

Parmi les matériaux granulaires utilisés en traitement d'eau, le sable est le média le plus couramment mis en oeuvre, qu'il s'agisse de production d'eau destinée à la consommation humaine, d'eaux de piscine, d'eaux pour utilisations industrielles, ou de filtration d'eaux issues de stations d'épuration en traitement tertiaire. Le sable doit répondre à certaines exigences afin d'être apte à la filtration. Il convient de plus de connaître ses caractéristiques afin de choisir le sable le mieux adapté à l'application pour laquelle il est destiné.

RÉGLEMENTATION ET NORMES

Le sable fait partie de la liste A2 – supports minéraux (sables et graviers à base de silice) de la circulaire DG5/VS4 n°2000-166 du 28/03/00 de la Direction générale de la santé, relative aux produits de procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine. Les spécifications relatives au sable utilisé pour cette application sont définies dans la norme NF EN 12904 de décembre 1999. D'autres normes sont également applicables au sable de filtration :

- o EN 12901 : Matériaux inorganiques de filtration et de support – Définitions ;
- o EN 12902 : Matériaux inorganiques de filtration et de support – Méthodes d'essai.

CARACTÉRISATION DU SABLE DE FILTRATION

Origine

Le sable peut être extrait de rivières ou provenir de régions côtières (galets broyés).

Préparation et forme des grains

Préparation :

- o sable de rivière : lavage → séchage → dépoussiérage → tamisages successifs ;
- o sable de mer : lavage → concassage → séchage → dépoussiérage → tamisages successifs.

Forme des grains :

- o ronde, pour les sables de rivières roulés ;
- o anguleuse, pour les matériaux concassés.

A taille effective égale, l'augmentation de la perte de charge au travers d'un lit filtrant est légèrement plus importante avec des grains ronds qu'avec des grains anguleux, car ces derniers s'imbriquent moins bien que les premiers, d'où des sections de passage plus importantes. On en déduit que pour une même taille effective, la qualité de l'eau filtrée peut être meilleure avec un lit constitué de grains ronds.

Composition chimique

COMPOSITION CHIMIQUE		COMPOSITION MINÉRALOGIQUE	
SiO ₂	87,00 %	Dutile (oxyde de titane)	0,02 %
Al ₂ O ₃	6,61 %	Chlorite	0,47 %
CaO	0,11 %	Gypse	0,06 %
MgO	0,07 %	Mica	3,45 %
Fe ₂ O ₃	0,45 %	Feldspath (aluminosilicate)	28,19 %
Na ₂ O	1,10 %	Quartz	66,87 %
K ₂ O	3,51 %		
SO ₃	0,03 %		

Tableau 1

La teneur en silice doit être la plus élevée possible et en tout cas supérieure à 80% (m/m)*. La perte de masse dans l'acide chlorhydrique en solution à 20% (m/m) doit être au maximum de 2% (m/m) en 24 h, surtout afin de ne pas entraîner de pertes dans le cas où l'eau à traiter est agressive. Le tableau 1 donne les compositions chimique et minéralogique représentatives d'un sable de type 2 (teneur en silice minimum de 80%) :

Courbe de répartition granulométrique

La courbe de répartition granulométrique (figure 1) est obtenue en faisant passer l'échantillon de sable à travers une série de tamis normalisés, puis en mesurant la masse retenue sur chacun d'eux et en calculant la masse de matériau qui a traversé chaque tamis, en exprimant le résultat en pourcentage de la masse totale de l'échantillon analysé. L'analyse s'effectue en suivant les recommandations de la norme française NF X 45-101.

La répartition granulométrique permet de déduire deux valeurs caractérisant le sable :

- o la taille effective, *d10*, correspondant à l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 10% (m/m) des grains ;
- o le coefficient d'uniformité, *U*, qui est le rapport de l'ouverture de maille de tamis qui permet le passage de 60% (m/m) des grains, à l'ouverture de maille de tamis permettant le passage de 10% (m/m) des grains : $U = d60/d10$.

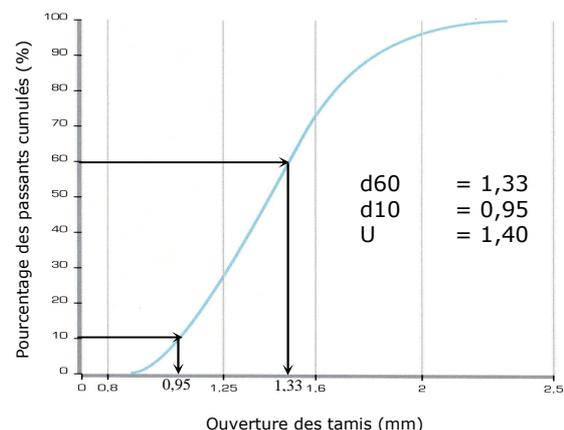


Figure 1

APPLICATION	TE d10 (mm)
Eaux de piscine	0,55
Filtres bi-couche anthracite-sable	0,75
Eau destinée à la consommation humaine	0,95
Traitement tertiaire d'eaux usées urbaines	1,35

Tableau 2

Le coefficient d'uniformité U doit être inférieur à 1,5. Plus la valeur de U se rapproche de 1, meilleure est l'homogénéité obtenue pour le lit filtrant, ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension.

