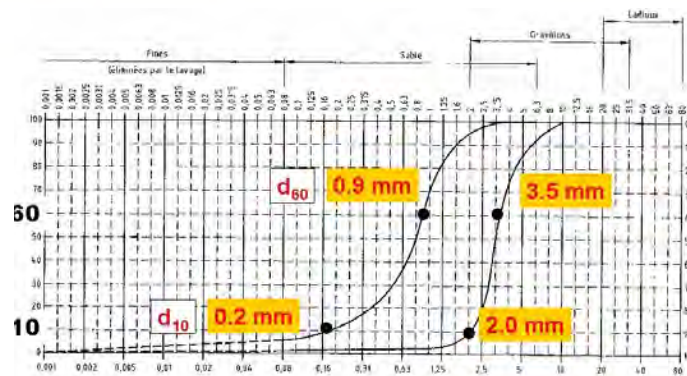


Le sable en ANC : son choix et son incidence sur le fonctionnement des filtres

A. Liénard, P. Molle, L. Rolland & L. Doaré
Cemagref - Lyon



avec l'aide de F. Bouteldja & P. Breul
(LGC - Université Clermont-Ferrand)



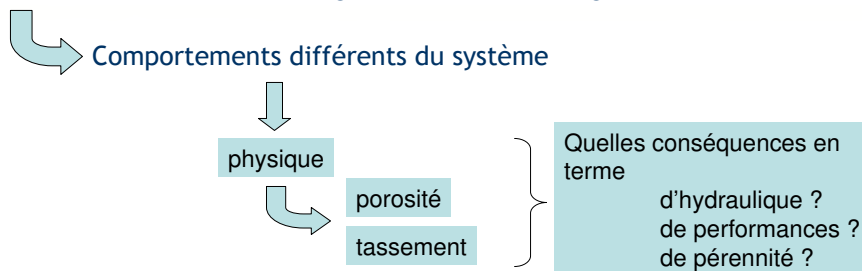
- Description du sable : le fuseau granulométrique du DTU 64.1 demeure inchangé au cours des différentes versions
- Aucune recommandation sur la mise en œuvre du sable (état de serrage)

Recommandations Cemagref différentes proposées depuis 2000 (non largement publiées) issues du colmatage des filtres à sable en assainissement collectif.

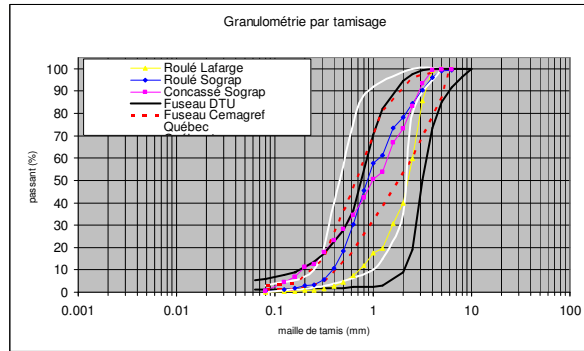
Sable roulé et lavé
 $0.25 \leq d_{10} \leq 0.40 \text{ mm}$,
 $CU < 5$ (restriction en raison de craintes de colmatage accru à cause de la pénétration de grains fins dans la porosité des gros grains)
teneurs fines [$\leq 0,08 \text{ mm}$] $< 3\%$,
calcaire $< 5\%$ en CaCO_3



Le fuseau est relativement large : sable fin à sable grossier



Exemple avec trois types de sable



Exemple avec trois types de sable

	R.Lafarge	R.Sograp	C.Sograp	DTU	Cemagref	Québec
d_{10}	0,72	0,39	0,19	[0,18 – 2,00]	[0,25 – 0,40]	[0,25 – 1,00]
d_{30}	1,58	0,62	0,53	/	/	/
d_{60}	2,50	1,15	1,40	/	/	/
C_u	3,47	2,98	7,49	[1,0 – 18,5]	[3,0 – 6,0]	< 4,5
C_c	1,38	0,88	1,08	/	/	/
Fines	< 1%	< 1%	< 1%	à éviter	< 3%	< 3%

