



**CENTRE MONDIAL DE LA PAIX DES LIBERTES  
ET DES DROITS DE L'HOMME à VERDUN**

---

**Spectacle Son et Lumière  
à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55)**

**Reconnaissance de sols**

**C. CHAUSSIDON**

**Mai 1991  
R 32740 LOR 4S 91**

**CENTRE MONDIAL DE LA PAIX DES LIBERTES ET DES DROITS DE L'HOMME à VERDUN**  
**Spectacle Son et Lumière à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55)**  
**Reconnaissance de sols**

C. CHAUSSIDON - R 32740 LOR 4S 91

**R E S U M E**

Dans le cadre du projet Son et Lumière à FLEURY-devant-DOUAUMONT (Meuse), le BRGM - LORRAINE a été chargé par le Directeur des Affaires Culturelles et Sportives du Conseil Général de la Meuse d'effectuer une campagne de reconnaissance de sols et une étude de fondation des tribunes.

Il a été réalisé 3 sondages destructifs de 5,00 m de profondeur avec des essais pressiométriques tous les mètres.

La contrainte admissible du sol est de  $0,9 \cdot 10^5$  Pa.

Les tribunes seront fondées sur des plots de dimensions minimales 0,70 x 0,70 m après décapage de la terre végétale. Les tassements prévisibles sont estimés à 0,8 cm.

La réalisation de la tranchée scénique ne posera pas de problème de stabilité.

La présence d'une petite nappe perchée à faible débit nécessitera la mise en place d'un drainage de type agricole avec exutoire dans le "Ravin du Bois Triangulaire".

**CENTRE MONDIAL DE LA PAIX DES LIBERTES ET DES DROITS DE L'HOMME à VERDUN**  
**Spectacle Son et Lumière à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55)**  
**Reconnaissance de sols**

C. CHAUSSIDON - R 32740 LOR 4S 91

**S O M M A I R E**

	<b>Page</b>
1 - MISSION DU BRGM.....	5
1.1. Rappels.....	5
1.2. Moyens mis en oeuvre.....	5
2 - RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE.....	6
2.1. Nature des terrains rencontrés.....	6
2.2. Niveau de l'eau.....	6
2.3. Caractéristiques mécaniques.....	7
3 - ETUDE DES FONDATIONS DES TRIBUNES.....	7
3.1. Capacité portante du sol.....	7
3.2. Dimensionnement des fondations.....	8
3.3. Tassements prévisibles.....	9
4 - ETUDE DE LA GALERIE SCENIQUE.....	10
4.1. Stabilité des parois.....	10
4.2. Stabilité du fond de fouille.....	12
4.3. Conclusion.....	13
5 - CONCLUSION.....	14

**CENTRE MONDIAL DE LA PAIX DES LIBERTES ET DES DROITS DE L'HOMME à VERDUN**  
**Spectacle Son et Lumière à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55)**  
**Reconnaissance de sols**

**C. CHAUSSIDON - R 32740 LOR 4S 91**

**LISTE DES FIGURES ET DES ANNEXES**

**Figure 1 - Plan de localisation au 1/50.000**

**Annexe 1 - Plan de situation des sondages.**

**Annexe 2 - Coupes des sondages et résultats des essais in-situ.**



## 1 - MISSION DU BRGM

### 1.1. Rappels

Dans le cadre d'un projet de spectacle Son et Lumière au Mémorial de Verdun à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55), le Directeur des Affaires Culturelles et Sportives du Conseil Général de la Meuse a chargé le BRGM - LORRAINE d'effectuer une campagne de reconnaissance de sols et d'étude des fondations.

Il s'agit principalement :

- de supporter des tribunes constituées d'éléments assemblés en bardage métallique dont les descentes de charge maximum ont été estimées à 30 kN (3 tonnes) par pied ;
- et d'apprécier les problèmes liés à la réalisation d'une galerie scénique de 2,00 m de large et 2,50 m de haut environ qui doit permettre le passage des acteurs.

### 1.2. Moyens mis en oeuvre

Il a été réalisé 3 sondages destructifs de 5,00 à 6,00 m de profondeur avec essais pressiométriques tous les mètres afin de déterminer les caractéristiques mécaniques du sol en place.

