

UNIVERSITE CONSTANTINE 1
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

LABORATOIRE DE RECHERCHE GEOTECHNIQUE	MASTER 1 SPECIALITE GEOTECHNIQUE	Année Universitaire 2018/2019
	Feuille d'essai de laboratoire	Lab-Sol
Dossier N°:	LIMITES D'ATTERBERG	Document de référence NF P 94-051
Échantillon N°:		

Provenance du matériau :	Date de prélèvement:
Sondage N°:	Date d'essai:
Origine:	Profondeur:

Expression des résultats

Echantillon N°	Limite de Plasticité		Limite de liquidité			
	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai	4 ^{ème} essai
Numéro de la tare						
Poids de la tare m ₁	(g)					
Poids de l'ensemble (échantillon humide+ tare) m ₂	(g)					
Poids de l'échantillon humide m = m ₂ - m ₁	(g)					
Poids de l'ensemble (échantillon sec + récipient) m ₃	(g)					
Poids de l'échantillon sec m ₄ = m ₃ - m ₁	(g)					
Poids de l'eau m _w = m ₂ - m ₃	(g)					
Teneur en eau ($W = \frac{m_w}{m_d} \times 100 = 100 \times \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1}$)	(%)					
Nombre de Coup						
Limites plasticité W _p	(%)					
Limite de liquidité W _l	(%)					
Indice de plasticité $I_p = W_l - W_p$	(%)					

Mode opératoire

- Après échantillonnage du sol et homogénéisation par brassage, une masse de matériau m est mise à imbiber dans un récipient d'eau à la température ambiante, pendant 24 h.
 - Cette masse m, exprimée en grammes, doit être supérieure à 200 fois la dimension des plus gros éléments de sol appréciée visuellement et exprimée en millimètres. De même elle doit être telle que le tamisât au tamis de 400 µm donne au moins 200 g de particules solides.
 - Une fois imbibé, le matériau est tamisé par voie humide au tamis de 400 µm. L'eau de lavage et le tamisât sont recueillis dans un bac.
 - Après une durée de décantation d'au moins de 12 h, sans aucun additif destiné à accélérer le dépôt ni sans utilisation d'un procédé quelconque de centrifugation, l'eau claire du bac est siphonnée sans entraîner de particules solides. L'eau excédentaire est évaporée à une température ne dépassant pas 50 °C.
 - La totalité du tamisât est malaxée afin d'obtenir une pâte homogène et presque fluide.
- Détermination de la limite de plasticité W_p.**
- Former une boulette à partir de la pâte préparée.
 - Rouler la boulette sur une plaque lisse, à la main ou éventuellement à l'aide d'une plaquette, de façon à obtenir un rouleau qui est aminci progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne 3 mm de diamètre.
 - La cadence du mouvement de la main doit être régulière.
 - L'amincissement du rouleau se fait de manière continue sans effectuer de coupure dans le sens de sa longueur.
 - Le rouleau au moment où il atteint un diamètre de 3.00 mm ± 0.5 mm doit avoir environ 10 cm de longueur et ne doit pas être creux.
 - La limite de plasticité est obtenue lorsque, simultanément le rouleau se fissure et que son diamètre atteint 3.00 mm ± 0.5 mm.
 - Si aucune fissure n'apparaît le rouleau est réintégré à la boulette. La pâte est malaxée tout en étant séchée légèrement, éventuellement sous un flux d'air chaud à une température inférieure à 50 °C.
 - Reformer un nouveau rouleau.
 - Prélever une fois les fissures apparues, la partie centrale du rouleau et la placer dans une capsule ou une boîte de pétri de masse connue, la peser immédiatement et l'introduire dans l'étuve, a fin de déterminer sa teneur en eau.
- Détermination de la limite de liquidité W_l.**
- Répartir avec la spatule, dans la coupelle propre et sèche, une masse d'environ 70 g de pâte. Cette pâte étalée en plusieurs couches afin d'éviter d'emprisonner des bulles d'air, présente en fin d'opération un aspect symétrique.
 - Partager la pâte en deux, au moyen de l'outil à rainurer.
 - Fixer délicatement la coupelle sur le support métallique de l'appareil de Casagrand de 2 coups par seconde.
 - Noter le nombre N de chocs nécessaires pour que les lèvres de la rainure se rejoignent sur une longueur d'environ 1 cm.
 - La fermeture de la rainure doit se produire par affaissement de la pâte dans sa masse et non par glissement sur la paroi de la coupelle. La coupelle rugueuse a pour but d'éviter ce glissement. Elle doit être employée lorsque le phénomène se produit (exp. pâte sableuse).
 - Si N est inférieur à 15, le processus est recommencé avec un matériau plus sec et homogénéisé à nouveau (le séchage peut éventuellement, être accéléré par un malaxage sous flux d'air chaud à une température inférieure à 50 °C).
 - Si N est supérieur à 35 l'opération est renouvelée sur un prélèvement de pâte auquel a été ajouté un peu d'eau distillée ou déminéralisée.
 - L'essai n'est poursuivi que lorsque N est compris entre 15 et 35
 - Prélever dans la coupelle à l'aide d'une spatule environ 5 g de pâte de chaque côté des lèvres de la rainure et au voisinage de l'endroit où elles se sont reformées, afin d'en déterminer la teneur en eau.
 - Le prélèvement est placé dans une capsule ou boîte de pétri de masse connue et pesé immédiatement avant d'être introduit dans l'étuve.
 - L'opération complète est effectuée au moins quatre fois sur la même pâte, mais avec une teneur en eau différente à chaque fois.
 - Les nombres de chocs de la série d'essai doivent encadrer 25 et l'écart entre deux valeurs consécutives doit être inférieur ou égale à 10.

Observation:		
.....		
.....		

Sols : reconnaissance et essais

Détermination des limites d'Atterberg

Limite de liquidité à la coupelle — Limite de plasticité au rouleau

E : Soil : investigation and testing — Determination of Atterberg's limits — Liquid limit test using Casagrande apparatus — Plastic limit test on rolled thread
 D : Bodenmerkung und Prüfungen — Bestimmung der Atterberg-Grenzen — Fließgrenze mit Fließgrenzengerät — Rollgrenze

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 5 février 1993 pour prendre effet le 5 mars 1993.

correspondance À la date de publication de la présente norme, il n'existe pas de norme ou de projet de norme européenne ou internationale sur le sujet.

analyse

Le document fixe la terminologie, décrit l'appareillage et le mode opératoire relatifs à la détermination de deux limites d'Atterberg : limite de liquidité à la coupelle et limite de plasticité au rouleau.

descripteurs

Thésaurus International Technique : sol, fondation, essai physique, consistance, indice de plasticité, identification, classification.

modifications

corrections

Sols, reconnaissance et essais

Membres de la commission de normalisation

Président : M PAREZ

Secrétariat : M BIGOT — LREP

M	AMAR	LCPC
M	BARNOUD	UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE
M	BLONDEAU	COMITE PROFESSIONNEL DE LA PREVENTION ET DU CONTROLE TECHNIQUE
M	CASSAN	FONDASOL
M	CHAILLOT	SNCF — DION EQUIPEMENT
MME	DAURELLE	AFNOR
M	DORE	MECASOL
M	GONIN	SIMECSOL
M	PAREZ	SOL-ESSAIS
M	PHILIPPONNAT	SOPENA
M	RINCENT	CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'ETUDES DU BIT
M	THONIER	SONDAGE, FORAGE ET FONDATIONS SPECIALES — SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS
M	BRU	LABORATOIRE REGIONAL DE BORDEAUX
M	MALATERRE	EDF — CEMETE

Ont participé en tant qu'experts :

Sommaire

	Page
1	4
2	4
3	4
3.1	4
3.2	5
4	5
4.1	5
4.2	6
4.3	8
5	8
5.1	8
5.2	9
5.3	11
6	11
6.1	11
6.2	12
6.3	12
7	12
8	14
9	14
Figure 1	5
Figure 2	6
Figure 3	7
Figure 4	8
Figure 5	9
Figure 6	10
Figure 7	10
Figure 8	13
Tableau 1	14
Tableau 2	15

1 Domaine d'application

Cette norme destinée à la détermination des deux limites d'Atterberg (limite de liquidité et limite de plasticité du rouleau) s'applique aux sols dont les éléments passent à travers le tamis de dimension nominale d'ouverture de maille 400 µm.