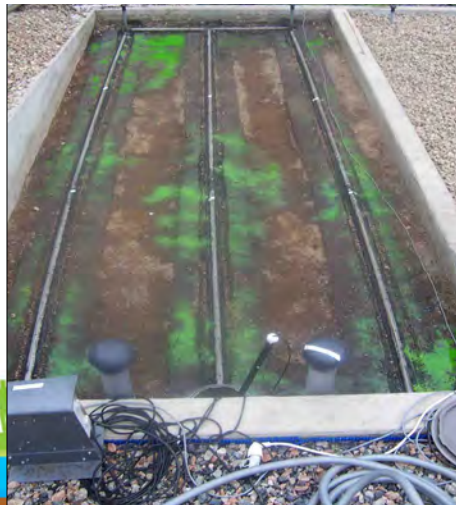
Exemple avec trois types de sable

Le compactage du sable à une influence importante sur la porosité du milieu

Sable	R.Lafarge	R.Sograp	C.Sograp
Foisonné : densité (kN/m ³)	14,74	14,98	14,99
Porosité max (%)	44,4	43,5	43,4
Compacté : densité (kN/m ³)	16,81	17,34	18,04
Porosité min (%)	36,6	34,6	31,9



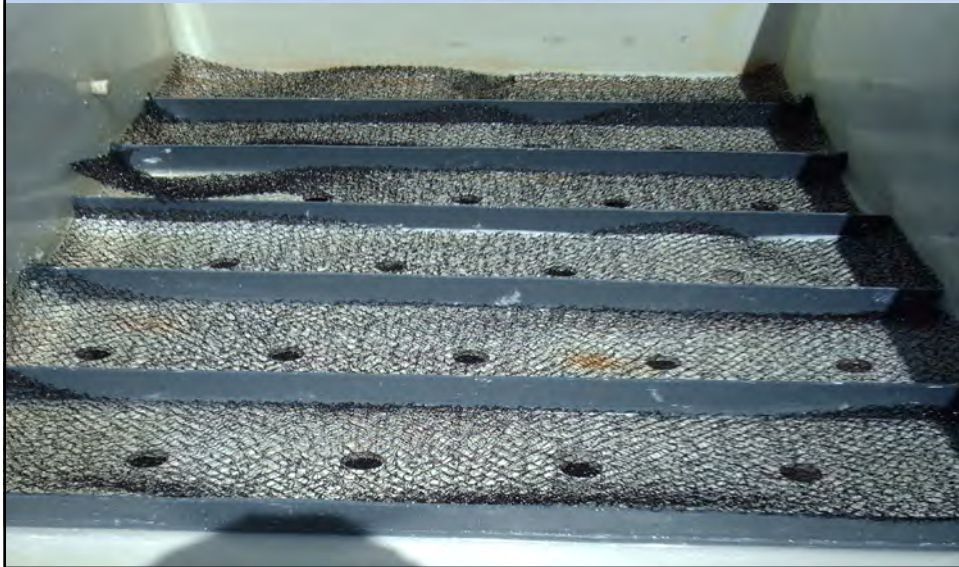
Quelle incidence en terme de répartition des eaux ?