Les sondages ont été effectués en 64 mm de diamètre à l'aide d'une tarière hélicoïdale. Les essais ont été faits au tube lanterné dans des zones indemnes de danger (après passage du Service de Déminage). Le plan de localisation des sondages est reporté en annexe 1. Ces derniers sont répartis comme suit :

- S1 à proximité de la future galerie souterraine,
- S2, S3 à proximité des gradins.

Les niveaux d'eau ont été mesurés en fin de campagne de sondage.

## 2 - RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE

### 2.1. Nature des terrains rencontrés

Les terrains rencontrés sont :

- des "sables argileux" de couleur ocre-jaune avec des passées grises et brunes, d'une puissance de l'ordre de 3,50 à 4,00 m. Les vitesses à l'avancement montrent entre 3,00 et 4,50 m un niveau beaucoup plus résistant ;
- des argiles gris-noir à partir de 4,50 m de profondeur sous le niveau du sol.

Ces terrains appartiennent à la base du Séquanien.

La coupe des forages est reportée en annexe 2 du présent rapport.

### 2.2. Niveau de l'eau

L'eau a été rencontrée dans les 3 sondages entre -1,20 et -0,60 m par rapport au terrain naturel. Le niveau se situe approximativement à la cote 343,40 m pour les sondages S2 et S3 et à la cote 342,70 m pour le sondage S1.

Il s'agit, en fait, d'une petite nappe perchée qui se crée localement au contact du Séquanien - Rauracien et qui débite très peu.

### 2.3. Caractéristiques mécaniques

Les "sables argileux" sont faiblement compacts dans les 2 premiers mètres. Les pressions limites sont inférieures à  $10 \cdot 10^5$  Pa et les modules de déformation varient autour de  $20 \cdot 10^5$  Pa :

$$\begin{aligned} p_l &- 2 \text{ à } 7 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ E &- 20 \text{ à } 80 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

A la base (soit vers 3,00 - 4,00 m de profondeur), la compacité de ces sables augmente légèrement et les pressions limites atteignent  $20 \cdot 10^5$  Pa, tandis que les modules de déformation sont de l'ordre de  $200 \cdot 10^5$  Pa.

En tête des argiles grises sous-jacentes, les caractéristiques mécaniques chutent légèrement :

$$\begin{aligned} p_l &- 9 \text{ à } 11 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ E &- 60 \text{ à } 70 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

## 3 - ETUDE DES FONDATIONS DES TRIBUNES

### 3.1. Capacité portante du sol

La force portante à la rupture d'un sol par poinçonnement d'une fondation est liée à la pression limite ( $p_l$ ) du terrain, mesurée au pressiomètre par la formule générale - règle R.O. de MENARD - :

$$p_l = q_0 + (K) \cdot (p_l - p_0)$$

où  $K$  = facteur de portance sans dimension est fonction de l'encastrement, de la forme de la fondation et de la nature du terrain,

$q_0$  = pression verticale au repos du terrain au niveau de l'assise de la fondation et autour de celle-ci, après construction,

$p_0$  = pression horizontale au repos du terrain, au niveau de l'essai,

$p_l$  = pression limite mesurée au pressiomètre, au niveau d'assise de la fondation.

Dans le cas d'une semelle simplement posée sur le terrain, ou très faiblement encastrée :

$$k = 0,8$$

$p_0$  et  $q_0$  sont négligeables devant  $p_1$ .

Le taux de travail admissible  $q_0$  se déduit de la capacité portante du sol par application d'un coefficient de sécurité égal à 3, d'où :

$$q_{adm} = \frac{0,8}{3} p_1$$

$$\text{Soit } q_{adm} = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,09 \text{ MPa}$$

### 3.2. Dimensionnement des fondations

La charge maximum appliquée par les tribunes (y compris le public) étant de 30 kN par pied, celles-ci devront reposer sur des plots de dimensions minimum 0,70 x 0,70 m.

Il peut s'agir soit de plots en béton armé de 0,20 à 0,30 m d'épaisseur, soit de platines en acier de plusieurs centimètres d'épaisseur.

