

PROPRIETES PHYSIQUES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

TP N° 03

1. DETERMINATION DE LA PROPRETE DES SABLES (EQUIVALENT DE SABLE)

1.1 Normes

- **Europe : Norme EN 933-8 : 1999** - *Tests for geometrical properties of aggregates — Part 8: Assessment of fines — Sand equivalent test*, Directive 89/106/EEC, corpus technique CEN/TC 154, ratifiée le 19 février 1999.
- **France : Norme NF EN 933-8 : 1999** - *Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 8 : Évaluation des fines — Équivalent de sable*, Paris, Association Française de Normalisation (AFNOR), août 1999. remplace les normes expérimentales françaises P. 18-597, (1990) et P. 18-598, (1991).

1.2 Introduction

Les sables utilisés dans différents domaines ne sont pas tous propres, ils contiennent plusieurs impuretés (éléments fins et des fines argileuses) adhérentes à la surface des grains. Il est démontré dans la pratique que ces impuretés agissent de manière défavorable sur les qualités mécaniques et de comportement, des bétons et des matériaux de chaussées.

Cette proportion relative d'impureté doit être limitée dans les granulats et en particulier dans le sable pour lequel on effectue l'essai de propreté appelé "équivalent de sable". Cet essai consiste à faire flocculer, dans des conditions normalisées de temps, d'agitation et avec une solution spéciale, les impuretés du sable.

1.3 Définition

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en génie civil et en géotechnique, caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur. On parle « d'essai d'équivalent de sable piston » ou, plus simplement, d'essai d'équivalent de sable »

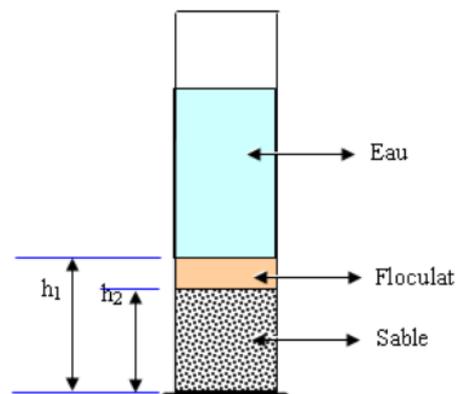
1.4 But de TP

Cet essai a pour but de caractériser la présence d'éléments fins dans un sable par une valeur numérique :

- 1- Mesurer la propreté des sables.
- 2- L'essai consiste à séparer les floccules fins contenues dans le sable.
- 3- Déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci selon une procédure normalisée.

1.5 Principe

L'essai consiste à laver l'échantillon (passé au tamis de 4 mm) dans des conditions normalisées et laisser reposer. Il rend compte globalement de la quantité d'éléments fins en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.



1.6 Appareillage et matériels utilisés

Les éléments d'appareillage principaux sont deux éprouvettes graduées, dans lesquels sera répété de manière similaire l'essai, un piston avec un poids bien défini, et un agitateur automatique.

Les éprouvettes sont en verre ou en plastique transparent, de hauteur 40 cm, munies d'un bouchon en caoutchouc et graduées.

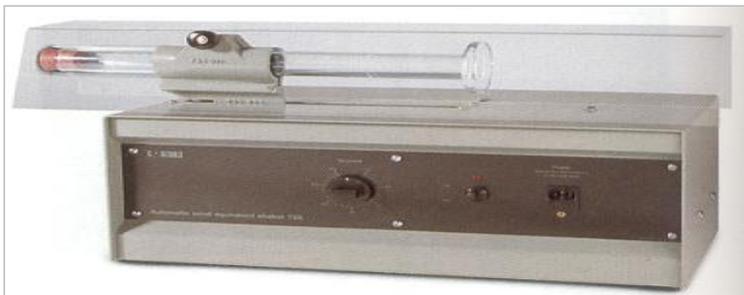
Le piston mesureur est composé de :

- Une tige de 43 cm de longueur ;
- Une embase de 2,5 cm 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 ;
- Un manchon, de (1 cm) 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.
- 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 kg).
- Un tube laveur est également utilisé. De longueur (50 cm) et de diamètre intérieur (4 mm), il permettra de faire circuler la solution lavante dans l'échantillon à tester.

Et aussi le matériel d'usage courant non spécialisé peuvent être utilisés comme : Règle de mesure, tamis, spatule, récipients divers, balance, chronomètre etc...