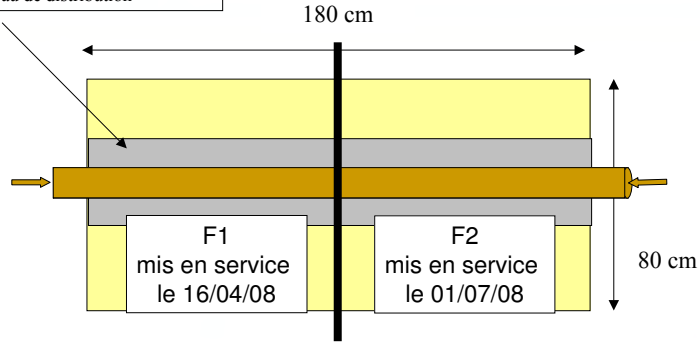
Pilote expérimental suivant recommandation DTU

- Cartographier les écoulements au fur et à mesure du colmatage et appréhender sa dynamique
- Révéler les tassements préférentiels et l'hétérogénéité des écoulements
- Calculer les charges hydrauliques et organiques par rapport aux surfaces mouillées du fond





Bande de graviers centrale
sous le tuyau de distribution



Vue de dessus

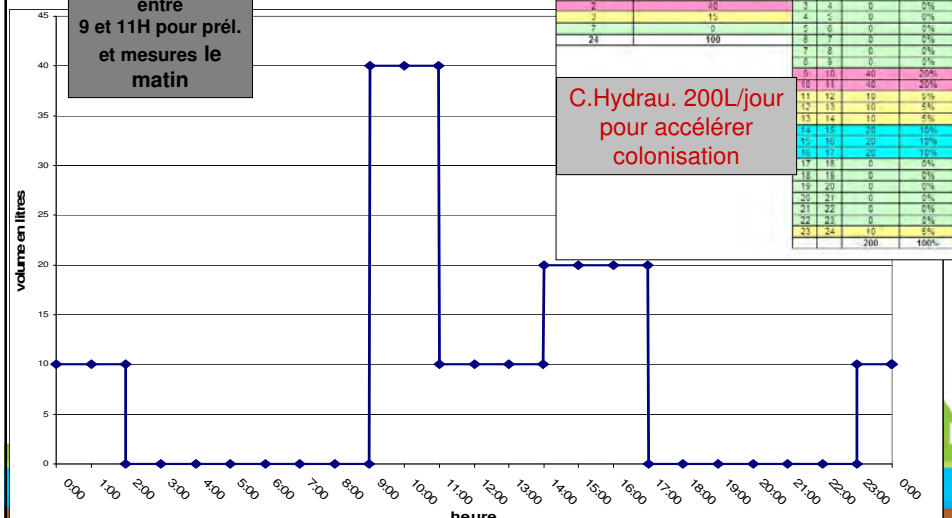


40% de C.Hydrau.
entre
9 et 11H pour prél.
et mesures le
matin

Tableau 01 page 23 de NP EN 12599-3

Période	durée (h)	Pourcentage de volume journalier %	Tranches		% par rapport au total
			Tranches	Volumé en L	
0	1	10	10	0%	
2	2	15	12	10	15%
4	3	0	2	0	0%
6	2	20	2	0	0%
8	3	15	4	0	0%
10	2	0	2	0	0%
12	2	100	8	7	0%
14	2	0	0	0	0%
16	2	0	0	0	0%
18	2	0	0	0	0%
20	2	0	0	0	0%
22	2	0	0	0	0%
24	2	0	0	0	0%
26	2	0	0	0	0%
28	2	0	0	0	0%
30	2	0	0	0	0%
32	2	0	0	0	0%
34	2	0	0	0	0%
36	2	0	0	0	0%
38	2	0	0	0	0%
40	2	0	0	0	0%
42	2	0	0	0	0%
44	2	0	0	0	0%
46	2	0	0	0	0%
48	2	0	0	0	0%
50	2	0	0	0	0%
52	2	0	0	0	0%
54	2	0	0	0	0%
56	2	0	0	0	0%
58	2	0	0	0	0%
60	2	0	0	0	0%
62	2	0	0	0	0%
64	2	0	0	0	0%
66	2	0	0	0	0%
68	2	0	0	0	0%
70	2	0	0	0	0%
72	2	0	0	0	0%
74	2	0	0	0	0%
76	2	0	0	0	0%
78	2	0	0	0	0%
80	2	0	0	0	0%
82	2	0	0	0	0%
84	2	0	0	0	0%
86	2	0	0	0	0%
88	2	0	0	0	0%
90	2	0	0	0	0%
92	2	0	0	0	0%
94	2	0	0	0	0%
96	2	0	0	0	0%
98	2	0	0	0	0%
100	2	0	0	0	0%
102	2	0	0	0	0%
104	2	0	0	0	0%
106	2	0	0	0	0%
