

Annexe :

Dépôt de déchets bitumineux en plein air Traitement des eaux de percolation sur biofiltre Recommandation

1 INTRODUCTION

Les déchets de chantier minéraux représentent la fraction la plus importante des déchets de chantier. Pour préserver les ressources naturelles et économiser les volumes disponibles dans les décharges, l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED du 4 décembre 2015) encourage la valorisation de ces déchets (art. 12 et 20).

Les déchets bitumineux proviennent des travaux de démolition de routes. Il s'agit aussi bien des produits du fraisage à froid, couche par couche, que des morceaux résultant de la démolition du revêtement routier (« plaques »). Ils contiennent généralement, mais en proportion variable, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui sont des polluants dangereux pour la santé humaine.

Les places où sont stockés ces matériaux présentent un risque de dissémination de ces polluants dans le milieu naturel. Pour assurer la protection des eaux, il faut en principe collecter leurs eaux de ruissellement et les traiter. Il appartient aux cantons de fixer les mesures de protection des eaux adéquates (réf. : Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux, OFEV, 2006).

La présente recommandation vise à fournir les bases pour la conception et le dimensionnement d'un biofiltre destiné à traiter les eaux polluées issues des aires de stockage non couvertes de matériaux bitumineux.

2 HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

La famille des HAP comprend environ une centaine de substances qui diffèrent entre elles par la taille et la structure de leurs molécules.

Les HAP peuvent être subdivisés en 2 groupes : les HAP formés de moins de 4 cycles benzéniques (de masse moléculaire faible) et les HAP de 4 cycles ou plus (de masse moléculaire élevée). Les HAP à masse moléculaire faible, contrairement aux HAP "lourds", sont solubles dans l'eau et ont peu tendance à se lier aux particules en suspension dans l'eau.

L'Environmental Protection Agency (EPA) a établi une liste de 16 HAP considérés comme problématiques pour l'environnement. Cette liste se fonde sur des études toxicologiques. Certaines molécules sont classées comme cancérigènes (par exemple le benzo(a)pyrène).

Un sol filtrant et fonctionnel peut opérer une réduction de la teneur en HAP dans les eaux de percolation par le biais de 2 mécanismes :

- la biodégradation,
- l'adsorption physico-chimique.

La biodégradabilité des HAP dépend du nombre de cycles. Certaines bactéries sont capables de dégrader les HAP jusqu'à 4 cycles et seules certaines souches de champignons telluriques sont en mesure de dégrader les HAP jusqu'à 6 cycles.

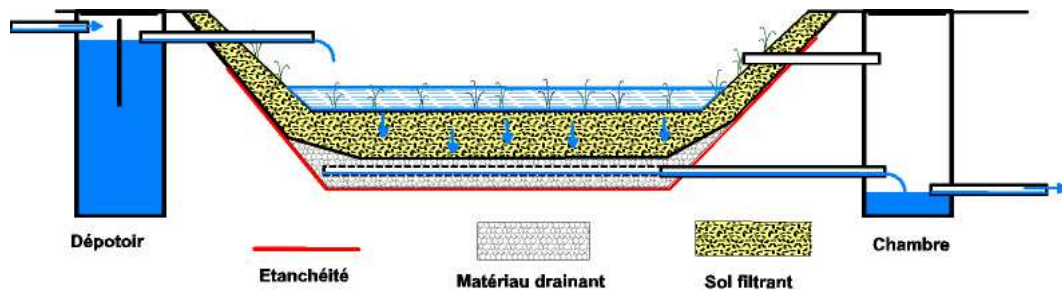
L'adsorption des HAP par les sols est particulièrement importante dans la fraction granulométrique $< 50 \mu\text{m}$ contenant de la matière organique humifiée (complexe argilo-humique), bien qu'elle soit aussi observée dans la fraction granulométrique "sables grossiers" (200 à 2000 μm).

