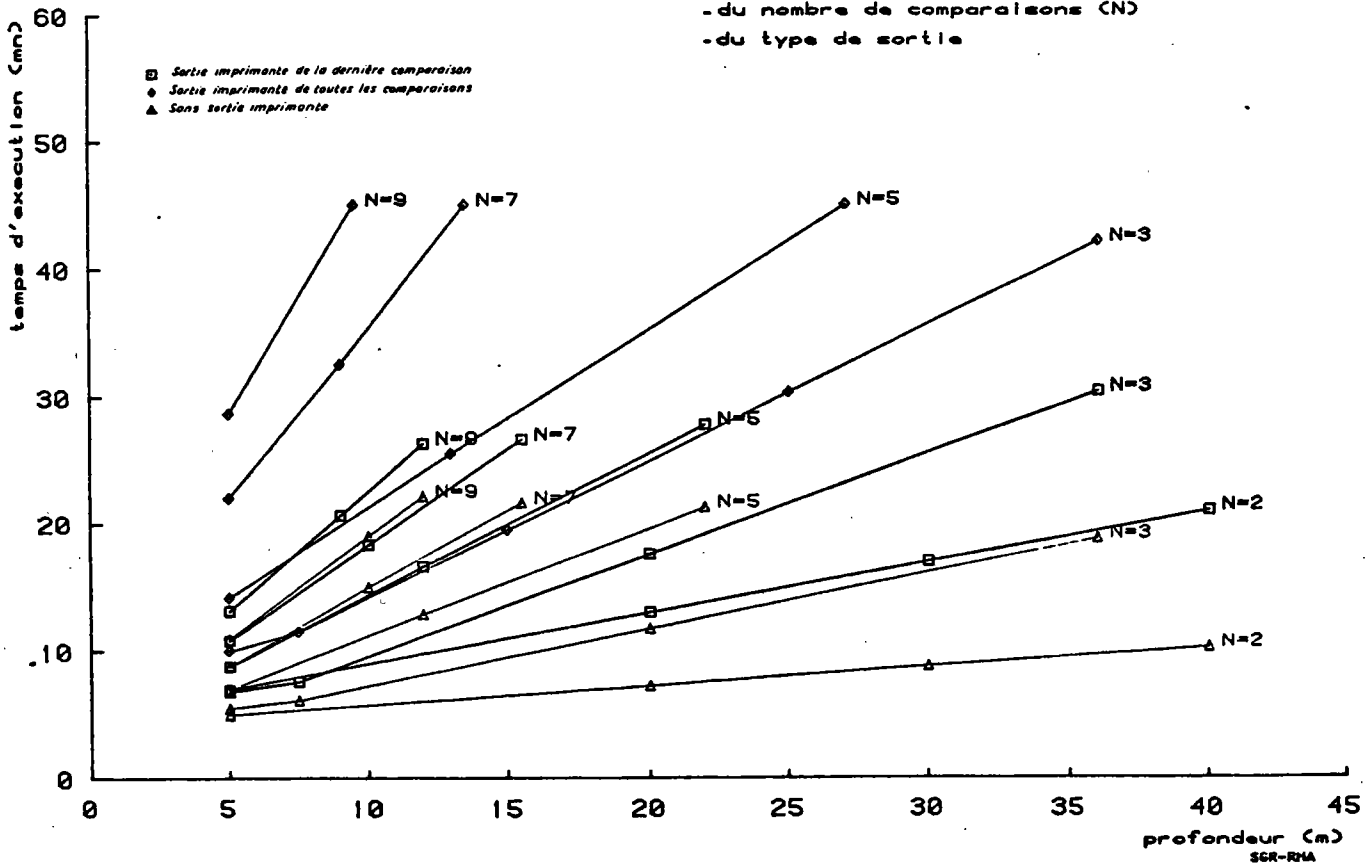
A 41 COL D 'EVIRES

604-3 Vitesse du glissement (critere des variances)



DUREE DU TRAITEMENT PAR "INCLINO"

en fonction - de la profondeur
- du nombre de comparaisons (N)
- du type de sortie



Automatisation de la saisie des données

Une fois réglé le problème du traitement des données, restait à améliorer leur saisie pour atteindre les objectifs suivants :

- éliminer les étapes intermédiaires entre la prise des mesures (manuscrit) et leur mise sous une forme exploitable par un ordinateur (cartes perforées ou support magnétique) ;
- améliorer le confort de l'opérateur lors de la saisie (en particulier dans le cas de conditions climatiques difficiles) ;
- rendre la procédure de saisie plus systématique, donc moins dépendante de l'opérateur et plus rapide.

Ces objectifs ont orienté les choix à faire pour définir la technologie. Il était donc nécessaire de concevoir un matériel :

- 1) étanche (mesures sous la pluie) ;
- 2) fonctionnant dans une plage de température de -20°C à $+50^{\circ}\text{C}$;
- 3) d'une autonomie de 48 heures ;
- 4) portable (c'est-à-dire d'un poids raisonnable) ;
- 5) pouvant communiquer avec n'importe quel ordinateur ou périphérique de sortie (afin d'assurer un contrôle de bon fonctionnement).

Le boîtier de mesure de l'inclinomètre MK3, utilisé au BRGM, est doté d'une liaison ASCII** parallèle 7 bits, avec bit de validation. Le système d'acquisition les lit, les range dans une mémoire sauvegardée, pour les ressortir à la demande, soit sur imprimante, soit sur liaison série standard type V24**.

Le matériel se présente en deux coffrets :

- un coffret étanche d'acquisition et de mémorisation, comprenant un micro-processeur et une mémoire micro-consommation. Sur ce coffret, se connectent l'inclinomètre, l'imprimante, et le système doté de la liaison V24 destinée au déchargement.

L'accès se fait par des interrupteurs de marche-arrêt, de définition du mode de fonctionnement (acquisition, sortie imprimante, sortie série).

Cet appareillage fonctionne sur batterie rechargeable, avec une autonomie garantie de 48 heures.

- un coffret contenant une imprimante 20 colonnes et un chargeur de batterie.

La liaison entre le coffret d'acquisition et l'imprimante est sous forme série. La recharge des batteries du coffret d'acquisition intervient sans destruction des données stockées en mémoire.

Dans une première phase, l'opérateur intervient pour définir les conditions de la manipulation :

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| - numéro du sondage | codé sur 6 caractères |
| - date du sondage | codé sur 6 caractères |
| - profondeur du sondage | codé sur 3 caractères |
| - pas de mesure | codé sur 3 caractères |
| - azimut axe S-N | codé sur 3 caractères |

Chaque rubrique est repérée par allumage d'une L E D, gérée par le micro-processeur et validée par l'opérateur par action sur un bouton-poussoir. Le changement d'axe est signalé au système par action sur un deuxième bouton-poussoir.

* ASCII : système standard de codification des chiffres et des caractères.

** V24 ou RS 232 : standard permettant la communication avec la plupart des micro-ordinateurs.

La troisième phase est celle de visualisation des données. Par action sur un troisième bouton-poussoir, le système vide sa mémoire sur imprimante. La sortie sur calculateur respecte la procédure et le format de la sortie imprimante, permettant la visualisation et la manipulation des données directement sous éditeur de textes. L'évacuation des données sur imprimante ou sur système, ne détruit pas le contenu des mémoires. La réinitialisation s'effectue par coupure de l'alimentation du système.

Le matériel correspondant a été utilisé, sous forme de prototype, depuis 1981, dans des conditions extrêmement difficiles : en haute altitude, sous la pluie et la neige, à sa capacité maximale, notamment lors d'un essai de chargement de semelle où deux tubes inclinométriques de 15 mètres ont été mesurés tous les quarts d'heure pendant quatre jours d'affilée.

Il est aujourd'hui entièrement opérationnel.

Nanti de son imprimante de contrôle qui permet de s'assurer immédiatement sur le chantier de la qualité des mesures effectuées, il a permis d'éliminer toutes les erreurs dues aux interventions humaines et de diminuer beaucoup le temps nécessaire pour une mesure, donc de gagner sur la fatigue de l'opérateur et sur le prix de revient de la mesure en même temps que sur la qualité de celle-ci.

A titre indicatif, le prix de revient a été abaissé de 10 % à 35 % selon la quantité de mesures à effectuer simultanément sur un même site.

Perspectives de développement

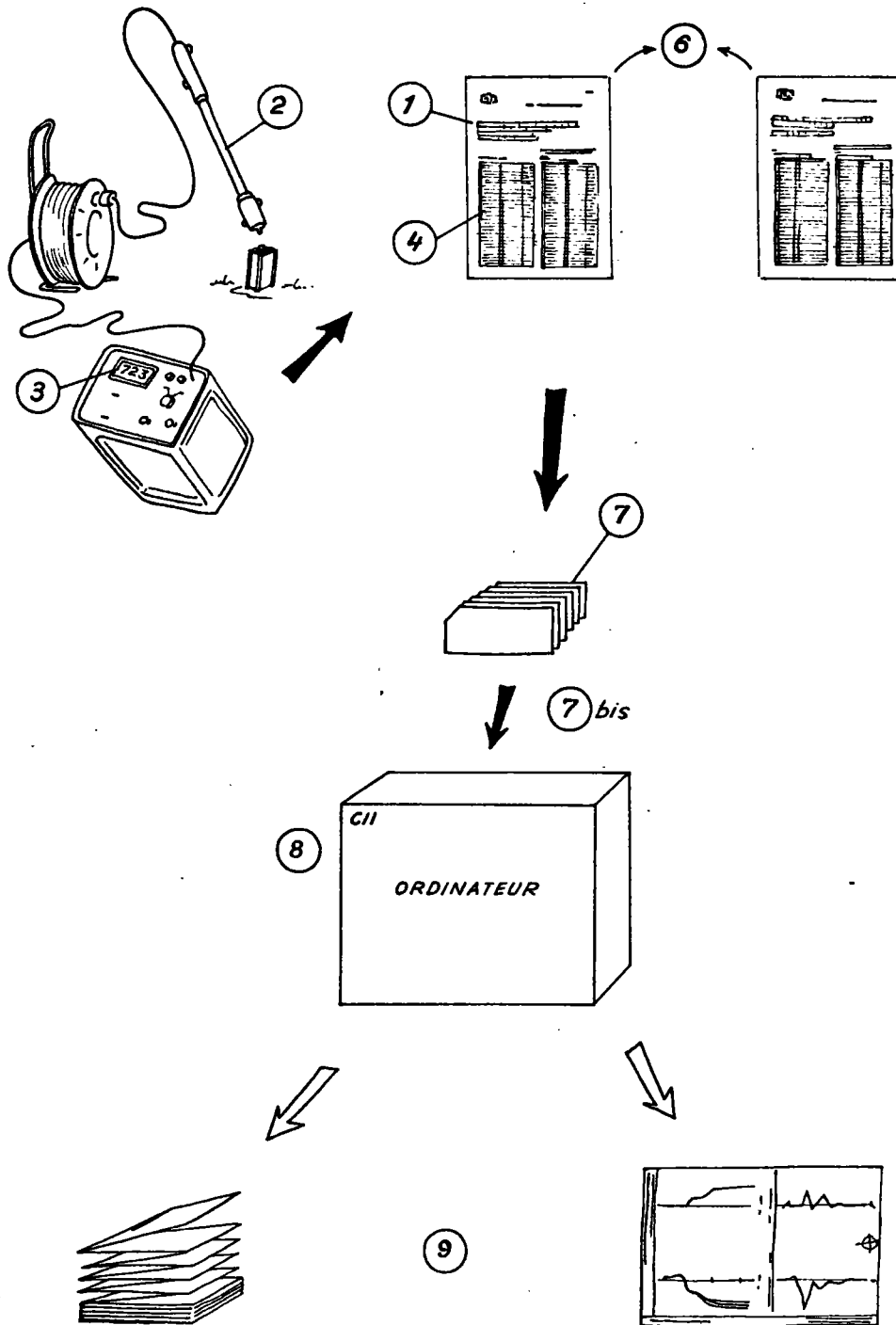
La technique de mesure inclinométrique, simple dans son principe, est en fait délicate à mettre en oeuvre. Après des années de recherches technologiques, la dernière génération d'appareils à accéléromètres lui a donné, ces dernières années, un essor particulier, encouragé par la nécessité à laquelle se trouvent contraints les concepteurs, de mesurer les déformations des ouvrages, tant pour les surveiller que pour les concevoir, puisque les calculs en déformation se sont aujourd'hui fort développés.