108	2	0	0	0	0%
110	2	0	0	0	0%
112	2	0	0	0	0%
114	2	0	0	0	0%
116	2	0	0	0	0%
118	2	0	0	0	0%
120	2	0	0	0	0%
122	2	0	0	0	0%
124	2	0	0	0	0%
126	2	0	0	0	0%
128	2	0	0	0	0%
130	2	0	0	0	0%
132	2	0	0	0	0%
134	2	0	0	0	0%
136	2	0	0	0	0%
138	2	0	0	0	0%
140	2	0	0	0	0%
142	2	0	0	0	0%
144	2	0	0	0	0%
146	2	0	0	0	0%
148	2	0	0	0	0%
150	2	0	0	0	0%
152	2	0	0	0	0%
154	2	0	0	0	0%
156	2	0	0	0	0%
158	2	0	0	0	0%
160	2	0	0	0	0%
162	2	0	0	0	0%
164	2	0	0	0	0%
166	2	0	0	0	0%
168	2	0	0	0	0%
170	2	0	0	0	0%
172	2	0	0	0	0%
174	2	0	0	0	0%
176	2	0	0	0	0%
178	2	0	0	0	0%
180	2	0	0	0	0%
182	2	0	0	0	0%
184	2	0	0	0	0%
186	2	0	0	0	0%
188	2	0	0	0	0%
190	2	0	0	0	0%
192	2	0	0	0	0%
194	2	0	0	0	0%
196	2	0	0	0	0%
198	2	0	0	0	0%
200	2	0	0	0	0%
202	2	0	0	0	0%
204	2	0	0	0	0%
206	2	0	0	0	0%
208	2	0	0	0	0%
210	2	0	0	0	0%
212	2	0	0	0	0%
214	2	0	0	0	0%
216	2	0	0	0	0%
218	2	0	0	0	0%
220	2	0	0	0	0%
222	2	0	0	0	0%
224	2	0	0	0	0%
226	2	0	0	0	0%
228	2	0	0	0	0%
230	2	0	0	0	0%
232	2	0	0	0	0%
234	2	0	0	0	0%
236	2	0	0	0	0%
238	2	0	0	0	0%
240	2	0	0	0	0%
242	2	0	0	0	0%
244	2	0	0	0	0%
246	2	0	0	0	0%
248	2	0	0	0	0%
250	2	0	0	0	0%
252	2	0	0	0	0%
254	2	0	0	0	0%
256	2	0	0	0	0%
258	2	0	0	0	0%
260	2	0	0	0	0%
262	2	0	0	0	0%
264	2	0	0	0	0%
266	2	0	0	0	0%
268	2	0	0	0	0%
270	2	0	0	0	0%
272	2	0	0	0	0%
274	2	0	0	0	0%
276	2	0	0	0	0%
278	2	0	0	0	0%
280	2	0	0	0	0%
282	2	0	0	0	0%
284	2	0	0	0	0%
286	2	0	0	0	0%
288	2	0	0	0	0%
290	2	0	0	0	0%
292	2	0	0	0	0%
294	2	0	0	0	0%
296	2	0	0	0	0%
298	2	0	0	0	0%
300	2	0	0	0	0%