Avant mise en place de ces assises, la terre végétale sera décapée sur 0,50 m environ et le fond de fouille sera compacté.

### 3.3. Tassements prévisibles

Le tassement d'une fondation, estimé à partir des essais pressiométriques (règle T.O. de MENARD), est la somme d'un tassement dû à des déformations angulaires et d'un tassement dû à des déformations volumétriques :

$$w = \frac{1,33}{3 E_d} p R_o \left( \lambda_d \frac{R}{R_o} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{4,5 E_\Delta} \lambda_S p R$$

- où  $p$  est la contrainte verticale ajoutée à la fondation,
- $R_o$  une longueur référence (30cm),
- $R$  la demi-largeur de la fondation (35 cm),
- $E_d$  et  $E_\Delta$  sont les modules pressiométriques équivalents pour les champs de distorsion et de compression hydrostatique créés par la fondation,
- $\alpha$  est un coefficient de structure du matériau ( $\alpha = 1/2$  dans des sables argileux faiblement compacts),
- $\lambda_d$  et  $\lambda_S$  sont des coefficients de forme ( $\lambda_d = 1,12$  et  $\lambda_S = 1,1$  pour des semelles carrées).

Pour une contrainte appliquée de  $0,9 \cdot 10^5$  Pa, les tassements prévisibles sont de l'ordre de  $0,6 \pm 0,2$  cm.

Tassements	S1	S2	S3
(cm)	0,45	0,82	0,59

## 4 - ETUDE DE LA GALERIE SCENIQUE

### 4.1. Stabilité des parois

#### **4.1.1. Valeur de la cohésion**

Dans le cas d'un matériau argileux cohérent non drainé, les essais pressiométriques permettent d'estimer les caractéristiques de cohésion  $C_u$  par la relation :

$$C_u = \frac{p_1 - p_0}{4}$$

avec  $p_1 = 2,7 \cdot 10^5$  Pa et  $P_0 = 0,36 \cdot 10^5$  Pa.

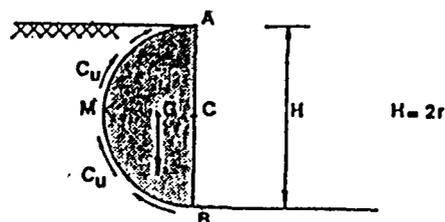
$$\boxed{C_u = 0,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

Tous les calculs qui suivent sont faits à court terme, en prenant en compte la cohésion non drainée  $C_u$  définie ci-avant, et un angle de frottement nul ( $\varphi = 0$ ) et en considérant que le matériau est saturé.

Si des modifications survenaient dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions par rapport à ces données, celles-ci devraient être portées à la connaissance du BRGM afin que ce dernier puisse adapter les prescriptions et conclusions de ce rapport.

#### **4.1.2. Stabilité dans l'hypothèse d'un cercle de glissement centré à mi-hauteur de la fouille**

Le schéma de la rupture peut être représenté par la figure ci-dessous.



Les forces dues au poids des terrains limité par le demi-cercle AMB doivent être compensées par la cohésion de ces terrains sur la surface de glissement.

Le coefficient de sécurité est exprimé par :

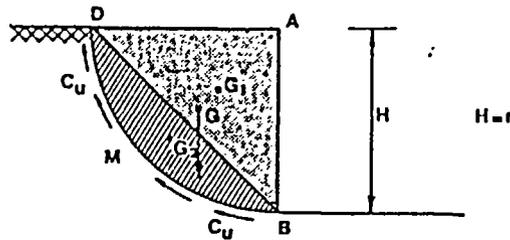
$$F_s = \frac{3\pi C_u}{\gamma \cdot H}$$

avec  $H = 2,50$  m et  $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup>

$$|F_s = 11,3|$$

#### 4.1.3. Stabilité dans l'hypothèse d'un cercle de glissement centré au sommet de la paroi de la fouille

Le schéma de rupture est cette fois-ci représenté par la figure :



Les forces dues au poids des terrains du secteur ADMB doivent être compensées par la cohésion de ces terrains sur la surface de glissement.