L'automatisation de la saisie et du traitement des données permet maintenant une relative vulgarisation de la mesure inclinométrique, dont la qualité et la fiabilité s'accroissent en même temps que diminue le coût.

Cette automatisation acquise récemment et qui élimine le caractère fastidieux des mesures et de leur dépouillement devrait, en retour, inciter à de nouveaux progrès technologiques : miniaturisation des appareils, augmentation des performances métrologiques intrinsèques, multiplication des pas de mesure, lissage des courbes.

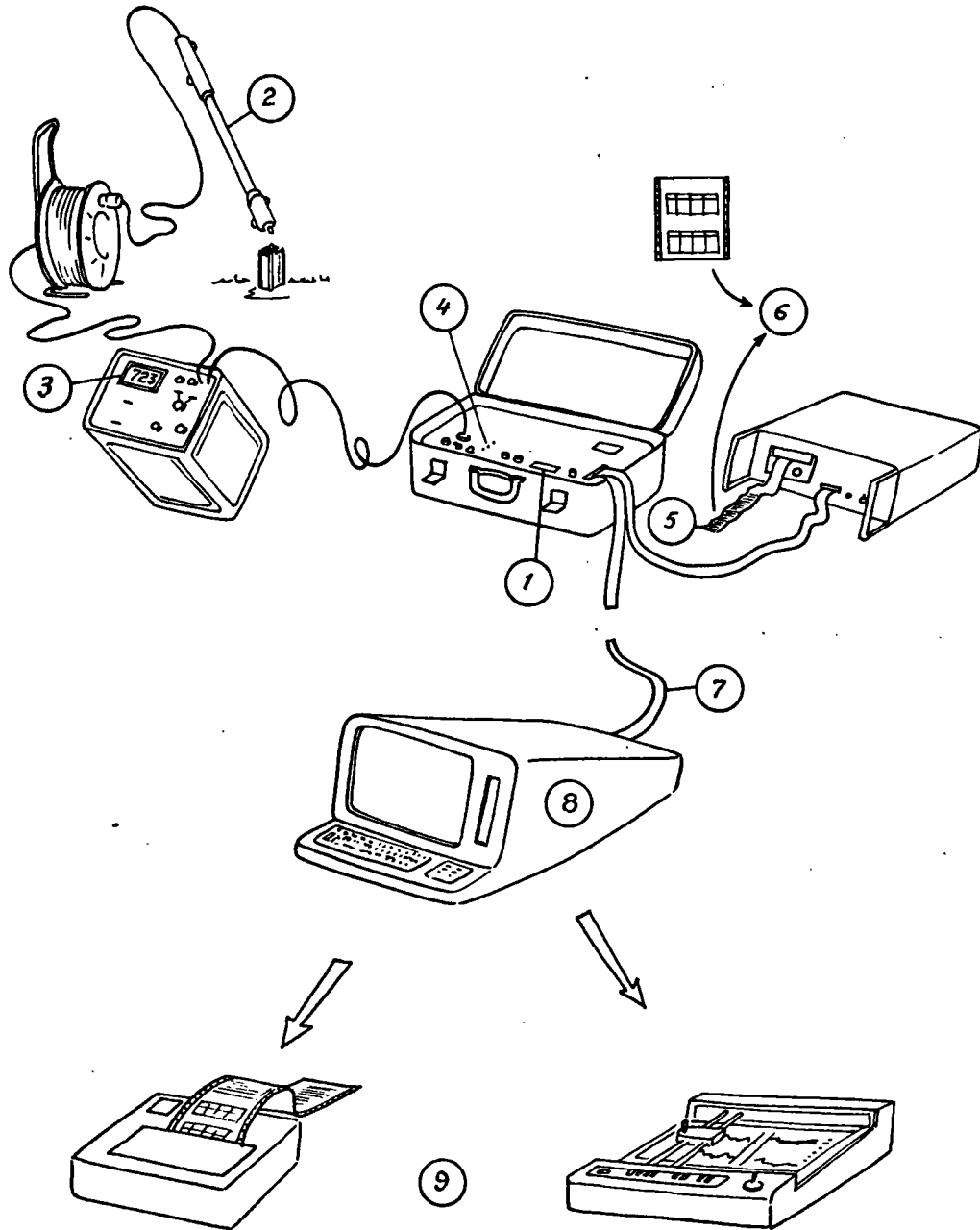
Parallèlement, le clivage devrait aller en s'accroissant et en provoquant une spécialisation des appareillages selon que la déformation résulte d'un cisaillement pur (glissement de terrain, clouage) ou d'une plastification plus ou moins importante (déformation de rideaux souples).

Les théories qui se développent actuellement sur le comportement des clous mettent en évidence une zone de déformation élastoplastique sur une certaine longueur (4 à 6 fois la longueur "de transfert"), de part et d'autre de la surface de cisaillement. Elles laissent espérer une meilleure prévision de la déformation d'un tube inclinométrique dans un glissement de terrain et peut-être une approche plus fine de la mesure de déformation, de façon sélective, dans la zone de transfert. Par ailleurs, il est bien évident que l'auscultation inclinométrique au niveau d'un glissement de terrain demande moins de précision que sur un ouvrage



- 1 Carte d'identité du sondage, nom, lieu, date, orientation, profondeur.
- 2 Positionnement de la torpille.
- 3 Affichage de la mesure.
- 4 Validation : transcription manuscrite.
- 6 Comparaison avec tableau des mesures précédentes.
- 7 Perforation des cartes.
- 7b Contrôle de la perforation.
- Gestion manuelle des données.
- 8 Traitement : calculs statistiques.
- 9 Sortie graphique, interprétation.

Figure 5



- 1 Carte d'identité du sondage : nom, lieu, date, orientation, profondeur.
- 2 Positionnement de la torpille.
- 3 Affichage de la mesure.
- 4 Validation par bouton-poussoir.
⇒ stockage sur la mémoire.
- 5 Sortie imprimante sur le site.
- 6 Comparaison avec tableau des mesures précédentes.
- 7 Transfert du contenu de la mémoire sur micro-ordinateur.
- 8 Traitement, gestion des données, test d'élimination des valeurs aberrantes, calculs statistiques.
- 9 Sortie graphique, interprétation.

Figure 6

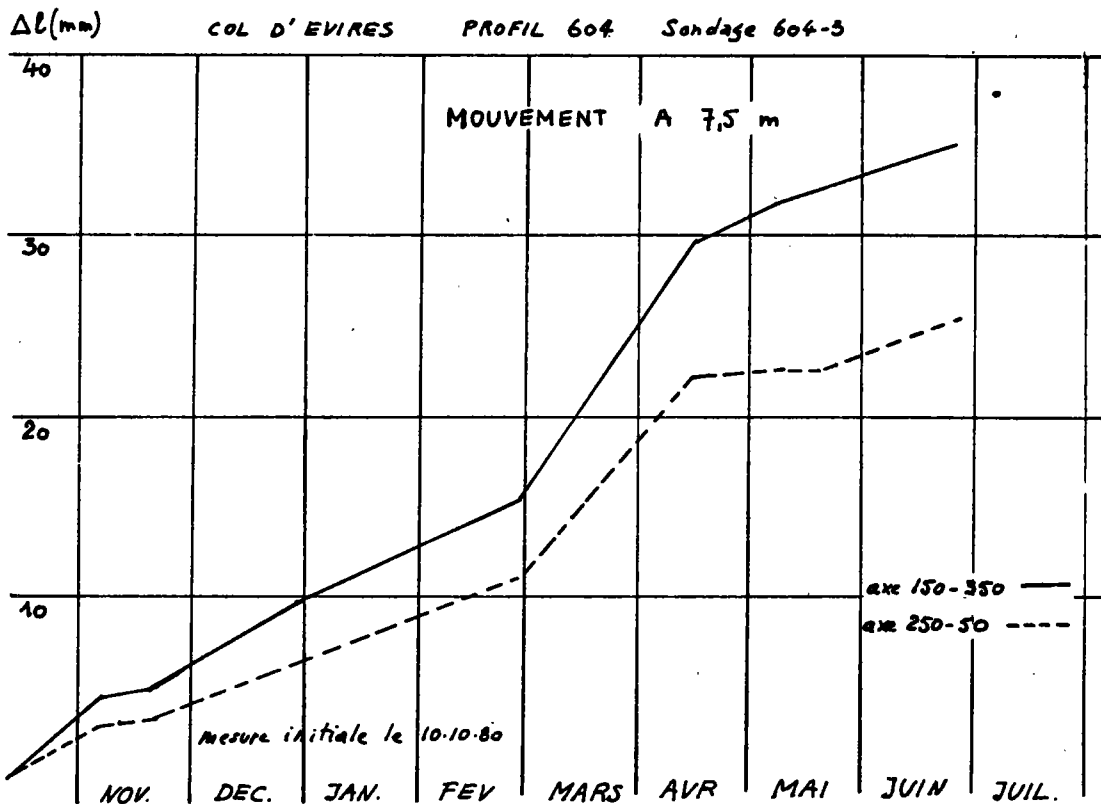


Figure 7

de type paroi par exemple. Il importe donc de mettre au point rapidement une nouvelle gamme d'appareils plus rustiques que ceux utilisés actuellement.

En ce qui concerne les ouvrages, par contre, une mesure précise est nécessaire, mais également une mesure aussi continue que possible si on veut pouvoir interpréter correctement l'évolution des déformations.

Reste donc, après avoir automatisé les fonctions les plus complexes, à automatiser la fonction mécanique simple, qui consiste à faire exécuter à la torpille des va-et-vient dans le tube. Le programme évoqué plus haut permet le traitement de 24 mesures de 15 mètres, soit une journée

complète d'enregistrement avec une mesure par heure. Et l'expérience sur la semelle des Neyrolles, à Nantua, a comporté une mesure par quart d'heure !

Remerciements

L'auteur bénéficie de l'expérience en auscultation qui est celle de toute une équipe et à laquelle ont particulièrement contribué :

M. Messin, G. Mathiolon, J.F. Bourasseau, J.L. Estorges pour l'informatique P. Confais, C. Guyon, J. Sarradin, J.N. Trentin, C. Vernay pour la réalisation des mesures.

