



17 rue Mignet
87100 LIMOGES
☎ : 05.55.32.41.93
fax : 05.55.32.24.60

C.C.I. de Limoges et de la Haute-Vienne
16 place Jourdan – BP 403
87011 LIMOGES Cedex

**Extension & Restructuration
de l'aérogare
Aéroport de LIMOGES BELLEGARDE
87 LIMOGES**

Etude de faisabilité géotechnique

Dossier : L02.11.143.A

Etude de faisabilité géotechnique

Missions G₀ + G₁₂

Le présent dossier, qui constitue un ensemble indissociable, comporte :

- le rapport d'étude géotechnique
- un cahier d'annexes de 27 pages comprenant :
 - la classification des missions géotechniques types (extrait de la norme NF P 94-500)
 - le schéma d'enchaînement des missions géotechniques (extrait de la norme NF P 94-500)
 - les conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques (U.S.G. – 01/12/1997)
 - les résultats des sondages pressiométriques
 - les résultats des sondages pénétrométriques
 - un exemple de calcul de fondation profonde
 - les résultats de l'analyse chimique de l'eau
 - le schéma d'implantation des sondages
 - le plan du niveau bas projeté
 - le schéma de situation du projet

Affaire : Extension et Restructuration de l'aérogare – LIMOGES BELLEGARDE	Date : 02/12/02
N° dossier : L02.11.143	Version : A
Agence de LIMOGES, le chargé d'étude	E. HERBRETEAU
Contrôle externe	D. ALLARD

Sommaire

1 - CADRE DE L'ETUDE	4
1.1 - GENERALITES	4
1.2 - MISSION	4
1.3 - DOCUMENTS FOURNIS	4
1.4 - NORMES ET REGLES DE PRE-DIMENSIONNEMENT UTILISEES	5
2 - CARACTERISTIQUES DU PROJET	5
2.1 - DESCRIPTION DU PROJET	5
2.2 - SURCHARGES APPORTEES PAR L'OUVRAGE	6
2.3 - DESCRIPTION DU SITE	6
2.4 - GEOLOGIE LOCALE	6
2.5 - AVOISINANTS	6
3 - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS	7
3.1 - RECONNAISSANCES IN SITU	7
3.2 - ESSAIS EN LABORATOIRE	7
4 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS	7
4.1 - RECONNAISSANCES IN SITU	7
4.2 - FONDATIONS EXISTANTES	8
4.3 - ESSAIS DE LABORATOIRE	9
5 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS	9
5.1 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE	9
5.2 - SYNTHESE GEOMECHANIQUE	10
5.3 - SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE	11
5.4 - FONDATIONS EXISTANTES	11
6 - ADAPTATION DE L'OUVRAGE	11
7 - TERRASSEMENTS	12
7.1 - DEBLAI	12
7.2 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	12
8 - PRINCIPE DE FONDATION	13
8.1 - FONDATIONS SEMI-PROFONDES	13
8.2 - FONDATIONS PROFONDES	13
8.3 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	13
9 - PRINCIPE DE DALLAGE	14
9.1 - TYPE DE DALLAGES	14
9.2 - DALLAGES SUR TERRE PLEIN	15
9.3 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	15
10 - DRAINAGE	15
11 - OBSERVATIONS DIVERSES	16

1 – CADRE DE L'ETUDE

1.1 - Généralités

La présente étude est réalisée dans le cadre du projet d'extension et restructuration de l'aérogare de LIMOGES BELLEGARDE (voir plan de situation en annexe).

Elle est réalisée à la demande et pour le compte de : C.C.I. de Limoges et de la Haute-Vienne
16, place Jourdan – BP 403
87011 LIMOGES Cedex

Elle fait suite à notre devis du 08/10/02 et à la commande du 15/10/02.

Les différents intervenants connus sur cette opération sont les suivants :

- Conducteur d'opération : D.D.E. 87 – Service Constructions Publiques
- Architecte : Atelier 4 – Limoges
Cabinet Catherine ARDANT - Limoges
- BET Structure : Cetec Gaudriot - Limoges
- Bureau de contrôle : Apave - Limoges

Une étude a déjà été réalisée par nous-même avant concours de conception (rapport Alpha RTP L00.11.059.a du 21/06/00). Le projet étant désormais connu, cette nouvelle étude permet d'adapter / affiner les conclusions au bâtiment à réaliser. Le présent rapport annule et remplace donc le précédent rapport.

1.2 - Mission

Conformément à la demande du client, l'étude a été menée pour permettre :

- de définir la constitution du sous-sol (niveau et nature des différents horizons) ;
- de définir les types de fondations adaptées au projet et d'en effectuer le pré-dimensionnement (contraintes de calcul à l'É.L.U. et l'É.L.S., tassements) ;
- de définir les modalités de réalisation des dallages ;
- de proposer des méthodes d'exécution des terrassements de masse et de fouilles de fondations (en fonction notamment de la tenue des formations et de la stabilité des ouvrages avoisinants) ;
- de définir l'influence de l'eau sur le projet et plus particulièrement les modalités de drainage.

A partir des définitions proposées par la norme NF P 94-500, cette étude peut être classée dans les missions du type G₀ + G_{1.2}.

1.3 - Documents fournis

Les documents suivants nous ont été fournis :

- Plan de masse actuel au 1/50^{ème}
- Plan topographique au 1/250^{ème}
- 1.02 - Plan de masse – PC – au 1/200 - juin 2002
- Plan du sous-sol projeté au 1/200^{ème} avec position des coupes
- 3.01 – Coupes A & B – PRO – au 1/50^{ème} – septembre 2002
- 3.02 – Coupes C1 & C2 – PRO – au 1/50^{ème} – septembre 2002
- 3.04 – Coupes F & I – PRO – au 1/50^{ème} – septembre 2002
- 3.05 – Coupes G & H – PRO – au 1/50^{ème} – septembre 2002
- Plan de fondation du bâtiment existant (1979)

Nota : Le plan du sous-sol projeté est annexé au présent rapport.

1.4 - Normes et règles de pré-dimensionnement utilisées

- D.T.U. 13.2 fondations profondes
- D.T.U. 13.12 fondations superficielles
- Normes AFNOR concernant la réalisation des différents essais de reconnaissance

2 – CARACTERISTIQUES DU PROJET

2.1 - Description du projet

Le projet prévoit :

<u>coté Sud-Est</u>	:	- une extension en rez de piste surface ≈ 47 m x 14 m altitude niveau bas $\approx 401,28$
<u>coté Sud-Ouest</u>	:	- une extension de 4 / 5 m x 25 m altitude niveau bas $\approx 399,6$ (dans la cour Ouest existante) à 400,88 (coté Nord Ouest)
<u>coté Nord-Est</u>	:	- la couverture partielle de la cour Ouest par un plancher béton - une extension de 4 / 5 m x 25 m altitude niveau bas $\approx 399,5$
<u>coté Nord-Ouest</u>	:	- la création d'un auvent comportant une file de poteau située à $\approx 6,5$ m de la façade existante

2.2 - Surcharges apportées par l'ouvrage

Les surcharges apportées par l'ouvrage, à l'état limite de service (E.L.S.) devaient être voisines de (éléments fournis par le BET structure) :

♦ Structures

- Descentes de charges ponctuelles : ≈ 200 à 650 kN (extensions)

$\approx 150 \text{ kN}$ (auvent)

♦ Dallages

- Surcharges uniformément réparties : $\approx 10 \text{ kN/m}^2$

Il conviendra de vérifier que les surcharges ci-dessus sont du même ordre de grandeur que les surcharges réellement apportées par l'ouvrage. Dans le cas contraire, les conclusions de notre rapport devront éventuellement être modifiées.

2.3 - Description du site

Lors de notre intervention, le site présentait 2 rampes d'accès au sous-sol de part et d'autre du bâtiment principal et un terre plein en remblai contre la façade côté piste.

L'ancien terrain naturel, avant terrassements nécessaire à la réalisation de l'aérogare actuelle, devait présenter un pendage général de 8/10 % vers le Sud.

L'altitude du terrain au droit du projet était comprise entre 399,5 NGF et 403,7 NGF.

2.4 - Géologie locale

Au droit du projet, le substratum est constitué de gneiss surmonté par des altérites sableuses à argileuses et par des remblais.

2.5 - Avoisinants

Les avoisinants suivants ont été recensés :

- Bâtiments : L'aérogare actuelle. Ce bâtiment, d'environ 30m x 30m comporte un sous-sol à l'altitude 399,5
- Réseaux : Ils sont très nombreux et localement dans des galeries techniques en béton. Ils seront dévoyés préalablement au démarrage de travaux
- Talus : Des murs de soutènement de faible hauteur en éléments préfabriqués sont présents latéralement au bâtiment principal.

3 – PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Le programme d'investigations suivant a été effectué :

3.1 - Reconnaissances in situ

- 4 Sondages au fleuret et / ou à la pelle pour :
 - la recherche de la géométrie des fondations existantes,
- 2 Sondages pressiométriques à la tarière pour :
 - l'identification des formations en profondeur,
 - la réalisation d'essais in situ (détermination des pressions limites et modules pressiométriques),
 - l'étalonnage des sondages pénétrométriques,
 - la pose d'un piézomètre.

Ces nouvelles investigations complètent la reconnaissance déjà effectuée en 2000 avant concours de conception et au cours de laquelle il avait été réalisé :

- 4 Sondages pressiométriques à la tarière
- 13 Sondages au pénétromètre dynamique

L'implantation des différents sondages et essais in situ figure sur le schéma d'implantation annexé.

3.2 - Essais en laboratoire

Aucun essai de laboratoire n'a été réalisé dans le cadre de cette étude. Lors de la campagne de reconnaissance de 2000, il avait cependant été réalisé une analyse d'eau pour vérifier son agressivité vis à vis du ciment.

4 – RESULTATS DES INVESTIGATIONS

4.1 - Reconnaissances in situ

Les résultats des différents sondages et essais in situ réalisés lors des deux campagnes de reconnaissance (2000 et 2002) sont annexés avec les renseignements suivants :

- Sondages pressiométriques :
- Coupe du forage

- Pression limite nette (P_l^*) en MPa
- Pression de fluage nette (P_f^*) en MPa
- Module pressiométrique (E_p) en MPa
- Sondages au pénétromètre dynamique :

- Résistance de pointe dynamique calculée selon la formule des hollandais qd en Mpa en fonction de la profondeur (calcul hors norme)

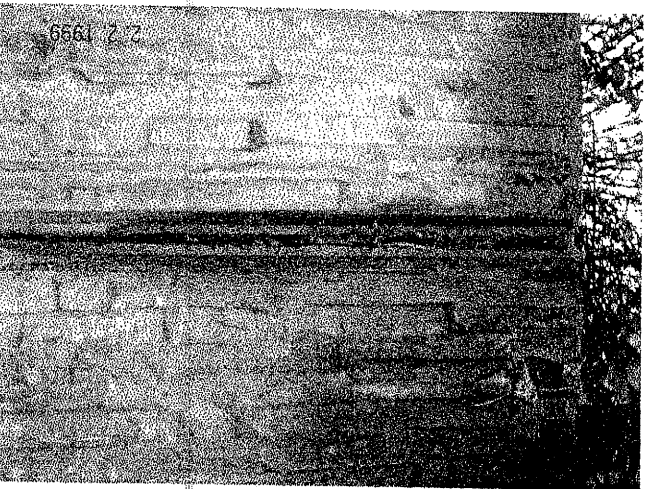
4.2 – Fondations existantes

Les reconnaissances des fondations existantes ont permis de vérifier les géométries suivantes :

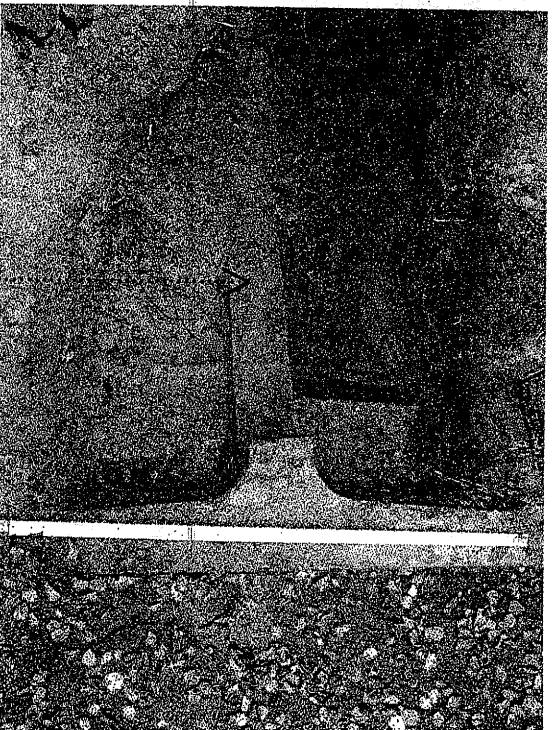
F1 - Mur de soutènement constitués d'éléments préfabriqués posés les uns sur les autres et autostables

- largeur $\approx 1,0$ m
- hauteur $\approx 1,0$ m
- épaisseur parement ≈ 10 cm
- nervure en béton à l'arrière du parement :
hauteur variable de 0,63 à 0,85 m
profondeur $\approx 1,4$ m
épaisseur $\approx 12,5$ cm avec arase plus large (32 cm)

Ces éléments ne sont pas fondés. Des déformations centimétriques se sont déjà produites. On note la présence d'une végétation importante à l'arrière de ceux-ci (photo ci-dessous)



désordre existant



nervure béton

F2

- Semelle isolée
 - profondeur dessus $\approx 0,30$ m
 - épaisseur $\approx 0,5$ à $0,6$ m
 - débord $\approx 0,6$ m

F3

- Semelle isolée
 - profondeur dessus $\approx 0,30$ à $0,35$ m
 - épaisseur $\approx 0,5$ à $0,6$ m
 - débord $\approx 0,9$ m

F4

- Semelle filante
 - profondeur dessus $\approx 0,30$ m
 - épaisseur $\approx 0,4$ m
 - débord $\approx 0,36$ m

D'après les plans de fondation fournis, les géométries suivantes auraient dûes être rencontrées :

F2

- Semelle isolée B7
 - épaisseur $\approx 0,15$ à $0,35$ + 5 cm gros béton
 - débord $\approx 0,55$ m

F3

- Semelle isolée B1
 - épaisseur $\approx 0,15$ à $0,40$ + 5 cm gros béton
 - débord $\approx 0,75$ m

F4

- Semelle filante V1
 - épaisseur $\approx 0,25$ + 5 cm gros béton
 - débord $\approx 0,175$ m

4.3 - Essais de laboratoire

Les résultats de l'analyse d'eau sont annexés. Ils mettent en évidence un environnement très fortement agressif (A4) selon la norme NF P 18-011.