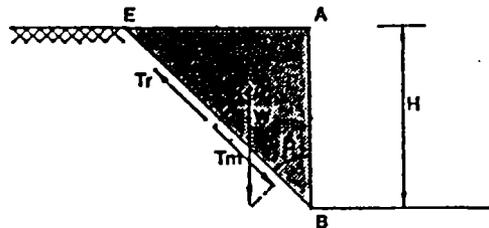
Le coefficient de sécurité s'exprime par :

$$F_s = 4,75 \frac{C_u}{\gamma \cdot H}$$

Soit  $|F_s = 5,70|$

#### 4.1.4. Stabilité dans l'hypothèse d'un glissement plan passant par le fond de fouille

Le schéma de rupture est représenté par la figure suivante :



Les forces dues au poids des terrains du coin AEB doivent être compensées par les forces résistantes de cohésion dans le plan de glissement.

Le coefficient de sécurité s'exprime par :

$$F_s = 4 \frac{C_u}{\gamma \cdot H}$$

Soit  $F_s = 4,80$

#### 4.2. Stabilité du fond de fouille

La sécurité au soulèvement d'un fond de fouille, en supposant un niveau statique permanent, est évaluée à partir des essais pressiométriques par le coefficient :

$$F_s = \frac{0,8 (p_l - p_o)}{\sigma_d \cdot (H-h) + h}$$

où  $p_l$  = pression limite du terrain, mesurée au niveau du fond de fouille,

$p_o$  = pression horizontale des terrains au repos,

$H$  = hauteur de la fouille,

$h$  = hauteur d'eau.

Soit  $F_s = 2,4$

#### **4.3. Conclusion**

La réalisation d'une tranchée scénique, d'après les hypothèses prises en compte dans les calculs ci-avant, ne devrait pas poser, a priori, de problème de stabilité.

Cependant, la présence d'une petite nappe perchée, à faible débit, nécessitera la mise en place d'un drainage efficace, de type drainage agricole, avec évacuation des eaux dans le "Ravin du Bois Triangulaire".

## 5 - CONCLUSION

La reconnaissance de sols effectuée au Mémorial de FLEURY-devant-DOUAUMONT (55), dans le cadre d'un spectacle Son et Lumière, a permis de mettre en évidence la succession des terrains suivante:

- des "sables argileux" d'une épaisseur de l'ordre de 3,50 à 4,00 m,
- des argiles gris-noir sous-jacentes, moyennement compactes.

Ces terrains appartiennent à la base du Séquanien.

Un niveau d'eau a été trouvé de -0,60 à -1,20 m sous le niveau du sol. Il s'agit d'une petite nappe perchée rencontrée à la base de la formation qui est de faible débit.

Les essais pressiométriques effectués dans 3 sondages de 5,00 m de profondeur permettent de définir la contrainte admissible du sol :  
 $q_{adm} = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Etant donné la charge, les tassements prévisibles sont de l'ordre de 0,8 cm pour une contrainte appliquée égale à la contrainte admissible.

Avant mise en place de ces assises, la terre végétale sera décapée sur 0,5 m environ et le fond de fouille compacté.

La réalisation d'une tranchée scénique de 2,50 m de profondeur ne posera pas de problème de stabilité puisque, pour différentes hypothèses de rupture, les coefficients de sécurité obtenus sont supérieurs à 3.

La présence de la nappe nécessitera la réalisation d'un drainage de type agricole dont l'exutoire sera le "Ravin du Bois Triangulaire".





