

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration des eaux usées et les stations de pompage au moyen des bio-filtres à aspersion de DMT.

Dirkse, E.H.M. Diplômé ès Sciences. 1)

1) DMT Environmental Technology

RÉSUMÉ.

Des durées de rétention prolongées et un temps /climat chaud font en sorte que l'eau d'égout sceptique produit non seulement des quantités importantes de sulfure d'hydrogène, mais aussi d'ammoniac, de sulfures organiques et de mercaptans, qui donnent lieu à de nombreuses plaintes relatives aux odeurs au sein des stations d'épuration et des stations de pompage. Une unité de désodorisation aura donc à traiter non seulement le sulfure d'hydrogène mais également les autres polluants dans le but de réduire l'odeur dans son intégralité. Les unités de désodorisation communes qui sont généralement mises en place sont des systèmes tels que la filtration par charbon actif, le lavage chimique et/ou la bio-filtration. Néanmoins, ces systèmes ne répondent pas systématiquement aux exigences relatives aux émissions et peuvent sous-entendre des charges d'exploitation considérables.

La filtration par bio-filtres à aspersion est une technologie qui a été développée au cours des cinq dernières années et dont la popularité a dès lors grandi sans cesse. Les stations d'épuration des eaux usées et de pompage, particulièrement en Hollande et en Belgique, ont déjà accumulé à ce jour de nombreuses d'années d'expérience.

Une filtration par bio-filtres à aspersion consiste en une tour rempli de matériel de garnissage sur lequel de l'eau est répandue de façon continue ou périodique. Après absorption de la fine couche d'eau, les composants polluants seront décomposés par de micro-organismes qui se trouvent sur le matériel de garnissage (dans ce qui est appelé « bio-film »). Les polluants dégradés seront évacués du filtre par la même couche d'eau. Les substances nutritives et les minéraux pour les bactéries peuvent être dosés par une station de dosage séparée ou en y ajoutant simplement les effluents provenant d'une station d'épuration des eaux usées.

Un avantage sur les systèmes conventionnels est l'excellence du contrôle du processus du réacteur et une durée de vie moyenne de plus de 15 ans. Cela permet une meilleure performance dans de nombreuses situations.

DMT, un fabricant de systèmes d'élimination des odeurs et de valorisation du biogaz basé en Hollande, propose maintenant la technologie de filtration par bio-filtres à aspersion en France.

Cet article décrit le fonctionnement et la performance des systèmes de filtration par bio-filtres à aspersion de DMT, leurs applications typiques, détaille les aspects du rendement du système, les coûts d'immobilisation du capital et les charges d'exploitation.

MOTS CLÉ.

Bio-filtration, Bio-Sulfurex®, Filtration par bio-filtres percolateurs, DMT, H₂S, mercaptans, NOB (Navire d'Observation Bénévole).

INTRODUCTION.

DMT Environmental Technology a développé un savoir-faire et une expérience considérables dans le domaine spécifique des systèmes d'élimination des odeurs pour les stations d'épuration des eaux usées et les stations de pompage. Au milieu des années 1980, DMT développa un processus de lavage chimique homologué sous le nom de Sulfurex®. Ce processus est basé sur le principe d'absorption sélective de H₂S dans une solution d'hydroxyde de sodium. Depuis 1985, DMT fournit des systèmes d'élimination d'odeurs dans le monde entier, dans le cadre de projets variés.

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.

Plus récemment, dans les années 1990, DMT a amélioré le processus Sulfurex® et a commencé à développer de nouvelles technologies telles que le lavage chimique combiné avec la bio-filtration et la filtration par bio-filtres à aspersion dont le matériel de remplissage est fait de pierres de lave.

Une recherche continue a mené aux perfectionnements internes les plus récents : le processus de filtration par bio-filtres à aspersion sur matériau plastique, connu sous l'appellation commerciale Sulfurex® et les processus d'élimination des odeurs biologiques séquentiels.