5 - SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS

5.1 - Synthèse géotechnique

- Formation « 1 » - Remblai d'arènes peu à moyennement compactes
- Formation « 2 » - Arènes argileuses à sableuses peu à moyennement compactes
- Formation « 3 » - Arènes sableuses ocre à marron moyennement compactes
- Formation « 4 » - Arènes compactes à très compactes / gneiss altéré

Les toits des formations « 3 » et « 4 » relevés au droit des sondages, sont repris dans le tableau ci-après :

Sondage	Altitude T.N.	Formation « 3 »		Formation « 4 »	
		Profondeur / T.N.	Altitude	Profondeur / T.N.	Altitude
Pd 1	403,3	6,5 m	396,8	10,0 m	393,3
Pd 2	403,7	6,0 m	397,7	9,5 m	394,2
Pd 3	403,7	4,7 m	399,0	6,8 m	396,9
Pd 4	402,3	5,0 m	397,3	6,7 m	395,6
Pd 5	402,6	8,2 m	394,4	12,0 m	390,6
Pd 6	399,5	2,2 m	397,3	2,6 m	396,9
Pd 7	401,6	1,6 m	400,0	7,0 m	394,6
Pd 8	402,3	8,2 m	394,1	11,3 m	391,0
Pd 9	402,5	8,4 m	394,1	9,7 m	392,8
Pd 10	403,7	4,2 m	399,5	7,6 m	396,1
Pd 11	403,7	4,2 m	399,5	7,5 m	396,2
Pd 12	403,3	7,2 m	396,1	8,2 m	395,1
Pd 13	402,2	7,2 m	395,0	11,0 m	391,2
SP 21	403,8	3,0 m	400,8	8,5 m	395,3
SP 22	403,7	2,5 m	401,2	7,6 m	396,1

5.2 - Synthèse géomécanique

L'interprétation des différentes valeurs mesurées sur le site nous permet de dresser le tableau de synthèse ci-dessous. Celui-ci a pour but de fixer les hypothèses à retenir dans les calculs de prédimensionnement des ouvrages.

Couche	Résistance de pointe dynamique qd (Mpa)	Pression limite (Mpa)	Module pressiométrique (Mpa)	Coefficient Rhéologique α
Formation « 1 »	1/2 à 5/6	0,2* à 0,6	2* à 6	1
Formation « 2 »	4/5 à 10	0,5 à 0,7	4 à 7	2/3
Formation « 3 »	10 à 25	0,7 à 1,6	5 à 13	1/2
Formation « 4 »	> 30	2,9 à 4,0	35 à 89	1/2

* : estimé

5.3 - Synthèse hydrogéologique

Des niveaux d'eau ont été relevés aux profondeurs suivantes (par rapport au T.N.) à l'issue des différentes campagnes de reconnaissance :

1^{ère} campagne de reconnaissance – relevé du 26/05/00 :

- SP1 : 4,3 m
- SP2 : 4,9 m
- SP3 : 4,5 m
- SP4 : 1,0 m

2^{ème} campagne de reconnaissance – relevé du 22/11/02 :

- SP21 : 6,1 m
- SP22 : 7,0 m

Notons que ces niveaux sont susceptibles de varier en fonction des conditions météo.

5.4 – Fondations existantes

Les géométries de fondation mesurées sont sensiblement en concordance avec les plans béton fournis. Les différences peuvent essentiellement être dues à la présence d'une épaisseur plus importante de gros béton et à un coffrage simplifié sur chantier.

Compte tenu des profondeurs de fondation constatées, il apparaît que celles-ci sont ancrées dans la formation « 2 ». Le plan de fondation indique un taux de travail de 2 bars. Celui-ci est compatible avec les caractéristiques de cette couche (pression limite = 0,5 à 0,7 MPa ; Module pressiométrique = 4 à 7 MPa). Les tassements sous cette contrainte à l'ELS peuvent alors être estimés entre 0,5 et 1,3 cm. Ce taux de travail ne devra pas être augmenté.

Les murs de soutènement en éléments préfabriqués ne devront pas être utilisés comme appui d'une nouvelle structure (plancher de couverture, ...).

6 – ADAPTATION DE L'OUVRAGE

Fondations

Zones extensions

Compte tenu de la compressibilité de la couche d'ancrage des fondations existantes, seule une solution de fondation permettant de limiter l'interaction avec celles-ci et de limiter les tassements différentiels avec le bâtiment existant a été recherchée. Une solution de fondation par micro-pieux a donc été envisagée.

Auvent

La file de fondation étant distante d'environ 6,5 m du bâtiment existant, les systèmes de fondations suivants pourront donc être retenus :

- fondations semi-profondes par puits ancrés dans la formation « 3 »
- fondations profondes par micro-pieux

Dallages

Seuls les dallages des extensions au niveau du sous-sol actuel pourront être sur terre-plein.

Les autres dallages (rez de piste, ...) devront être portés.

7 - TERRASSEMENTS

7.1 - Déblai

La réalisation du projet nécessite des terrassements en déblai sur des hauteurs de 3 m maxi dans l'angle Sud-Ouest. Ces terrassements pourront être réalisés à l'aide de matériel classique de moyenne puissance

Les pentes de talus provisoire à 1 Base/1 Hauteur seront adoptées. Un film polyane sera prévu.

7.2 – Dispositions particulières de conception et d'exécution

• *Précautions de réalisation*

Un traitement de l'arase terrassement (géotextile, couche de forme, ...) devra être prévu pour assurer la traficabilité en phase chantier (si elle est nécessaire). Des contrôles éventuels seront à réaliser pour réception.

Dans les zones pour lesquelles un dallage sur terre-plein est envisageable, les couches de fondations insensibles à l'eau devront être mises en œuvre sans délai après réalisation des terrassements pour éviter la dégradation des fonds de forme sous les effets climatiques.

• *Contrôle de réception des arasés*

Des contrôles devront être effectués sur les arasés terrassement. Ces contrôles seront réalisés par essais à la plaque –méthode LPCP. A titre indicatif, les valeurs suivantes seront retenues :

	Ev2 (Mpa)	Ev2/Ev1	Module de Westergaard (Mpa/m)
Arase	≥ 35	$\leq 2,0$	≥ 30

Ces valeurs seuils devront impérativement être précisées au démarrage du chantier après réalisation d'une planche d'essai. Alpha BTP ne pourra être tenu responsable de la qualité des matériaux

mis en œuvre et des ouvrages concernés par ceux-ci qu'à condition de participer, dans le cadre du contrôle extérieur, au suivi de ces contrôles.

8 – PRINCIPE DE FONDATION

8.1 - Fondations semi-profondes

Ce type de fondations sera éventuellement retenu pour la file de poteau du auvent en façade Nord Ouest. Un ancrage minimum de 0,4 m devra être réalisé dans la formation « 3 ». On se reportera aux altitudes du toit de cette couche notées au paragraphe 5.1 pour la détermination des profondeurs des fondations au droit des sondages par rapport à l'arase terrassement.

Pour le pré-dimensionnement des fondations, les contraintes de calcul à retenir (pour des fondations d'environ 0,6 à 0,8m x 1,2 à 1,5m ou Ø 0,6 à 1,0 m) seront de :

- 0,5 Mpa ($q_{u/2}$) vis à vis des descentes de charge à l'ELU
- 0,3 Mpa vis à vis des descentes de charges à l'ELS. Les tassements maxi seront lors inférieurs à 0,5 cm

8.2 - Fondations profondes

Ce type de fondations sera retenu pour les extensions et éventuellement le auvent. Un ancrage minimum de 3 mètres devra être réalisé dans la formation « 4 ».

Un exemple de pré-dimensionnement de pieux du type « micro-pieux type II » est fourni en annexe. D'autres types de pieux sont envisageables et devront faire l'objet d'un nouveau pré-dimensionnement.

8.3 – Dispositions particulières de conception et d'exécution

• Fondations existantes

Un chemisage devra être prévu dans les fondations existantes si celles-ci sont traversées par les micro-pieux. Les moyens utilisés devront alors permettre de réduire les vibrations transmises sur ces fondations (carottage, ...).

• Paramètres de pré-dimensionnement

Les tassements des fondations semi-profondes du auvent ont été limités à 0,5 cm. Il conviendra de vérifier que cette valeur est compatible avec les dispositions prises pour le dimensionnement de la structure. Dans le cas contraire, la contrainte de calcul à l'ELS devra être modifiée.

En l'absence de donnée concernant la présence de surcharges réparties au voisinage des pieux, l'exemple de pré-dimensionnement de ceux-ci ne tient pas compte d'une diminution de capacité portante due à l'éventuel frottement négatif. Si l'est effectivement prévu une application de surcharges réparties, il conviendra de revoir le calcul effectué.

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, ferrailage, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...),

Le cahier des clauses Spéciales du DTU 13.2 prévoit que la profondeur de la reconnaissance préalable doit atteindre au moins cinq mètres et sept diamètres sous la base des pieux. Cependant, compte tenu du contexte local (formations gneissiques), la présence de couche molle et/ou karst sous le toit du substratum très compact peu altéré / non altéré est improbable. Néanmoins, Alpha BTP se tient à la disposition du maître d'ouvrage pour réaliser des investigations complémentaires.

- ***Précautions de mise en œuvre***

Les fondations seront exécutées conformément aux préconisations du DTU 13.12 et/ou 13.2 en tenant compte notamment :

- de l'instabilité potentielle des formations superficielles (blindage, bétonnage immédiat après réalisation des fouilles, ...),
- des venues d'eau (pompage, drainage, utilisation de tube plongeur, ...),
- du traitement des sols support de fondation (prévoir notamment le traitement des fonds de fouilles à priori remaniés lors du terrassement),
- du gel, des arrivées d'eau, des différentes causes d'affouillement,....,
- de l'agressivité de l'eau vis à vis du ciment (agressivité A4 selon la norme NF P 18.011)
- de l'adaptation des moyens prévus par l'entreprise qui devront permettre la réalisation des ancrages prévus pour le calcul des capacités portantes des fondations.

9 – PRINCIPE DE DALLAGE

9.1 - Type de dallages

Une solution de dallage sur terre-plein sera envisageable pour les extensions latérales à la même altitude que celle du sous-sol existant ($\approx 399,5$).

Dans les autres zones (rez de piste, ...), une solution de dallage porté ou dalle portée devra être retenue

9.2 - Dallages sur terre plein

Ces ouvrages seront établis sur une couche de fondation constituée :

- d'une couche de 0,2 m de GNT type 20/40 ou 20/60
- d'une couche de 0,1 m de GNT type 0/31,5
- d'une couche de réglage.

Les matériaux de fondations, insensibles à l'eau, seront mis en œuvre conformément aux règles GTR. Nous rappelons que la couche de fondation devra être éventuellement épaissie et/ou renforcée (géotextile par exemple) pour permettre d'assurer le trafic du chantier (nécessité éventuelle de reprise avant mise en œuvre des dallages).

Les tassements maxi, calculés sous une surcharge de 1 T/m², seront compris entre 0,0 et 0,2 cm

On devra prendre en compte dans la définition des sujétions de réalisation, des tassements différentiels possibles pouvant se produire entre structure et dallage.

9.3 – Dispositions particulières de conception et d'exécution

- *Contrôle de mise en œuvre de l'arase/couche de fondation*

Des contrôles par essais à la plaque devront être effectués sur les arases terrassement et la couche de fondation des dallages. A titre indicatif, les valeurs suivantes seront retenues :

	Ev2 (Mpa)	Ev2/Ev1	Module de Westergaard (Mpa/m)
Arase	≥ 35	≤ 2,0	≥ 30
Fondation	≥ 40	≤ 2,0	≥ 40

Ces valeurs seuils seront affinées à l'issue de la phase terrassement. Alpha BTP ne pourra être tenu responsable de la qualité des matériaux mis en œuvre et des ouvrages concernés par ceux-ci qu'à condition de participer, dans le cadre du contrôle extérieur, au suivi de ces contrôles.

10 – DRAINAGE

Compte tenu de la géomorphologie du site, il conviendra de prévoir le système de drainage suivant dans les zones d'extensions latérales au bâtiment existant :

- drains périmétriques à l'amont du bâtiment descendus à, au minimum, 0,4 m sous le niveau de la base du dallage ;

- réalisation d'un tapis drainant sous dallage avec du matériau type 20/40mm ou 20/60mm sur une épaisseur minimum de 0,2 m et mise en place d'un drain longitudinal relié à un exutoire naturel. La conservation des capacités drainantes de cette couche nécessitera la mise en place :
 - d'un système permettant d'éviter la pénétration de laitance lors du bétonnage (polysane épais, géotextile + polysane, réglage en 0/20mm + polysane, ...).
 - d'un géotextile en sous face de la couche drainante.

11 – OBSERVATIONS DIVERSES

Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G_{1,2}. Alpha BTP se tient à la disposition des différents intervenants pour la réalisation d'une étude générale du type G₂.

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques (USG – 01/12/97) annexées.

Rapport réalisé à LIMOGES, le 2 décembre 2002

L'Ingénieur chargé d'étude

ERIC HERBRETEAU

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES

(Norme NF P 94-500)

L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G 1, G 2, G 3, G 4 doivent être réalisées successivement. Une mission géotechnique ne peut contenir qu'une partie d'une mission type qu'après accord explicite entre le client et le géotechnicien.