3 CHAMP D'APPLICATION

Cette recommandation s'applique aux eaux de percolation de déchets bitumineux stockés en plein air. Elle ne s'applique pas aux décharges bioactives contenant des déchets bitumineux.

4 CONCEPTION DU BIOFILTRE

La conception générale du biofiltre (filtre à saturation) est présentée à la figure ci-dessous :



Les eaux de percolation, produites par une pluie, sont débarrassées de leurs particules grossières dans un dépotoir avec paroi plongeante, puis sont déversées au-dessus du sol filtrant (terre végétale en surface, puis minérale). Les eaux vont s'infiltrer petit à petit à travers ce sol, puis être récoltées par un drain sous l'ouvrage, qui va les acheminer vers l'exutoire. Le fond du bassin doit par conséquent être étanche.

Le volume de stockage doit être suffisant pour permettre à la première lame d'eau chargée en polluants (premier flux, ou « first flush ») d'être traitée. Le filtre est néanmoins équipé d'un trop-plein.

5 MATÉRIAU FILTRANT

Le corps du biofiltre doit être constitué d'un matériau possédant suffisamment de sites de piégeage pour les HAP, donc un sol structuré contenant de la matière organique et de la matière minérale. On retiendra ici comme épaisseurs minimales : une couche de 30 cm d'horizon A (terre végétale active du point de vue biologique, riche en humus et structurée)

plus une sous-couche inférieure d'horizon B (couche naturellement sous-jacente à l'horizon A, constituée d'un matériau minéral altéré et pauvre en humus) d'une épaisseur variable en fonction du temps de contact recherché, mais au minimum de 20 cm.

De plus, l'épaisseur totale des couches supérieure et inférieure et la perméabilité de l'ensemble doivent permettre un temps de contact de l'ordre de 1 à 2 heures. Cette durée correspond au rapport de l'épaisseur totale sur la perméabilité.

La structure du sol utilisé (mode d'arrangement des particules entre elles) est un paramètre essentiel qui peut être estimé visuellement (par exemple tests VESS, FAL50, VSA, etc.).

La texture des sols utilisés (proportions des argiles, limons et sables, dite « granulométrie » dans les analyses de sol) pour constituer le filtre devrait être équilibrée. La teneur en argile dans les couches supérieure et inférieure devrait être comprise entre 10 et 35 %. Leur perméabilité doit être déterminée en fonction de la nature (qualité) du sol disponible pour construire l'ouvrage, et non fixée arbitrairement !

Le recours à un spécialiste « pédologue » est généralement conseillé, tant les erreurs de choix de la terre sont fréquentes. Par exemple un sol de texture correcte peut être inefficace si la structure a été compactée (par exemple lorsque la terre est décapée en période humide).

Attention : L'utilisation d'un sol trop ou pas assez argileux empêchera le bon fonctionnement du filtre. Il est indispensable de choisir tout de suite un matériau équilibré, sans quoi il devra être remplacé, parfois peu après la mise en service du filtre. Les analyses de sol sont conseillées tant l'estimation manuelle peut être sujette à erreur (par exemple test du boudin). Ces analyses doivent contenir au minimum la granulométrie par sédimentation (% d'argiles, limons et sables) et la teneur en matière organique (mesurée en laboratoire, et non par un test visuel).

En cas de provenance inconnue des terres ou de provenance impliquant un risque de pollution (par exemple en zone urbaine, viticole, proches de routes ou voies ferroviaires), une analyse des polluants selon l'OSol peut être également effectuée.

6 DIMENSIONNEMENT DU FILTRE

Il s'agit de définir la surface A_f et la hauteur maximale H de la lame d'eau du filtre (charge hydraulique, soit la différence d'altitude entre le niveau de la surface filtrante et celui du trop-plein) en fonction des paramètres suivants :

- l'intensité I et la durée D de la pluie,
- la superficie de l'aire de stockage étanchéifiée A_e ,
- la perméabilité de Darcy k et l'épaisseur L du sol filtrant.