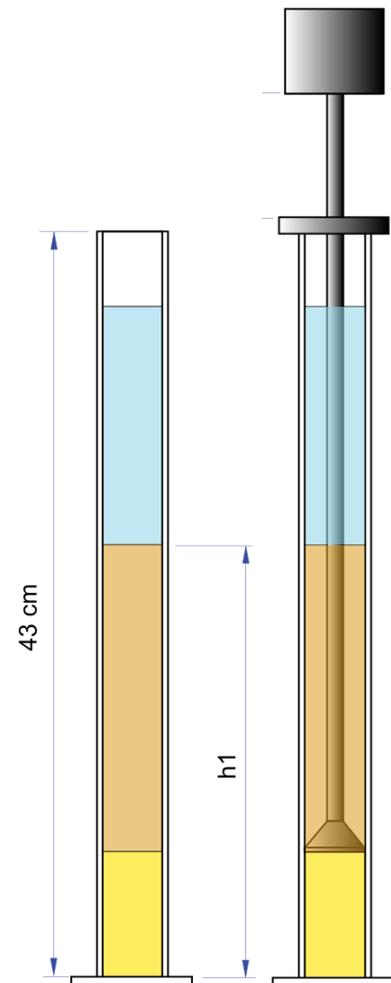


- Eprouvettes en plastique (verre) normalisées "avec deux (2) traits de repères" équipées de deux bouchons.
- Piston taré normalisé
- Tube laveur, Entonnoir
- Bonbonne de 5 litres, avec piston et tube souple de 1,50 m environ



Machine agitatrice électrique

Appareillage pour l'essai d'équivalent de sable



1.7 Matériaux et produits utilisés

- Echantillon de sable
- Solution lavante.

1.7.1 Echantillon de sable

L'essai doit être réalisé sur la fraction 0/5 mm à une teneur en humidité inférieure à 2 % et à une température de 23 °C. étant la teneur en humidité du sable (pourcentage en masse sèche), la masse de chaque éprouvette doit être égale à en (grammes):

1.7.2 Solution lavante (Réactifs)

Lors de l'essai, le lavage à l'eau ne donnerait pas des résultats précis. On utilise donc une solution spéciale qui fait flocculer les éléments fins et en régularise la sédimentation. Cependant, il est possible de remplacer la solution lavante par une solution à base de l'eau de javel.

La solution flocculante est composée, pour une quantité de **un litre** de solution, de :

- ✓ 111 g \pm 1 g de chlorure de calcium,
- ✓ 480 g \pm 5 g de glycérine,
- ✓ 12 à 13 g de solution aqueuse de formaldéhyde.
- ✓ 350 ml eau distillée ou déminéralisée.

L'opérateur dissout le chlorure de calcium cristallin dans les (350 ml) d'eau distillée ou déminéralisée. Il laisse refroidir à température ambiante et, si nécessaire, il filtre à l'aide d'un papier à filtrer à grosses ou moyennes mailles. Il ajoute la glycérine et le formaldéhyde en solution et dilue à (1 l) de solution avec de l'eau distillée ou déminéralisée, puis il mélange vigoureusement.

Une solution lavante, obtenue en diluant (125 ml) de solution concentrée (déjà préparée) dans (5 l) avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Cette solution peut être conservée entre 2 à 4 semaines.

1.8 Mode opératoire

1.8.1 Préparation du matériel d'essai

- Tamiser le sable au tamis de 4 mm, éliminer le refus, et recueillir tout le tamisât.
- Disposer la bonbonne contenant les 5 litres de solution lavante à (1 m) au-dessus du fond des éprouvettes ;
- Amorcer le dispositif si phonique et le relier au tube laveur ;
- Préparer deux éprouvettes normalisées propres ;
- Remplir les deux éprouvettes de solution lavante jusqu'au 1^{er} repère (trait inférieur).