La taille effective, d_{10} , doit être choisie en fonction de l'application envisagée (tableau 2). La tolérance admise par rapport à la valeur nominale annoncée par le producteur est de $\pm 5\%$.

Il est également important que les quantités de grains les plus fins et les plus grossiers, définies par la courbe de répartition granulométrique, soient les plus faibles possibles. Ainsi, on admet que les grains passant par le tamis dont l'ouverture est égale à 66% de celui des d_{10} , représentent au maximum 1% (m/m), et que les particules ne passant pas par le tamis dont l'ouverture est égale à 180% de celui des d_{10} représentent au maximum 5% (m/m).

Masses volumiques vraie et apparente

La masse volumique vraie (= masse divisée par le volume, à l'exclusion du volume interparticulaire) d'un matériau non poreux comme c'est le cas du sable, varie de 2,6 à 2,7 kg/l en fonction de l'origine du sable, et en particulier de sa teneur en silice : plus celle-ci est élevée, plus la masse volumique vraie est élevée.

La masse volumique apparente (= masse divisée par le volume incluant le volume interparticulaire) dépend de la composition chimique du sable, mais aussi de sa granulométrie. Plus la taille effective est importante, moins grande est la masse volumique apparente.

La comparaison entre les deux masses volumiques, vraie et apparente, permet de définir le volume interparticulaire servant à la rétention des matières.

Ainsi, pour un sable de TE d_{10} de 0,95 mm, la masse volumique apparente est de l'ordre de 1,46 kg/l (sable de rivière roulé à 87% de silice), tandis que la masse volumique vraie est de 2,60 kg/l ; le volume interparticulaire est égale à $100 - (1,44 \times 100) \cdot 2,6^{-1}$, soit 44 % environ.

Friabilité

Le sable de filtration doit être peu friable, afin de produire le moins de fines possible par attrition lors des opérations de lavage, car elles pourraient se retrouver en surface et provoquer un encrassement rapide du lit filtrant. Le test de friabilité s'effectue en introduisant dans un cylindre du sable et des billes en acier, et en le faisant tourner à 25 tr/min pendant 15 min pour un premier volume de l'échantillon, puis pendant 30 min pour un deuxième volume, ce qui correspond respectivement à 750 et 1 500 impacts. Puis on procède à l'établissement des courbes de répartition granulométrique de l'échantillon avant et après les deux types de broyage.

La perte en % (m/m) est égale à $(100/90) \times (X - 10)$, X étant le % de passants après concassage ayant une taille correspondant au d_{10} avant concassage.

La qualité d'un sable du point de vue de sa friabilité est donnée par le tableau 3.

Les pertes annuelles en sable dues au lavage ne doivent pas excéder 2 %.

QUALITÉ	750 IMPACTS	1 500 IMPACTS
Très bon	< 10 %	< 20 %
Bon	10 – 15 %	20 – 25 %
Médiocre	15 – 20 %	25 – 35 %
Inacceptable	> 20 %	> 35 %

Tableau 3

Le sable est mis en œuvre, soit dans des filtres à écoulement gravitaire, soit dans des filtres fonctionnant sous pression. Il repose sur des planchers métalliques (filtres sous-pression) ou en béton armé (filtres gravitaires réalisés en génie civil). Dans les deux cas, les planchers sont munis de buselures. Afin de protéger ces dernières et parfaire la distribution des fluides de lavage, il est prévu une couche support constituée de graviers dont la taille effective doit être égale à 4 à 4,5 fois la taille effective d_{10} du sable filtrant. La quantité de sable filtrant généralement mis en œuvre dépend de la taille effective choisie. On admet qu'une hauteur de couche correspondant à 1000 fois la taille effective, exprimée en mm, est satisfaisante, celle de la couche support étant prise égale à 100 mm.

CONCLUSION

Le sable filtrant doit correspondre à certaines exigences physico-chimiques, mais il convient de connaître l'influence des variations de ses caractéristiques sur la turbidité de l'eau filtrée, la durée des cycles entre deux lavages, la charge de matières retenues au m^2 , comme l'illustre le tableau 4.

	TAILLE EFFECTIVE ↑	HAUTEUR DE LIT ↑	VITESSE DE FILTRATION ↑	PRESSIION DISPONIBLE ↑
TURBIDITÉ	↑	↓	↑	=
DURÉE DES CYCLES	↑	↑	↓	↑
CHARGE AU m^2	=	↑	=	↑

Tableau 4