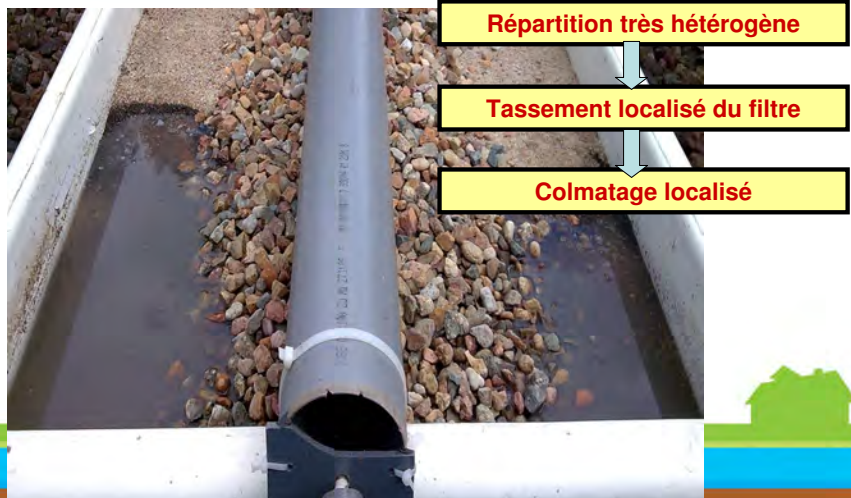
C.Hydrau. 200L/jour
pour accélérer
colonisation



La distribution au fil de l'eau : quelle réalité ?



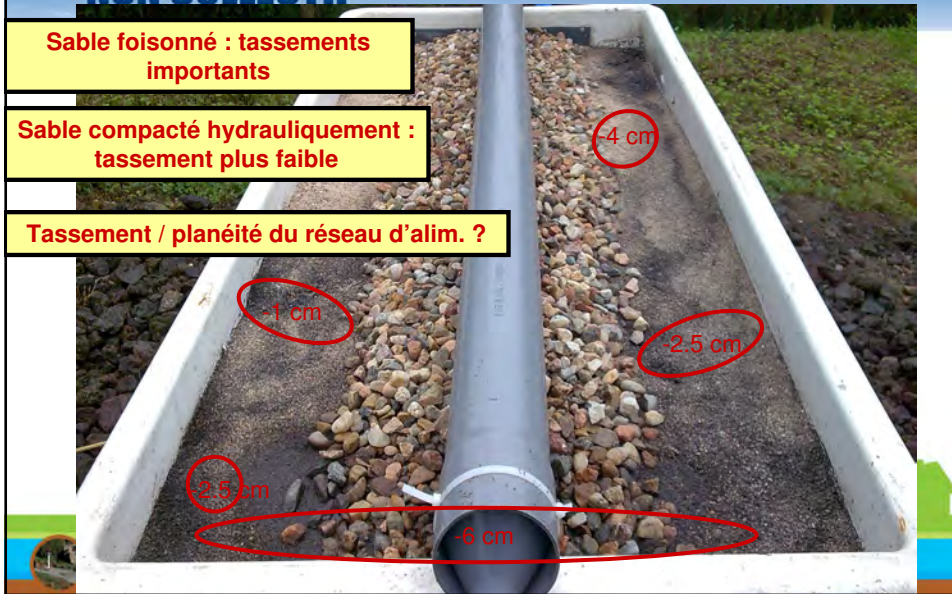
La répartition sur le filtre : quelle réalité ?



Sable foisonné : tassements importants

Sable compacté hydrauliquement : tassement plus faible

Tassement / planéité du réseau d'alim. ?



Les charges reçues : quelle réalité ?