1.8.2 Remplissage, agitation et lavage

- Remplir les éprouvettes graduées d'une solution lavante jusqu'au premier trait repère inférieur.
- Verser la quantité 120 g de sable sec, à l'aide d'un entonnoir, dans l'éprouvette. Si on ne dispose pas de sable sec (séché à l'étuve réglé à $105 \pm 5^\circ\text{C}$ pendant 24 heures), déterminer la teneur en eau (w) et prendre une quantité de sable humide correspondant à 120 g de sable sec, c'est-à-dire : $120(1 + w)$ (en g) .
- Éliminer les bulles d'air (frapper contre la paume de la main).
- Laisser reposer 10 min pour humidifier l'éprouvette.
- Boucher les éprouvettes, et procède à l'agitation de chaque éprouvette pendant 30 secondes à l'aide d'une machine agitatrice électrique (mouvement rectiligne, horizontal, sinusoïdal, 20 cm d'amplitude, 90 aller et retours).
- Laver et remplir les éprouvettes en position verticale, avec le tube laveur:
 - 1/ Rincer le bouchon au-dessus de l'éprouvette.
 - 2/ Faire descendre le tube laveur dans l'éprouvette de façon qu'il traverse le sédiment au fond du cylindre, en le faisant tourner entre les doigts, on lave ainsi les parois intérieures de l'éprouvette.
 - 3/ Laver le sable, pour cela; descendre et remonter lentement le tube laveur que l'on tourne entre les doigts dans la masse du sable, on fait aussi remonter les particules fines et des éléments argileux.

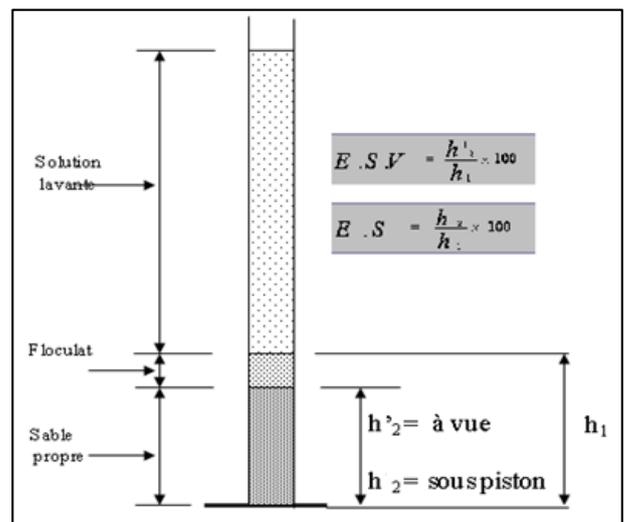
4/ Sortir le tube laveur lentement lorsque le niveau du liquide atteint le trait supérieur.

- Laisser chaque éprouvette reposer 20 min, en évitant toute vibration.

1.8.3 Mesurages et résultats

- Noter la température au degré près (l'essai variant en fonction de la température, celle-ci devrait être égale à 20°C).
- A l'aide du régle, prendre les mesures des hauteurs (h_1), (h_2) et (h'_2) de chaque éprouvette ; qui doit être réalisées par deux types de mesure :
 1. Mesure visuelle avec une règle de mesure, au millimètre près, (h_1) et (h'_2)
 2. Mesure avec un piston : Descendre lentement le piston taré dans le liquide à travers le floculat, le manchon prenant appui sur le bord supérieur de l'éprouvette ; l'immobiliser au contact du sable; mesurer (h_2) au millimètre près.

- Hauteur (h_1) : sable propre + éléments fins.
- Hauteur (h_2) : sable propre seulement (a vue).
- Hauteur (h'_2) : sable propre seulement (au piston).



L'équivalent de sable est calculé par les formules :

- Equivalent de sable visuelle :

$$ESV(\%) = \frac{h'_2}{h_1} \times 100$$

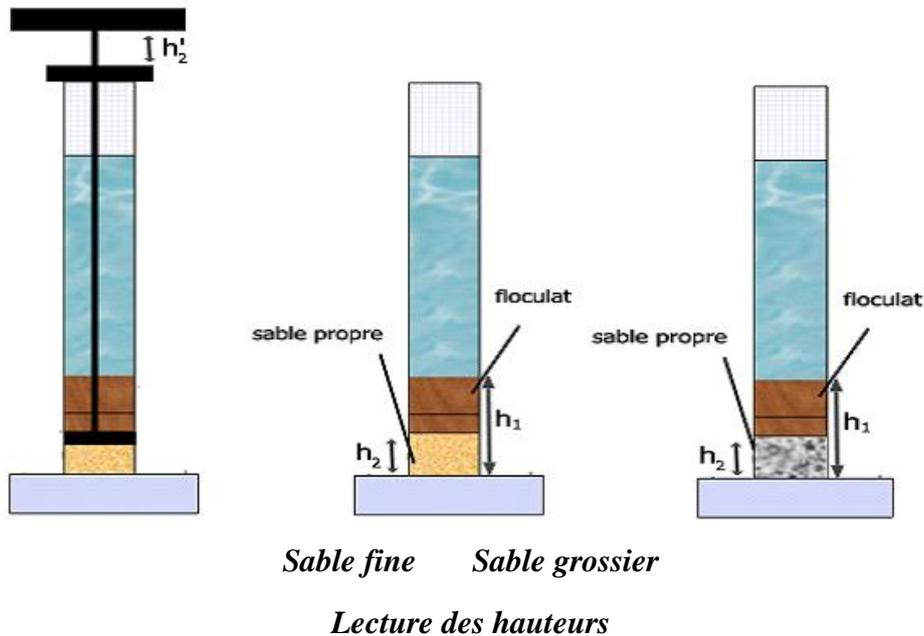
- Equivalent de sable visuelle :