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance.

2 Références normatives

Cette norme française comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme française que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

NF P 94-050 Sols : reconnaissance et essais — Détermination de la teneur en eau pondérale des sols — Méthode par étuvage.

NF X 15-016 Enceintes et conditions d'essais — Enceintes à régulation automatique de la température et de l'humidité.

3 Généralités

3.1 Définitions — Terminologie

Pour les besoins de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent :

limites d'Atterberg (limite de liquidité et limite de plasticité) : Teneurs en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

w_L — limite de liquidité : Teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquide et plastique.

w_p — limite de plasticité : Teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastique et solide.

I_p — indice de plasticité : Différence entre les limites de liquidité et de plasticité. Cet indice définit l'étendue du domaine plastique (voir figure 1).

$$I_p = w_L - w_p$$

Les teneurs en eau étant exprimées en pourcentage, l'indice de plasticité est un nombre sans dimension.

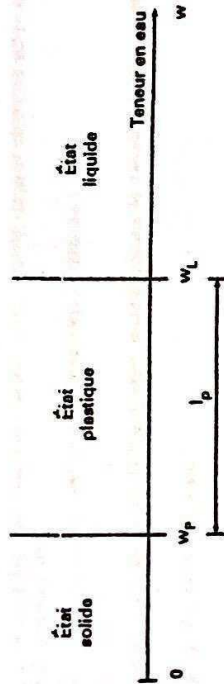


Figure 1 : représentation des limites d'Atterberg

I_c — indice de consistance : Rapport défini par la formule suivante :

$$I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$$

où :

w est la teneur en eau du sol dans son état naturel et ne comportant pas d'éléments supérieurs à 400 µm.

3.2 Principe de détermination des limites d'Atterberg

L'essai s'effectue en deux phases :

- recherche de la teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans un sol placé dans une coupelle de caractéristiques imposées se ferme lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à des chocs répétés ;
- recherche de la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol, de dimension fixée et confectionné manuellement, se fissure.

4 Appareillage

Le matériel nécessaire à la préparation du sol est distingué du matériel utilisé pour la détermination des limites.

4.1 Matériel pour la préparation du sol

- un récipient d'au moins 2 l,
- un bec de dimensions minimales en centimètres 30 x 20 x 8,
- un tamis à maille carrée de 400 µm d'ouverture.

4.2 Matériel pour la détermination de la limite de liquidité

4.2.1 Un appareil de Casagrande

Il est représenté figure 2 et se compose :

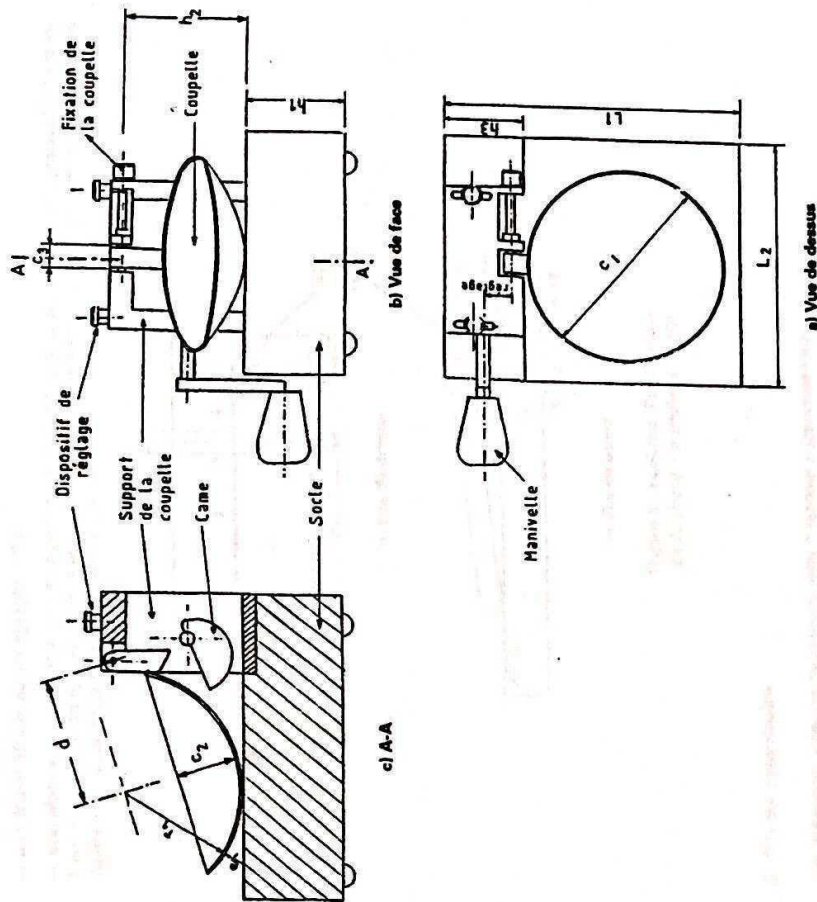


Figure 2 : appareil de Casagrande

— d'un socle, en bois bakélite de masse volumique (déterminée selon la norme NF B 51-005) comprise entre 1 250 et 1 300 kg/m³ et de contrainte de rupture en compression comprise entre 180 et 220 MPa ou en toute autre matière de même dureté, monté sur quatre pieds en caoutchouc ;

— d'un support métallique portant une coupelle et une came actionnée par une manivelle pour soulever la coupelle de 10 mm au-dessus du socle (la came peut aussi être entraînée par un moteur). Ce support métallique doit, en outre, permettre le réglage de la hauteur de la coupelle ;

— d'une coupelle en laiton chromé amovible (voir figure 2a)), de masse définie dans le tableau 1 qui a la forme d'une portion de sphère.

La surface interne de la coupelle est :

- soit lisse,
 - soit rugueuse sauf sur une bande de 10 mm ± 0,5 mm de largeur disposée selon la direction AA (comme sur la figure 2b).
- Les caractéristiques de l'appareil sont rassemblées dans le tableau 1.
- d'un outil à rainurer.

Les caractéristiques géométriques de l'outil sont données dans le tableau 2 et sont repérées sur la figure 3 ;

- d'une cale de 10 mm d'épaisseur.

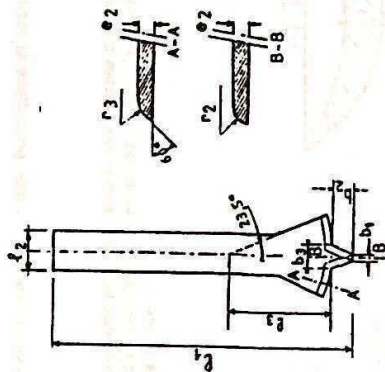


Figure 3 : outil à rainurer

4.2.2 Une étuve de dessiccation

Une enceinte thermique ou une étuve de dessiccation à température réglable à 105 °C et à 50 °C de classe d'exactitude C comme défini dans l'annexe A de la norme NF X 15-016.