G 0 - EXECUTION DE SONDAGES, ESSAIS ET MESURES GEOTECHNIQUES

- Exécuter les sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire selon un programme défini dans les missions de type G 1 à G 5.
- Fournir un compte rendu factuel donnant la coupe des sondages, les procès verbaux d'essais et les résultats des mesures.

Cette mission d'exécution exclut toute activité d'étude ou de conseil ainsi que toute forme d'interprétation.

G 1 - ETUDE DE FAISABILITE GEOTECHNIQUE

Ces missions G1 excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages qui entre dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G2.

G 11 - Etude préliminaire de faisabilité géotechnique

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et préciser l'existence d'avoisinants.
- Définir si nécessaire une mission G0 préliminaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats.
- Fournir un rapport d'étude préliminaire de faisabilité géotechnique avec certains principes généraux d'adaptation de l'ouvrage au terrain, mais sans aucun élément de prédimensionnement.

Cette mission G 11 doit être suivie d'une mission G 12 pour définir les hypothèses géotechniques nécessaires à l'établissement du projet.

G 12 - Etude de faisabilité des ouvrages géotechniques (après une mission G 11)

- PHASE 1 :
 - définir une mission G0 détaillée, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats.
 - Fournir un rapport d'étude géotechnique donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).
 - PHASE 2 :
 - Présenter des exemples de prédimensionnement de quelques ouvrages géotechniques types envisagés (notamment : soutènements, fondations, amélioration des sols).
- Cette étude sera reprise et détaillée lors de l'étude de projet géotechnique (mission G 2).*

G 2 - ETUDE DE PROJET GEOTECHNIQUE

Cette étude spécifique doit être prévue et intégrée dans la mission de maîtrise d'œuvre.

• PHASE 1 :

- Définir si nécessaire une mission G0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants), avec certaines notes de calculs de dimensionnement, une approche des quantités, délais et coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques.

• PHASE 2 :

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et destinaif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

G 3 - ETUDE GEOTECHNIQUE D'EXECUTION

- Définir si nécessaire une mission G0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasing, suivi, contrôle).

Pour assurer la maîtrise des incertitudes et aléas géotechniques en cours d'exécution, ces missions G 2 et G 3 doivent être suivies d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G 4.

G 4 - SUIVI GEOTECHNIQUE D'EXECUTION

- Suivre et adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques, avec définition d'un programme d'auscultation et des valeurs seuils correspondantes, analyse et synthèse périodique des résultats des mesures.
- Définir si nécessaire une mission G0 complémentaire, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

G 5 - DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE

L'objet d'une mission G5 est strictement limitatif. Il ne porte pas sur la totalité du projet ou de l'ouvrage

G 51 - Avant, pendant ou après construction d'un ouvrage sans sinistre

- Définir si nécessaire une mission G0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
- Etudier de façon approfondie un élément géotechnique spécifique (par exemple soutènement, rabattement, etc.) sur la base des données géotechniques fournies par une mission G12, G2, G3 ou G4 et validées dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans les autres domaines géotechniques de l'ouvrage.

G 52 - Sur un ouvrage avec sinistre

- Définir une mission G0 spécifique, en assurer le suivi et l'exploitation des résultats ;
 - Rechercher les causes géotechniques du sinistre constaté, donner une première approche des remèdes envisageables.
- Une étude de projet géotechnique G 2 devant être réalisée ultérieurement.*

CONDITIONS GENERALES D'UTILISATION DES RAPPORTS GEOTECHNIQUES
(version du 01/12/97)

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société.

Le rapport géotechnique devient la propriété du client après paiement intégral du prix de la prestation. Le client devient alors responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra faire l'objet de poursuite judiciaire à l'encontre du contrevenant.

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe,...), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. Conformément à la classification des missions géotechniques types, chaque mission ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution du projet. En particulier :

- une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- une mission type G0 engage notre société sur la conformité des travaux aux documents contractuels et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part du projet décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les dimensionnements, quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport : en particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Par référence à la CLASSEIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (Norme NF-P-94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'Art.



Sondage pressiométrique N° SPI

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

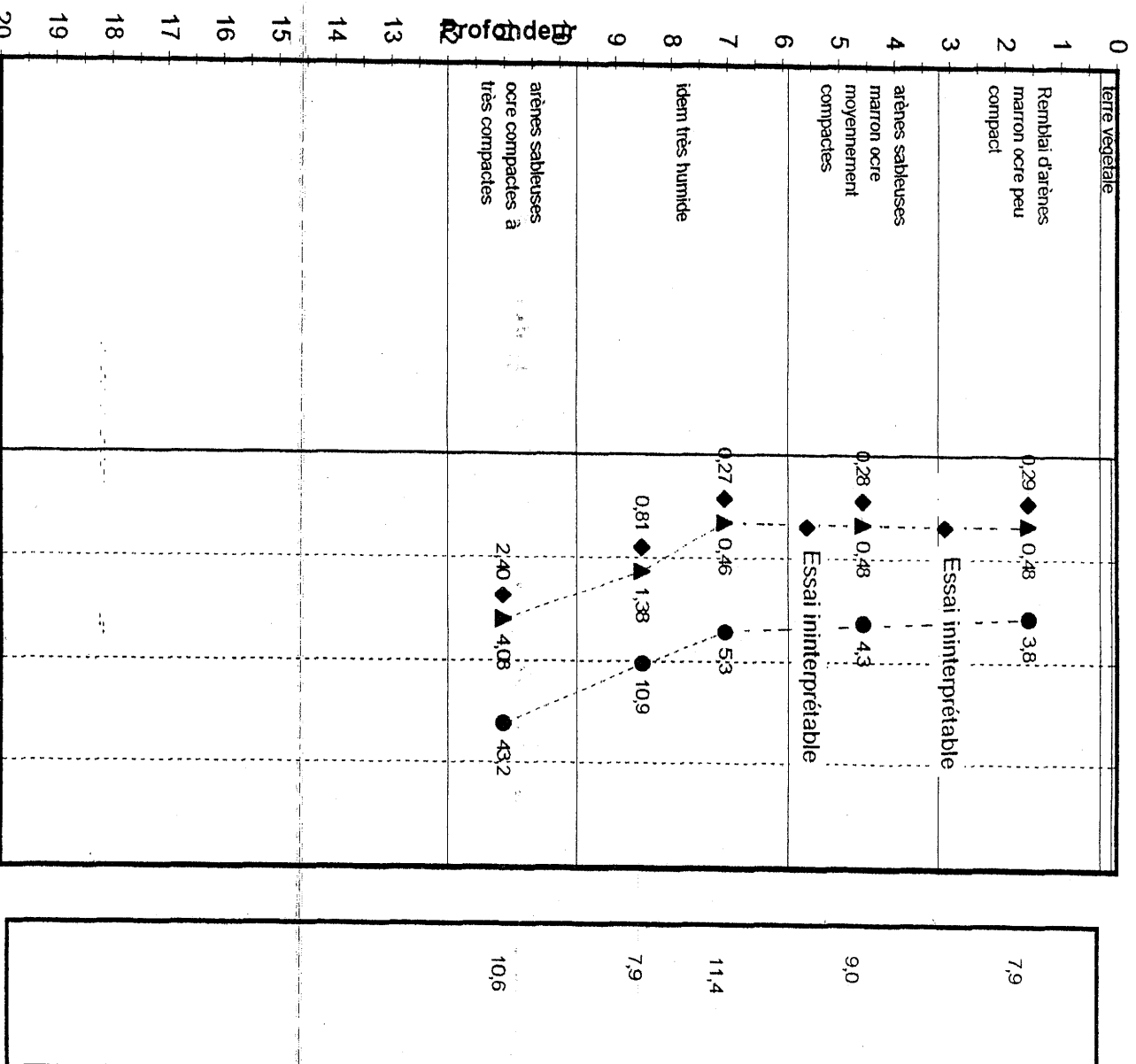
Restructuration aérogare - LIMOGES

◆ Pf (Mpa) ▲ PI (Mpa) ● Ep (Mpa)

Ep / PI

Nature

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0





Sondage pressiométrique N° SP2

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

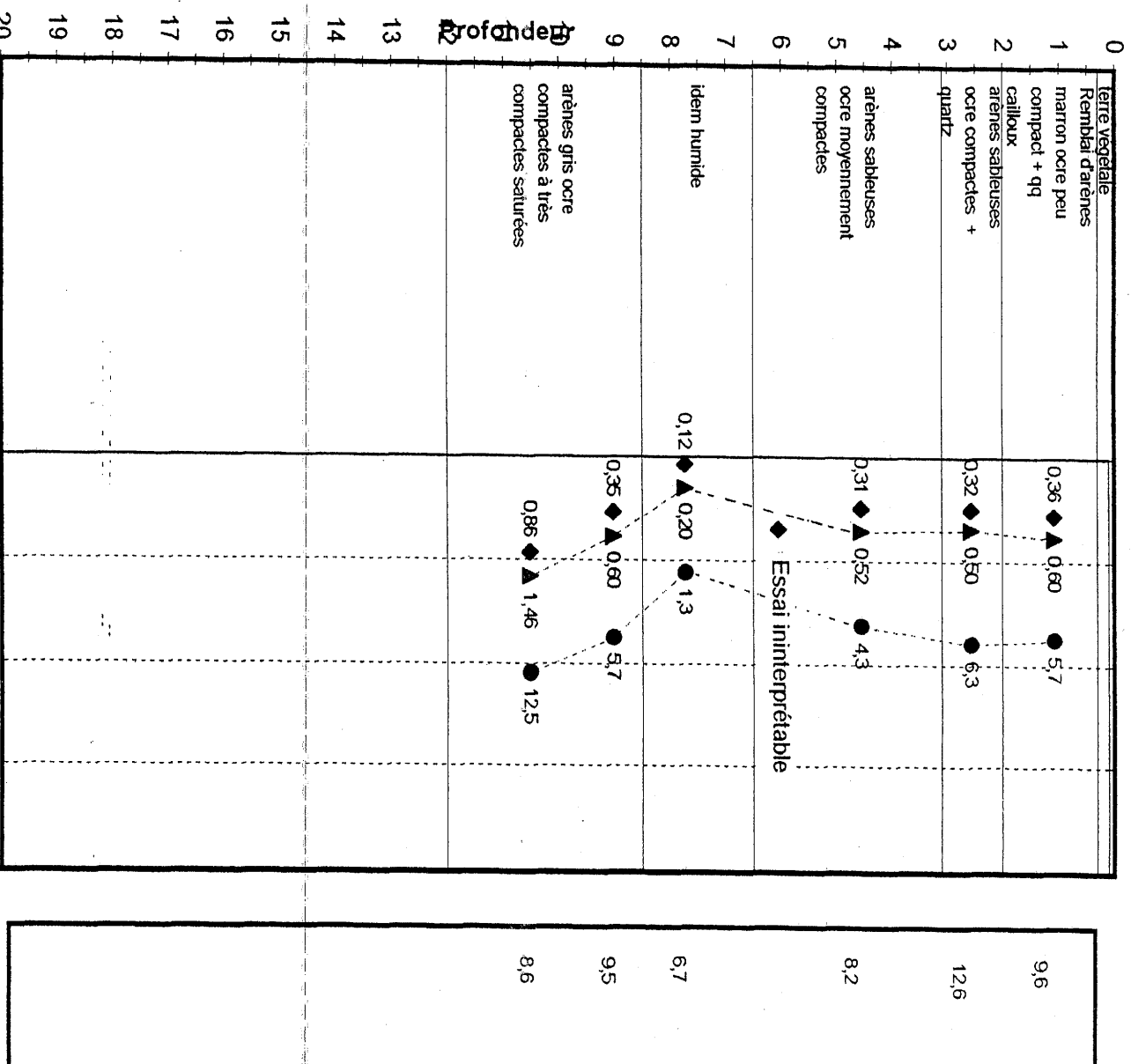
Restructuration aérogare - LIMOGES

◆ Pf (Mpa) ▲ P1 (Mpa) ● Ep (Mpa)

Ep / P1

Nature

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0





Sondage pressiométrique N° SP3

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

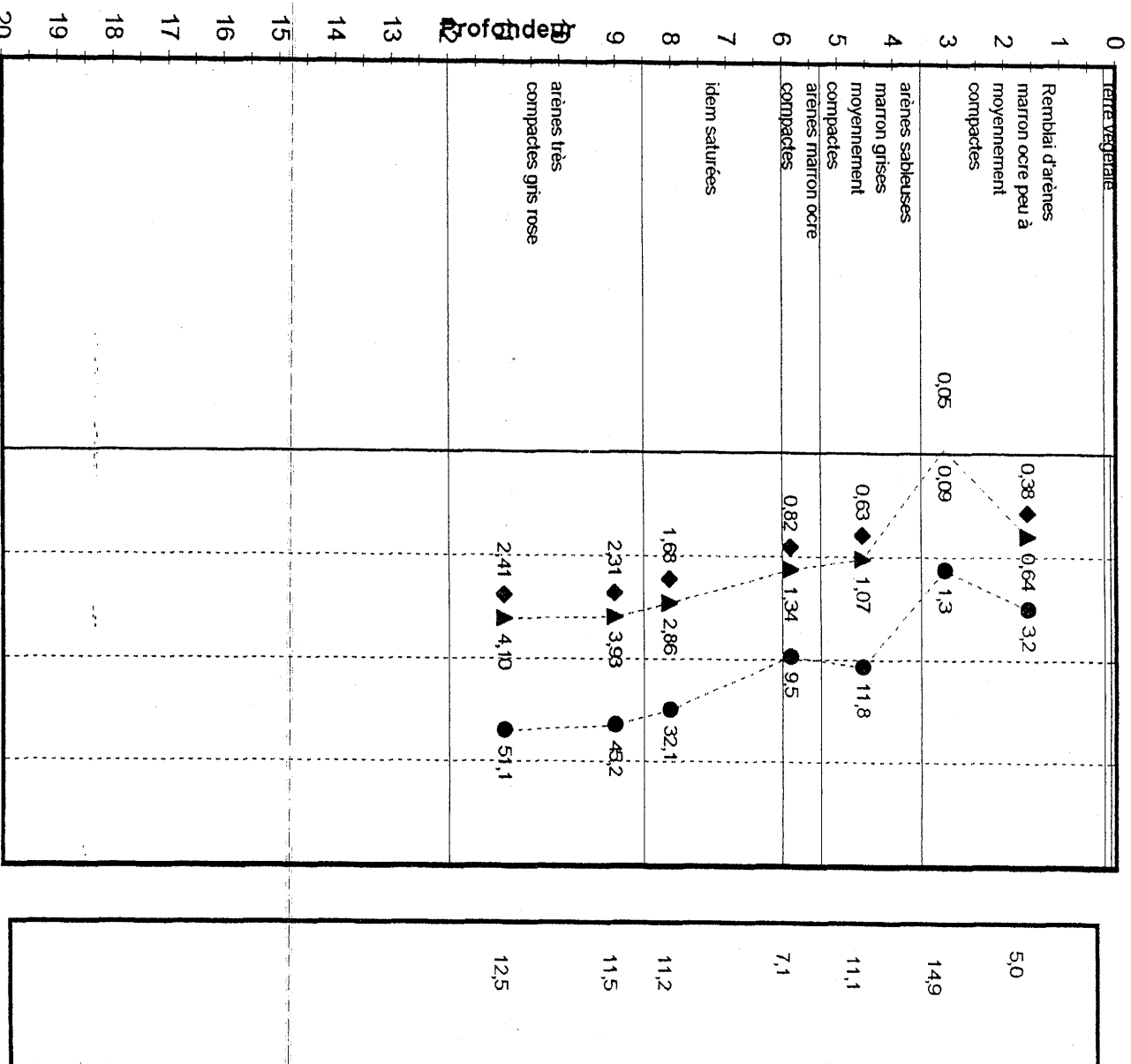
Restructuration aérogare - LIMOGES


◆ Pf (Mpa) ---▲--- Pl (Mpa) ----●---- Ep (Mpa)