**CENTRE MONDIAL DE LA PAIX DES LIBERTES  
ET DES DROITS DE L'HOMME à VERDUN**

---

**Spectacle Son et Lumière  
à FLEURY-devant-DOUAUMONT (55)**

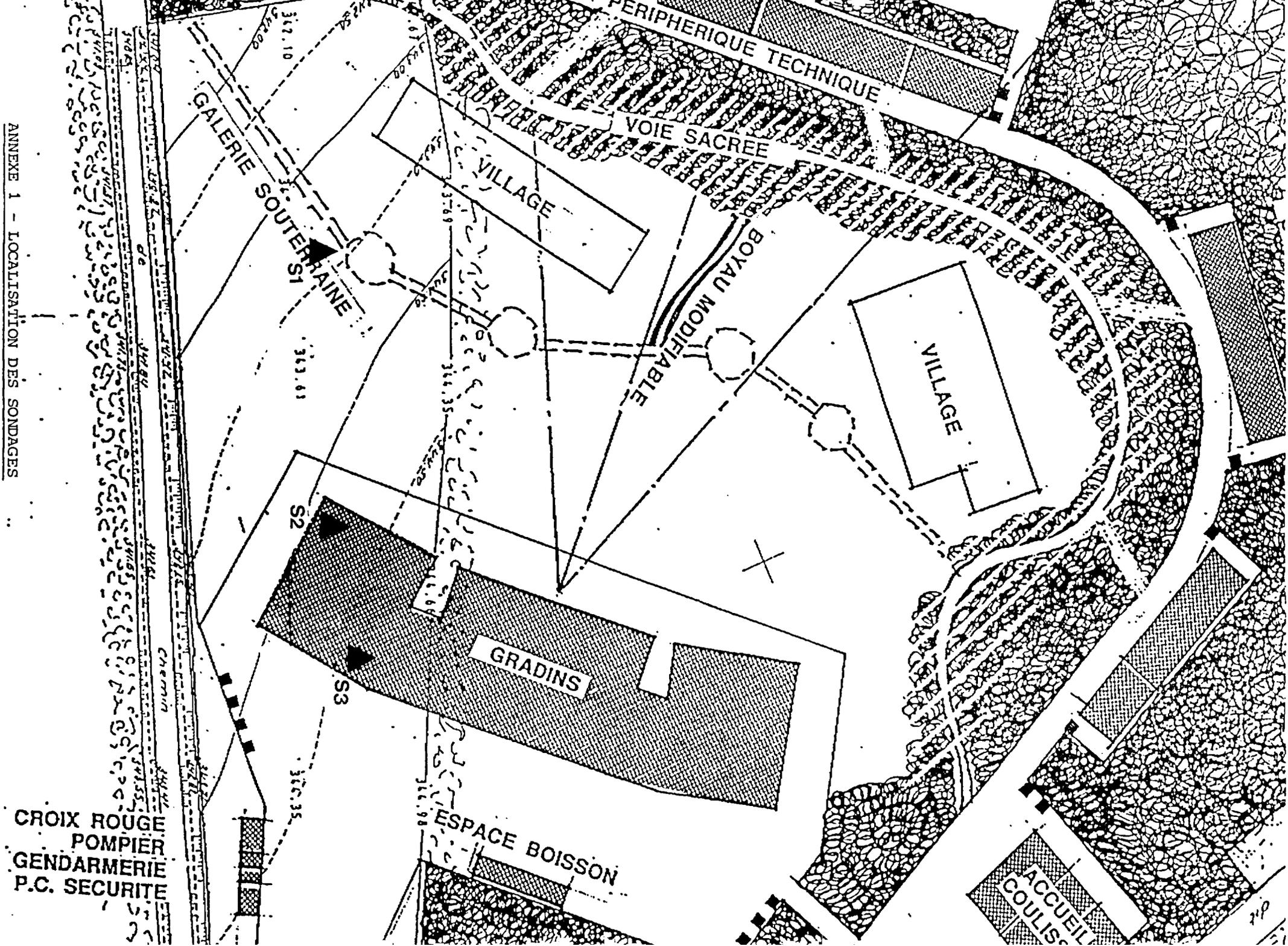
**Reconnaissance de sols**

**Liste des annexes**

- 1 - Plan de localisation des sondages
- 2 - Coupes des sondages

**Mai 1991  
R 32740 LOR 4S 91**

ANNEXE 1 - LOCALISATION DES SONDAGES



BRGM Lorraine

ETUDE: Mémorial de Douaumont

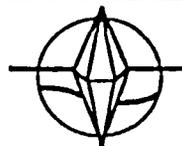
VERDUN (55)