4.2.3 Une balance

Balance de portées minimale et maximale compatibles avec les masses à peser et telle que les pesées sont effectuées avec une incertitude de 1/1 000 de la valeur mesurée.

4.2.4 Des capsules ou boîtes de Pétri, spatules, truelles.

4.3 Matériel pour la détermination de la limite de plasticité

- une plaque lisse en marbre ou en matériau équivalent pour le malaxage et la confection des rouleaux de sol,
- des capsules ou boîtes de pétri, des spatules,
- une balance définie au paragraphe 4.2.3,
- une étuve définie au paragraphe 4.2.2,
- une plaque de verre de 5 cm de largeur et de 10,5 cm de longueur portant une graduation tous les 1 cm et une cale de 0,5 cm (voir exemple figure 4) ou tout autre dispositif permettant d'apprécier le diamètre des rouleaux de sol de 3 mm ± 0,5 mm.

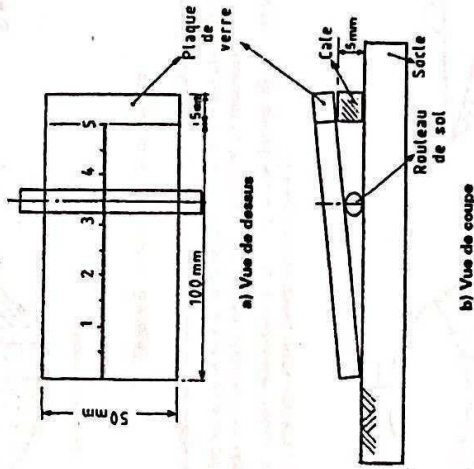


Figure 4 : système d'évaluation du diamètre du rouleau de sol

5 Mode opératoire

Les opérations décrites ci-dessous sont à réaliser successivement.

5.1 Préparation du sol

Après échantillonnage du sol et homogénéisation par brassage, une masse de matériau m est mise à imbibé dans un récipient d'eau à la température ambiante, pendant au moins 24 h.

Cette masse m, exprimée en grammes, doit être supérieure à 200 fois la dimension des plus gros éléments de sol appréciée visuellement et exprimée en millimètres. De même elle doit être telle que le tamisat au tamis de 400 µm donne au moins 200 g de particules solides.

Une fois imbibé, le matériau est tamisé par voie humide au tamis de 400 µm. L'eau de lavage et le tamisat sont recueillis dans un bac.

Après une durée de décantation d'au moins 12 h, sans aucun additif destiné à accélérer le dépôt ni sans utilisation d'un procédé quelconque de centrifugation, l'eau claire du bac est siphonnée sans entraîner de particules solides. L'eau excédentaire est évaporée à une température ne dépassant pas 50 °C.

5.2 Détermination de la limite de liquidité

5.2.1 Contrôle du fonctionnement de l'appareil

Avant de procéder aux essais, il faut s'assurer que :

- la largeur b_1 (voir figure 3) de la pointe de l'outil à rainurer est inférieure à 2,2 mm;
- la hauteur de chute de la coupelle est de 10 mm (tolérance - 0,1 mm, + 0,5 mm).

Le réglage se fait à l'aide d'une cale de contrôle de 10 mm d'épaisseur. Si nécessaire la plaque coulissante de l'appareil de Casagrande est déplacée de telle sorte que la hauteur de chute de la coupelle soit égale à l'épaisseur de la cale, lorsque la came, commandée par la manivelle, positionne la coupelle au point le plus haut.

5.2.2 Préparation de l'échantillon du sol soumis à l'essai

La totalité du tamisat est malaxée afin d'obtenir une pâte homogène et presque fluide.

5.2.3 Réalisation de l'essai

Répartir avec la spatule, dans la coupelle propre et sèche, une masse d'environ 70 g de pâte. Cette pâte étalée en plusieurs couches afin d'éviter d'emprisonner des bulles d'air, présente en fin d'opération un aspect symétrique comme indiqué figure 5.

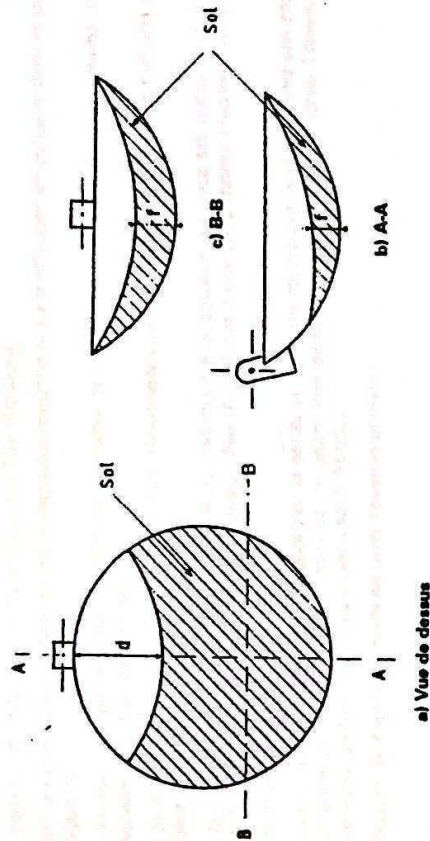


Figure 5 : remplissage de la coupelle de Casagrande

La pâte recouvre le fond de la coupelle, sauf sur une partie d'environ 3 cm (voir figure 5a) et son épaisseur f est, au centre, de l'ordre de 15 à 20 mm (voir figures 5b) et 5c)).
Étaler la pâte en deux, comme représenté sur la figure 6, au moyen de l'outil à rainurer de la figure 3, en la tenant perpendiculairement à la surface de la coupelle et en présentant sa partie biseautée face à la direction du mouvement.

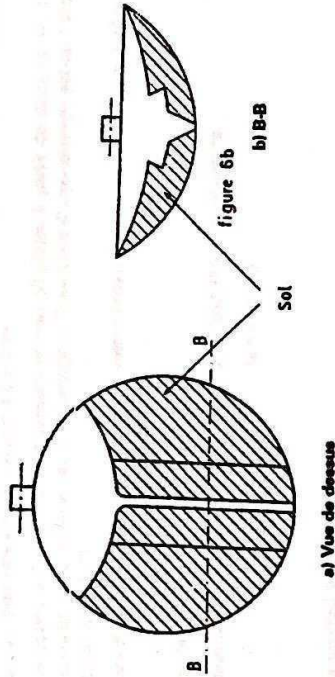


Figure 6 : réalisation de la rainure

Fixer délicatement la coupelle sur le support métallique de l'appareil de Casagrande.

Actionner la came de façon à soumettre la coupelle à une série de chocs à la cadence de 2 coups par seconde ($2 \pm 0,25$) coups par seconde en cas d'utilisation d'un moteur.

Noter le nombre N de chocs nécessaires pour que les lèvres de la rainure se rejoignent sur une longueur d'environ 1 cm comme représenté sur la figure 7.