SITUATION ACTUELLE EN EUROPE DE LA TECHNIQUE D'ELIMINATION BIOLOGIQUE DES ODEURS.

Les Pays-Bas et l'Allemagne sont les premiers pays où un grand nombre de systèmes d'élimination biologique des odeurs ont été construits. Le marché des bio-filtres a grandi rapidement au cours des années 80. Avec les années 1990, elles ont été l'âge d'or de la recherche et du développement de l'élimination biologique des odeurs en Europe. Ces dernières années, les technologies biologiques ont été appliquées plus fréquemment pour contrôler diverses émissions puisqu'elles évitent de nombreux inconvénients caractéristiques des technologies physiques-chimiques.

Les inconvénients des technologies de traitement de l'air utilisées traditionnellement sont l'énergie consommée (incinérateurs), l'utilisation de produits chimiques, qui peuvent être coûteux à l'achat ou à l'élimination et qui requièrent des procédures de sécurité fonctionnelle (laveurs chimiques) et la production de résidus (provenant de la consommation de solutions chimiques ou de charbon actif)

Une récente recherche indique qu'environ 7 500 systèmes d'élimination biologique des odeurs sont installés en Europe, dont la moitié est installée dans des stations d'épuration des eaux usées et de pompage. Un corpus de connaissance et d'expériences significatif a été créé dans le domaine de la purification biologique de l'air en Europe et de nombreuses améliorations doivent encore être apportées.

En 2000, un inventaire a été mené en Hollande sur les systèmes d'élimination biologique des odeurs dans les stations d'épuration des eaux usées (par ex : STOWA, 2000). Environ 80 – 90 % des stations d'épuration municipales utilisaient des systèmes d'élimination des odeurs. De ces systèmes, 78% étaient des systèmes biologiques, 11 % des laveurs chimiques et 2 % des absorbeurs au charbon actif et 9 % traitaient les gaz odorants en les introduisant dans le bassin d'aération (lavage). Quatre types de matériau de remplissage pour bio-filtre peuvent être trouvés : la roche de lave (33 % des cas), les fibres de coco (31 %), le compost (30 %) et le matériau plastique (1 %). Pour les nouvelles stations d'épuration, les laveurs chimiques sont maintenant rarement utilisés. Au cours des 10 dernières années, l'élimination des odeurs est devenue obligatoire dans toutes les stations d'épuration des eaux usées et les bio-filtres traditionnels à base de compost sont désormais remplacés par des filtres aux roches de lave ou des systèmes de bio-filtre sur matériau plastique.

ODEURS ÉMANANT DES STATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES ET DE POMPAGE. Presque toutes les villes ont à gérer les plaintes relatives aux odeurs de la part des habitants en raison de la collecte ou du traitement des eaux usées. Les installations de traitement des eaux usées, construites il y a quelques années en dehors des villes, sont maintenant souvent placées près ou au milieu de nouvelles zones résidentielles. Les systèmes de collecte des eaux usées ont été souvent agrandis au cours des années, entraînant à cette occasion des nuisances sonores en raison des conditions septiques créées dans ces systèmes de collecte. Les villes recherchent la rentabilité et l'application de méthodes respectueuses de la communauté quant à l'élimination des odeurs issues des systèmes de collecte des eaux usées.

Un système d'élimination des odeurs traite non seulement le sulfure d'hydrogène mais également les sulfures organiques, les mercaptans et l'ammoniac, afin de réduire les odeurs. Voir Tableau 1.

En général, les sources de nuisance par l'odeur dans les stations d'épuration ou de pompage sont les suivantes :

1. Les ouvrages de dérivation, zone d'affluence : stations de pompage, grilles, chambres à grilles.
2. Clarificateur primaire : bassins clarificateurs.
3. Traitement de la boue : épaisseur des boues, déshydratation des boues

Ces sources produisent des composants de l'air évacué divisés en deux groupes. Ce sont les suivants :

1. Des composants organiques : hydrocarbures, soufre, azote.
2. Des composants non-organiques : sulfure d'hydrogène, ammoniac.