Entrée (mg/L)					Filtre 1 (mg/L)		Filtre 2 (mg/L)			
	MES entrée	DCO entrée	N-NH4 entrée	HCO3- entrée	MES sortie F1	DCO sortie F1	N-NH4 sortie F1	NO2- sortie F1	NO3- sortie F1	HCO3- sortie F1
Moyenne	104	261	22	395	10	54	9,24	0,42	11	298
Ecart-type	39,0	104,6	9,4	65,3	7,1	23,1	7,0	0,27	7,3	64,3
minimum	33	86	9,1	290	2,5	30	0,6	0,20	1,3	170
Maximum	176	495	39,1	520	30	125	24,7	1,30	35,3	395
	MES sortie F2	DCO sortie F2	N-NH4 sortie F2	NO2- sortie F2	NO3- sortie F2	HCO3- sortie F2				
Moyenne	12	66	9,31	0,90	14	290				
Ecart-type	5,3	26,8	4,46	0,42	12,6	74,9				
minimum	4,2	35,5	0,24	0,28	3,05	155				
Maximum	21	122	13,80	1,90	42,75	360				

LIMITES : durée des mesures : **Filtre 1 = 131 jours, Filtre 2 = 54 jours**
Seulement 50 cm de sable

Les charges reçues : quelle réalité ?

En surface : Charges hydrauliques pouvant être de 10 à 20
supérieure à celle théorique

Au fond :

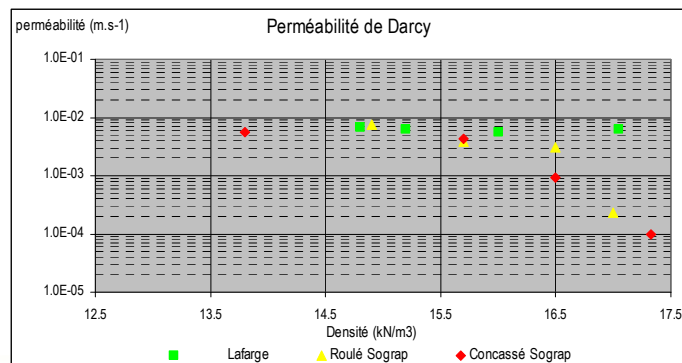
Surface concernée par les écoulements au fond	Filtre 1		Filtre 2	
	minimum	2100 cm ²	29%	2850 cm ²
Maximum	6000 cm ²	83%	4350 cm ²	60%

La répartition hydraulique sur un filtre à sable :

- n'est absolument pas maîtrisée,
- peut encore être aggravée par les tassements préférentiels qui affectent la planéité du réseau de distribution,
- ne permet pas de connaître la surface réellement active.

Incidence du sable utilisé et sélection

Le compactage du sable



Forte incidence sur la perméabilité pour les sables fins

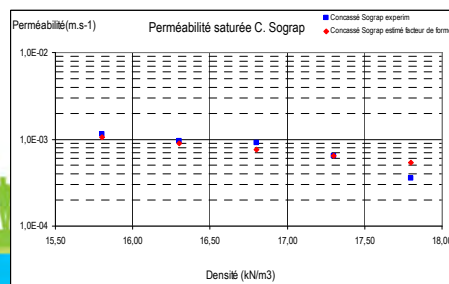
Incidence du sable utilisé et sélection

Définir sa perméabilité : les formules

Formules basés sur

la granulométrie (Hazen, Bialas, Beyer, Seiler, Alyamani ...)

la granulométrie, la porosité, facteur de forme (Kozeny, Kozeny-Carman, **Chapuis**, Terzaghi, Carrier ...)



Incidence du sable utilisé et sélection

Définir sa perméabilité : les formules

Formule de Chapuis $k(cm/s) = 2.4622 [d_{10}^2 e^3 / (1 + e)]^{0.7825} * Sf$

La plus adaptée aux différentes granulométries mais :

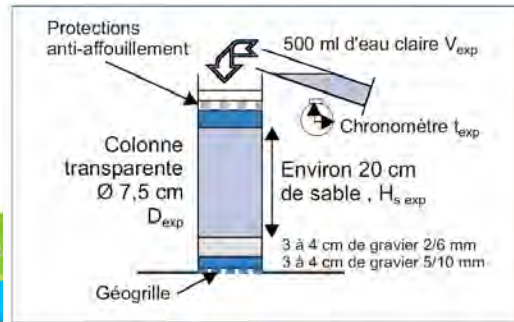
- Le facteur de forme doit être adapté pour des sables concassés
- Manque de recul encore pour adapter ce facteur de forme aux différents sables concassés

Incidence du sable utilisé et sélection

Vérifier la conformité du sable : test de Grant ?