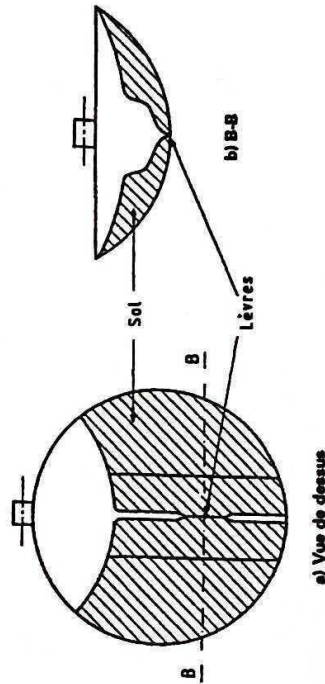


Figure 7 : fermeture de la rainure

La fermeture de la rainure doit se produire par affaissement de la pâte dans sa masse et non par glissement sur la paroi de la coupelle. La coupelle rugueuse décrite au paragraphe 5.2.1 a pour but d'éviter ce glissement. Elle doit être employée lorsque le phénomène se produit (avec les pâtes sableuses par exemple).

Si N est inférieur à 15, le processus est recommencé avec un matériau plus sec et homogénéisé à température inférieure à 50 °C.

Si N est supérieur à 35, l'opération est renouvelée sur un prélèvement de pâte auquel a été ajouté un peu d'eau distillée ou déminéralisée.

L'essai n'est poursuivi que lorsque N est compris entre 15 et 35.

Prélever dans la coupelle, à l'aide d'une spatule, environ 5 g de pâte, de chaque côté des lèvres de la rainure et au voisinage de l'endroit où elles se sont refermées, afin d'en déterminer le teneur en eau.

Le prélèvement est placé dans une capsule ou boîte de Pétri de masse connue et pesé immédiatement avant d'être introduit dans l'étuve pour dessiccation conformément à la norme NF P 94-050.

L'opération complète est effectuée au moins quatre fois sur la même pâte, mais avec une teneur en eau différente à chaque fois.

Les nombres de chocs de la série d'essais doivent encadrer 25 et l'écart entre deux valeurs consécutives doit être inférieur ou égal à 10.

5.3 Détermination de la limite de plasticité

Former une boulette à partir de la pâte préparée comme au paragraphe 5.1.

Rouler la boulette sur une plaque lisse, à la main ou éventuellement à l'aide d'une plaquette, de façon à obtenir un rouleau qui est aminci progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne 3 mm de diamètre.

La cadence du mouvement de la main doit être régulière.

L'amincissement du rouleau se fait de manière continue et sans effectuer de coupure dans le sens de sa longueur.

Le rouleau au moment où il atteint un diamètre de 3,0 mm ± 0,5 mm doit avoir environ 10 cm de longueur et ne doit pas être creux.

La limite de plasticité est obtenue lorsque, simultanément, le rouleau se fissure et que son diamètre atteint 3 mm ± 0,5 mm.

Si aucune fissure n'apparaît, le rouleau est reintégré à la boulette. La pâte est malaxée tout en étant séchée légèrement, éventuellement sous un flux d'air chaud à une température inférieure à 50 °C.

Reformer un nouveau rouleau.

Prélever, une fois les fissures apparues, la partie centrale du rouleau et la placer dans une capsule ou une boîte de Pétri de masse connue, la peser immédiatement et l'introduire dans l'étuve, afin de déterminer sa teneur en eau (norme NF P 94-050).

Effectuer un deuxième essai sur une nouvelle boulette.

6 Expression des résultats

6.1 Limite de liquidité

La limite de liquidité w_L est la teneur en eau du matériau qui correspond conventionnellement à une fermeture sur 1 cm des lèvres de la rainure après 25 chocs.

Elle est calculée à partir de l'équation de la droite moyenne ajustée sur les couples de valeurs expérimentales ($\lg N, w$).

Cette droite moyenne ne peut être déterminée sans un minimum de quatre points. La relation n'est acceptable que si l'écart de teneur en eau entre la valeur mesurée et la valeur calculée pour le même nombre de coups n'excède pas 3 %. S'il n'en est pas ainsi, refaire une mesure.

La limite w_L est obtenue pour une valeur N égale à 25. Elle est exprimée en pourcentage et arrondie au nombre entier le plus proche : l'intervalle d'arrondissement est de 1 (voir fascicule de documentation X 02-052).

6.2 Limite de plasticité

La limite de plasticité w_p est la teneur en eau conventionnelle d'un rouleau de sol qui se fissure au moment où son diamètre atteint 3,0 mm ± 0,5 mm.

w_p est la moyenne arithmétique des teneurs en eau obtenues à partir de deux essais. La valeur de la limite de plasticité est exprimée en pourcentage et l'intervalle d'arrondissement est de 1 (voir fascicule de documentation X 02-052).

Si les valeurs s'écartent de plus de 2 % de la valeur moyenne, un nouvel essai est à effectuer.

6.3 Indice de plasticité

I_p est la différence entre les valeurs des limites de liquidité et de plasticité.

$$I_p = w_L - w_p$$

7 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal contient les informations minimales suivantes :

- la référence à la présente norme NF P 94-051,
- la provenance de l'échantillon : site, sondage, profondeur, date et mode de prélèvement,
- le nom de la firme qui a réalisé l'essai, le numéro du dossier et la date de l'essai,
- la limite de liquidité, la limite de plasticité et l'indice de plasticité.

Les couples de valeur teneur en eau — nombre de chocs de la coupelle ne sont fournis que sur demande.

Un exemple de procès-verbal d'essai est donné figure 8.

8 Vérifications des instruments et moyens de mesure

Les instruments et moyens de mesure sont gérés conformément aux prescriptions établies par le Bureau National de Métrologie (BNM).

Le procès-verbal de vérification doit comporter :

- la date du dernier raccordement à l'étalon,
- l'identification de l'appareil et son emplacement,
- la température de la salle dans laquelle la vérification a été effectuée,
- le nom de l'organisme vérificateur,
- la date limite de validité fixée par l'organisme vérificateur.

Pour la balance, l'intervalle entre deux raccordements à l'étalon est déterminé en accord avec l'organisme vérificateur habilité ; il ne doit jamais excéder deux ans.

L'étuve doit être vérifiée tous les deux ans au plus.

La contrainte de rupture du bois bakérisé, constitutif du socle de l'appareil de Casagrande, est déterminée, sur une éprouvette cubique de 0,2 m de côté, par application d'un effort de compression dans la direction perpendiculaire aux couches de stratification.

Les dimensions de l'empreinte de la cavité provoquée par la chute de la coupelle sur le socle de l'appareil de Casagrande doivent être vérifiées régulièrement. L'appareil n'est plus normalisé lorsque le diamètre de l'empreinte est supérieur à 10 mm.

L'outil à rainurer est vérifié régulièrement. L'outil n'est plus normalisé si la largeur b de la base de la pointe est supérieure à 2,2 mm (figure 3).

9 Bibliographie

NF X 07-001 Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie.

NF X 07-010 Méthodologie — La fonction métrologique dans l'entreprise.