Tableau 1 : Composants de l'air évacué.

Composant	Formule	Seuil de perception de l'odeur (ppm)
Composants de soufre		
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.4
Sulfure de carbone	CS ₂	2.8
Méthanethiol	CH ₃ S	1.0
Éthanethiol	C ₂ H ₅ S	0.2
Propanethiol	C ₃ H ₇ S	0.5
Sulfure de diméthyle	CH ₃ -S-CH ₃	1.0
Sulfure de diéthyle	C ₂ H ₅ -S-C ₂ H ₅	0.25
Diméthyldisulfure	CH ₃ -S-S-CH ₃	0.3 – 10
Diméthyltrisulfure	CH ₃ -S-S-S-CH ₃	-
Composants de l'azote		
Ammoniac	NH ₃	37
Méthylamine	CH ₃ NH ₂	1 – 50
Ethylamine	CH ₂ H ₅ NH ₂	2,400
Propylamine	C ₃ H ₇ NH ₂	7
Diméthylamine	(CH ₃) ₂ NH	20 – 80
Triméthylamine	(CH ₃) ₃ -N	0.2
Indol	C ₈ H ₆ N	1.5
Scatol	C ₉ H ₈ N	0.002 – 1.0
Acides gras		
Acide acétique	CH ₃ COOH	37
Acide de beurre	C ₂ H ₅ COOH	0.05 – 2.0
Acide valérique	C ₃ H ₇ COOH	4,600
Acéaldéhydes et cétones		
Formaldéhyde	CH ₂ O	37
Acéaldéhyde	CH ₃ CHO	0.005 – 2.0
Acétone	CH ₃ -CO-CH ₃	4,600
Butanone	C ₂ H ₅ -CO-CH ₃	270

TECHNIQUES D'ÉLIMINATION DES ODEURS.

DMT Environmental Technology, un fabricant de systèmes d'élimination des odeurs basé en Hollande, fort d'une grande expérience dans la conception et la vente de unités d'élimination des odeurs, est à la pointe des technologies destinées aux industries et aux stations d'épuration des eaux usées. Son domaine d'action comprend une gamme importante de technologies dans lesquelles les processus d'élimination des odeurs sont très importants.

Les systèmes d'élimination des odeurs généralement mis en place sont des systèmes dotés de filtration standard au charbon actif, de lavage chimique et de techniques d'élimination des odeurs :

Filtration au charbon actif.

En général, la filtration au charbon actif est une bonne solution pour lutter contre les odeurs, mais présente les inconvénients suivants :

- des coûts de manutention générés par les changements et l'élimination de charbon actif
- des frais d'entretien importants

Pour l'élimination des odeurs, les filtres à charbon actif sont normalement conçus pour environ 1 000 à 1 500 m³/m²/heure par séquence avec une durée de rétention du gaz est de 4 – 6 secondes par séquence.

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.

Lavage chimique.

Les laveurs chimiques sont utilisés dans de nombreux endroits depuis de nombreuses années pour traiter différents types d'odeurs dues aux émissions de gaz résiduaire. Les laveurs chimiques présentent l'avantage d'être relativement simples à concevoir, flexibles lors du fonctionnement et sont le fruit de nombreuses années d'expérience en termes de conception et de fonctionnement. Leur inconvénient est de requérir l'utilisation de produits chimiques et une grande attention de la part de l'opérateur. L'entretien requis représente également un risque étant donné que celui-ci est souvent insuffisant.

Pour l'élimination des odeurs, les laveurs chimiques sont normalement conçus pour environ 3 600 à 7 200 m³/m²/heure par séquence avec une durée de rétention du gaz qui est de 2 – 3 secondes par séquence.

Techniques d'élimination biologique des odeurs.