Ref: 91 / 4132

Avril 1991

SONDAGE: S 1

Machine: S 350

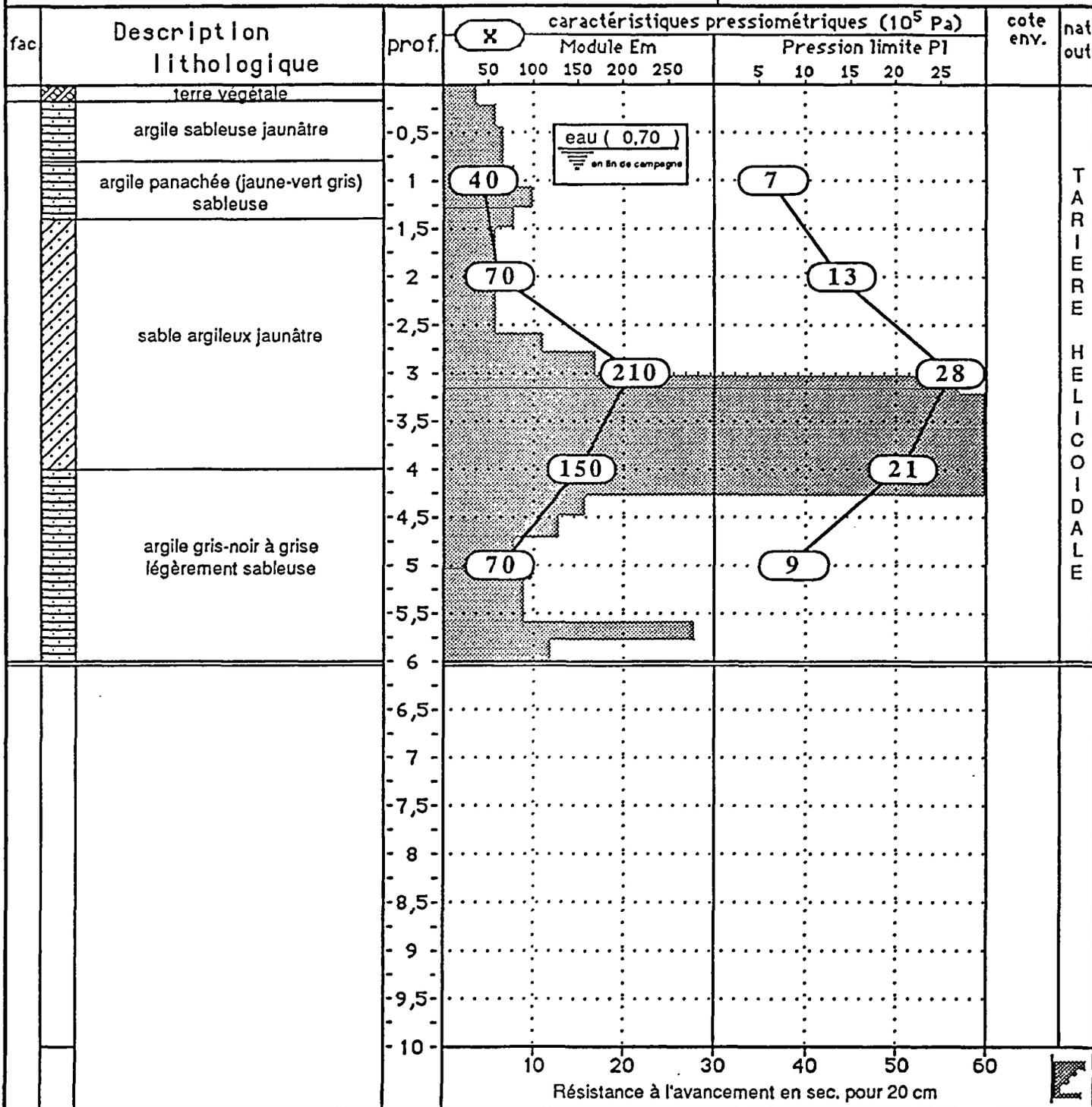


GEO-SIGMA

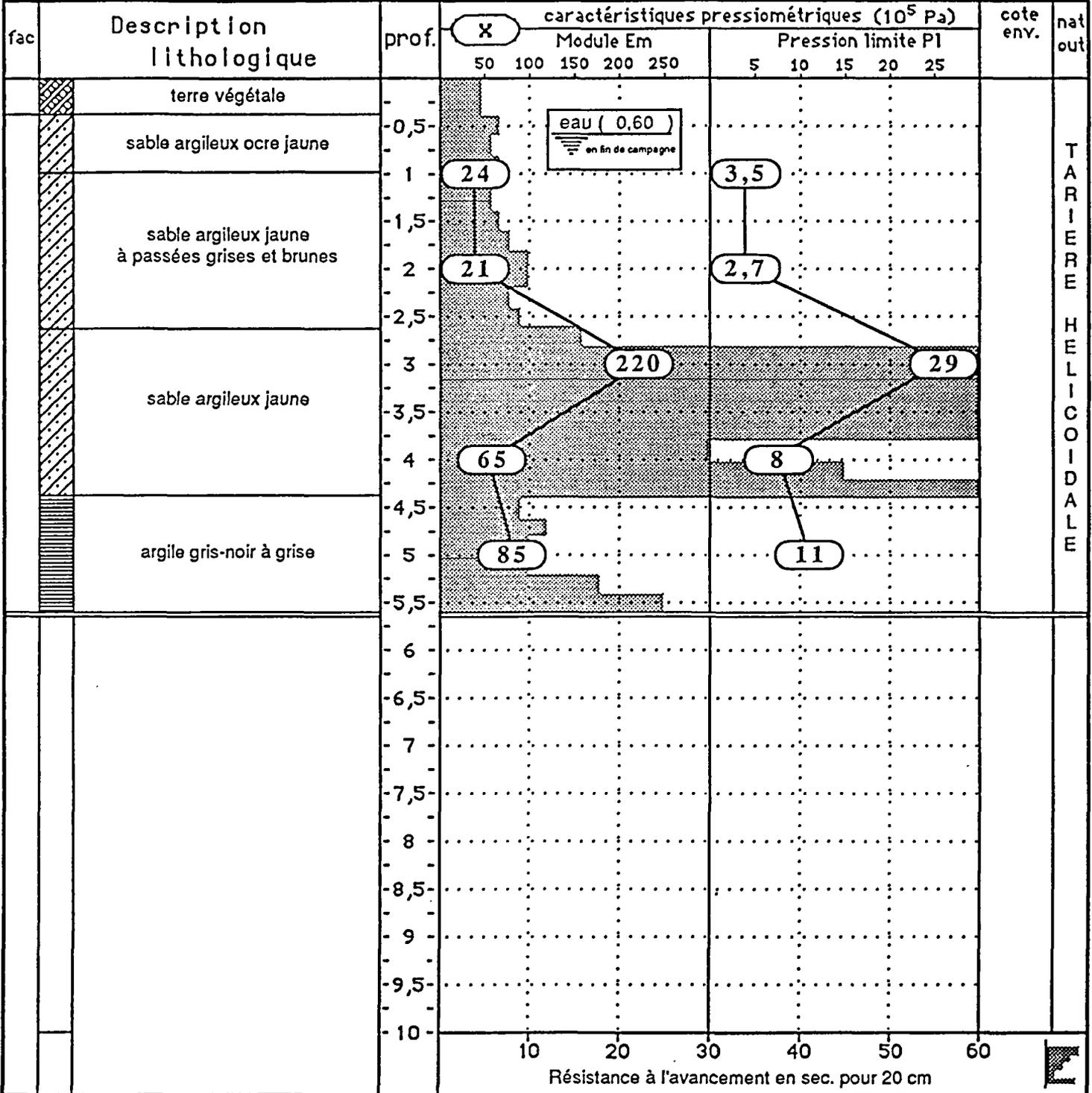
C.D. 118

Saulx les Chartreux