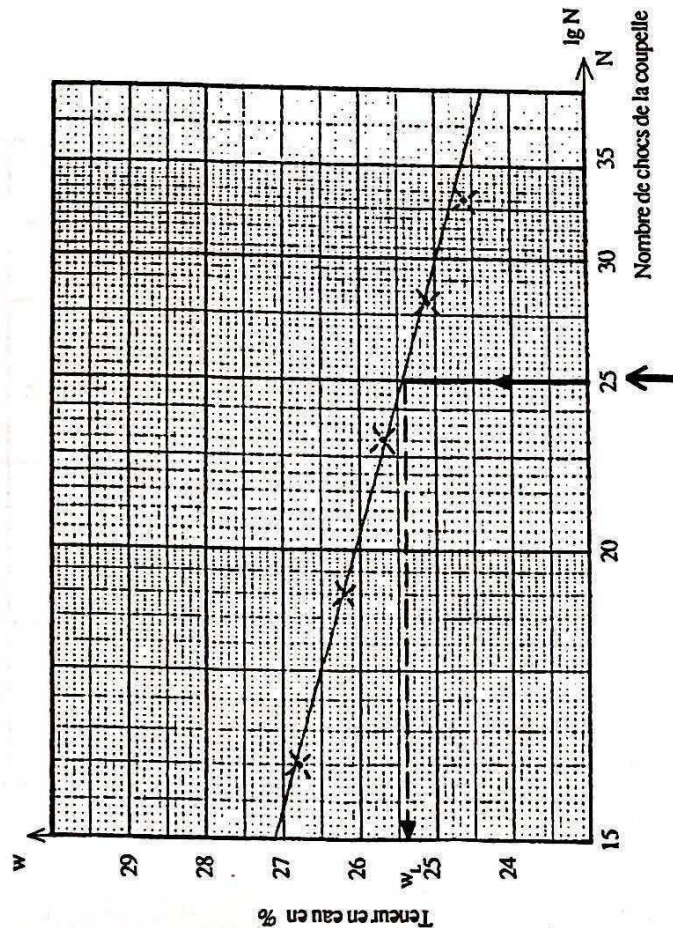
X 02-052 Règles d'arrondissement des nombres.

X 11-504 Tamis et tamisage — Tissus métalliques dans les tamis de contrôle — Exigences techniques et vérifications.

Tableau 1 : caractéristiques de l'appareil de Casagrande

Coupelle	Repère	Unité	Valeur	Tolérance
Axe	c_3 d	mm	12,0	$\pm 0,2$
		mm	56,0	$\pm 0,5$
		g	200	± 10
Diapason	c_1	mm	83,5	$\pm 0,5$
Rayon intérieur de la section droite	r_1	mm	54,0	$\pm 0,5$
Épaisseur coupelle	e_1	mm	2,0	$\pm 0,1$
Profondeur de coupelle	c_2	mm	27,0	$\pm 0,1$
Socle	L_1	mm	150	± 1
Longueur	L_2	mm	125	± 1
Largeur	h_1	mm	50,0	$\pm 0,5$
Hauteur		kg/m ³	$\geq 1\ 250$ et $\leq 1\ 300$	
Masse volumique		MPa	≥ 180 et ≤ 220	
Contrainte de rupture en compression	h_2 h_3	mm	60,0	$\pm 0,5$
		mm	40	± 1
Support coupelle		mm	10	0
Cale de contrôle épaisseur				-0,1

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI					
DÉTERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG					
Conformément à la norme NF P 94-051					
Firme : _____	Méthode de prélèvement : _____		Dossier n° : _____		
Site : _____	Date : _____		Sondage : _____		
	Profondeur : _____				
Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande					
Mesures n°	1	2	3	4	5
Nombre de coups	N				6
Teneur en eau (%)					



Teneur en eau de plasticité (%)	$w_p =$ _____	$w =$ _____	$w =$ _____	$w_p =$ _____
Limite de liquidité : $w_L =$ _____ %				
Limite de plasticité : $w_p =$ _____ %				
Teneur en eau du sol : $w =$ _____ %				
				Indice de consistance $I_c =$ _____

Figure 8 : procès-verbal d'essai — Exemple

Tableau 2 : caractéristiques géométriques de l'outil à rainurer

Repère	Unité	Valeur	Tolérance
i_1	mm	> 120	—
e_2	mm	1,6	$\pm 0,2$
l_2	mm	20,0	$\pm 0,2$
b_1	mm	2,0	$+ 0,02$ 0
b_2	mm	8,0	0 $- 0,02$
b_3	mm	11,0	$\pm 0,2$
l_3	mm	50,0	$\pm 0,2$
r_2	mm	1,6	$\pm 0,2$
r_3	mm	3,2	$\pm 0,2$

UNIVERSITE CONSTANTINE 1
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

LABORATOIRE DE RECHERCHE GEOTECHNIQUE	MASTER 1 SPECIALITE GEOTECHNIQUE	Année Universitaire 2018/2019
	Feuille d'essai de laboratoire	Lab/Sol
Dossier N°:	Equivalent de sable	Document de référence NF EN 933-8
Echantillon N°:		

Provenance du matériau :	Date de prélèvement:
Sondage N°:	Date d'essai:
Origine:	Profondeur:

Expression des résultats

Echantillon N°	01	02
Poids humide de la prise d'essai (mh) (g)		
Poids sec de la prise d'essai (ms) (g)		
Teneur en eau ($W = \frac{mh - ms}{ms}$) (%)		
Moyenne teneur en eau (W moy) (%)		
Hauteur du flocculat (h1) (cm)		
Hauteur du sable (visuelle) (h2) (cm)		
Hauteur du sable (piston) (h'2) (cm)		
Equivalent de sable visuel Esv ($Esv = \frac{h_2}{h_1} \times 100$) (%)		
Moyenne (Esv % moy) (%)		
Equivalent de sable piston Esp % ($Esp = \frac{h'_2}{h_1} \times 100$) (%)		
Moyenne (Esp % moy) (%)		

Mode opératoire

- 1- Déterminer la teneur en eau du matériau.
- 2- Tamiser le matériel ou le sable au tamis 4 mm.
- 3- Remplir les éprouvettes avec la solution jusqu'au premier trait.
- 4- Verser la quantité du sable m (g) qui est $m = \frac{120(100+W)}{100}$ en veillant à éliminer les bulles d'air.
- 5- laisser reposer 10 min.
- 6- Boucher les éprouvettes et les agiter: mouvement rectiligne et horizontale de 20 cm d'amplitude, 90 tours en 30 s.
- 7- Laver et remplir les éprouvettes, avec le tube laveur, pour cela rincer le bouchon au dessus de l'éprouvette faire descendre le tube laveur en le faisant tourner entre les doigts: on lave ainsi les parois intérieures de l'éprouvette. Laver le sable en faisant descendre et remonter l'entement le tube laveur dans la masse du sable pour faire remonter les particules fines dans la solution supérieur.
- 8- Sortir le tube laveur lorsque le niveau du liquide atteint le trait supérieur puis laisser reposer 20 min.
- 9- Mesurer à vue les hauteurs h₁ ; h₂.
- 10- Descendre lentement le piston taré dans le liquide à travers le flocculat, le manchon prenant appui sur le bord supérieur de l'éprouvette, et l'immobiliser au contact du sable. Mesurer h.

Observation:

norme européenne norme française

NF EN 933-8
Août 1999

Indices de classement : P 18-622-8

ICS : 91.100.15

Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats

Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable

E : Tests for geometrical properties of aggregates — Part 8: Assessment of fines — Sand equivalent test
D : Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen, Sandäquivalent-Verfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juillet 1999 pour prendre effet le 20 août 1999.

Est destinée à remplacer les normes expérimentales P 18-537, de décembre 1990 et P 18-536, d'octobre 1991 (voir avant-propos national).

Correspondance

La Norme européenne EN 933-8:1999 a le statut d'une norme française.

Analyse

La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination de l'équivalent de sable dans la fraction 0/2 mm des sables et des graves.

Elle s'applique également aux agrégats naturels.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : granulat, sable, essai, caractéristique, équivalent de sable, mode opératoire, contrôle de propreté.