Les techniques biologiques sont appliquées de plus en plus souvent pour résoudre les problèmes de pollution par émission de gaz résiduaire. De nombreux systèmes de bio-filtres à grande échelle ont été construits puis mis en fonctionnement. Ces dernières années, de gros progrès ont été réalisés dans des domaines de recherche comme la microbiologie, la modélisation des procédés, la conception et le fonctionnement des réacteurs. Par conséquent, des systèmes plus perfectionnés d'élimination biologique des odeurs sont développés et certains d'entre eux sont ensuite mis en application avec succès.

Les systèmes d'élimination biologique des odeurs peuvent être utilisés pour soustraire les mélanges de polluants présents dans l'air puis transformés en eau, en dioxyde de carbone et en sels. Les micro-organismes, qui sont basiquement des bactéries, sont les catalyseurs de ce procédé. Le procédé d'ensemble d'un système d'élimination biologique des odeurs peut être divisé en deux phases : le transfert de masse des polluants de l'air vicié vers les micro-organismes et la dégradation biologique des polluants. La combinaison des différents mécanismes physiques, chimiques et biologiques a pour résultat un système relativement complexe. Les paramètres fondamentaux tels que le transfert de masse, l'absorption des différents polluants et la cinétique de dégradation dans le bio-film ainsi que l'écoulement de l'air et la distribution de l'air sont souvent difficiles à quantifier pour les systèmes d'élimination biologique des odeurs. Au cours de ces dernières années, d'importants progrès ont été réalisés pour comprendre ces aspects fondamentaux, qui sont nécessaires à la conception et au fonctionnement des systèmes.

Bio-filtres.

Dans un bio-filtre, l'air passe par un lit à garnissage rempli de matériel organique (compost, fibres de coco, tourbe, etc.) qui est utilisé pour transporter les micro-organismes (Voir tableaux 1 & 2). Le support organique est également à l'origine de la substance nutritive produite au cours du procédé. L'écoulement de l'air entrant doit être saturé d'humidité à 100%.

Les bio-filtres conventionnels à base de terre ou de substance organique sont moins fréquemment mis en application pour le traitement des odeurs au sein des stations d'épuration étant donné qu'ils présentent d'importantes limitations de conception et des problèmes de stabilité de fonctionnement. L'écoulement d'air provenant des eaux usées contient normalement du sulfure d'hydrogène, qui se trouve dans un bio-filtre oxydé dans l'acide sulfurique. L'acide sulfurique s'accumule dans le support, réduisant au fil du temps l'efficacité d'ensemble d'élimination des odeurs (Voir tableau 3) en raison de son acidification. Les écoulements d'air depuis différentes sources dans une station d'épuration ne sont normalement pas complètement saturés d'eau, ce qui entraîne un assèchement partiel du support, particulièrement dans la partie basse interne du bio-filtre. Des conditions d'humidité trop importante sont critiques et auront pour conséquence la réduction de l'efficacité de l'élimination des odeurs dans des systèmes de bio-filtres conventionnels. Tous les arguments cités témoignent d'une technologie qui présente certains défauts ne permettant pas d'obtenir comme résultat un système convivial pour l'opérateur, contrôlable et efficace à long terme.