Ep / Pl

Nature

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0



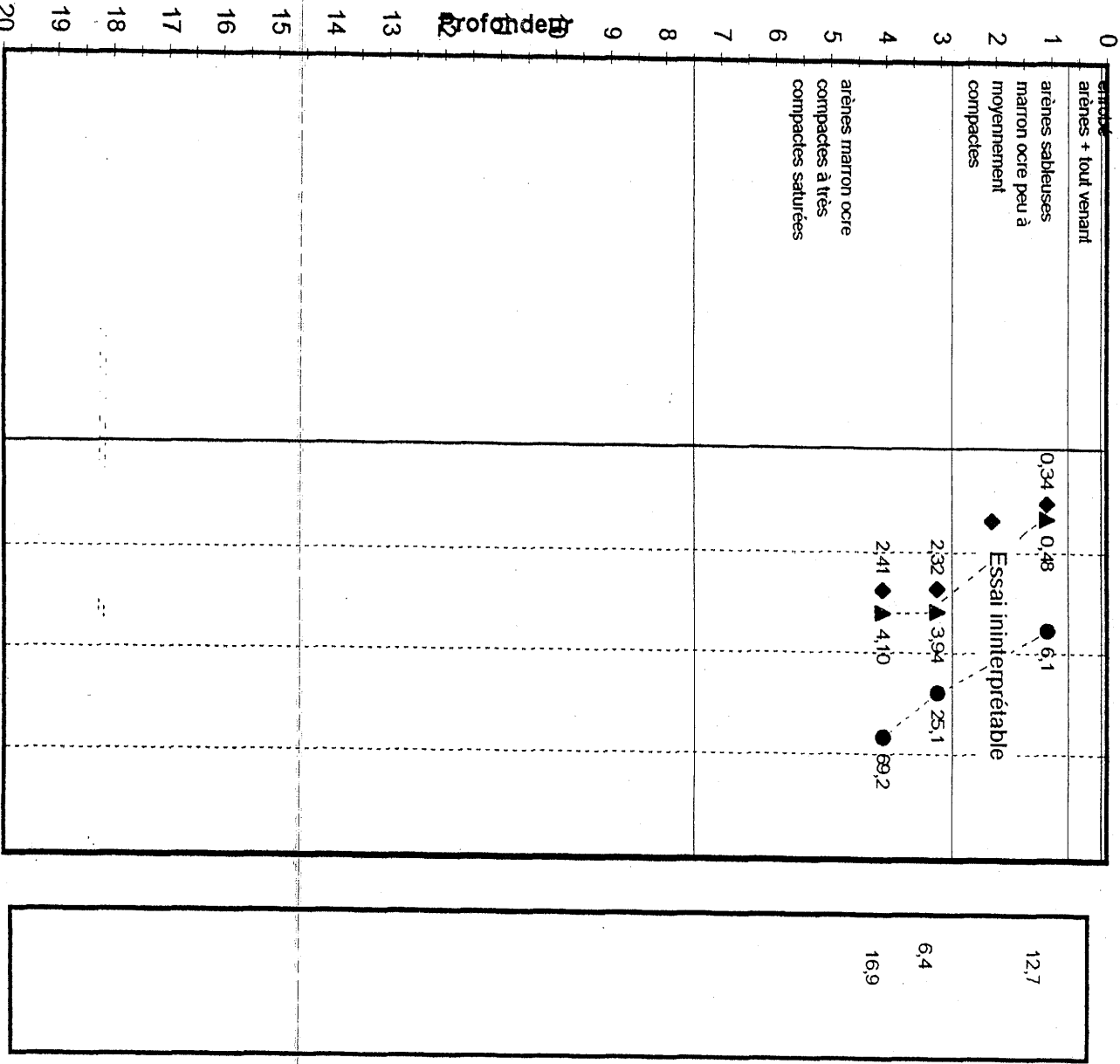
	Sondage pressiométrique N° SP4		
	Date : 23/05/00	Niveau d'eau	N° de dossier L00.11.059 a
	Affaire : Restructuration aérogare - LIMOGES		Altitude :

◆ Pf (Mpa) ▲ P1 (Mpa) ● Ep (Mpa)

Ep / P1

Nature

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0





Sondage pressiométrique N° SP21

Date :
22/11/2002

Niveau d'eau

N° de dossier
L02.11.143.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérographe - Limoges Bellegarde

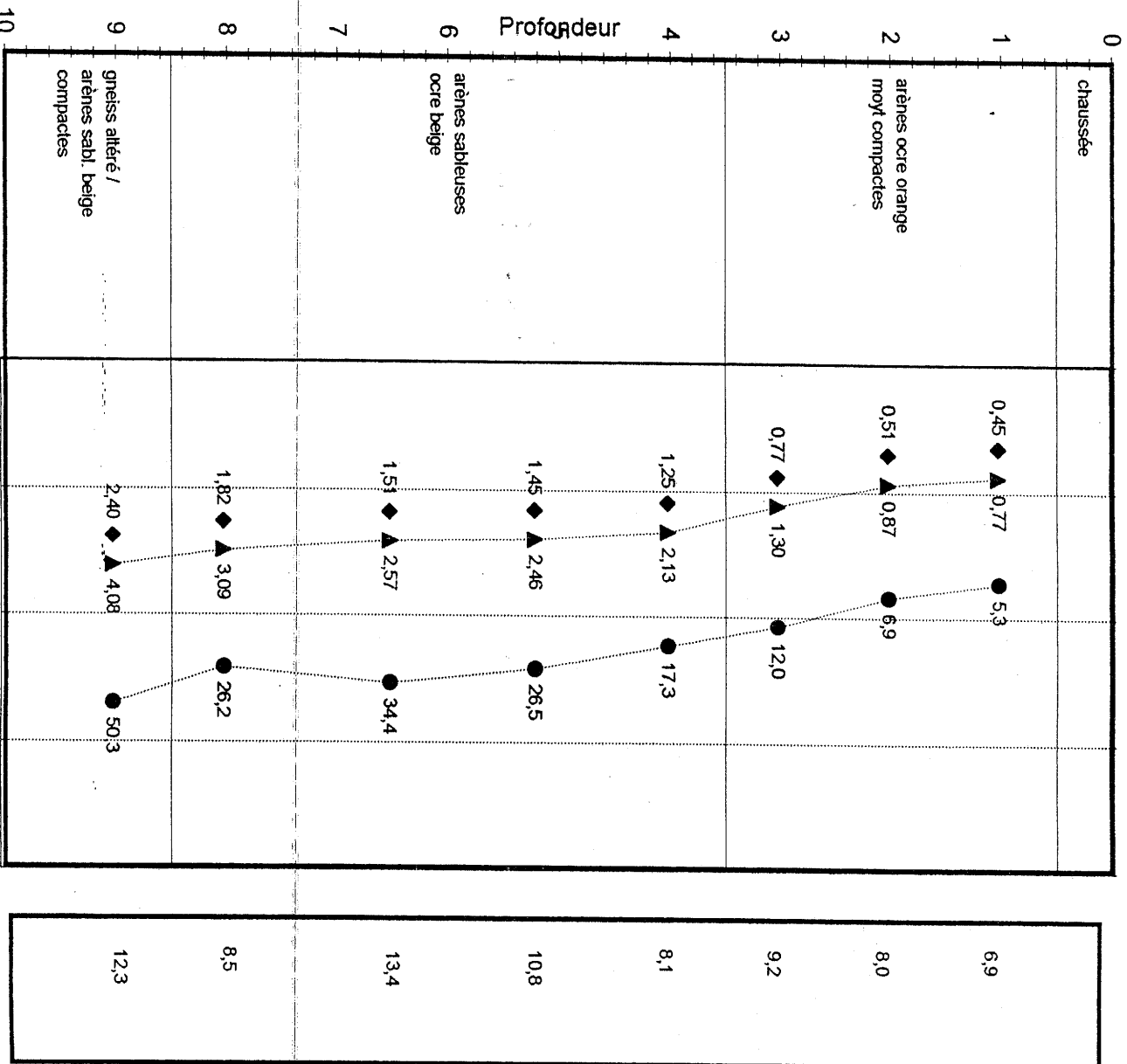
403,8

Nature

◆ Pf (Mpa) ▲ Pl (Mpa) ● Ep (Mpa)

Ep / Pl

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0





Sondage pressiométrique N° SP22

Date :
22/11/2002

Niveau d'eau

N° de dossier
I.02.11.143.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - Limoges Bellegarde

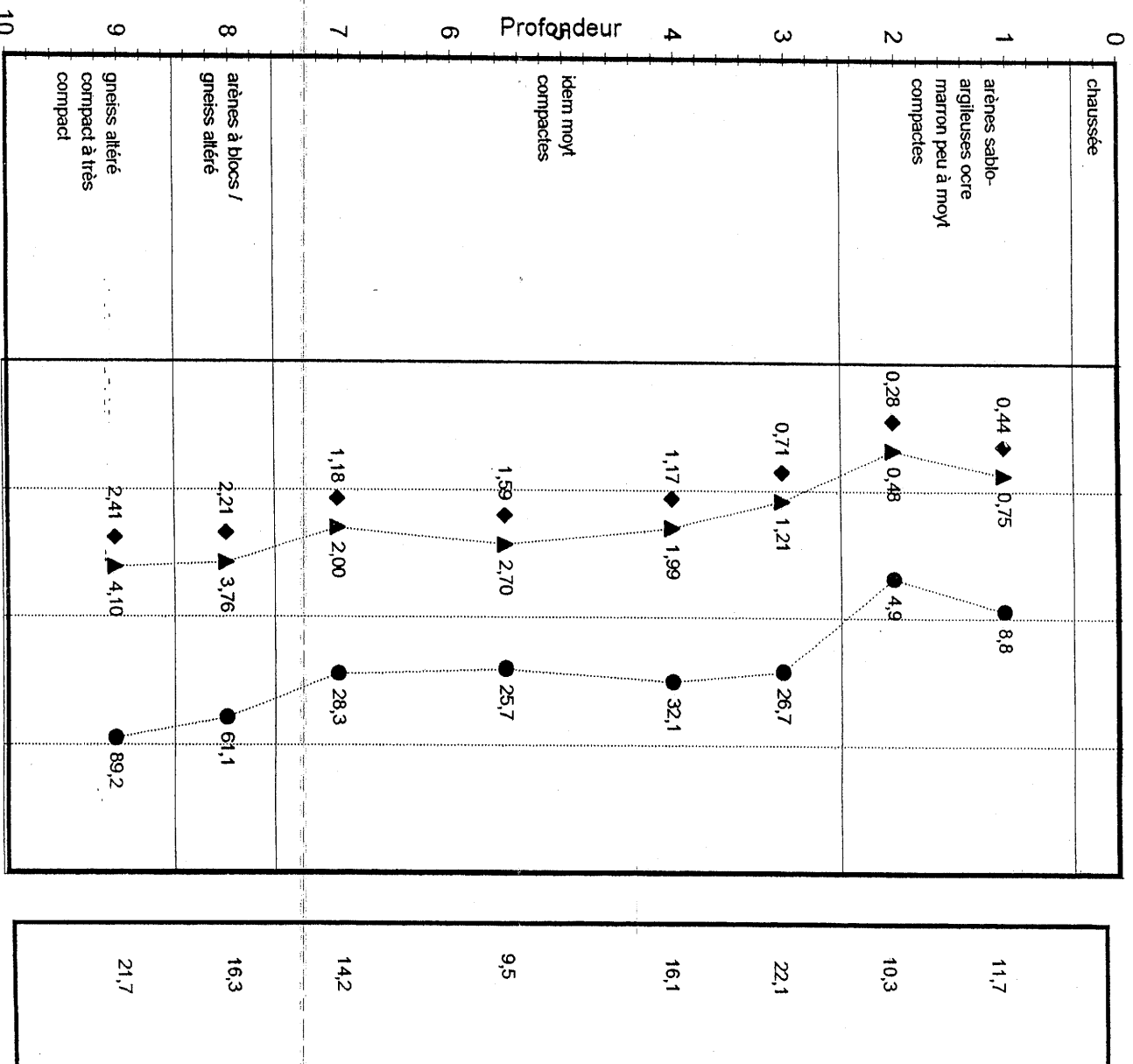
403,7

Nature

◆ Pf (Mpa) ▲ P1 (Mpa) ● Ep (Mpa)