Modifications

Par rapport au document remplacé, reprise de la norme européenne.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europa 82040 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. International : + 33 1 42 91 55 55

© AFNOR 1999

AFNOR 1999

1^{er} tirage 08-06-F

Granulats

BNSR GRA

Membres de la commission de normalisation

Président : M ROUDIER

Secrétariat : M GARNIER — BNSR

M	ALEXANDRE	CTPL
M	AUSSEDAT	UNPG
M	BENABEN	LRPC
M	BRESSON	CERIB
M	COQUILLAT	CEBTP
MME	DECREUSE	ATCG
M	DELANDE	LRPC
M	DELORT	LRPC
M	DESMOLIN	ATILH
M	DUPONT	SCREG EST
M	GAUSSORGUES	SETRA
M	GOOSSENS	AFNOR
M	GROSJEAN	UNPG
M	GUEGAN	UNM
MME	HAWTHORN	AFNOR
M	HUVELIN	ARENA
M	IMBERT	RMC
M	IRASTORZA	SNCF
M	JEANPIERRE	USIRF
M	MERSMAN	EDF
M	MISHELLANY	SURSCHISTE
M	MONACHON	LRPC
M	MORIN	CAMPENON BERNARD SCE
M	PAQUET	SNCF
M	PETITJEAN	EJL
M	PIKETTY	LAFARGE BETON ET GRANULATS
M	POINEAU	PIKEITTY FRÈRES
M	RELLIER	CSTB
M	ROUDIER	SETRA
M	ROUSSEL	EUROVIA
M	TAVANTI	LRPC
M	VERHEE	SNCF
M		USIRF



Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

- EN 932-2 : NF EN 932-2 (indice de classement : P 18-621-2)
- EN 932-5 : NF EN 932-5 (indice de classement : P 18-621-5) ¹⁾
- EN 1097-5 : NF EN 1097-5 (indice de classement : P 18-650-5) ¹⁾

Le règlement du Comité Européen de Normalisation (CEN) impose que les normes européennes adoptées par ses membres soient transformées en normes nationales au plus tard dans les 6 mois après leur ratification et que les normes nationales en contradiction soient annulées.

La présente norme européenne adoptée par le CEN le 19 février 1999 fait partie d'un ensemble de normes interdépendantes les unes des autres et dont certaines d'entre elles sont encore à l'étude.

C'est pourquoi le CEN a fixé une période de transition nécessaire à l'achèvement de cet ensemble de normes européennes, période durant laquelle les membres du CEN ont l'autorisation de maintenir leurs propres normes nationales adoptées antérieurement.

En conséquence, les normes expérimentales P 18-597, de décembre 1990 et P 18-598, d'octobre 1991 restent en vigueur jusqu'au 1^{er} décembre 2003, date à laquelle elles devront être annulées et à laquelle la norme NF EN 933-8 pourra prendre son plein effet avec l'ensemble des normes européennes qui l'accompagneront.

1) En préparation.

**NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD**

EN 933-8

Mars 1999

ICS : 91.100.15

Version française

**Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats —
Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable**

Prüfverfahren für geometrische
Eigenschaften von Gesteinskörnungen —
Teil 8: Beurteilung von Feinanteilen,
Sandäquivalent-Verfahren

Tests for geometrical properties of aggregates —
Part 8: Assessment of fines —
Sand equivalent test

Sommaire

	Page
Avant-propos	3
1 Domaine d'application	4
2 Références normatives	4
3 Termes et définitions	4
4 Principe	5
5 Réactifs	5
6 Appareillage	5
7 Préparation des prises d'essai	10
8 Mode opératoire	10
9 Calcul et expression des résultats	12
10 Rapport d'essai	12
Annexe A (normative) Mode opératoire de détermination de l'équivalent de sable de la fraction 0/4 mm	13
Annexe B (informative) Exemple de feuille d'essai	14

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 19 février 1999.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

© CEN 1999 Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN 933-8:1999 F

Avant-propos

Le présent document a été préparé par le CEN/TC 154 «Granulats».

Le présent document doit être mis en application au niveau national, soit par publication d'un texte identique, soit par enrênement, au plus tard en septembre 1999 et les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en décembre 2003.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les Instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre ce document en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

La présente norme européenne fait partie d'une série de normes contenant les essais relatifs aux caractéristiques géométriques des granulats. Les méthodes d'essai des autres caractéristiques des granulats font l'objet des parties suivantes des normes européennes suivantes :

EN 932, Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats

EN 1097, Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats

EN 1367, Essais pour déterminer les propriétés thermiques et l'altérabilité des granulats

EN 1744, Essais pour déterminer les propriétés chimiques des granulats

Une norme européenne portant le titre «Essais pour les filiers utilisés dans les enrobés» est en cours d'élaboration.

Les autres parties de l'EN 933 seront les suivantes :

Partie 1 : Détermination de la granulométrie — Analyse granulométrique par tamisage

Partie 2 : Détermination de la granulométrie — Tamis de contrôle, dimensions nominales des ouvertures

Partie 3 : Détermination de la forme des granulats — Coefficient d'aplatissement

Partie 4 : Détermination de la forme des grains — Indice de forme

Partie 5 : Détermination du pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons

Partie 6 : Évaluation des caractéristiques de surface — Coefficient d'écoulement des granulats

Partie 7 : Détermination de la teneur en éléments coquilliers — Pourcentage de coquilles dans les gravillons

Partie 9 : Essai sur les fines — Essai au bleu de méthylène

Partie 10 : Détermination des fines — Granularité des filiers (tamisage au jet d'air)

1 Domaine d'application

La présente norme européenne spécifie une méthode de détermination de l'équivalent de sable dans la fraction 0/2 mm des sables et des graves. Elle s'applique également aux agrégats naturels.

2 Références normatives

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN 932-2, Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats — Partie 2 : Méthodes de réduction d'un échantillon de laboratoire.

prEN 932-5, Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats — Partie 5 : Équipement commun et étalonnage.

EN 1097-5, Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats — Partie 5 : Détermination de la teneur en eau par séchage en étuve ventilée.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 échantillon de laboratoire
Échantillon destiné aux essais en laboratoire

3.2 prise d'essai
Échantillon utilisé intégralement pour un essai

3.3 éprouvette
Quand une méthode d'essai nécessite plus d'une mesure de la propriété, échantillon utilisé pour une mesure.

3.4 fines
Fraction granulométrique d'un granulat qui passe au tamis de 0,063 mm.

3.5 granulat élémentaire
Partie d'un granulat passant à travers le plus grand de deux tamis et retenue sur le plus petit ; la limite inférieure peut être zéro.

4 Principe

Verser une prise d'essai de sable et une petite quantité de solution floculante dans un cylindre gradué et agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de la prise d'essai. «Rinçuer» alors le sable en utilisant le reste de solution floculante afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, calculer l'équivalent de sable (SE) comme la hauteur de sédiment, exprimée en pourcentage de la hauteur totale de matériau floculé dans le cylindre.

5 Réactifs

5.1 Solution concentrée, composée des éléments suivants :

- chlorure de calcium cristallin, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ou chlorure de calcium anhydre, CaCl_2 ;
- glycérine à 99 % de glycérol, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- formaldéhyde en solution, 40 % en volume, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- eau distillée ou déminéralisée.

Dissoudre (219 ± 2) g de chlorure de calcium cristallin dans (350 ± 50) ml d'eau distillée ou déminéralisée, laisser refroidir à température ambiante et si nécessaire, filtrer à l'aide d'un papier à filtrer à grosses ou moyennes mailles. Ajouter (480 ± 5) g de glycérine et (12,5 ± 0,5) g de formaldéhyde en solution et diluer à 1 l de solution avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Mélanger vigoureusement.