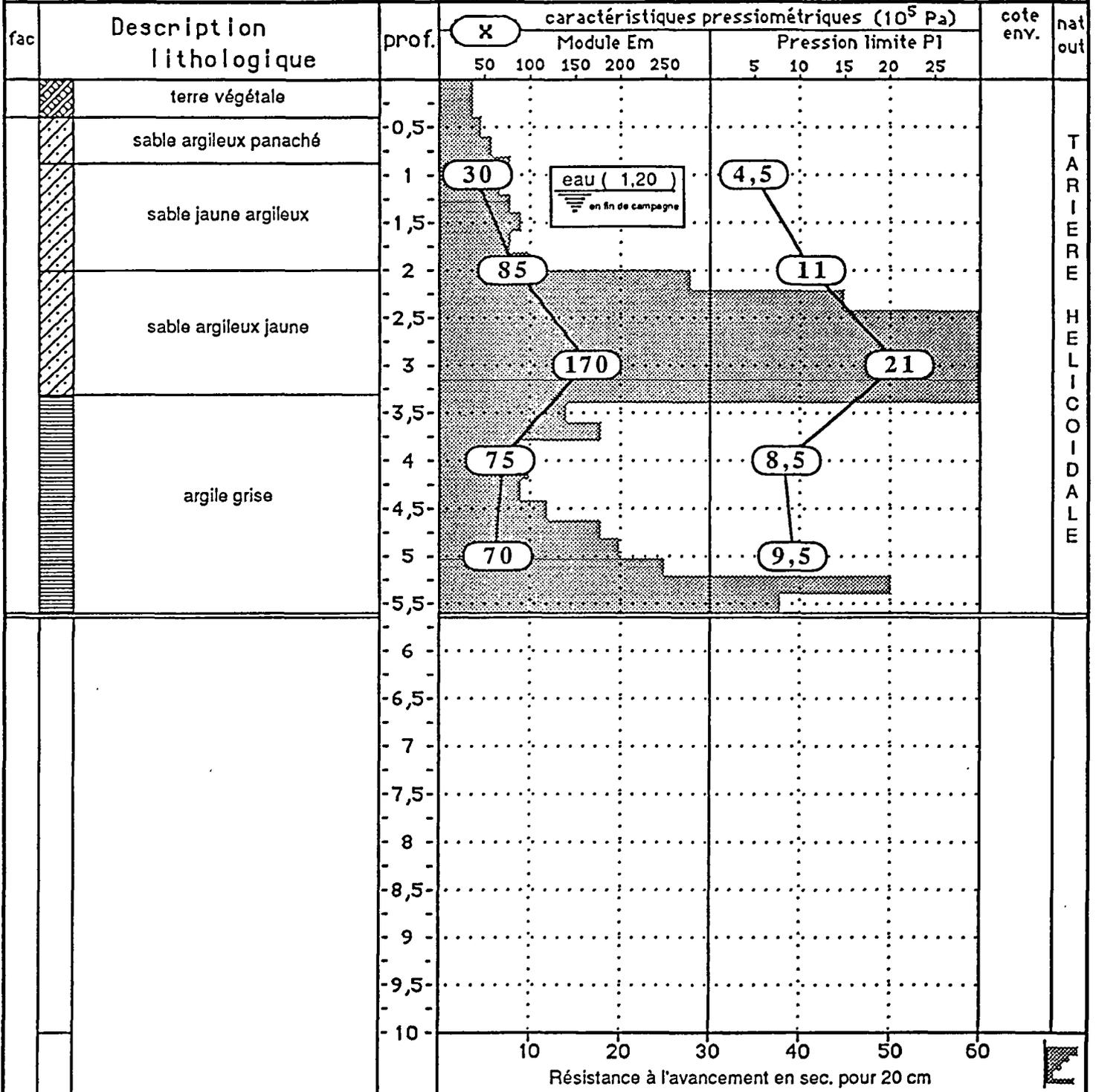
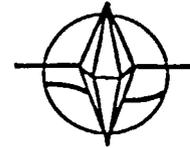
T: (1) 64 48 52 83 91160 Longjumeau



OBSERVATIONS: Descente d'un tube lanterné pour essais pressiométriques jusqu'à 5 m



**OBSERVATIONS:** Descente d'un tube lanterné pour essais pressiométriques jusqu'à 5 m



**OBSERVATIONS:** Descente d'un tube lanterné pour essais pressiométriques jusqu'à 5 m