EXTENSOMETRE CONTINU EN FORAGE



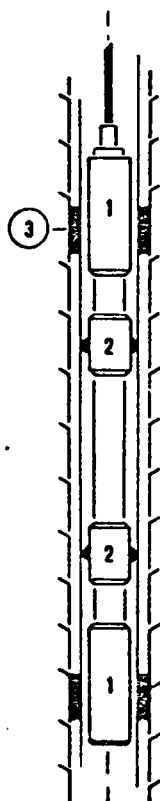
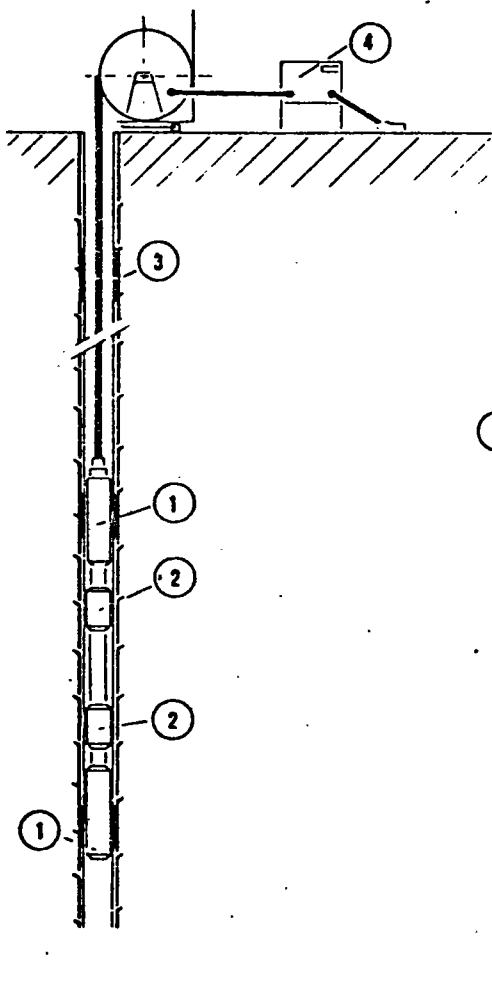
EXTENSOFOR

EXTENSOMETRE CONTINU EN FORAGE

(Licence Coyne & Bellier)

Définition de l'appareil

L'EXTENSOFOR est un extensomètre mobile en forage. Il mesure de façon continue les déplacements axiaux d'un massif le long d'un forage.



1. Capteurs
2. Dispositif de centrage
3. Bagues métalliques
4. Poste de lecture
5. Base de mesure

Performances métrologiques

| | |
|---------------|-------------------------------------|
| Précision | 2/100 mm |
| Résolution | meilleure que 1/100 m |
| Course totale | 80 mm par base de mesure (150 mm) |

Description et Principe

L'appareil se présente sous la forme d'une torpille de 60mm de diamètre et de 1,80 m de longueur comportant à chaque extrémité un capteur de déplacement inductif.

Les points du massif dont on veut mesurer les déplacements sont matérialisés par des bagues métalliques solidaires d'un tubage mis en place dans le forage.

Ces bagues métalliques et les capteurs du déplacement de l'appareil forment des circuits résonnants dont on mesure la fréquence propre. Ces mesures de fréquence fournissent à partir de tables de conversion, le déplacement relatif de deux bagues consécutives.

L'avantage principal de l'appareil est qu'il élimine l'influence du câble porteur, les mesures étant effectuées directement au niveau considéré.

Conditions d'utilisation

Longueur du forage : peut atteindre plusieurs centaines de mètres

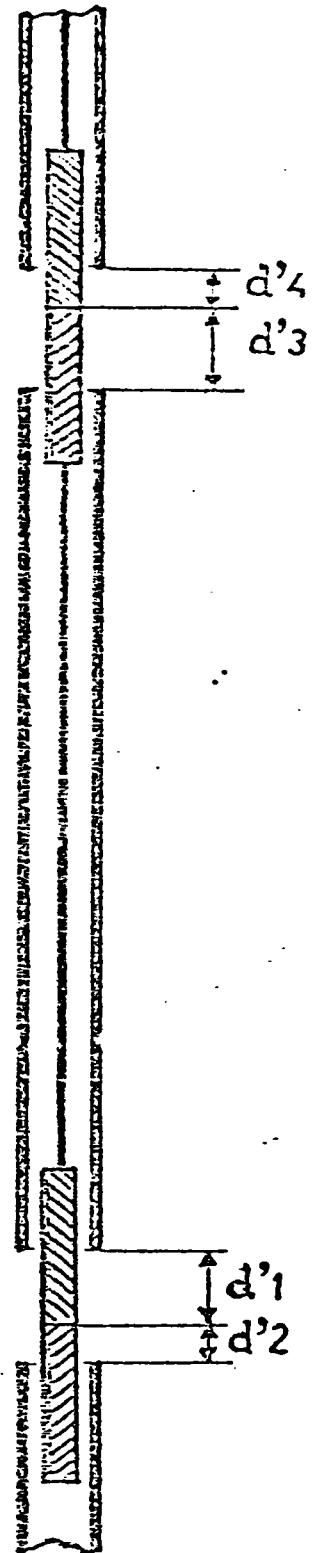
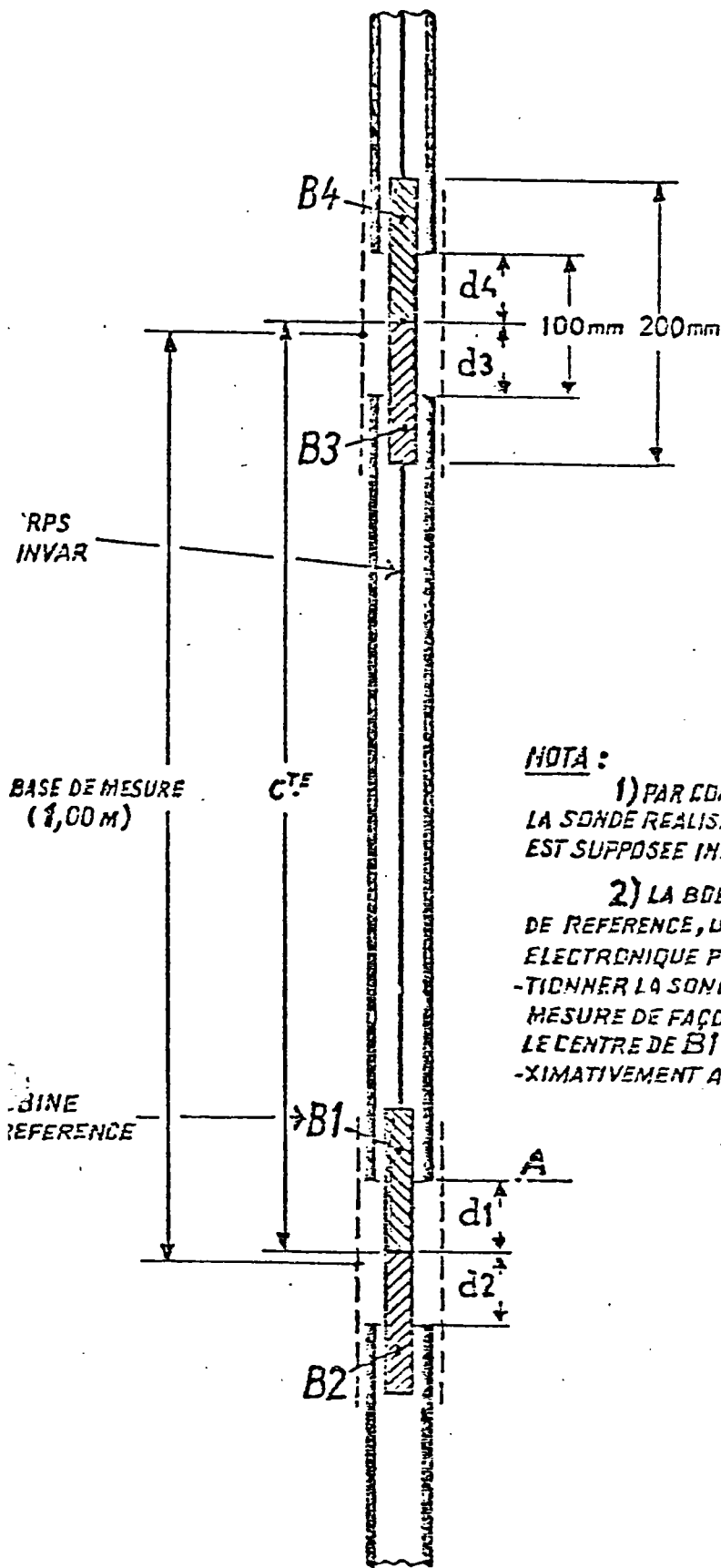
Forage : diamètre 76 mm (NX)

Charge d'eau : plusieurs centaines de mètres

A LA POSE

APRES DEFORMATION

(EXEMPLE)



NOTA :

1) PAR CONSTRUCTION LA SONDE REALISEE EN INVAR EST SUPPOSEE INDEFORMABLE.

2) LA BOBINE B1 SERT DE REFERENCE, UN DISPOSITIF ELECTRONIQUE PERMET DE POSITIONNER LA SONDE A CHAQUE MESURE DE FAÇON A CE QUE LE CENTRE DE B1 COINCIDE APPROXIMATIVEMENT AVEC LA SECTION A

MESURE M_0

$$M_0 = (d1 - d2) + (d3 - d4)$$

MESURE M_t

$$M_t = (d'1 - d'2) + (d'3 - d'4)$$

DEFORMATION DE LA BASE DE MESURE = $M_t - M_0$

TASSOMETRE ELECTROMAGNETIQUE



TELEMAC

TA. 695

TASSOMETRE ELECTROMAGNETIQUE

Ce dispositif est destiné à mesurer les tassements du terrain naturel (aux abords d'une fouille, dans un glissement de terrain, etc.) ou d'un remblai (barrage en terre, etc.)

Des tubes plastiques sont mis en place dans un forage (diamètre minimum 100 mm) qui est ensuite injecté au sable fin pour assurer la liaison entre le terrain et les tubes. Dans le cas d'un remblai la mise en place peut aussi se faire au fur et à mesure de la construction, ce qui permet de suivre l'évolution des tassements dès le début de la montée des terres.

Les tubes plastiques sont constitués d'éléments de 2 mètres de longueur (diamètre extérieur 63 mm) raccordés par des manchons coulissants (diamètre extérieur 75 mm) et des manchettes en caoutchouc. Chaque élément de tube est serti d'une bague métallique externe.

Une sonde détectrice de position type FDM circule dans les tubes. Le poste de repérage électromagnétique REM auquel la sonde est reliée signale le passage de celle-ci au droit d'une bague métallique par la déviation d'une aiguille et l'émission d'un son aigu.

La sonde est montée à l'extrémité d'un câble (2 conducteurs, métré) qui s'enroule sur un treuil à tambour muni d'une règle graduée.

La mise en regard du câble et de la règle graduée indique la distance entre la bouche du forage et la bague métallique signalée par la sonde.