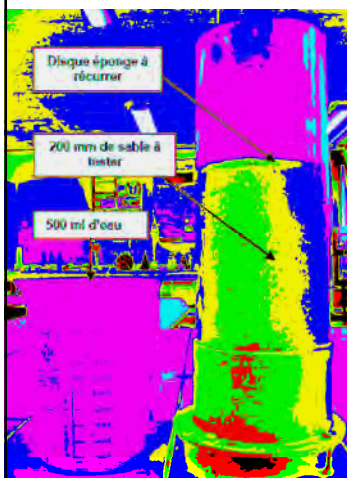
test rapide et simple permettant de contrôler la perméabilité des matériaux avant leur mise en place mais :

- Réalisé en condition de saturation partielle
- Le fond de l'éprouvette ne doit pas être limitant hydrauliquement



Incidence du sable utilisé et sélection

Vérifier la conformité du sable : test de Grant ?

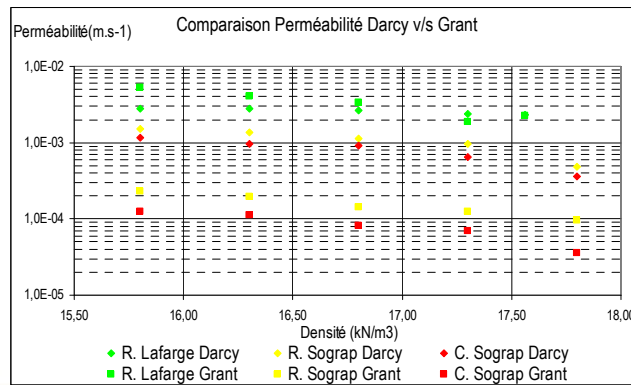


Protocole:

- Mesure après stabilisation du temps d'écoulement sur la moyenne de 5 bâchées.
- 3 essais réalisés pour chaque sable et chaque état de densité.

Incidence du sable utilisé et sélection

Vérifier la conformité du sable : test de Grant ?



Incidence du sable utilisé et sélection

Vérifier la conformité du sable : test de Grant ?

Le test de Grant :

- Reproduit bien les conditions d'écoulement à travers un filtre
- Différence avec Darcy pouvant être importante suivant les sables
- Nécessité de prendre en compte l'état de serrage
- Hypothèse de saturation non justifiée

Conclusions :

- Distribution déficiente par tuyau d'épandage ⇒ répartition non homogène de l'effluent
- Meilleure répartition de l'effluent à la surface et en fond de filtre sur la partie tassée hydrauliquement (atténue les écoulements préférentiels)



Recommandations de mises en œuvre:

- Poser le sable par couches successives d'une vingtaine de cm maximum et appliquer sur chacune d'elles un compactage hydraulique
- Compactage réalisé avec un jet d'eau propre à fort débit et appliqué progressivement sur toute la surface pour compactage uniforme,
- Pour un filtre à sable vertical drainé suivi d'un dispositif d'infiltration spécifique, veiller à ce que des fines pouvant être entraînées ne posent pas de problème en aval. Si nécessaire, les extraire du circuit de l'eau
- Pour un filtre non drainé, on supposera que cette opération ne met pas en péril la capacité d'infiltration du sol sous-jacent



Suites :

- Recommandations actuelles de dimensionnement à 25 m² manquent de bases scientifiques
- Nécessité de poursuivre des études pour préciser l'importance du choix du sable et de sa mise en œuvre sur la pérennité du système
 - Développement de la biomasse
 - Colmatage physique (par les MES sortant de la FTE)
 - Incidence de la géogrille sous le sable