Ep / P1

0,1 1,0 10,0 100,0 1000,0





Essai de pénétration dynamique

N° **Pd1**

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier

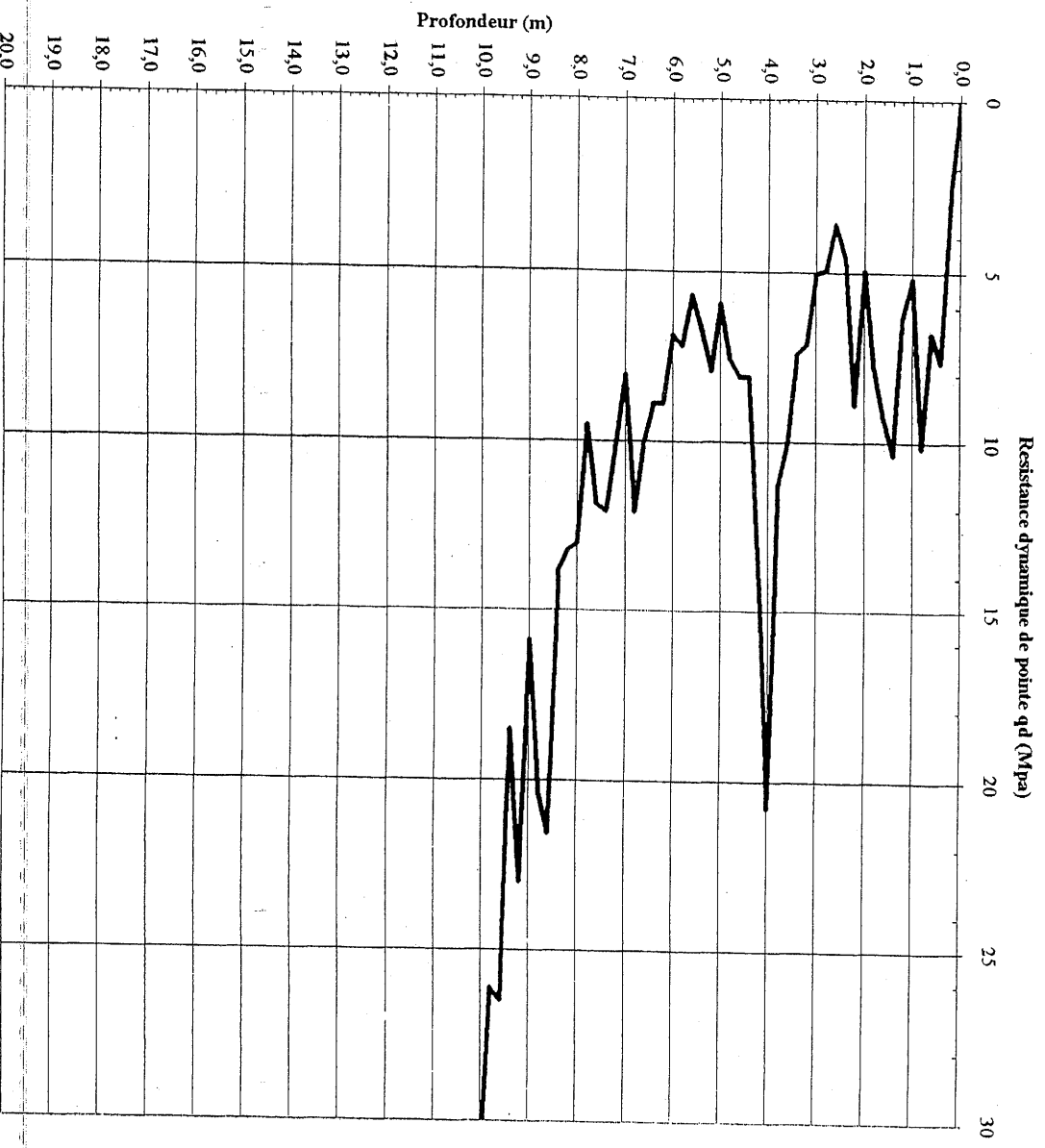
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

403,3



Masse du mouton (kg): 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg)

: 2,6

Masse d'une tige (kg)

: 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd2

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

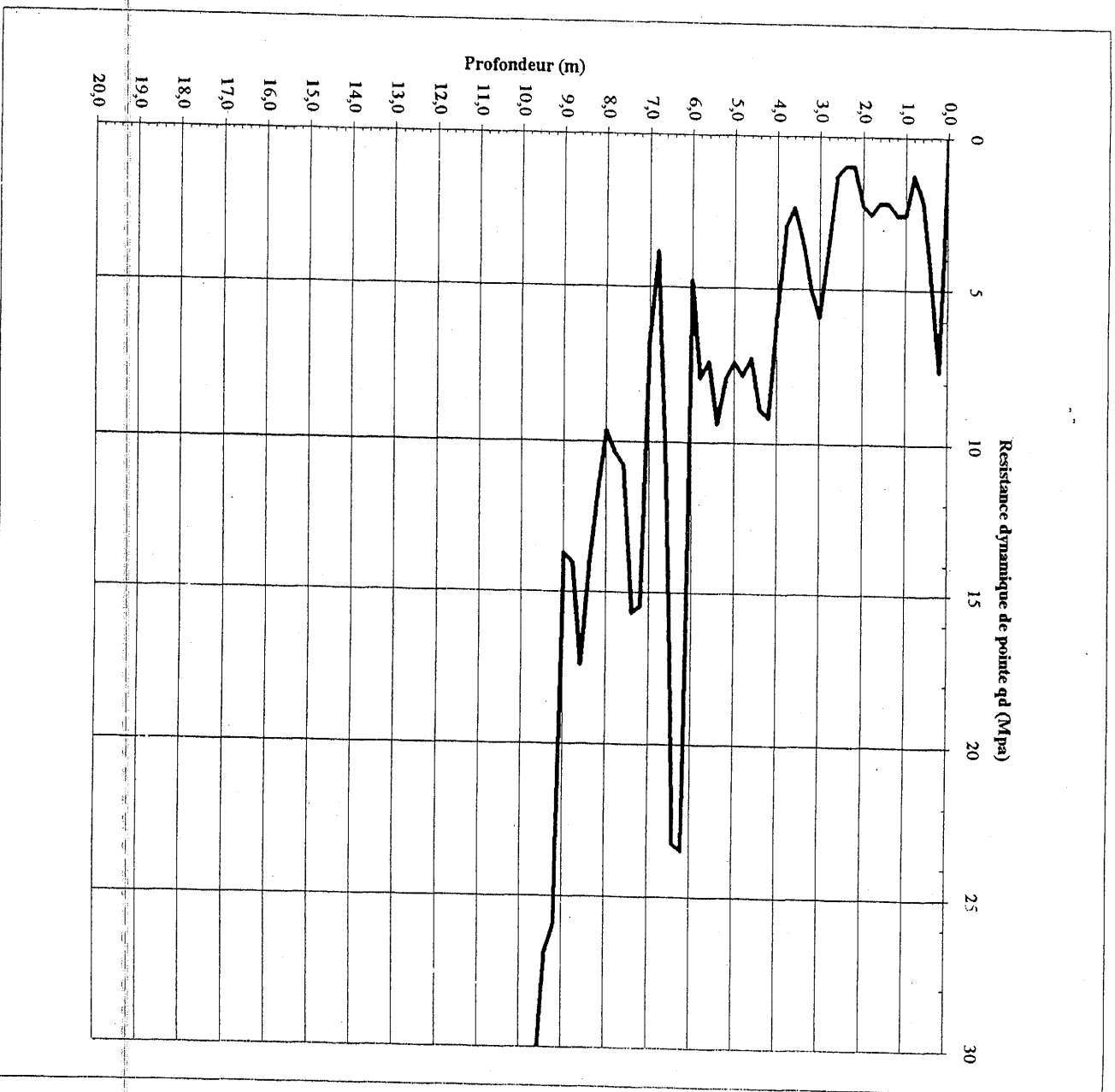
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

403,7



Masse du mouton (kg): 20,2
hauteur de chute (m) : 0,53
Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2,6
Masse d'une tige (kg) : 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd3

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

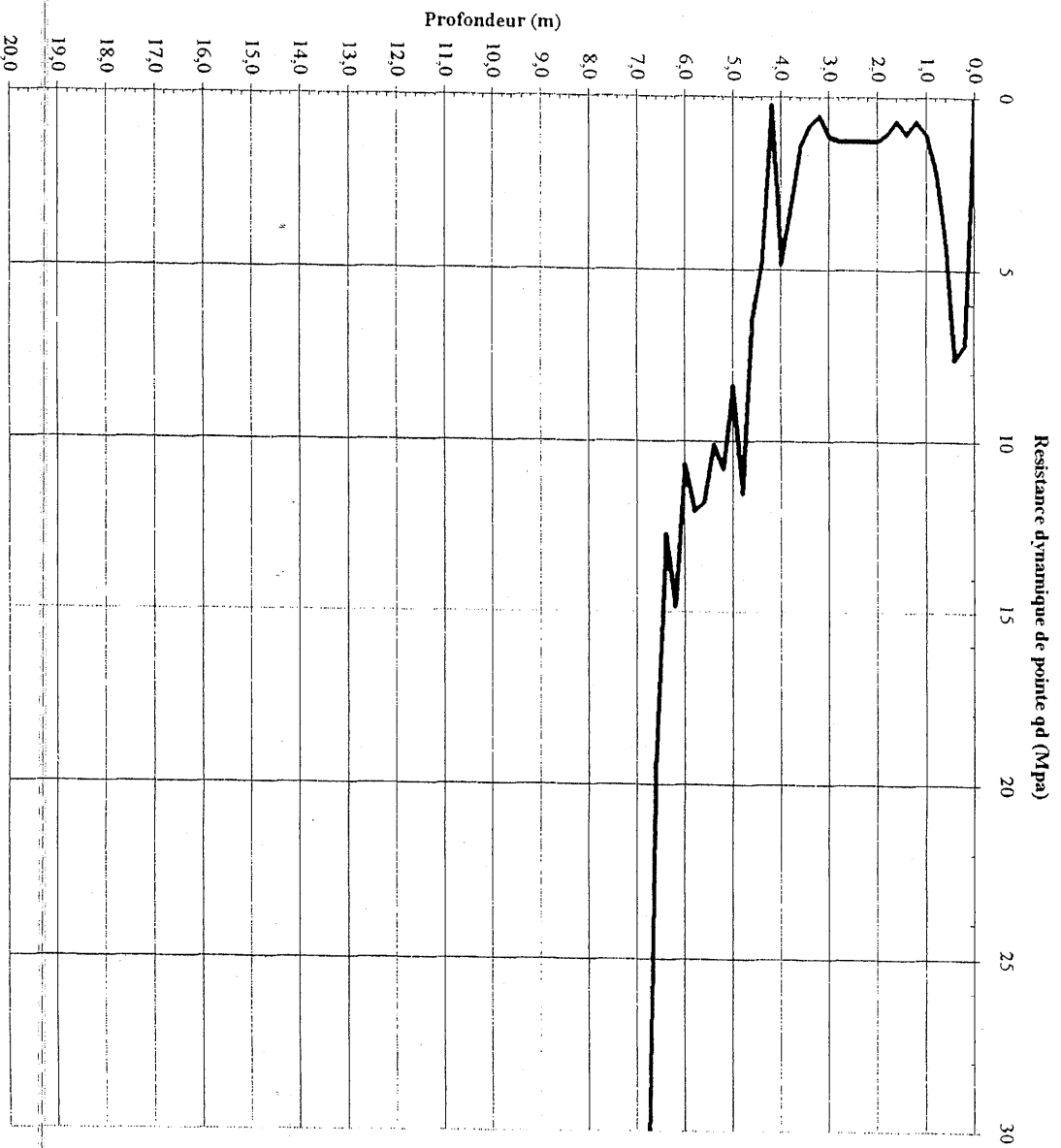
N° de dossier
100.11 059.a

Affaire :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

Altitude :

403,7



Masses du mouton (kg): 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masses enclume+guidage mouton (kg)

Masses d'une tige (kg)