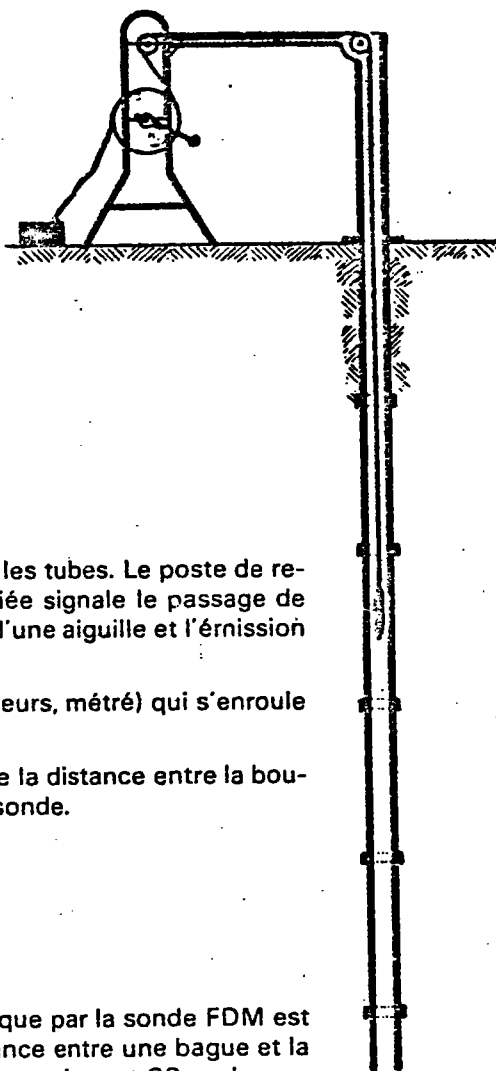
CARACTERISTIQUES

Dimensions de la sonde FDM :

- diamètre : 48 mm
- longueur : 250 mm

La précision théorique de détection d'une bague métallique par la sonde FDM est égale à 0,1 mm. Sur le chantier, la précision sur la distance entre une bague et la surface du sol est de l'ordre de 2 mm pour des forages atteignant 80 m de profondeur.

La fourniture TELEMAC comprend les tubes plastiques télescopiques serts de bagues métalliques et l'appareillage de mesure utilisable sur un nombre quelconque de forages : la sonde FDM équipée de la longueur de câble requise, le treuil à tambour et le poste de repérage électromagnétique REM.





TELEMAC

REM. 679

POSTE DE REPERAGE ELECTROMAGNETIQUE REM

Ce poste fonctionne avec les sondes indicatrices de position circulant dans les tubes placés dans les ouvrages en terre ou en enrochement.

Le poste REM signale par l'émission d'un son aigu et la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre, la présence de l'organe sensible d'une sonde détectrice de position (type FDM) dans le plan d'une bague ou d'une plaque métallique disposée à l'extérieur du tube de guidage de la sonde.

Le poste REM est utilisé avec :

- la sonde détectrice de position incorporée au clinomètre de forage MPF
- la sonde indépendante FDM du tassomètre électromagnétique,
- la sonde couplée au téléniveau du «furet hydraulique» (tubes horizontaux pour mesure de déformation).

Le poste REM est présenté en coffret portable en duralinox peint au four. Le coffret fermé est étanche à la pluie et à la poussière.

CARACTERISTIQUES

Alimentation par 4 piles plates de 4,5 V

Dimensions hors tout :

Hauteur : 150 mm

Largeur : 210 mm

Profondeur : 350 mm

Poids (avec piles) 5 kg

Température de stockage :

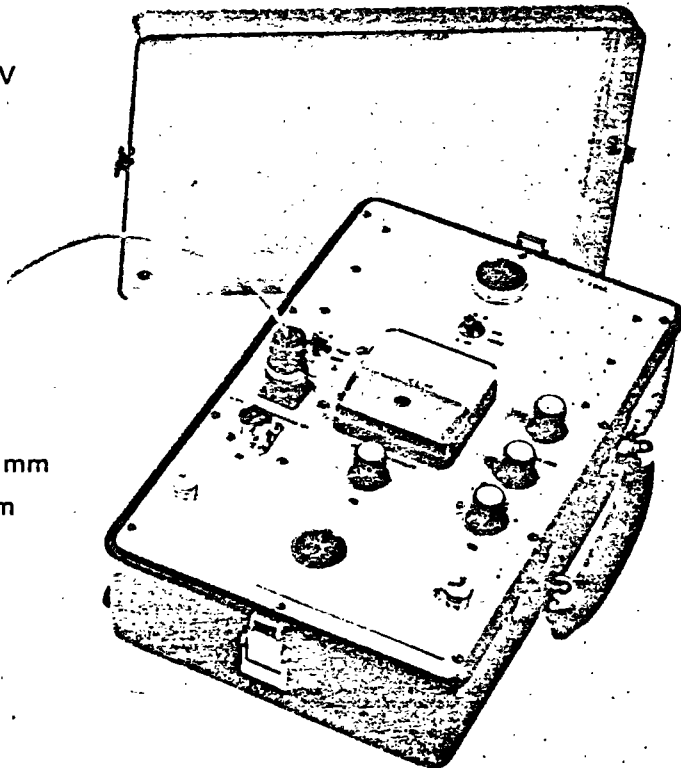
entre - 20° C et + 70° C

Température de fonctionnement :