Le débit des eaux de percolation Q_e d'un petit dépôt est le produit de l'intensité de la pluie interceptée par la superficie de l'aire de stockage étanchéifiée :

$$Q_e = I * A_e$$

Le débit infiltrable est calculé comme le produit de l'infiltrabilité spécifique et de la superficie du filtre. En utilisant la perméabilité de Darcy, il s'exprime comme :

$$Q_f = k * (H+L)/L * A_f$$

La perméabilité doit être fixée en fonction du sol disponible (voir chapitre précédent).

Le volume utile du biofiltre (superficie du filtre * hauteur maximale) peut également être exprimé comme la différence des deux débits multiplié par la durée :

$$V = A_f * H = (Q_e - Q_f) * D$$

La résolution du système constitué par les équations ci-dessus permet de dimensionner le biofiltre (voir tableaux ci-dessous).

On retiendra ici une durée de pluie D de 15 minutes. Ceci est justifié par le fait que le temps de ruissellement est court sur de petits dépôts. Le temps de retour retenu pour la pluie de dimensionnement est de 1 année. Sur la base de ces paramètres et selon la norme SNV 640 350, l'intensité de la pluie déterminante est de 126 l/s/ha, soit :

$$1.3 * 10^{-5} \text{ m/s}$$

Pour traiter le premier flux, le volume de stockage minimal doit être de 4 mm multiplié par la surface de l'aire étanche réceptionnant la pluie. Cette condition est toujours remplie avec les caractéristiques de la pluie retenue.

Les valeurs de dimensionnement obtenues pour une épaisseur de sol de 0.5 m sont présentées dans les deux tableaux ci-dessous.

Tableau A1.1 : Rapport des surfaces A_f/A_e en fonction de H et de k

Af/Ae [-]	k [m/s]				
H [m]	1.E-06	5.E-06	1.E-05	5.E-05	1.E-04
0.1	11.2%	10.8%	10.2%	7.4%	5.5%
0.2	5.6%	5.5%	5.3%	4.3%	3.5%
0.3	3.8%	3.7%	3.6%	3.0%	2.6%
0.4	2.8%	2.8%	2.7%	2.4%	2.0%
0.5	2.3%	2.2%	2.2%	1.9%	1.7%
0.6	1.9%	1.9%	1.8%	1.6%	1.4%
0.7	1.6%	1.6%	1.6%	1.4%	1.2%
0.8	1.4%	1.4%	1.4%	1.2%	1.1%
0.9	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.0%
1.0	1.1%	1.1%	1.1%	1.0%	0.9%
1.1	1.0%	1.0%	1.0%	0.9%	0.8%
1.2	0.9%	0.9%	0.9%	0.8%	0.8%
1.3	0.9%	0.9%	0.9%	0.8%	0.7%
1.4	0.8%	0.8%	0.8%	0.7%	0.7%
1.5	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%	0.6%

Tableau A1.2 : Hauteur H en fonction du rapport Af/Ae et de k

H [m]	k [m/s]					
	Af/Ae [-]	1.E-06	5.E-06	1.E-05	5.E-05	1.E-04
0.5%		2.26	2.24	2.22	2.04	1.85
1.0%		1.13	1.12	1.11	1.00	0.88
1.5%		0.75	0.74	0.73	0.65	0.56
2.0%		0.57	0.56	0.55	0.48	0.40
2.5%		0.45	0.45	0.44	0.37	0.31
3.0%		0.38	0.37	0.36	0.31	0.24
3.5%		0.32	0.32	0.31	0.26	0.20
4.0%		0.28	0.28	0.27	0.22	0.16
4.5%		0.25	0.25	0.24	0.19	0.14
5.0%		0.23	0.22	0.21	0.17	0.12
5.5%		0.20	0.20	0.19	0.15	0.10
6.0%		0.19	0.18	0.18	0.13	0.08
6.5%		0.17	0.17	0.16	0.12	0.07
7.0%		0.16	0.16	0.15	0.11	0.06
7.5%		0.15	0.15	0.14	0.10	0.05
8.0%		0.14	0.14	0.13	0.09	0.04
8.5%		0.13	0.13	0.12	0.08	0.04
9.0%		0.12	0.12	0.11	0.07	0.03
9.5%		0.12	0.11	0.11	0.07	0.02
10.0%		0.11	0.11	0.10	0.06	0.02