2,6

3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd4

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier

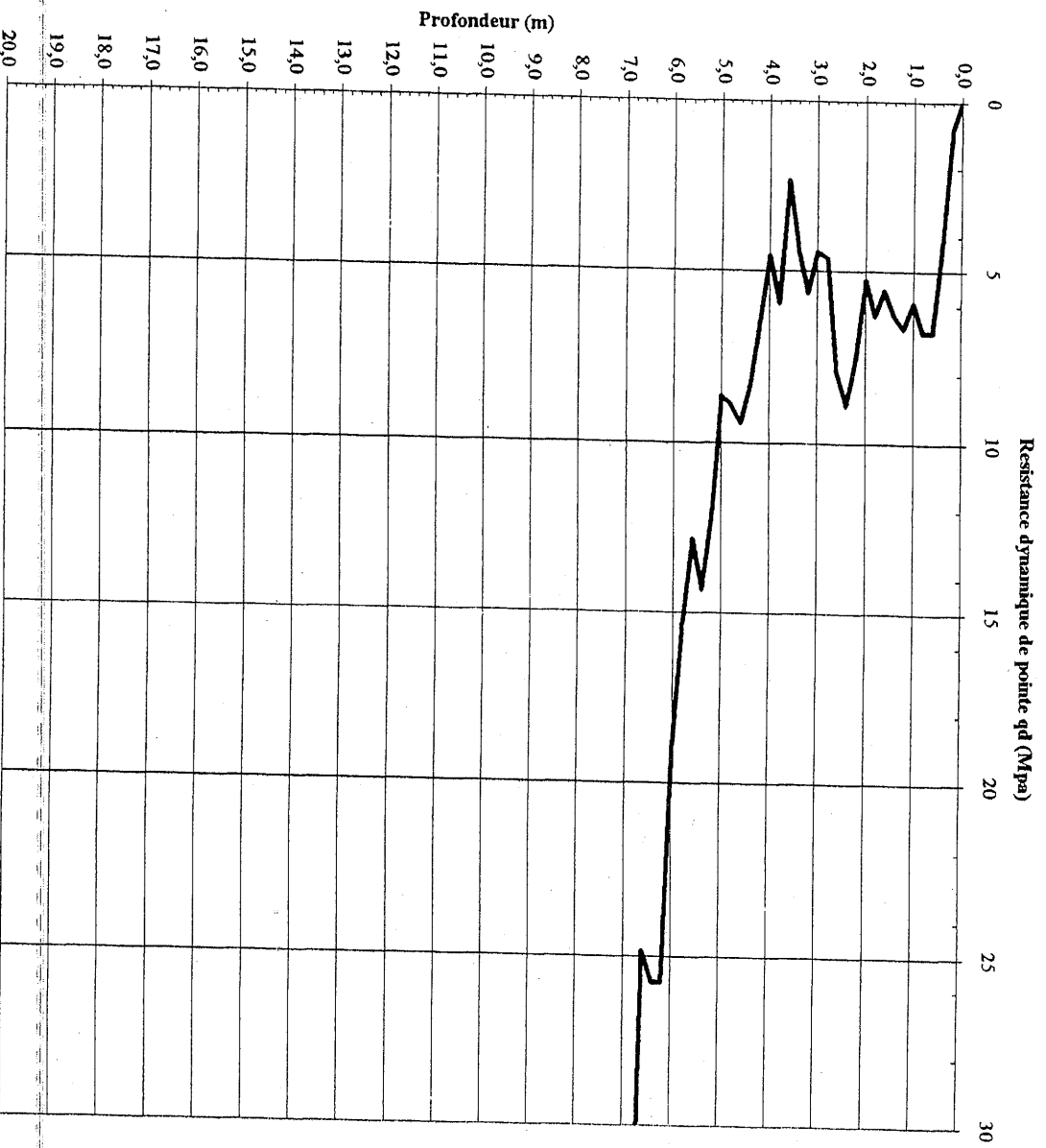
1.00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

402,3

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE



Masse du mouton (kg): 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53


Section pointe (cm2) : 9,6

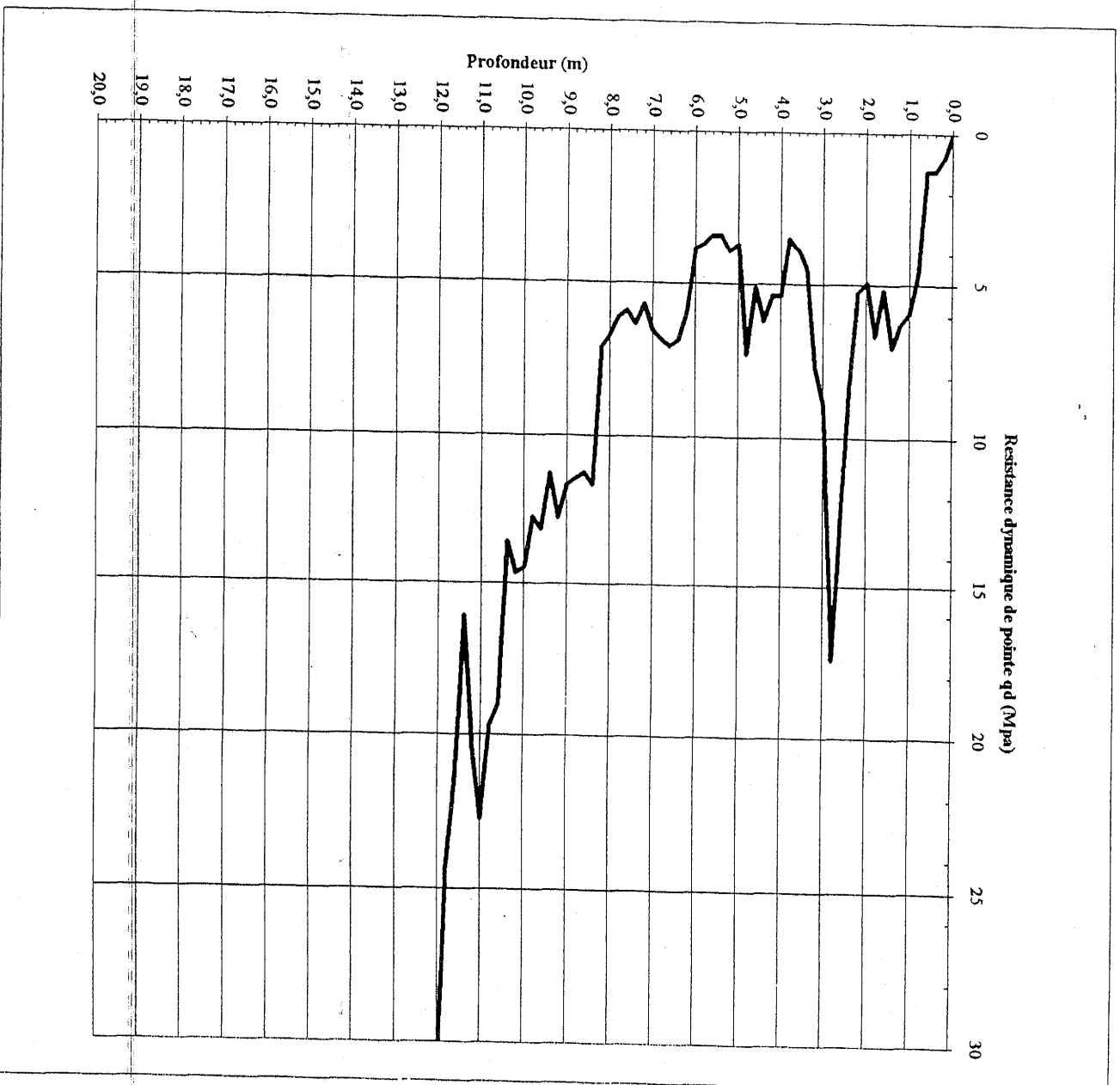
Masse enclume+guidage mouton (kg)

Masse d'une tige (kg)

2,6

3,8

	Essai de pénétration dynamique		N° Pd5
	Date : 23/05/00	Niveau d'eau	N° de dossier L00.11.059 a
Affaire : Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE			Altitude : 402,6



Masse du mouton (kg): 20,2
 hauteur de chute (m) : 0,53
 Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclumet+guidage mouton (kg) : 2,6
 Masse d'une tige (kg) : 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd6

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier

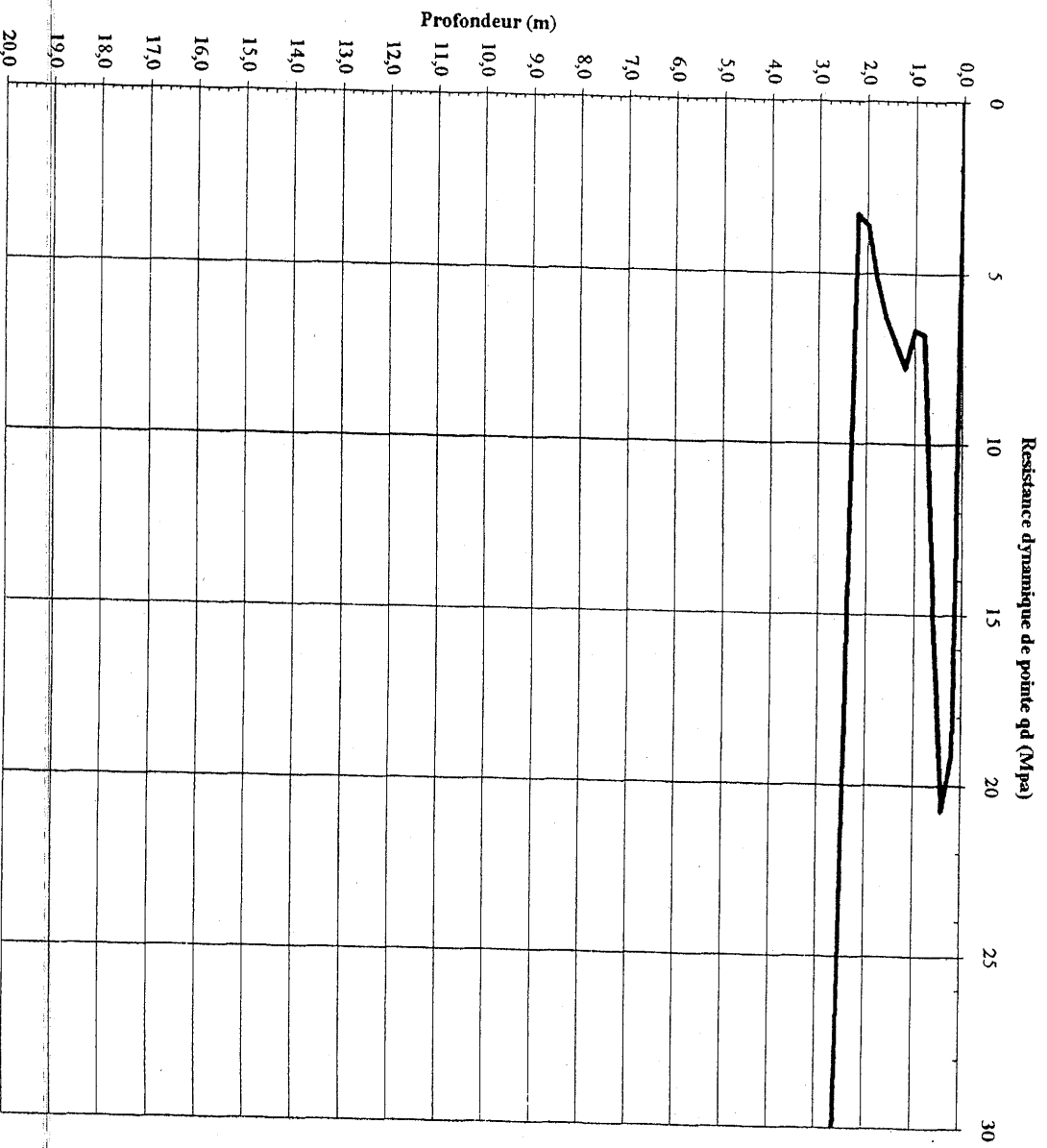
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

399,5



Masses du mouton (kg) : 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masses enclume+guidage mouton (kg)

2,6

Masses d'une tige (kg)

3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd7

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

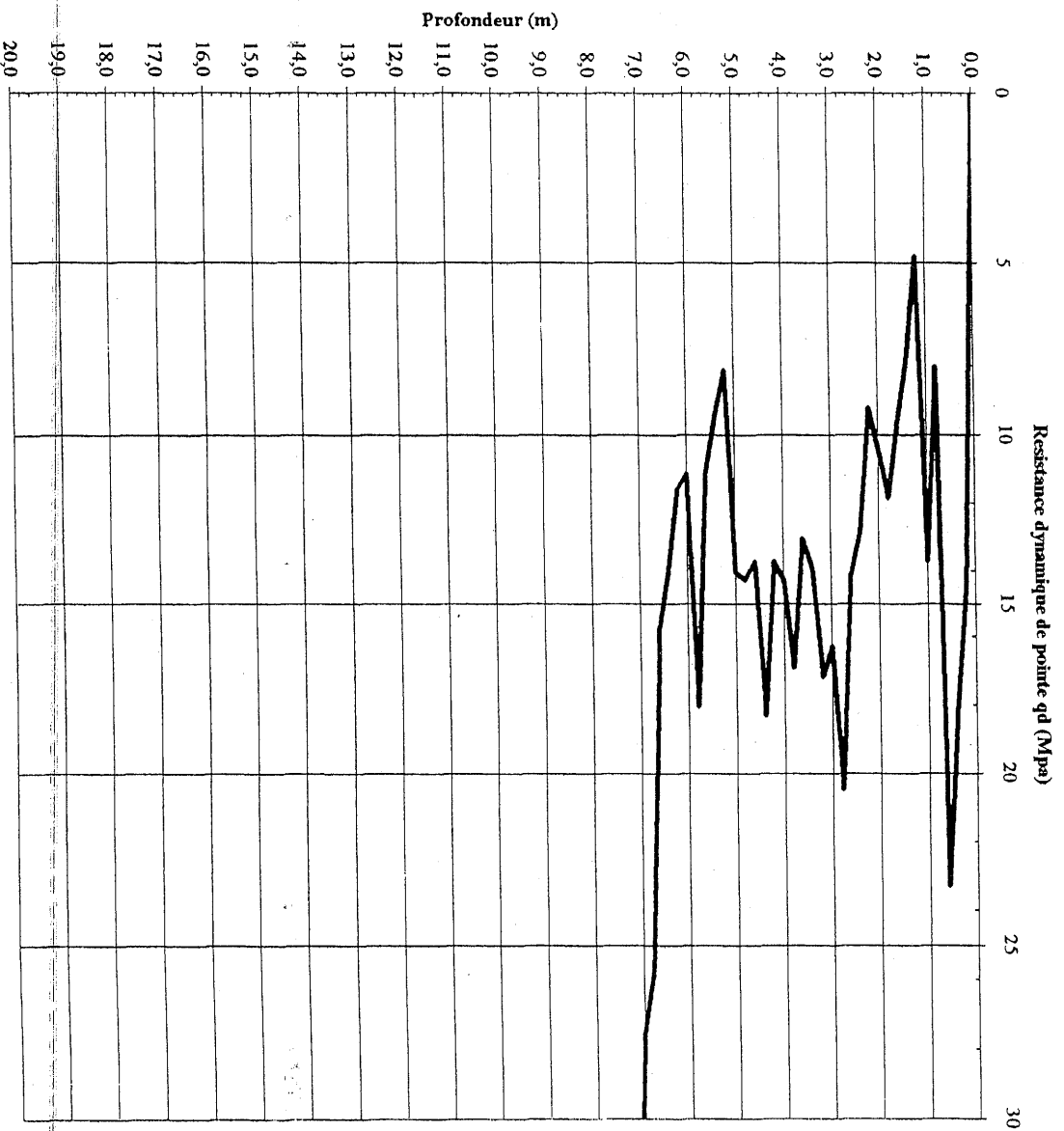
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