entre - 10° C et + 70° C

Précision théorique de la mesure : 0,1 mm

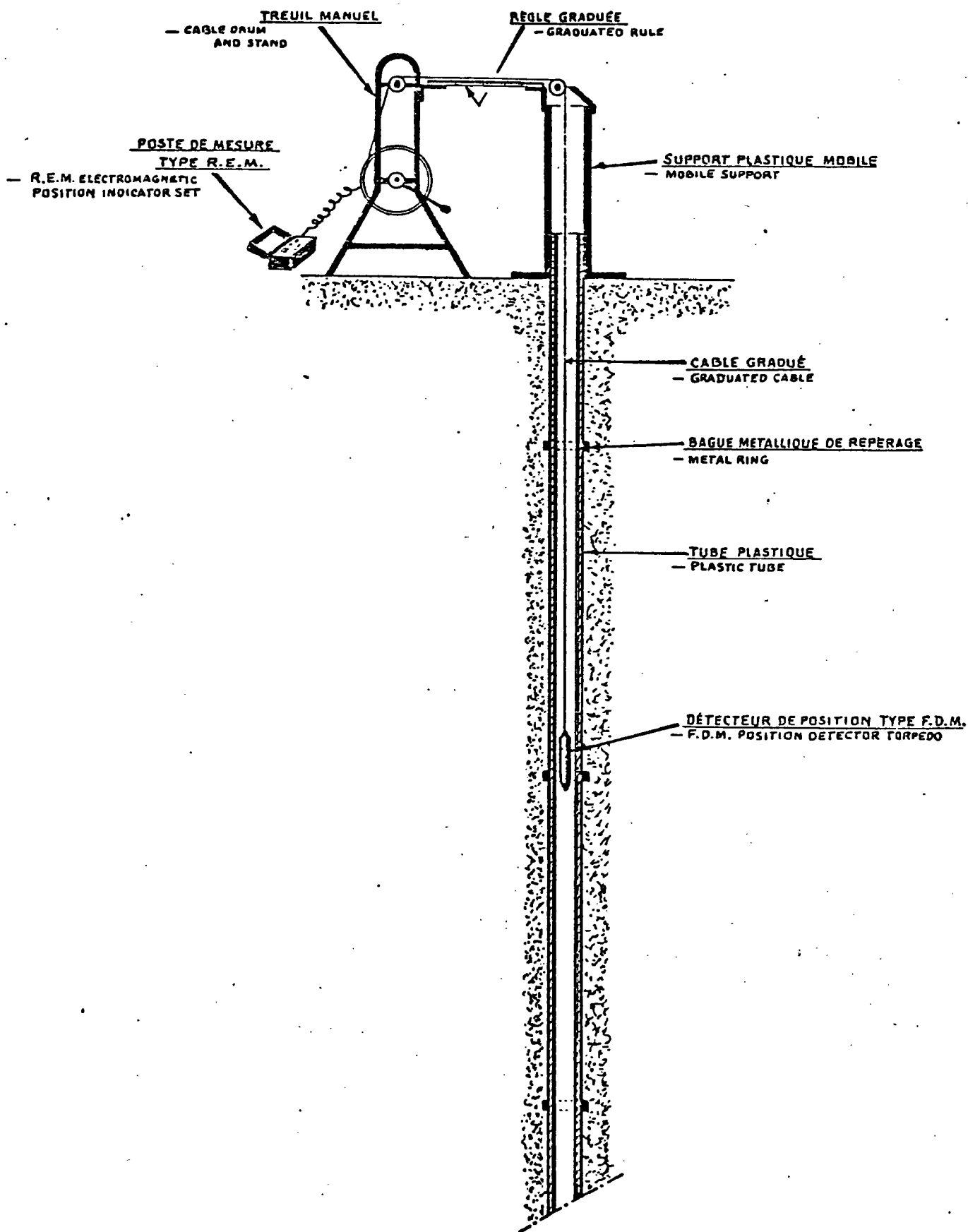
Précision pratique : meilleure que 1 mm



TASSOMETRE ELECTROMAGNETIQUE ELECTROMAGNETIC SETTLEMENT DEVICE

— SCHEMA DE PRINCIPE —

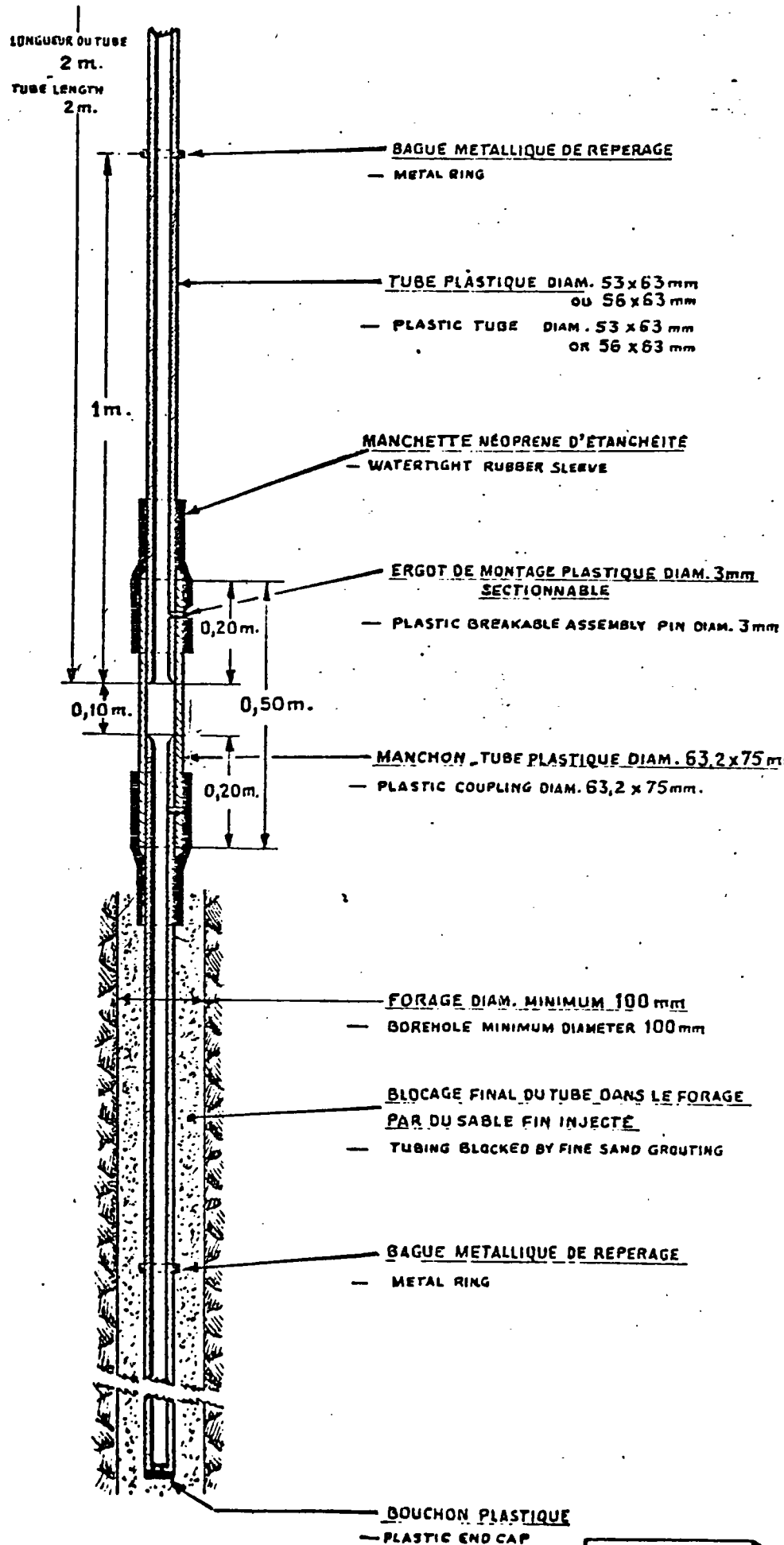
— PRINCIPLE —



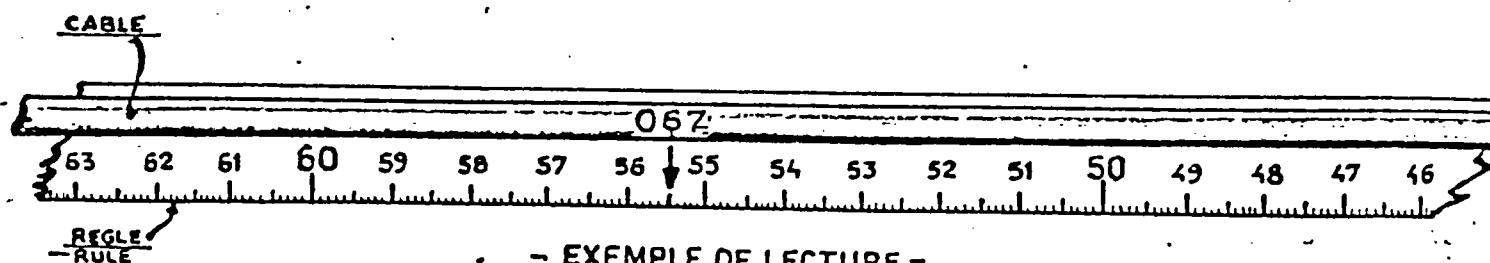
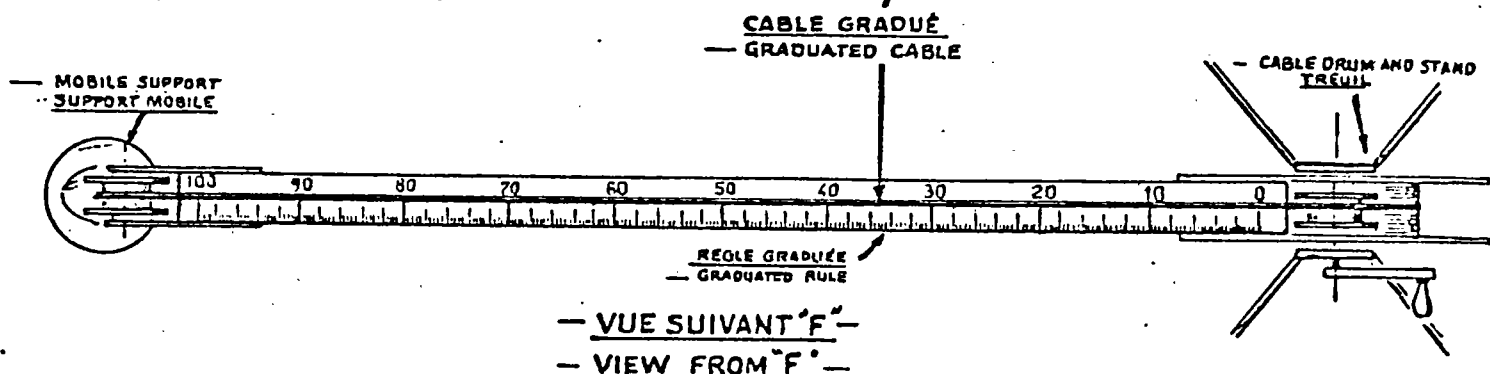
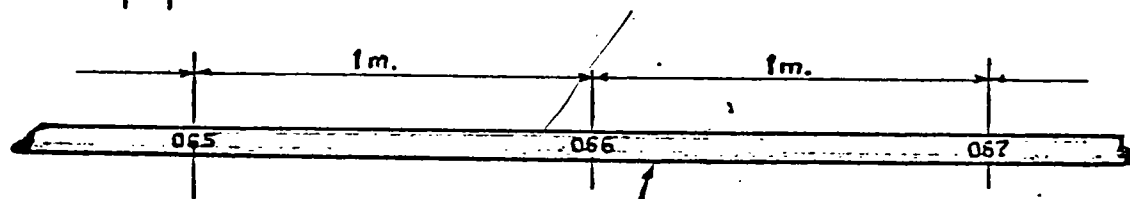
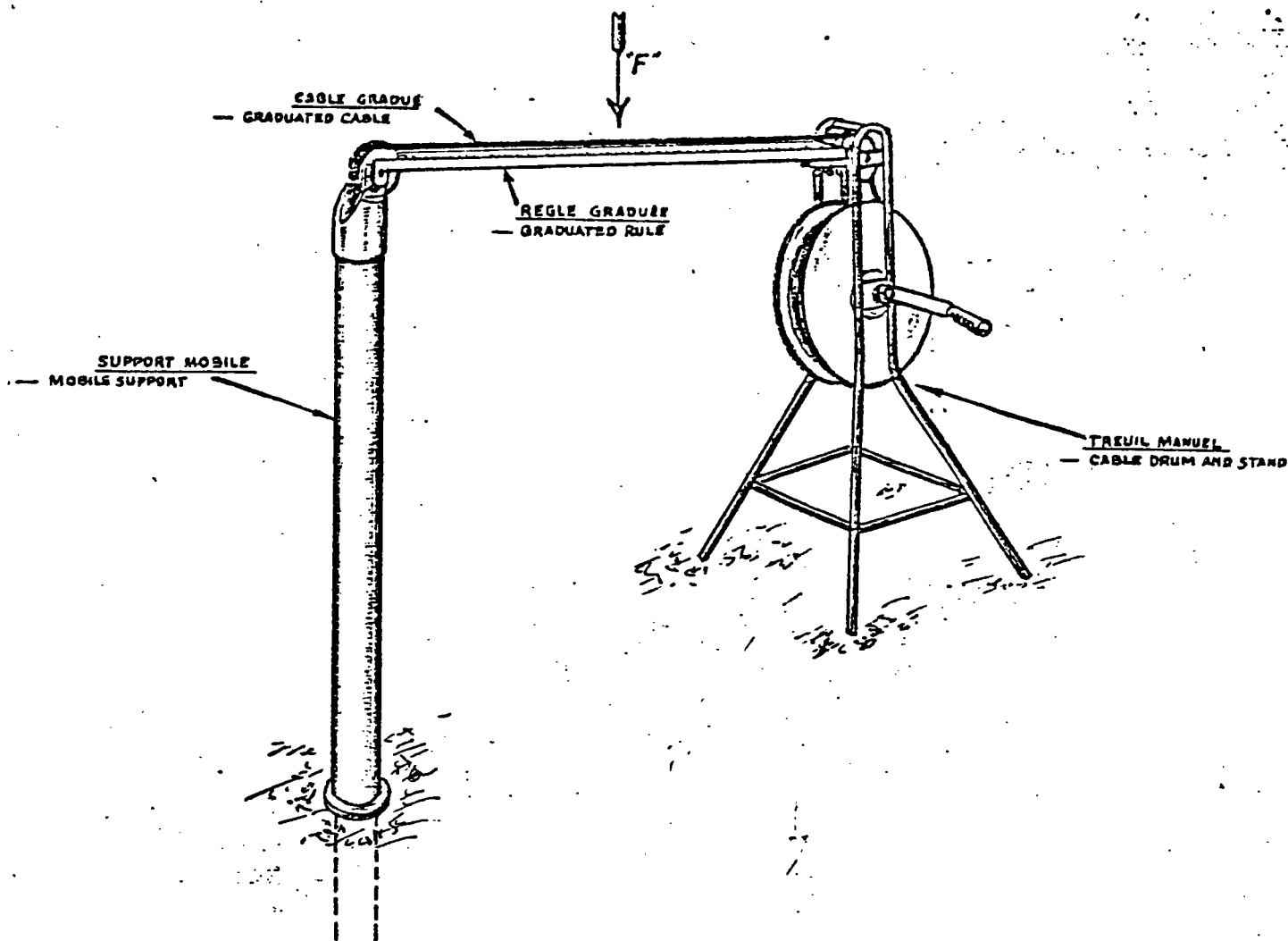
ELECTROMAGNETIC SETTLEMENT DEVICE

— SCHÉMA DE LA TUBULURE —

— CASING —



ASSOMETRE ELECTROMAGNETIQUE ELECTROMAGNETIC SETTLEMENT DEVICE



67,555 METRES

- READING EXAMPLE -

TELEMAC

N°2.w.3

EXPLOITATION A CIEL OUVERT DU GISEMENT
DE LIGNITE DE MEZOS-SUD
(LANDES)

DEFINITION DES DISPOSITIFS D'AUSCULTATION
PRIMAIRE ET SUIVI GEOTECHNIQUE DE L'EXPLOITATION

I - INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude de pré-faisabilité d'une exploitation à ciel ouvert du gisement de lignite de MEZOS-SUD (LANDES), l'étude géotechnique qui a été réalisée avait pour principaux objectifs :

- le dimensionnement de la future exploitation (angles de pente globaux des flancs latéraux de la carrière, de ses gradins et des fronts d'excavation).
- l'examen des conditions de stabilité du fond de fosse vis-à-vis des sous-pressions hydrauliques.
- l'évaluation théorique des tassements du massif induits par les pompages d'exhaure, l'extraction du lignite s'effectuant à sec.

Les conclusions de cette étude peuvent se résumer comme suit :

- 1) - Quel que soit le mode d'excavation des morts terrains retenu (roue-pelle ou au rock-belt), l'angle de pente maximal admissible correspondant à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de 1,2 varie de 33° à 29° pour respectivement des hauteurs de talus de 40 à 60 mètres.

La stabilité des fronts d'excavation à la roue-pelle, dont la géométrie est imposée par la méthode d'exploitation envisagée, sera assurée malgré les surcharges imputables aux matériels d'extraction. Des ruptures très superficielles du talus, donc sans grande conséquence pour la sécurité du chantier, sont à craindre dans la formation des sables supérieurs (sable des Landes).

Les gradins, d'une hauteur maximale de 17 mètres, seront stables s'ils ne sont pas inclinés sur l'horizontale de plus de 29° dans la formation des sables supérieurs, et de 33° à 35° dans les horizons de sable moyen à grossier propre à la formation d'Onesse.