7 EXEMPLES

7.1 Exemple A

Données :

- surface du dépôt : 200 m²
- dénivellation disponible entre l'entrée et la sortie inférieure du filtre : 80 cm
- coefficient de perméabilité des couches de sol filtrant : $5 \cdot 10^{-5}$ m/s
- épaisseur du sol : 50 cm (30 cm d'horizon A et 20 cm d'horizon B)

La hauteur H disponible pour le volume de rétention est donc de 30 cm. Sur la base du tableau 1, on en déduit que le rapport Af/Ae doit être de 3.0 %, ce qui, pour 200 m² de surface de dépôt, correspond à une surface de filtre de 6.0 m².

7.2 Exemple B

Données :

- surface du dépôt : 400 m²
- surface disponible pour le filtre : 10 m²
- coefficients de perméabilité des couches de sol : 10⁻⁵ m/s
- épaisseur du sol : 50 cm (30 cm d'horizon A et 20 cm d'horizon B)

Le rapport Af/Ae est de 2.5 %. Sur la base du tableau 2, la hauteur libre H pour la rétention doit être de 44 cm au minimum.

8 PROTECTION DES COURS D'EAU

Après leur traitement dans le filtre, les eaux peuvent être considérées comme des eaux non polluées.

En cas de déversement par une canalisation dans un cours d'eau, les modalités d'évacuation sont fixées par la division EAU de la DGE. Si le cours d'eau ne peut pas supporter une augmentation de débit, le débit de rejet est limité à 20l/s/ha, ceci avec une pluie de temps de retour de 10 ans. Les ouvrages de rétention doivent être dimensionnés en conséquence.

9 REMARQUES FINALES

On rappellera que le déversement d'eaux claires dans les cours d'eau ainsi que leur infiltration dans le sous-sol sont soumis à autorisation de la DGE - DIRNA (Division EAU).

Le substrat effectivement utilisé doit avoir une perméabilité correspondant à la valeur utilisée pour le dimensionnement (attention à la structure du sol et à sa granulométrie, cf chapitres 5 et 6 de la présente annexe).

La performance d'un filtre biologique peut être maintenue s'il porte une végétation permanente. En effet, la structure et l'activité biologique du sol sont ainsi maintenues au niveau optimal. De plus, l'évapotranspiration, du moins pendant la période de végétation, contribue à réduire les débits à évacuer. L'alternance de périodes pluvieuses et sèches permet le renouvellement des organismes du sol et contribue ainsi à la stabilité structurelle de sa couche supérieure, ce qui assure une capacité d'infiltration intacte.

Afin de s'assurer de la qualité des eaux en sortie du filtre, des analyses annuelles doivent être effectuées. Les modalités de ces contrôles sont explicitées au paragraphe 5.2.3 de la directive DCPE 875.

Le matériau filtrant doit être changé lorsque l'efficacité du filtre ne permet plus un rejet sans traitement dans les eaux claires (saturation ou colmatage). Le matériau évacué peut être soit traité par une entreprise spécialisée dans le traitement des terres polluées, soit déposé dans une décharge de type C (anciennement ISDS) ou E (anciennement DCB).

La présente recommandation donne les bases théoriques pour le dimensionnement de filtres biologiques. Les paramètres retenus ici, basés sur des hypothèses de travail, pourront être revus à la lumière des résultats obtenus.