NOTE 1 219 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ équivalent à 111 g de chlorure de calcium anhydre CaCl_2 .

NOTE 2 Il est recommandé de stocker la solution concentrée à l'abri de la lumière dans des flacons en verre ou en plastique contenant (125 ± 1) ml.

5.2 Solution lavante, préparée en diluant (125 ± 1) ml de solution concentrée (voir 5.1) à (5,00 ± 0,01) l avec de l'eau distillée ou déminéralisée.

NOTE Lors de la préparation de la solution lavante, il convient tout d'abord d'agiter vigoureusement la solution concentrée puis de rincer le récipient qui la contenait à plusieurs reprises avec de l'eau distillée ou déminéralisée, en versant l'eau de rinçage dans le flacon de 5 l avant de diluer le contenu de ce dernier à 5 l.

La solution lavante ne doit pas être utilisée plus de 28 jours après sa préparation ou si elle est trouble ou si un précipité ou de la moisissure apparaissent.

6 Appareillage

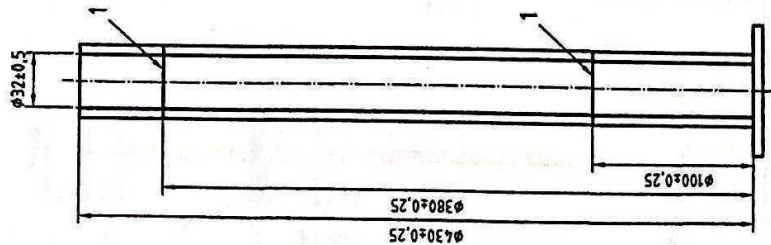
6.1 Sauf indication contraire, tout l'appareillage doit être conforme aux exigences générales du prEN 932-5.

6.2 Deux cylindres gradués, en verre ou en plastique transparent (voir figure 1) munis d'un bouchon en caoutchouc et ayant les dimensions suivantes :

- épaisseur de paroi d'environ 3 mm ;
- diamètre intérieur de (32,0 ± 0,5) mm ;
- hauteur de (430,00 ± 0,25) mm.

Ces deux positions doivent être clairement indiquées sur le cylindre :

- à (100,00 ± 0,25) mm de la base ; et
- à (380,00 ± 0,25) mm de la base.



1 Cercle repère

Figure 1 — Cylindre gradué

6.3 Ensemble du piston d'essai. (voir figure 2) comprenant :

- une tige de $(440,00 \pm 0,25)$ mm de longueur ;
- une embase de $(25,0 \pm 0,1)$ mm de diamètre, dont la surface inférieure est plate, lisse et perpendiculaire à l'axe de la tige et qui comporte latéralement trois vis de centrage du piston dans le cylindre, avec un léger jeu ;
- un manchon, de $(10,0 \pm 0,1)$ mm d'épaisseur, qui s'adapte sur le cylindre gradué et permet de guider la tige, en même temps qu'il sert à repérer l'enfoncement du piston d'essai dans le cylindre. Ce manchon doit être muni d'une vis qui permet de le bloquer sur la tige du piston d'essai. Il doit également être doté d'une encoche pour le passage du réglet ;
- un poids fixé à l'extrémité supérieure de la tige pour donner à l'ensemble du piston d'essai, hormis le manchon, une masse totale de $(1,00 \pm 0,01)$ kg.

Les parties immergées de l'ensemble du piston doivent être en métal inoxydable.

NOTE Avant la première utilisation d'un piston d'essai ou d'un cylindre gradué, il convient de placer l'ensemble du piston dans le cylindre vide. Le manchon reposant sur le bord du cylindre, il convient que le jeu entre la surface supérieure du manchon et la surface inférieure de la tête du piston ne dépasse pas 0,5 mm. Si ce jeu est supérieur à 0,5 mm ou si l'embase ne touche pas le fond du cylindre, il convient de ne pas utiliser cette combinaison de piston d'essai et cylindre gradué.

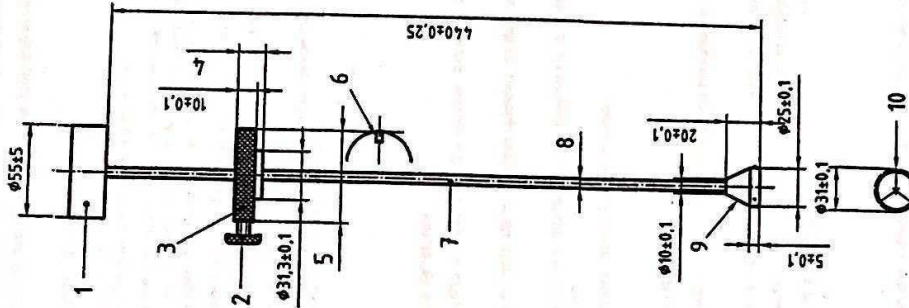
6.4 Chronomètre(s), lisible(s) à 1 s près.**6.5 Réglet** de 500 mm, gradué en millimètres.**6.6 Tamis** de contrôle, à mailles carrées de 2 mm et, si nécessaire un tamis de sécurité.**6.7 Brosse** à tamis**6.8 Spatule****6.9 Tube laveur**, (voir figure 3), composé d'un tube rigide en métal inoxydable ayant les dimensions suivantes :

- diamètre extérieur de $(6,0 \pm 0,5)$ mm ;
- diamètre intérieur de $(4,0 \pm 0,2)$ mm ;
- longueur approximative de 500 mm.

Le tube laveur doit être muni d'un robinet à la partie supérieure. Le fond du tube (voir figure 4) doit être conique, en métal inoxydable, et être doté d'un embout fileté (vis). Chaque face du cône doit être percée diamétralement d'un trou de $(1 \pm 0,1)$ mm de diamètre.

6.10 Flacon, en verre ou en plastique transparent, d'une contenance de 5 l, muni d'un système de siphon, dont le fond est placé à environ 1 m de la table de travail.**6.11 Tube en caoutchouc ou en plastique**, d'une longueur approximative de 1,50 m, et de diamètre interne approximatif de 5 mm, reliant le tube laveur au siphon.**6.12 Entonnoir**, permettant de transvaser la prise d'essai dans le cylindre gradué (voir figure 5).

Dimensions en millimètres



- 1 Tête de piston dont les dimensions sont telles que l'ensemble du piston, hormis le manchon et sa vis de serrage, pèse $(1 \pm 0,01)$ kg
- 2 Vis de serrage
- 3 Manchon
- 4 15 environ
- 5 \varnothing 60 environ
- 6 Encoche du réglet
- 7 Tige
- 8 \varnothing 6 environ
- 9 Embase
- 10 3 guides

Figure 2 — Piston d'essai

Dimensions en millimètres

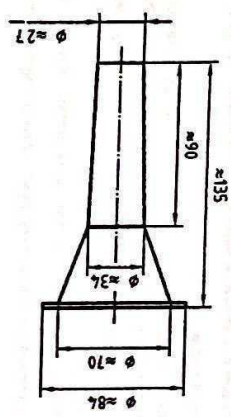


Figure 5 — Entonnoir

Figure 4 — Détail de l'extrémité d'un tube laveur

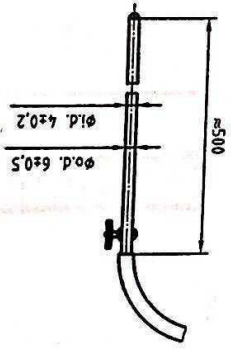
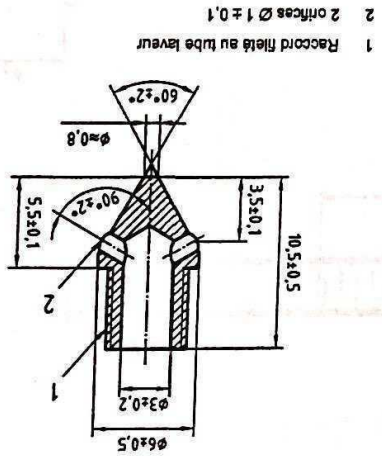