- 2) - Pour assurer la stabilité du fond de fosse vis-à-vis des sous-pressions, il sera nécessaire d'une part de rabattre le niveau de la nappe contenue dans la formation d'Onesse jusqu'au toit du lignite, et d'autre part de ne pas excaver plus de 60 % de l'épaisseur totale des morts terrains préalablement au rabattement de la nappe en charge sous le lignite.
- 3) - L'amplitude théorique des tassements du massif induits par les pompages d'exhaure a pu être reliée à celle des rabattements par l'équation de la droite de régression linéaire suivante :

$$\Delta H \text{ (en m.)} = 0,007 \Delta S + 0,032 \text{ (en m.)}$$

dans laquelle ΔH et ΔS sont respectivement les amplitudes du tassement et du rabattement, exprimées en mètre, en un même point. De plus, ces tassements se produiront rapidement : le degré de consolidation du massif est de 99 % au bout de huit mois.

Il importe de souligner que l'ensemble de ces résultats repose pour partie sur des hypothèses rendues nécessaires par le fait qu'un nombre restreint d'essais a été réalisé en laboratoire sur des prélèvements d'échantillons intacts provenant d'un seul sondage carotté noté C 201.

L'une de ces hypothèses a porté sur la structure complexe du massif, schématisée par une succession de couches horizontales, continues et d'épaisseur constante. Si cette schématisation est justifiée par la constance des faciès observés, il n'empêche qu'elle peut se trouver prise en défaut en certains points particuliers et éloignés de la zone reconnue par sondages.

L'autre hypothèse importante qui a été faite, porte sur les caractéristiques de cisaillement des terrains, leur indice de compressibilité et leur vitesse de consolidation. Bien sûr, les résultats des essais de laboratoire réalisés dans le cadre de cette étude ont été pris en compte mais d'autres données proviennent d'études antérieures ou de la bibliographie.

Si les hypothèses retenues, considérées comme réalistes, sont suffisantes pour permettre d'évaluer sans risque d'erreur grave les paramètres à prendre en compte dans une étude de faisabilité, il n'en reste pas moins qu'il est impératif de les contrôler au fur et à mesure du creusement de la fosse et de modifier éventuellement les premières conclusions de l'étude en fonction des données nouvelles.

Une telle démarche est adoptée systématiquement pour toute fosse de quelque importance. Elle s'appuie en outre sur "l'auscultation" de la fosse, c'est-à-dire sur le suivi de son comportement dans le temps, au moyen d'appareils de mesure (essentiellement mesures inclinométriques, piézométriques, de déplacements horizontaux et verticaux), qui permettent de vérifier que l'ouvrage se comporte conformément aux schémas retenus, et de déceler toute amorce d'évolution anormale.

Il est donc indispensable, au cours de l'exploitation, d'effectuer un certain nombre d'observations et de mesures en vraie grandeur concernant, en particulier, la structure et la lithologie des formations constitutives du massif, les conditions de rabattement des nappes, la stabilité de la fosse et les conditions de réaménagement du site.

Le programme géotechnique présenté dans cette note aborde plus particulièrement les études expérimentales que nous proposons d'effectuer dans une première phase pour identifier le comportement hydro-géotechnique de l'ensemble massif-ouvrage, lors de l'excavation et du remblaiement de la fosse en arrière du front, et de bâtir un modèle calé sur les mesures effectuées.

1 - IDENTIFICATION DES PROBLEMES HYDRO-GEOTECHNIQUES

Dans le cadre des méthodes d'exploitation envisagées, peuvent être distingués les problèmes liés au rabattement de nappe préalable, l'analyse de la stabilité des flancs de l'exploitation, et les conditions de réaménagement du site après exploitation.

1.1 - Rabattement de nappe

L'extraction du lignite s'effectue à sec : il convient de rabattre la nappe phréatique à l'avancement, à l'aide d'un dispositif de drainage et de rabattement adapté.

On doit distinguer les problèmes de mise en oeuvre et les conséquences du rabattement sur le massif.

La mise en oeuvre du rabattement suppose résolus les aspects liés au dimensionnement du système :

- nombre d'ouvrage drainants,
- profondeur des ouvrages,
- situation des engins de pompage.

Les conséquences du rabattement sont à priori, de 2 ordres :

- des affaissements de surface périphériques sont possibles : ces manifestations sont la conséquence d'une diminution des pressions interstitielles et, par conséquent, d'une augmentation des contraintes effectives dans le sol. La charge des terrains surincombants se répercute intégralement sur le squelette solide qui subit une consolidation sous l'effet de l'accroissement de contrainte effective. Il convient de préciser le rayon d'action du cône de rabattement, et d'évaluer les amplitudes et pentes des affaissements susceptibles d'affecter les infrastructures existantes.
- des instabilités du fond de fosse

Sous l'effet de gradients hydrauliques dépassant une valeur critique, le fond de fosse peut se soulever voire se rompre.

De ce fait, le rabattement de la nappe au dessous du mur du lignite a été recommandé dans l'étude géotechnique.

1.2 - Stabilité du front

Le profilage d'une fosse de 40 à 60 mètres de profondeur environ en terrains meubles, soumise à des gradients hydrauliques, nécessite des précautions particulières pour assurer la stabilité globale des flancs de fosse et des gradins considérés isolément.

Bien que l'on recherche uniquement une stabilité temporaire, puisque le front se déplace sans cesse et que la fosse sera remblayée au fur et à mesure de l'avancée du front, il faut à la fois assurer la sécurité du personnel et minimiser l'emprise de surface par une optimisation de l'angle de pente global.

Notons que la stabilité des flancs et du fond de fouille, ainsi que des pistes de roulement, sera d'autant mieux assurée que les dispositifs d'exhaure et de rabattement de la nappe phréatique seront efficaces. En particulier, il sera nécessaire de diminuer par pompage la poussée hydraulique au mur de la couche de lignite afin d'éviter le soulèvement de cette couche lorsque les forces de pesanteur dues au poids des morts terrains seront inférieures aux forces hydrauliques.

1.3 - Réaménagement

Les aspects liés au réaménagement sont de notre point de vue les plus importants, dans la mesure où interviennent des phénomènes de foisonnement et de tassement du remblai et des bords de fosse dont les influences tant spatiales que temporelles, sont tout à fait considérables.

- concernant l'espace, il s'agit d'une exploitation de plusieurs km², sur 40 à 60 m. de profondeur ;
- concernant la durée, il s'agit de périodes longues, à l'échelle de la décade.

- le foisonnement : en première approximation, le coefficient de foisonnement peut être supérieur à 20 %. Ce chiffre peut vraisemblablement être considéré comme un minimum. Dans l'hypothèse d'un compactage énergétique, une légère réduction est possible. Dès la remise en place du matériau, la consolidation primaire, puis secondaire va commencer.

Sur les couches inférieures vont s'exercer des contraintes engendrées par le poids des couches surincombantes ce qui, dans un premier temps, entraînera un accroissement de la pression interstitielle : par la suite, l'eau contenue dans les pores va s'échapper, et la contrainte se reportera sur le squelette solide, entraînant un tassement de celui-ci.

Pour estimer l'ampleur totale du tassement, des données précises concernant les matériaux doivent être acquises : *indice des vides, indice de compression, module, etc...*

Un calcul sommaire, basé sur des hypothèses simples, montre que les tassements cumulés peuvent atteindre 6 à 7 mètres pour une couche de 50 mètres de puissance (calcul sommaire effectué par la méthode de Terzaghi, avec des couches de 5 mètres en moyenne).

La durée de la consolidation est très importante car proportionnelle au carré de l'épaisseur de la couche.

A titre indicatif, si l'on suppose que le coefficient de consolidation global du matériau est de $2.10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ (cas des argiles sableuses), on montre que le temps de consolidation correspondant à un degré de consolidation de 60 % est de 70 ans pour une couche de 50 mètres de puissance.

Ces ordres de grandeur reposent sur des hypothèses grossières, mais il apparaît que les périodes concernées peuvent être très longues.

2 - PROGRAMME DE SUIVI ET D'AUSCULTATION GEOTECHNIQUE DE LA FOSSE

Du point de vue hydro-géotechnique, les observations effectuées lors de l'excavation et du remblaiement de la fosse doivent permettre notamment :

- de préciser la structure géologique du site et en particulier le degré de continuité spatiale des différents horizons traversés ;
- la quantification des paramètres physiques, mécaniques et hydrauliques des formations constitutives du massif ;
- l'observation "*in situ*" et le suivi à l'aide de dispositifs de mesure du comportement de l'ensemble massif-ouvrage au cours de l'excavation de la fosse et de son remblaiement, certaines mesures étant poursuivies après la remise en état du site.

L'ensemble des observations et mesures effectuées sera pris en compte dans le choix et le callage du modèle de comportement du massif.

2.1 - Structure géologique du site

En introduction, nous avons rappelé que l'étude de stabilité des flancs et des gradins de la fosse de MEZOS-SUD a été réalisée en schématisant la structure à priori complexe du massif en une succession de couches horizontales et continues.

Lors de l'excavation, une attention particulière sera donc portée sur le degré de continuité spatiale des différents horizons traversés. D'autre part, un examen qualitatif du comportement des crêtes et des flancs de fosse au cours de l'excavation permettra de situer et de suivre l'évolution des ruptures locales éventuelles.

2.2 - Détermination des paramètres géotechniques

Ces paramètres seront mesurés, d'une part en laboratoire de

mécanique des sols sur des échantillons intacts prélevés directement en pleine fouille, d'autre part, par la réalisation d'essais en place.

- Essais de laboratoire :

Les échantillons intacts feront l'objet d'une caractérisation physique et mécanique. Dans une première phase, on peut prévoir qu'elle portera sur 20 échantillons et comprendra :

- . 20 identifications complètes (teneur en eau naturelle, masse volumique apparente, limites d'Atterberg, analyses granulométriques ou sédimentométrique, équivalent de sable ou indice au bleu de méthylène) ;
- . 10 essais de cisaillement rectiligne à la boîte ;
- . 10 essais de cisaillement à l'appareil triaxial.

L'aptitude des différentes formations au compactage peut être abordée par des essais PROCTOR normaux. Des essais de poinçonnement CBR seront ensuite réalisés sur les moulages obtenus de manière à évaluer les qualités de portance du sol. Cette portance sera mesurée non seulement sur l'optimum PROCTOR mais également à des teneurs en eau différentes de manière à suivre l'évolution de l'indice CBR en fonction de la teneur en eau du moulage. Les conditions optimales de mise en oeuvre des matériaux pourront ainsi être définies en fonction des résultats obtenus et de la teneur en eau et de la densité naturelles de ces matériaux. Notons que si les conditions de mise en oeuvre optimales ne sont pas requises pour la réalisation des pistes de roulement, il est toujours possible d'améliorer la portance des sols par une stabilisation et un traitement en place par adjonction de chaux et/ou de ciment par exemple. L'efficacité de tels procédés sur un sol donné ne peut être que difficilement étudiée en laboratoire, et, compte tenu de la présence d'engins de terrassements sur le chantier, il est préférable de réaliser, au préalable, des planches d'essais sur le site auxquelles sont appliqués différents plans de compactage et procédés de traitement. De telles planches d'essais permettent des observations en vraie grandeur relatives notamment à la dégradation des sols traités sous les sollicitations dynamiques et répétées engendrées par le passage des engins. De telles expérimentations ne seront réalisées que

dans le cas où des difficultés de traficabilité des sols étaient rencontrées. Dans l'immédiat, seuls des essais PROCTOR normaux et 40 essais de poinçonnement CBR (1 à l'optimum, et 1 à trois teneurs en eau différentes par essai PROCTOR) effectués en laboratoire sont proposés.