404,6



Masse du mouton (kg): 20,2
hauteur de chute (m) : 0,53
Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2,6
Masse d'une tige (kg) : 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° *Pd8*

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

N° de dossier

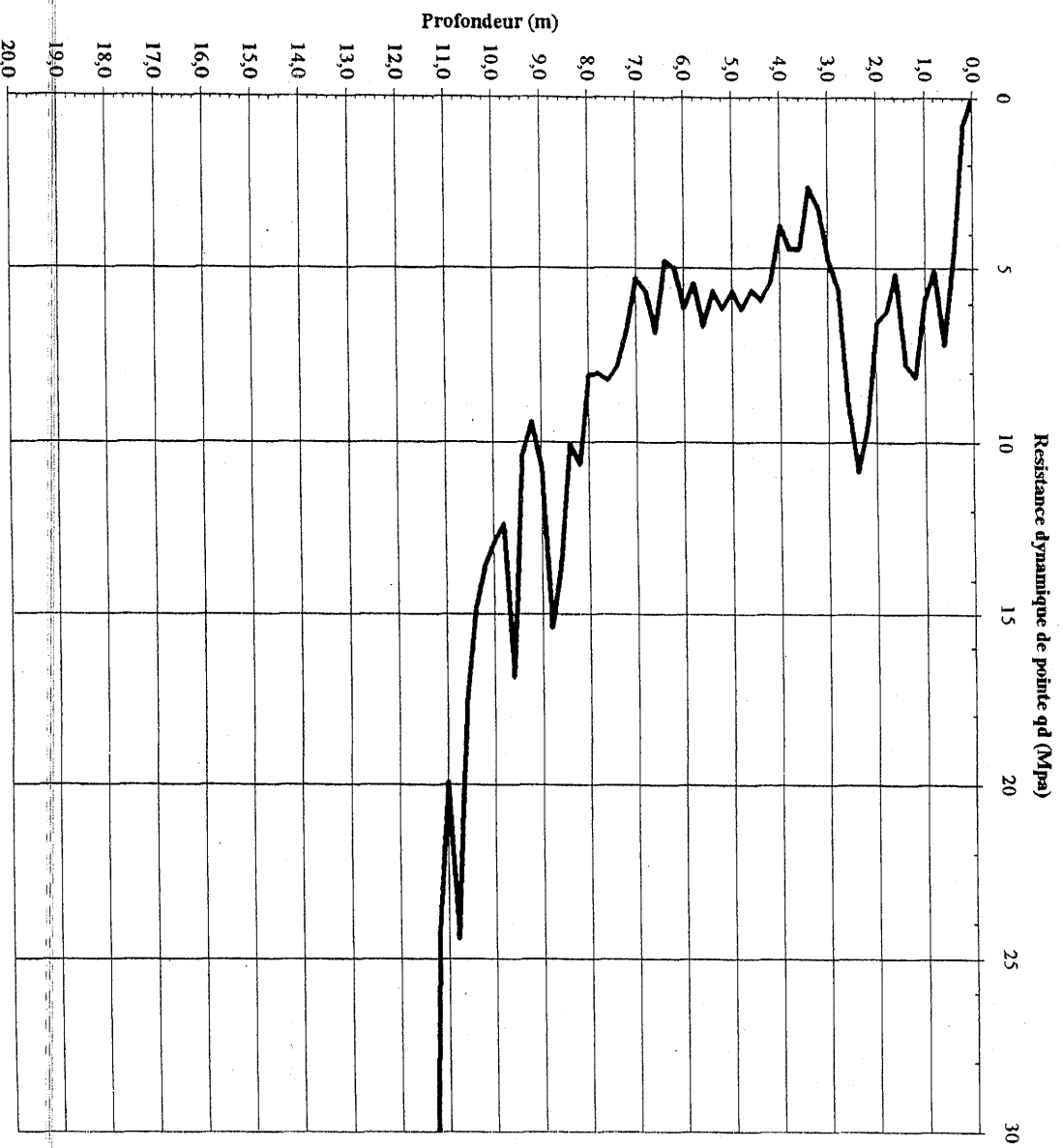
100.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

402,3



Masse du mouton (kg): 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg)

: 2,6

Masse d'une tige (kg)

: 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd9

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

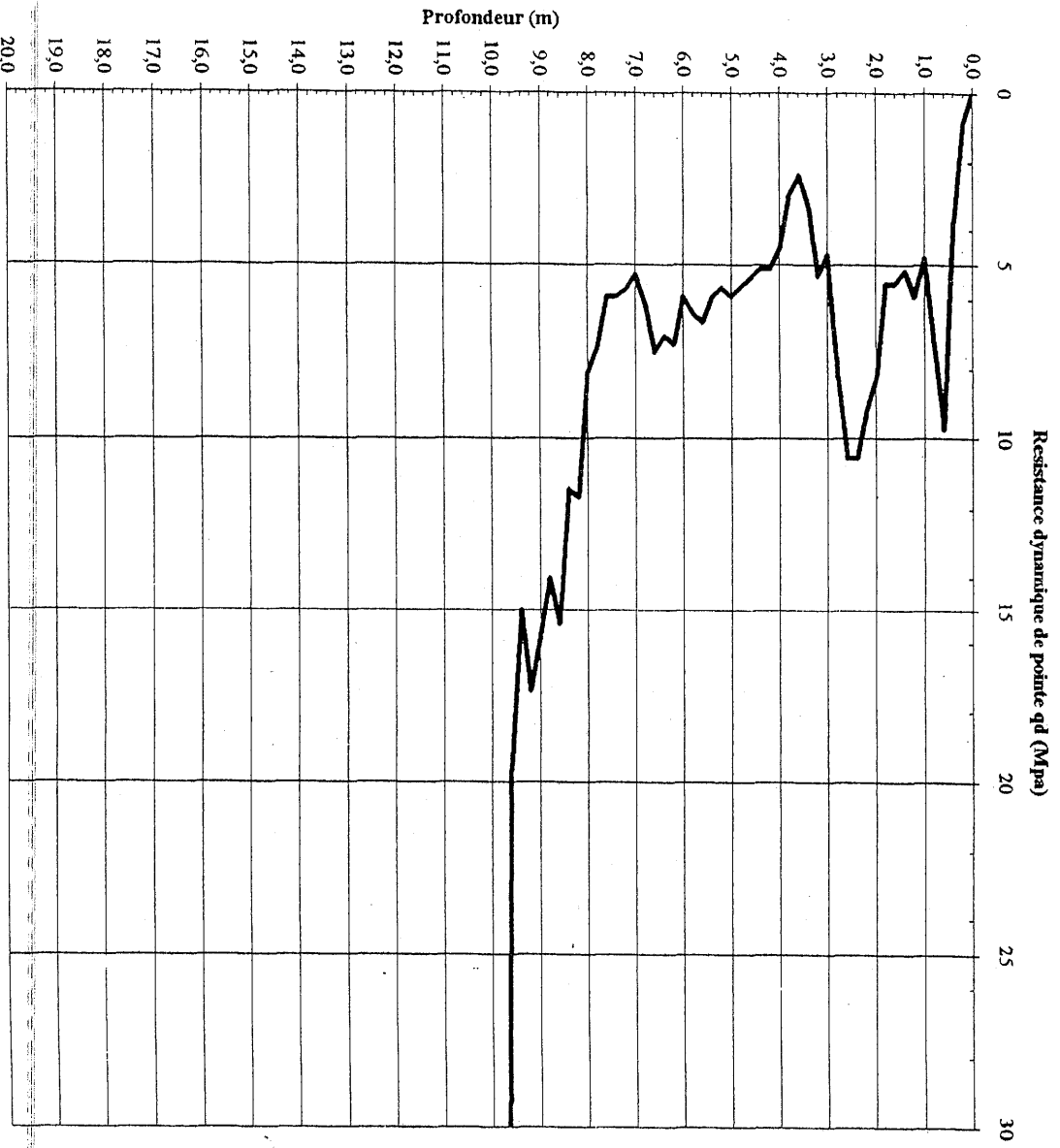
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aéro gare - LIMOGES BELLEGARDE

402,5



Masses du mouton (kg): 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masses enclume+guidage mouton (kg)

Masses d'une tige (kg)

: 2,6

: 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd10

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

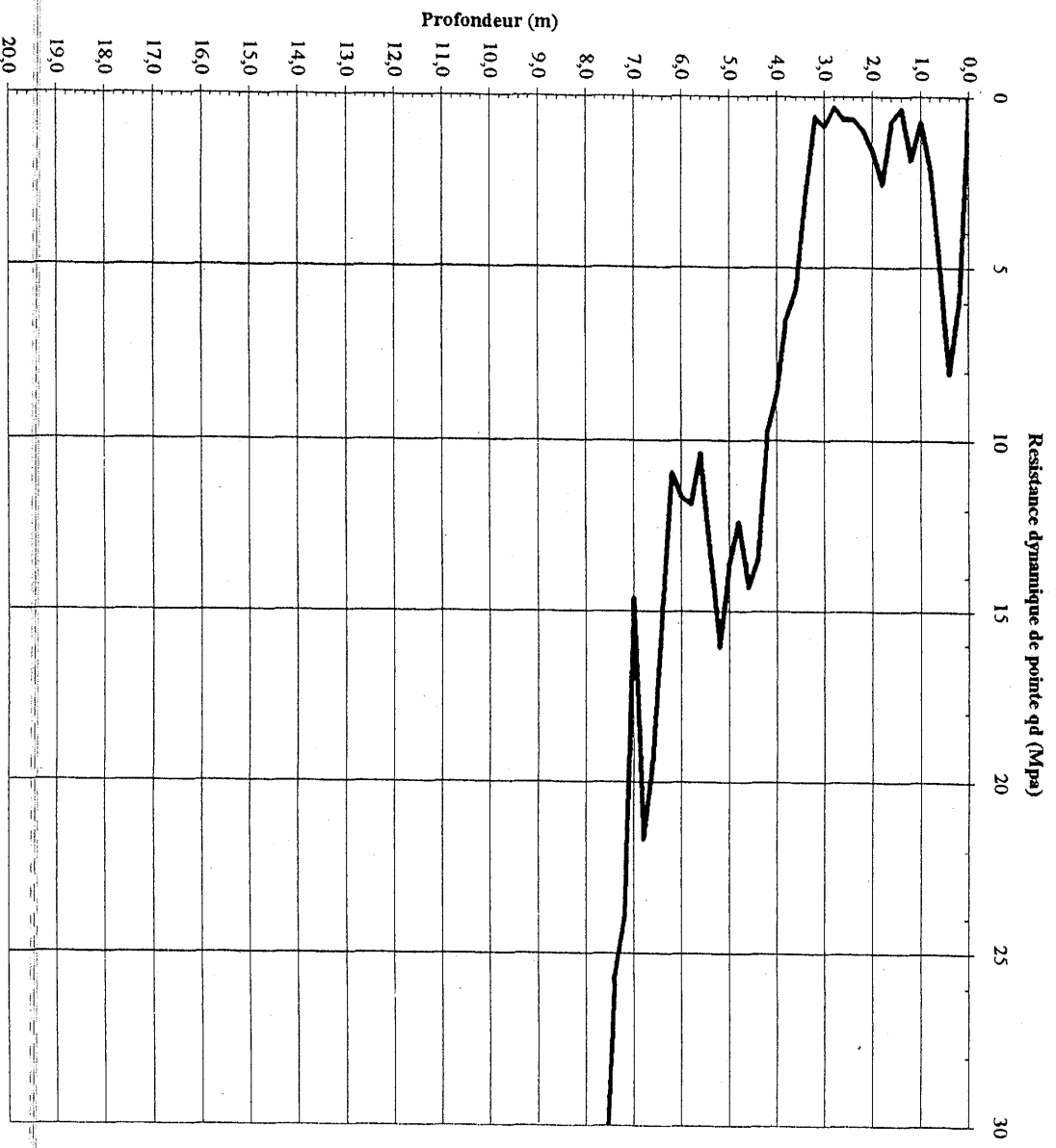
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGE BELLEGARDE

403,7



Masse du mouton (kg) : 20,2
hauteur de chute (m) : 0,53
Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2,6
Masse d'une tige (kg) : 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd11