Figure 3 — Tube laveur

- 6.13 Machine d'agitation, capable d'imprimer au cylindre un mouvement horizontal, rectiligne, périodique et sinusoidal de (200 ± 10) mm d'amplitude, et de période d'un tiers de seconde.
- 6.14 Thermomètre, d'une précision de 1°C .
- 6.15 Balance, d'une précision de $0,1\%$ de la masse à peser.
- 6.16 Papier à filtrer, à moyennes ou grosses mailles.

7 Préparation des prises d'essai
 L'échantillon de laboratoire doit être réduit conformément à l'EN 932-2 afin d'obtenir une prise d'essai. L'essai doit être réalisé sur la fraction 0/2 mm à une teneur en humidité inférieure à 2 % et à une température de $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$.

La prise d'essai ne doit pas être séchée dans une étuve.
 NOTE 1 Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire de réduire ou d'augmenter la teneur en humidité naturelle afin d'obtenir une prise d'essai dont l'humidité est comprise entre 0 % et 2 %.
 NOTE 2 Si la prise d'essai est prélevée sur un granulat grave, il convient que l'échantillon de laboratoire soit tamisé à une teneur en humidité inférieure à 2 % sur un tamis de mailles de 2 mm protégé par un tamis de sécurité, en utilisant une brosse à tamis afin de garantir un partage efficace et de recueillir toutes les particules dans la fraction 0/2 mm.
 La prise d'essai doit être réduite conformément à l'EN 932-2 afin d'obtenir deux éprouvettes.
 La masse de chaque prise d'essai doit être égale à $\frac{100}{120(100 + w)}$ g (au gramme près) où w est la teneur en humidité du sable (pourcentage en masse sèche).

NOTE Si nécessaire, il convient que la teneur en humidité de la fraction 0/2 mm soit déterminée séparément par un séchage en étuve à $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ conformément au PREN 1087-5.

8 Mode opératoire

8.1 Remplissage des cylindres gradués

Siphonner la solution lavante (5.2) dans chaque cylindre gradué, jusqu'au trait repère inférieur figurant sur le cylindre.
 A l'aide de l'entonnoir, verser une éprouvette dans chaque cylindre gradué, en maintenant le cylindre dans une position verticale.
 Taper le fond de chaque cylindre à plusieurs reprises sur la paume de la main afin de déloger les bulles d'air et de favoriser le mouillage de l'éprouvette.
 Laisser reposer pendant (10 ± 1) min pour humidifier l'éprouvette.

8.2 Agitation des cylindres gradués

A la fin de cette période de 10 min, boucher un cylindre à l'aide du bouchon en caoutchouc, puis fixer ce cylindre sur la machine d'agitation.
 Agiter le cylindre pendant (30 ± 1) s puis remplacer le cylindre sur la table de travail dans la position verticale.
 NOTE Il convient que le temps d'agitation corresponde à (90 ± 3) cycles en utilisant l'appareil spécifié en 6.13. Répéter le processus d'agitation avec le second cylindre.

8.3 Lavage

Oter le bouchon en caoutchouc de l'un des cylindres gradués et le rincer au-dessus du cylindre gradué avec la solution lavante, en s'assurant que tout le matériau retombe dans le cylindre.
 En descendant le tube laveur dans le cylindre, rincer tout d'abord les parois du cylindre avec la solution lavante, puis enfoncer le tube de façon à ce qu'il traverse le sédiment au fond du cylindre.
 Maintenir le cylindre en position verticale tout en laissant la solution lavante agir le contenu et en favorisant la remontée des fines et des éléments argileux.
 Ensuite, tout en faisant subir au cylindre un lent mouvement de rotation, remonter lentement et régulièrement le tube laveur.
 Quand le niveau de liquide avoisine le trait repère supérieur gravé sur le cylindre, relever lentement le tube laveur et réguler le flux de façon à maintenir le liquide au niveau du trait repère supérieur jusqu'à ce que le tube soit complètement retiré et le flux interrompu.
 Lancer le chronométrage du temps de repos au moment du retrait du tube laveur.
 Répéter le mode opératoire de lavage avec le second cylindre.

Si les deux valeurs obtenues diffèrent de plus de 4, le mode opératoire du essai doit être répété.
Calculer l'équivalent de sable (SE) comme la moyenne des rapports $(h_2/h_1) \times 100$ obtenus sur chaque cylindre et enregistrer au nombre entier le plus proche.

10 Rapport d'essai

10.1 Informations exigées

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

- la référence à la présente norme européenne ;
- l'identification du laboratoire d'essai ;
- l'identification de l'échantillon ;
- les valeurs de SE au nombre entier le plus proche ;
- la date de réception de l'échantillon ;
- le certificat de l'échantillon, si disponible.

10.2 Informations facultatives

Le rapport d'essai peut contenir les informations suivantes :

- le nom et la provenance de l'origine de l'échantillon ;
- la description du matériau et de l'échantillonnage ainsi que du mode opératoire de réduction de l'échantillon ;
- les masses des prises d'essai ;
- la teneur en humidité de la prise d'essai ;
- la date de l'essai.

Leau supérieur du flocculat par rapport

de l'embâse reposé sur le sédiment.

à l'ige du piston, entre en contact avec le

inférieure de la tête du piston et la
nchon (voir figure 6).

ond cylindre.



Annexe A
(normative)

**Mode opératoire de détermination
de l'équivalent de sable de la fraction 0/4 mm**

- A.1 Préparer les prises d'essai et les éprouvettes comme spécifié à l'article 7, mais en utilisant la fraction 0/4 mm à une teneur en humidité inférieure à 8 %.
- A.2 Suivre le mode opératoire d'essai spécifié à l'article 8 et enregistrer les hauteurs h_1 et h_2 dans chaque cylindre gradué.
- A.3 Calculer l'équivalent de sable (SE_s) comme la moyenne des rapports $(h_2/h_1) \times 100$ obtenus sur chaque cylindre et enregistrer la valeur au nombre entier le plus proche.
- A.4 Les rapports d'essai doivent inclure les informations pertinentes conformément à l'article 10 en remplaçant SE_s par l'équivalent de sable donné à l'article 10.

Annexe B
(informative)
Exemple de feuille d'essai

EN 933-8	Laboratoire :
Identification de l'échantillon :	Date :
	Opérateur :

	Première éprouvette	Deuxième éprouvette
Masse de l'éprouvette (grammes)		
h_1 (millimètres)		
h_2 (millimètres)		
$100 \times (h_2/h_1)$ (enregistré à un chiffre après la virgule)		
NOTE Il convient que les valeurs de $100 (h_2/h_1)$ pour les deux éprouvettes ne diffèrent pas de plus de 4.		

Équivalent de sable (SE) – moyenne de 100 (h_2/h_1) pour les deux éprouvettes

SE = (au nombre entier le plus proche)