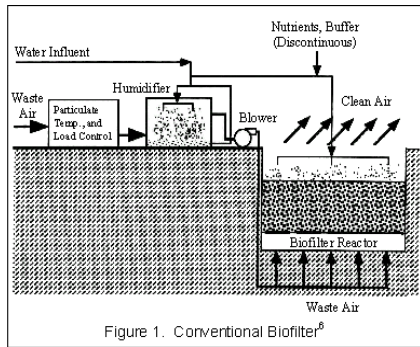


Schéma 1 : Procédé par bio-filtre

Schéma 2 : Bio-filtre

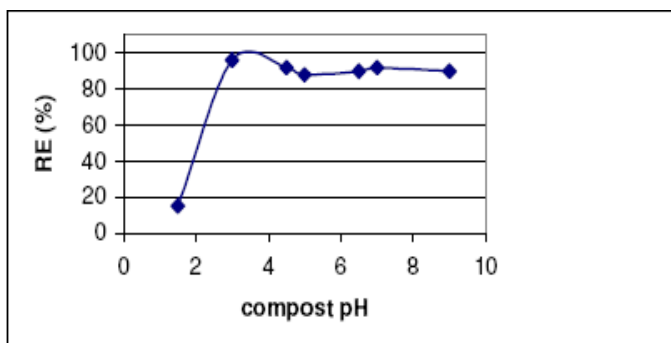


Schéma 3 : Efficacité de l'élimination des odeurs selon le pH du support utilisé dans les bio-filtres.

En installant une unité de prétraitement (laveur) pour le conditionnement, l'humidification et l'élimination (partielle) du H₂S, la situation pour le bio-filtre sera améliorée. Néanmoins, les mercaptans ne seront pas éliminés de façon satisfaisante au moyen d'un laveur à l'hydroxyde de sodium pour retirer le H₂S. Des mercaptans dans le bio-filtre causeraient l'acidification du matériau. Afin de stabiliser le pH dans les bio-filtres, le carbonate de calcium peut être mélangé au matériau support. En général, il s'agit là d'une solution provisoire ; après un certain temps, l'acidification se produira malgré tout.

Pour l'élimination des odeurs, les bio-filtres sont normalement conçus pour environ 100 à 150 m³/m²/heure par séquence avec une durée de rétention du gaz de 45 – 60 secondes par séquence.

Filtration par bio-filtres à aspersion.

Les problèmes comme l'acidification, l'assèchement et la nécessité de remplacer le matériau support avec des bio-filtres conventionnels sont résolus grâce au développement des bioréacteurs à couches multiples les plus perfectionnés. Dans ces bioréacteurs, le contrôle du procédé et amélioré étant donné qu'une distribution plus homogène de l'eau et de l'air est obtenue et des matériaux plastiques pour la fixation de la biocatalyse (bactéries) sont utilisés. Ces améliorations ont pour résultat une chute de pression beaucoup moins élevée dans le système, ce qui rend possible la construction de longs réacteurs verticaux. L'encombrement que représentent ces systèmes à bioréacteurs est beaucoup moins important que celui qui est requis pour les bio-filtres conventionnels et est souvent comparable à celui des laveurs chimiques conventionnels.

Pour l'élimination des odeurs au sein des stations d'épuration, les bioréacteurs modernes sont conçus jusqu'à 2 000 m³/m²/heure avec un temps de séjour de 5 à plus de 20 secondes environ, selon les concentrations de gaz résiduaire.

En général, les bio-filtres à aspersion consistent en une enceinte de confinement avec un certain type de matériau non-organique qui supporte la croissance microbienne. L'air vicié est introduit au fond du support et de l'eau est répandue sur le dessus du support. L'eau coule vers le bas à travers le support et assure l'humidification de l'environnement, ce qui encourage la croissance microbienne (Voir schémas 4 & 5). Pour le traitement du H₂S, les microbes sont principalement des thiobacilles, qui éliminent le H₂S de l'air lorsqu'il passe à travers le

support. L'eau sert également à rincer le dérivé métabolique de l'acide sulfurique. Au sein des stations d'épuration, l'eau non potable peut être utilisée pour fournir la substance nutritive nécessaire aux bactéries. Pour les applications des systèmes de collection, l'eau potable est utilisée et des substances nutritives supplémentaires sont requises pour entretenir les bactéries.

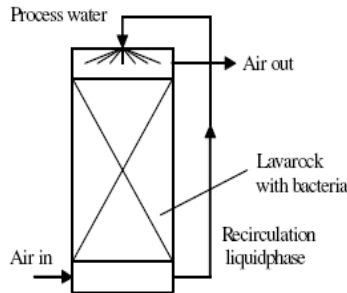


Schéma 4 : *Principe des bio-filtres percolateurs*



Schéma 5 : *Principe des bio-filtres à aspersion au sein d'une station d'épuration*

Roche de lave.