Des essais oedométriques doivent être réalisés sur des échantillons intacts et remaniés de manière à estimer l'ampleur totale du gonflement et du tassement des horizons essentiellement argileux, respectivement pendant l'excavation et le remblaiement de la fosse. Dix essais oedométriques peuvent, dans un premier temps, être envisagés (Cinq sur échantillons intacts et Cinq sur échantillons foisonnés).

- Essais en place :

Les caractéristiques de cisaillement des différents sols mesurées en laboratoire sur des échantillons intacts seront comparées et complétées par la quantification de C_u (cohésion non drainée, non consolidée) des sols fins argileux à l'aide d'essais scissométriques "in situ". Pour les sables, on procèdera à des essais pénétrométriques.

Des mesures de teneur en eau naturelle et de poids volumique apparent seront également effectuées à l'aide d'un gamma-densimètre.

L'ensemble de ces essais sera réalisé en pleine fouille, à proximité immédiate des points de prélèvements des échantillons intacts.

Des corrélations seront recherchées entre les résultats des essais de laboratoire et in situ. Les liaisons éventuelles permettront une meilleure interprétation des mesures systématiques qui seront effectuées sur l'ensemble du front de taille pendant toute la durée de l'excavation.

2.3 - Observations et suivi du comportement du massif lors de l'excavation

Préalablement à l'excavation, certains dispositifs de surveillance seront mis en place dans la zone d'influence des pompes d'exhaure et aux abords de la future fosse. D'autres seront installés au fur et à mesure de son approfondissement. Les notices techniques des dispositifs et appareils de mesure qui seront utilisés sont jointes en annexe à cette note.

2.3.1 - Surveillance topographique

Parmi les conséquences du rabattement de la nappe phréatique, nous avons signalé au paragraphe 2.1 que des affaissements de surface étaient possibles. Pour préciser le rayon d'action du cône de rabattement et évaluer les tassements susceptibles d'affecter les infrastructures existantes (routes départementales, pilônes EDF, habitations ...), des repères topographiques doivent être installés suffisamment loin de l'emprise future de l'exploitation. Ces repères seront implantés définitivement au vu des résultats obtenus lors des essais du dispositif d'exhaure réalisés préalablement aux travaux de terrassement. A ce stade, il est prématuré de fixer le nombre précis de repères qui seront ainsi installés puisqu'il sera proportionnel à l'aire d'influence du cône de rabattement et qu'il faudra également disposer de repères fixes implantés en dehors de cette zone.

De même, avant et au cours de l'excavation, des bornes seront également implantées en crête et sur les flancs de fosse, au niveau des différents gradins.

L'ensemble des repères sera nivelé en X, Y et Z avec une précision de l'ordre du millimètre. Les mesures seront réalisées pendant toute la durée de l'exploitation avec une périodicité modulée en fonction de l'approfondissement de la fosse, de la vitesse d'avancée du front et du remblaiement. Pour améliorer la fiabilité des mesures, chaque repère sera solidaire d'un massif de béton bien ancré dans les terrains.

2.3.2 - Mesures des déplacements horizontaux et verticaux du massif à différentes profondeurs.

a) A l'abord et dans l'emprise de la fosse

Les levés topographiques préconisés ci-dessus ne fournissent que l'amplitude globale des déplacements mesurés en surface. La modélisation du comportement du massif nécessite la connaissance des déplacements horizontaux et verticaux mesurés en profondeur et en différents points induits d'une part par le rabattement de la nappe et d'autre part par l'excavation de la fosse.

Les déplacements horizontaux sont mesurables à l'aide d'inclinomètre (X). Ils sont constitués de tubes déformables placés dans un forage de faible diamètre (de l'ordre de 100 mm.). Une sonde de mesure est descendue à l'intérieur de ces tubes raccordés les uns aux autres à l'aide de manchons. L'organe de mesure de la sonde (type GLOTZL) qui sera utilisée est constitué d'une masse flottant dans un champ magnétique et dont la position est maintenue constante par asservissement. On réalise donc une mesure indirecte de l'inclinaison qui, associée à longueur d'arc que constitue la sonde (0,50 m.), permet de reconstituer la déformée du tube.

Si les tubes de l'inclinomètre sont sertis extérieurement de bagues métalliques et raccordés entre eux par des manchons télescopiques, il est alors possible de mesurer, dans le même forage, les déplacements verticaux du massif à l'aide d'une sonde extensométrique.

La possibilité d'opérer, dans un même forage, des mesures inclinométriques et extensométriques offre une garantie supplémentaire pour la fiabilité et l'interprétation des mesures effectuées. En effet, les composantes horizontale et verticale du déplacement sont mesurées aux mêmes points ce qui permet d'effectuer les corrections nécessaires sur les mesures pour remonter au déplacement réel du massif.

(X) "FONCTIONNEMENT ET DEVELOPPEMENT DES METHODES INCLINOMETRIQUES" par JP. ASTE - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur n° 26-27 - PARIS 1983 (article joint en annexe).

Dans l'immédiat, il est envisagé d'installer 4 inclinomètres équipés de manchons télescopiques pour permettre la mesure des mouvements verticaux du sol. Deux d'entre eux, d'une longueur moyenne de 50 mètres, seront mis en place avant le démarrage des pompages d'exhaure et des travaux de terrassement de manière à suivre d'éventuels déplacements au sein du massif, au cours du rabattement de la nappe et dès le début de l'excavation de la fosse. Les deux autres, d'une longueur moyenne de 30 mètres, seront implantés en pleine fouille, au niveau du deuxième gradin par exemple.

Remarque :

La fiabilité des mesures est conditionnée par le soin apporté à la mise en place de l'inclinomètre dans le forage et son "clavage" au massif. Dans le contexte géologique de MEZOS, les tubes inclinométriques sont mis en place dans un forage qui a été préalablement tubé à l'avancement. Une fois positionné, l'inclinomètre est ancré en pied à la profondeur voulue à l'aide d'un coulis de ciment. Le tubage provisoire est alors retiré progressivement, le vide annulaire qui en résulte étant comblé simultanément avec un coulis sable fin (dans les horizons franchement sableux) ou de bentonite (dans les horizons argileux) plus ou moins chargés de ciment. Lorsque l'inclinomètre est scellé au massif sur toute sa longueur, on procède aux mesures initiales. D'autre part, la tête de l'inclinomètre constitue un repère topographique qu'il faut relever périodiquement au même titre que tous les autres repères.

b) Dans la zone d'influence des pompages d'exhaure

Dans l'étude géotechnique préalable à l'ouverture de la future mine à ciel ouvert, une évaluation des tassements du massif induits par les pompages d'exhaure a été effectuée pour différentes amplitudes de rabattement de nappe. De cette évaluation on retiendra que l'amplitude globale des tassements du massif est comprise entre 6 et $25 \cdot 10^{-2}$ m. pour des rabattements allant de 5 à 35 m. De telles amplitudes de tassement sont loin d'être négligeables vis-à-vis des infrastructures existantes situées dans la zone d'influence des pompages d'exhaure. Il est donc impératif de vérifier le bien fondé de cette évaluation en mesurant les déplacements verticaux du massif à différentes profondeurs en plusieurs points de la zone d'influence des pompages d'exhaure. De telles mesures peuvent être réalisées dans un forage à l'aide d'un tassomètre électro-magnétique qui permet de

mesurer des tassements de 250 mm. d'amplitude.

Le principe de cet appareil est le suivant :

Des tubes plastiques verticaux sont mis en place dans un forage réalisé dans le remblai. Ces tubes sont constitués d'éléments de 2 mètres de longueur raccordés par des manchons coulissants et des manchettes en caoutchouc. Chaque élément est serti d'une bague métallique externe. Une sonde détectrice de position des bagues circule dans les tubes. Un dispositif indique la distance entre la bouche du tubage et la bague métallique signalée par la sonde. La précision sur la distance est de l'ordre de 2 mm. pour les dispositifs atteignant 80 m. de longueur.

De tels dispositifs seront mis en place dans les secteurs jugés à priori les plus sensibles aux impacts hydrogéologiques de la future exploitation. C'est le cas, en particulier, du secteur habité d'ONESSE-et-LAHARIE.

Dans une première phase, trois forages d'une trentaine de mètres de profondeur seront équipés de tubes tassométriques et réalisés à proximité de piézomètres faisant partie du réseau de surveillance hydrogéologique du secteur.

Comme pour les inclinomètres, la tête du tube tassométrique sera régulièrement nivelée en X, Y et Z.

2.4 - Auscultation pendant et après la remise en état du site

Les matériaux stériles seront remis en place à l'aide d'un remblayeur dans l'ensemble de la fosse par simple déversement à partir de la crête et sans plan de compactage spécifique. En conséquence, et pour des raisons de sécurité évidentes vis-à-vis du personnel chargé du suivi géotechnique de la fosse, il n'est pas envisageable d'installer des dispositifs de mesure tels que des cellules de mesure de pression totale et interstitielle au cours des travaux de remblaiement.

Au terme de cette phase, des repères topographiques et un tassomètre électromagnétique, descendu dans un forage implanté dans l'axe

vertical de la zone remblayée, seront installés pour suivre le tassement dans le temps du remblai. Des mesures hydrauliques et piézométriques réalisées dans le corps du remblai compléteront ces investigations.

2.4.1 - Mesures de tassements

Le tassomètre électromagnétique sera ancré dans la formation des graviers de base, à environ 50 m. de profondeur sous le terrain naturel, de manière à avoir des repères pour lesquels les tassements attendus seront de faible amplitude.

La tête du tube tassométrique sera nivelée en X, Y et Z à chaque relevé. A ce sujet, signalons que dans les 12 mois qui suivront la remise en état de la zone exploitée, 24 relevés au minimum seront effectués avec la périodicité suivante (donnée à titre indicatif) :

- . 1 relevé hebdomadaire les 3 premiers mois (soit 12 relevés)
- . 1 relevé tous les quinze jours les 3 mois suivants (soit 6 relevés)
- . 1 relevé mensuel les 6 derniers mois (6 relevés).

Ces relevés seront poursuivis sur plusieurs années avec une périodicité fonction de l'évolution des tassements dans le temps.

2.4.2 - Mesures hydrauliques

A l'origine, la perméabilité horizontale du massif est beaucoup plus élevée que la perméabilité verticale. Si aucune précaution particulière n'est prise lors du remblaiement de la fosse (ce qui sera vraisemblablement le cas lors de l'exploitation du gisement), la remise en place des matériaux stériles risque d'apporter des perturbations au niveau des écoulements au sein du massif. En effet, la perméabilité du remblai sera globalement à peu près isotrope avec une perméabilité horizontale vraisemblablement moindre que celle des formations encaissantes.

Pour évaluer dans quelles proportions la perméabilité de la zone exploitée puis remblayée sera diminuée par rapport à l'état initial, des essais du type LEFRANC seront effectués au sein des remblais pour mesurer,

à différentes profondeurs, la perméabilité des terrains remaniés. Le forage qui sera réalisé pour ces essais sera ensuite équipé en piézomètre pour suivre la remontée du niveau de la nappe au sein des remblais et ses variations saisonnières à l'aide d'un limnigraphe. Ces données seront comparées à celles obtenues sur les piézomètres voisins situés en dehors de l'emprise de la mine.