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

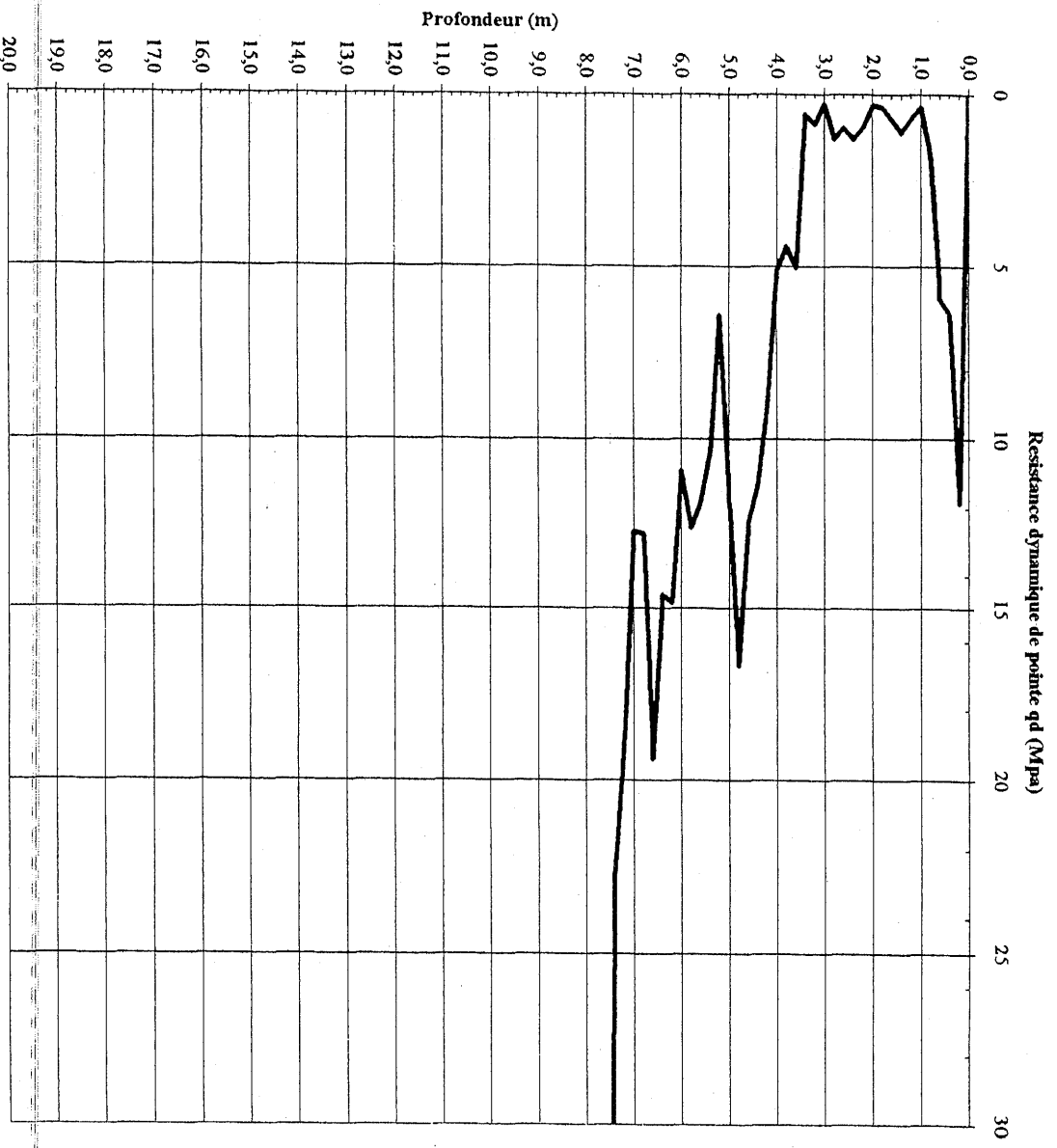
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

403,7



Masse du mouton (kg) : 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg)

Masse d'une tige (kg)

: 2,6

: 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd12

Date :

23/05/00

Niveau d'eau

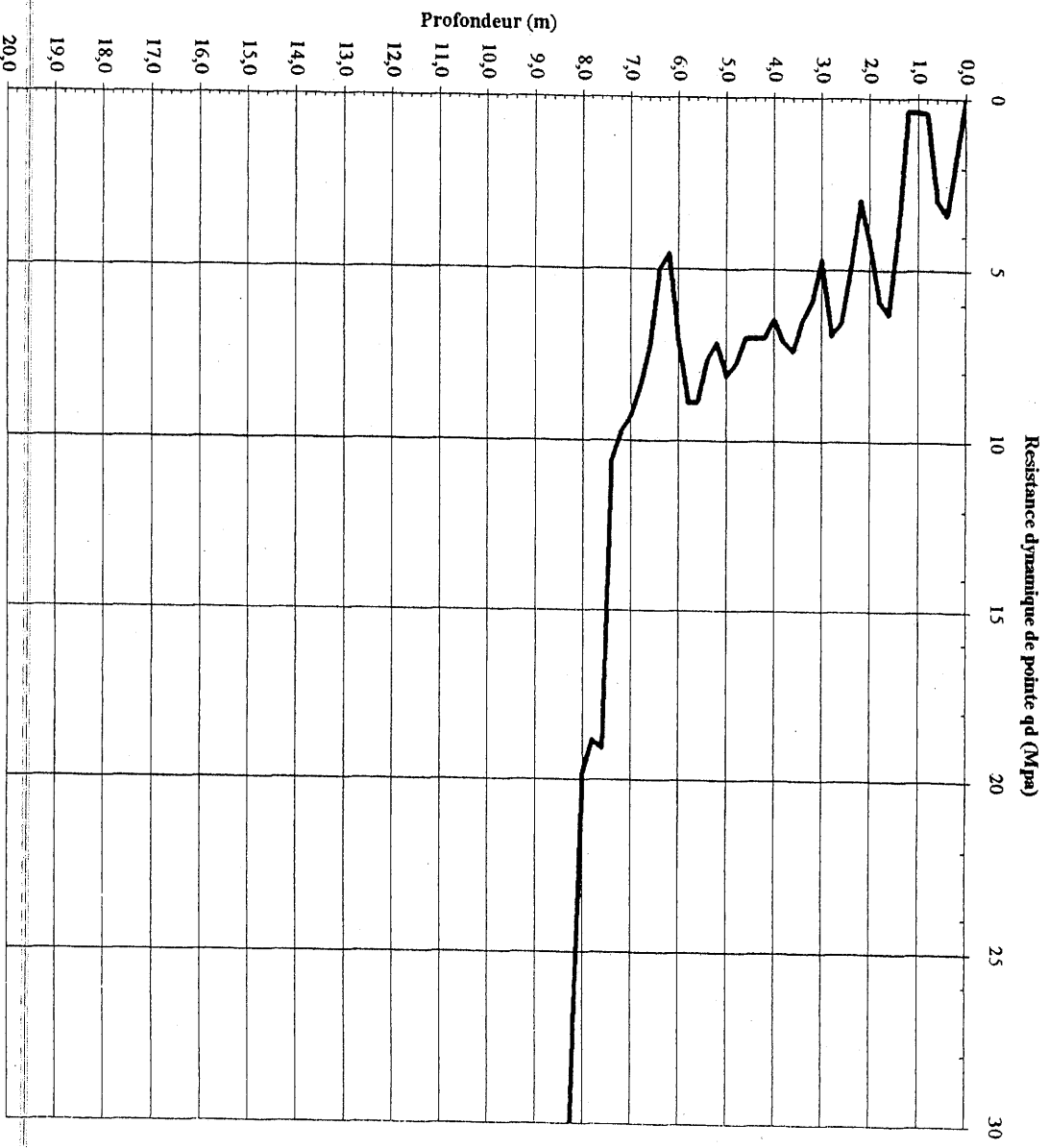
N° de dossier
100.11.059.a

Affaire :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

Altitude :

403.3



Masse du mouton (kg) : 20,2

hauteur de chute (m) : 0,53

Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg)

: 2,6

Masse d'une tige (kg)

: 3,8



Essai de pénétration dynamique

N° Pd13

Date :
23/05/00

Niveau d'eau

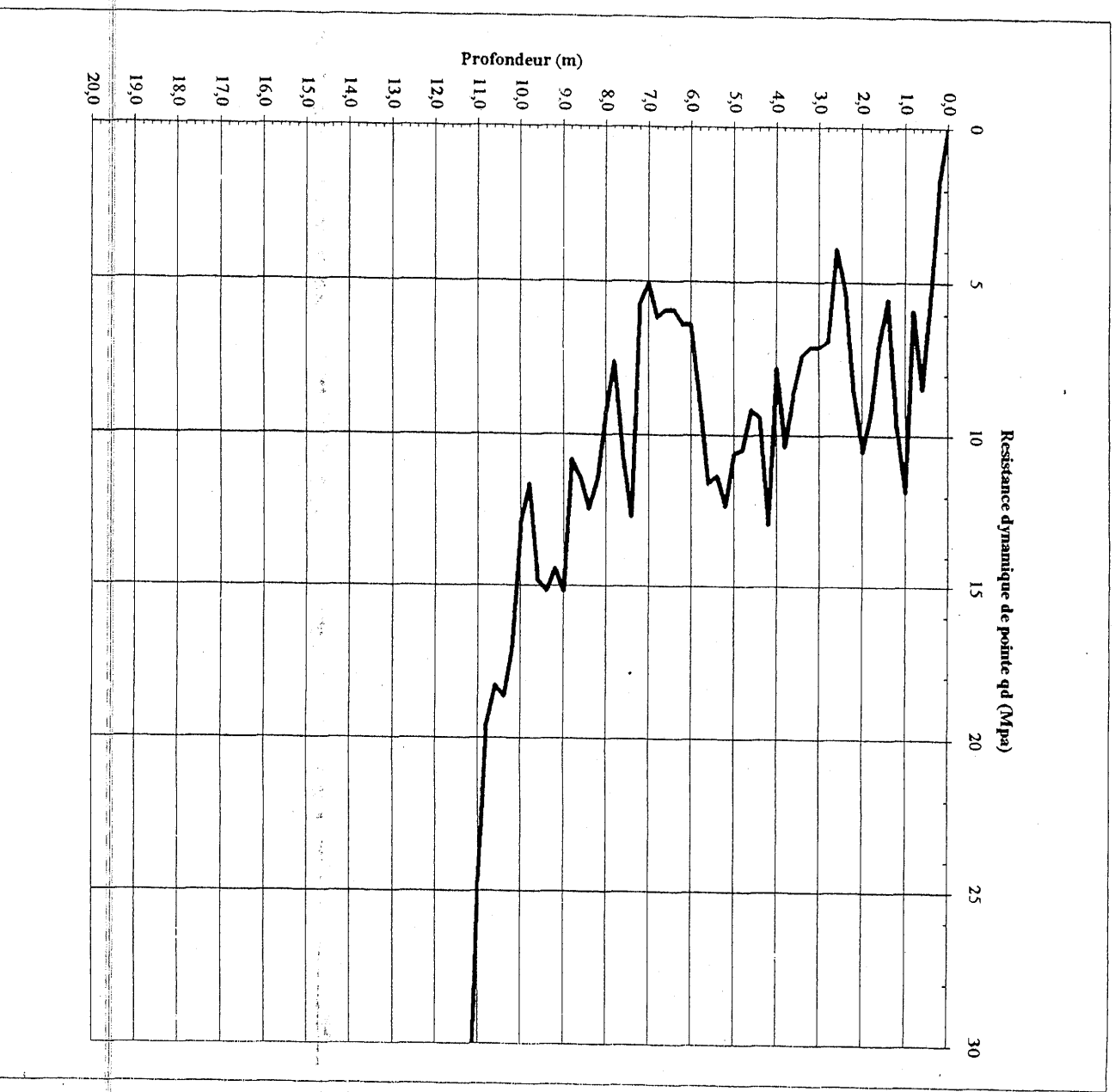
N° de dossier
L00.11.059.a

Affaire :

Altitude :

Extension aérogare - LIMOGES BELLEGARDE

402,2



Masse du mouton (kg) : 20,2
hauteur de chute (m) : 0,53
Section pointe (cm2) : 9,6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2,6
Masse d'une tige (kg) : 3,8

Calcul de Fondations Profondes selon le DTU 13.2

Affaire

Affaire : Extension et restructuration aérographe BELLEGARDE
N° dossier : L02.11.143.a

Hypothèses de calcul

Type de pieu : **MICRO PIEUX Type II** Diamètre : **250** mm
Mode d'exécution : Soigné
Prof de la nappe : 3
Neutral. frott. Latéral : 3,7

Nature du sol	prof. base (m) *	Pl *	éléments pour calcul frottement	
			Abaque	qsi (kPa)
1 - remblai d'arènes	1,0	0,30	A	37
2 - arènes peu compactes	3,7	0,50	A	56
3 - arènes sableuses moyennement compactes	5,4	1,00	B	114
4 - arènes sabl. Compacts à très compactes	13,4	3,00	F	241

* : exemple de profondeur au droit du sondage Pd4 - Prof. / arasé terrassement supposée à 401,0 (à confirmer)

Résultats

Long. / terrain fini (m)	Calcul frottement				Calcul effort de pointe				Charges limites		Charges de calcul		Contr. tête de pieu sous charges ELS (Mpa)
	n° sol	ht calcul (m)	surface (m²)	Qsi (kN)	Pie (Mpa)	Kp	qpl (Mpa)	pointe Qp (kN)	frottement Qs (kN)	Q ELS (kN)	Q ELU (kN)		
8.4	1												
	2												
	3	1.7	1.3	153									
	4	3.0	2.4	570									
9.4	1				3.00	1.60	4.83	0	722	361	542	7.36	
	2												
	3	1.7	1.3	153									
	4	4.0	3.2	760									
10.4	1				3.00	1.60	4.84	0	912	456	684	9.29	
	2												
	3	1.7	1.3	153									
	4	5.0	3.9	949									
					3.00	1.60	4.84	0	1102	551	827	11.23	

Nota: Les valeurs indiquées ci-dessus sont à minorer par un coefficient de 1,5 s'il n'est pas prévu d'essai de chargement

RESULTATS D'ANALYSES

Dossier : L00.11.059.A
 Affaire : Aéroport de LIMOGES-BELLEGARDE
 Date de prélèvement : 29/05/00
 Lieu de prélèvement : Aéroport - Limoges
 Aspect prélèvement : Trouble

PARAMETRES ANALYSES	Résultats	Unités	Normes	Méthodes
Turbidité Néphélométrique	17.60	NTU		NFT90033
Matières en Suspension (0.45µ)	295185	mg/l		NFT90105
pH à 20°C	5.21	unité pH		NFT90008
Titre Alcalimétrique Complet	0.75	°F		NFT90036
Titre Hydrotimétrique	1.00	°F		NFT90003
Anhydride Carbonique Libre	366.00	mg/l CO2		NFT90011
Anhydride Carbonique Agressif	366.00	mg/l		TILLMANS
Conductivité à 20°C	88.0	µS/cm		NFT90031
Sels dissous (RS à 110° après filtration 0.45µ)	105	mg/l		NFT90029
Magnésium	0.84	mg/l		NFT90005
Sulfates	6.2	mg/l		NFT90040
Ammonium (en NH4)	0.20	mg/l		NFT90015

RESULTATS / OBSERVATIONS

L'eau prélevée présente une agressivité de classe A4 selon la norme NFP 18-011 de juin 1992. Cet environnement est très fortement agressif. Il nécessite un niveau de protection 3.

Schéma de situation