$$ES(\%) = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

Remarques :

Ce calcul est fait pour chacune des éprouvettes. Si les deux valeurs obtenues diffèrent de plus de (4), le mode opératoire d'essai doit être répété.

L'équivalent de sable (ES) de l'échantillon testé est la moyenne des valeurs obtenues pour chaque éprouvette, arrondie au nombre entier le plus proche.



1.9 Préconisations

Les préconisations en matière de propreté pour les sables utilisés dans les bétons sont données par le tableau suivant :

Tableau des valeurs préconisées pour l'équivalent de sable

ES au piston (%)	ESV a vue (%)	Nature et qualité du sable
ES < 60	ES < 65	Sable argileux - Risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
60 ≤ ES < 70	65 ≤ ES < 75	Sable légèrement argileux - de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait
70 ≤ ES < 80	75 ≤ ES < 85	Sable propre - à faible pourcentage de fines argileuses Convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ES > 80	ES > 85	Sable très propre - l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

En ce qui concerne le béton routier, qu'il s'agisse d'un béton balayé, strié, imprimé, désactivé ou bouchardé, les préconisations sont les suivantes: (**SE > 60**).

1.9.1 Pour sable fine

$75 \leq ESV \leq 85$ donc en dire que le sable est propre

$60 \leq ES \leq 70$ donc en dire que le sable est argileux

1.9.2 Pour sable grossier

$ESV \geq 85$ donc en dire que le sable est très propre

$ES \geq 80$ donc en dire que le sable est très propre

Exemple de mesure de la propreté du sable



Étapes d'essais d'équivalent de sable

Les résultats de quelques essais concernant l'équivalent de sable sont représentés dans les tableaux suivants :

	Sable grossier	Sable fine
Hauteur de la colonne h_1 (mm)	88	113
Hauteur du sable h_2 a vue (mm)	76	86
Hauteur du sable h_2' au piston (mm)	71	53
Hauteur équivalente sable (a vue) ESV (%)	86,36	75,22
Hauteur équivalente sable (au piston) ES (%)	80,68	47,78

	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai
Hauteur de la colonne h_1 (cm)	14,1	13,4	13,2
Hauteur du sable h_2 a vue (cm)	9,3	9,7	10,1
Hauteur du sable h_2 au piston (cm)	6,5	5,8	4,9
Hauteur équivalente sable (a vue) ESV (%)	65,95	72,38	76,51
Hauteur équivalente sable (au piston) ES (%)	46,09	43,28	37,12
ESV (Moyenne visuel) %	71,61		
ES (Moyenne piston) %	42,16		

1.10 Travail demandé

- 1/ Effectuer l'essai selon les étapes du mode opératoire.
- 2/ Calculer l'équivalent de sable (ES) et l'équivalent de sable visuel (ESV)
- 3/ D'après les valeurs préconisées, de quelle catégorie est classé le sable étudié.

Fiche N° :

Equivalent de sable

Norme : EN 933-8 : 1999

Laboratoire : de Génie civil (UBMA)	
Désignation de l'Echantillon : Sable 0/4,	Date : 20/02/2020
Opérateur : Nom et prénom	
Provenance (Origine): Oued El Aneb – Annaba	
Chantier : 100 Logements à Draa Erriche	
Masse de l'échantillon initiale sèche (g)	ρ_{abs} = 2,61 g/cm ³

N° d'Essai	h_1	h'_2	h_2	ESV(%)	ES(%)
Essai 1					
Essai 2					
Essai 3					
Moyenne					

Interprétation des résultats et Conclusion

D'après les valeurs préconisées pour l'équivalent de sable et les résultats obtenus au cours de l'essai.