3 - REMARQUES CONCERNANT LA MISE EN PLACE DU RESEAU D'AUSCULTATION VIS-A-VIS DES CONTRAINTES DE CHANTIER

Le suivi et les mesures hydro-géotechniques qui seront réalisées pendant l'exploitation sont non seulement nécessaires pour contrôler, voire modifier, les hypothèses prises en compte dans les calculs de stabilité des flancs de fosse, mais surtout fourniront des éléments précieux pour la modélisation du comportement hydro-mécanique du massif calée sur des mesures en vraie grandeur.

De ce fait, les dispositifs de surveillance, les essais décrits et le suivi de chantier, permettront d'une part, de suivre le comportement des flancs de fosse et, d'autre part, de préciser les impacts hydro-géotechniques liés aux pompages (destinés à rabattre la nappe phréatique lors de l'exploitation) et à la remise en état du site.

Compte tenu de ces éléments, les différents dispositifs d'auscultation seront non seulement mis en place avec le plus grand soin, mais feront également l'objet d'une surveillance et d'une maintenance périodique. Ceci implique que les impératifs de chantier ne prennent pas systématiquement le pas sur les objectifs expérimentaux. Ces différentes contraintes seront d'autant moins incompatibles qu'une étroite collaboration s'instaurera entre l'exploitant et ses assistants en géotechnique et en hydrogéologie.

Par exemple, l'équipe chargée de l'implantation et de la mise en place des différents dispositifs de surveillance devra pouvoir s'appuyer sur les compétences des géologues et des géomètres-topographes de la mine. De même, il sera demandé aux conducteurs d'engins de ne pas effectuer de

manoeuvres à proximité immédiate de ces dispositifs au risque de les perturber voire de les détériorer au point de les rendre inutilisables.

Pour limiter ces risques, chaque appareil devra être facilement repérable et situé dans une zone d'une superficie de l'ordre du m², limitée par des clôtures de bois peintes en rouge. Ces recommandations devront être suivies avec le maximum d'attention pour les appareils qui seront situés en bordure et en pleine fouille tels que les inclinomètres.

4 - SIMULATION DU COMPORTEMENT DE L'ENSEMBLE MASSIF-FOSSE EXPERIMENTALE

Plusieurs types de simulation pourront être développés sur la base des investigations qui seront entreprises dans le cadre de ce suivi hydro-géotechnique de l'exploitation.

Le premier type de simulation consistera à déterminer l'angle de pente maximal admissible de l'exploitation en fonction de la profondeur et pour un coefficient de sécurité donné en considérant un front rectiligne de longueur infinie. Les calculs de stabilité seront effectués avec le programme ANASTAB et tiendront compte des caractéristiques de cisaillement à court et long terme des principales formations du massif, mesurées au laboratoire sur les prélèvements intacts et en place à l'aide du scissomètre et du pénétromètre de chantier.

Le comportement de l'ensemble massif-ouvrage, lors de l'excavation et du remblaiement de la fosse, sera simulé à l'aide d'un modèle par éléments finis. Les mesures en place des déplacements horizontaux et verticaux du massif permettront de caler le modèle en fixant les conditions aux limites. De ces mesures et des essais de cisaillement à l'appareil triaxial réalisés en laboratoire, il sera également possible de définir la loi de comportement des sols la plus appropriée pour cette modélisation.

Les mesures en place des tassements réalisés lors du rabattement intensif de la nappe et au sein de la zone remblayée seront comparées aux résultats des calculs des tassements selon la théorie de la consolidation unidimensionnelle de TERZAGHI effectuées à partir des essais oedométriques

opérés sur des échantillons intacts et remaniés.

Notons que dans l'ensemble des simulations ainsi proposées il sera tenu compte des conditions hydrogéologiques et des caractéristiques hydrauliques (perméabilité) du massif.

5 - CONCLUSIONS

Les problèmes hydro-géotechniques posés par l'extraction à sec du lignite de MEZOS-SUD méritent une attention particulière dès le début de la mise en exploitation du gisement dans la mesure où ils sont susceptibles d'influer de manière significative sur le coût de la tonne extraite.

Les problèmes de stabilité gagneront à être étudiés sur la base des mesures et observations en vraie grandeur.

Les problèmes liés au réaménagement et au devenir à long terme de la concession, après exploitation, sont préoccupants. Le plan expérimental proposé a été établi dans l'hypothèse très probable suivant laquelle la remise en place des stériles se fera d'une manière identique dans l'ensemble de la fosse et sans plan de compactage spécifique. L'évaluation des tassements et de leur durée sera ainsi réalisée dans le cas le plus défavorable vis-à-vis des impacts sur l'environnement.

Si, en première approche, les études expérimentales proposées peuvent paraître contraignantes vis-à-vis du bon déroulement des travaux d'excavation, il ne fait pas de doute qu'une étroite collaboration entre l'exploitant et ses assistants en géotechnique et en hydrogéologie est nécessaire et suffisante pour que les objectifs de chacun restent compatibles entre eux.

6 - COUT DES CONSEILS ET ASSISTANCE GEOTECHNIQUE

6.1 - Fourniture et pose de 4 inclinomètres équipés de bagues tassométriques (2 inclinomètres de 50 m. de longueur et 2 de 30 m. de longueur respectivement implantés au delà et en deçà de l'emprise de la fosse).

Les forages ne sont pas compris dans ce prix F. H.T. 270.000

6.2 - Fourniture et pose de 4 tassomètres électromagnétiques en forage (3 tassomètres de 30 m. de long installés dans la zone d'influence des pompages d'exhaure ; 1 tassomètre de 50 m. de long implanté dans la zone remblayée).

Les forages ne sont pas compris dans ce prix F. H.T. 190.000

6.3 - Essais à l'eau dans le corps du remblai avec réalisation d'un forage équipé en piézomètre avec suivi piézométrique à l'aide d'un limnigraphe.

F. H.T. 120.000

6.4 - Essais d'identification physique et mécanique réalisés en laboratoire sur échantillons intacts et remaniés.

F. H.T. 132.000

6.5 - Suivi géotechnique de la fosse. Relevés périodiques des dispositifs d'auscultation. Réalisation des essais en place. Prélèvements des échantillons et acheminement au laboratoire.

F. H.T. 498.000

6.6 - Interprétation et synthèse des données géotechniques. Modélisation du comportement de l'ensemble du massif-ouvrage.

F. H.T. 220.000

6.7 - Coût des forages pour les 4 inclinomètres et pour les 4 tassomètres électromagnétiques.

F. H.T. 220.000

TOTAL 6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6 - 6.7 F.H.T. 1.650.000

NB. Toutes les mesures topographiques au droit des inclinomètres, des tassomètres électromagnétiques et des repères topographiques se feront par une équipe de topographes de la mine.

PROJET: Gisement de Lignite. Mezos. Sud (Landes)

Profondeur: 47,15 mètres

Sondage carotté N° C 201

COUPE DE SONDAGE

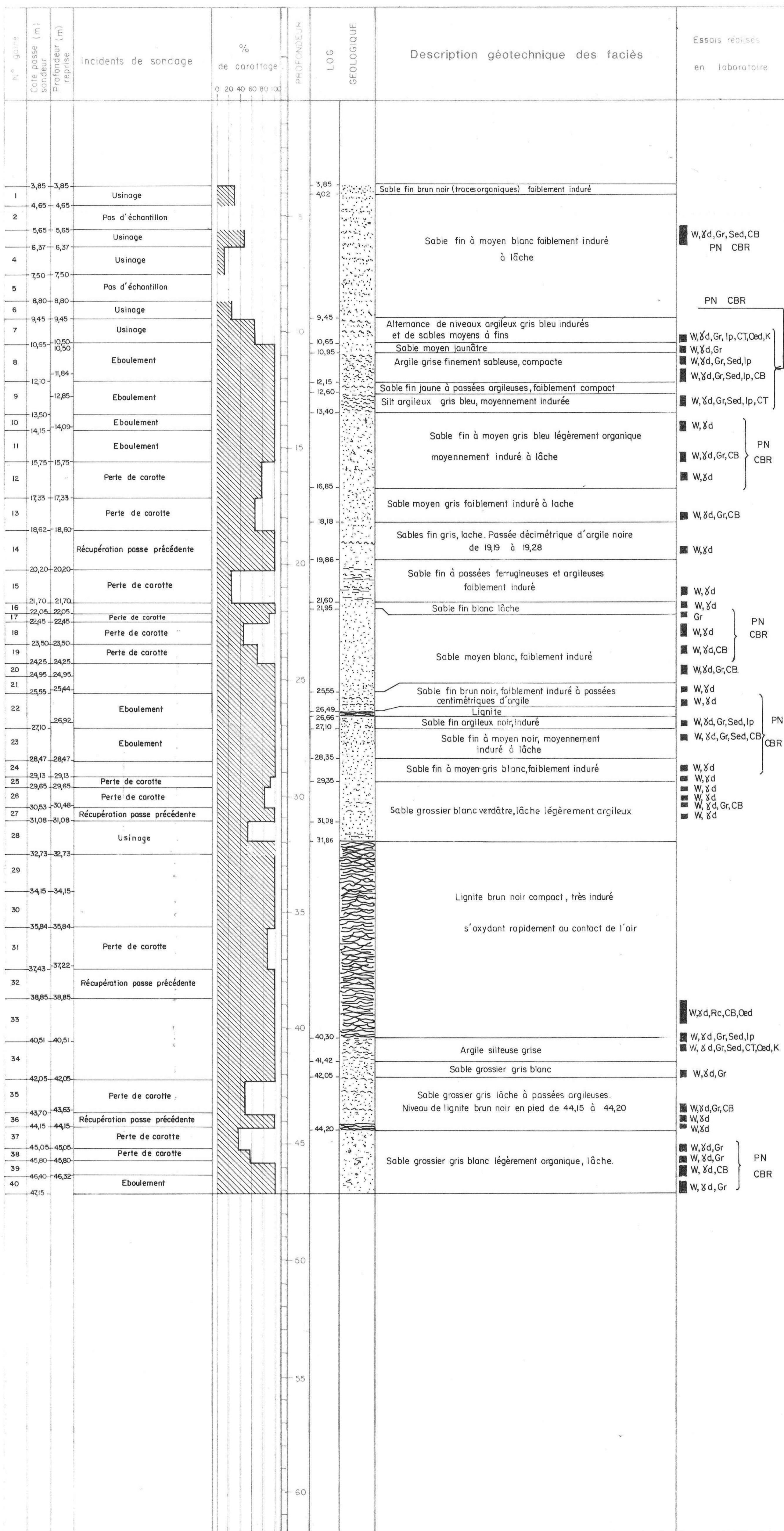
Foration au carotier triple

réalisé du 18 au 26/04/84

Fluide: Eau + GSP

par COGEMA BU. DRM.

Levé par M. Carrara et P. Clochet.



LEGENDE DES ESSAIS

d, Wnat Masse volumique apparente sèche et teneur en eau naturelle
 Gr Analyse granulométrique
 Ip Limite d'Atterberg
 CB Cisaillement à la boîte
 CT Cisaillement triaxial
 Rc Compression simple
 Oed Oedomètre
 K Perméabilité
 Sed Analyse sédimentométrique

PN. Proctor normal
 CBR