La roche de lave est un matériau que l'on trouve très fréquemment dans les bio-filtres à aspersion en raison de sa surface spécifique très importante (entre 100 000 et 500 000 m²/m³ !). Les schémas 6 et 7 illustrent la grande porosité de la lave de roche, qui fait qu'elle crée beaucoup d'espace permettant aux bactéries de s'installer. Dans une aérobie de bio-filtres percolateurs, des zones anoxiques et anaérobiques sont créées de telle sorte qu'une variété de mécanismes de dégradation est présente.

Les systèmes de bio-filtres à aspersion sont dotés de plusieurs couches de matériau pour réduire le risque de canalisation de l'écoulement d'air et pour permettre l'irrigation de chaque couche séparément. L'eau de traitement dans le bio-filtre percolateur peut ensuite circuler à nouveau. Le matériau non-organique (produit intérieur) est utilisé afin de donner lieu à une interaction entre la phase gazeuse et le bio-film et pour assurer un fonctionnement durable du réacteur. Le pH est fréquemment contrôlé de façon automatique et le bio-filtre percolateur contient un système d'interface contrôlable par l'opérateur sur les sites industriels.

Les bio-filtres à aspersion des stations d'épuration et de pompage ont à traiter les courants aériens odorants, qui sont souvent minimes (généralement jusqu'à 10 000 m³/heure). La composition des composants est relativement constante bien que les concentrations fluctuent selon les périodes. Une réduction importante des odeurs dues au sulfure d'hydrogène et autres composants soufrés réduits (composés soufrés organiques volatiles) tels que les mercaptans est requise.

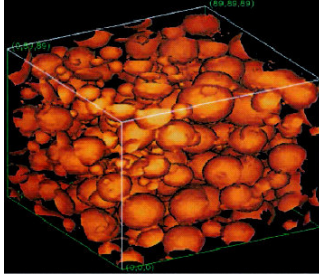


Schéma 6 : Matériel de garnissage



Schéma 7 : Roches de lave

Le bio-filtre à aspersion devrait pouvoir fonctionner avec ou sans ventilateur. Lorsqu'il fonctionne sans ventilateur, l'air sort du logement uniquement lorsque l'eau usée y pénètre. Une chute à basse pression dans le bio-filtre à aspersion est donc requise. Son faible entretien et sa simplicité de fonctionnement sont des aspects importants de ce type d'application.

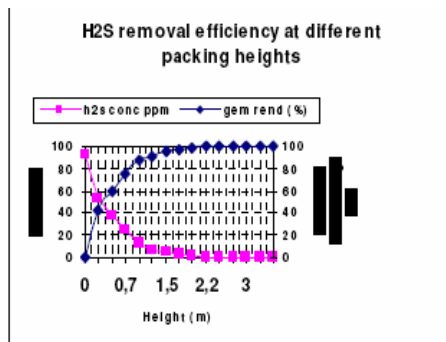


Schéma 8 : Efficacité de l'élimination de H₂S différentes hauteurs du matériau

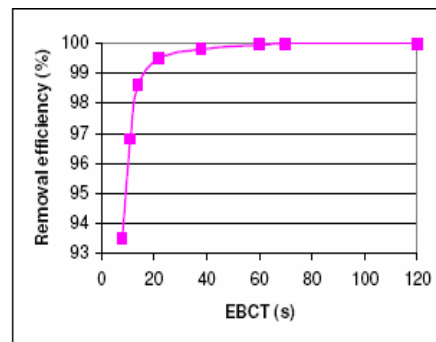


Schéma 9 : Efficacité de l'élimination de H₂S selon EBCT (« Empty Bed Contact Time » – Temps de contact en lit vide).

L'efficacité d'élimination du H₂S dépend de la hauteur du matériau (voir schéma 8) et du temps de contact en lit vide (voir schéma 9).

Bio-filtres à aspersion remplis de matériau plastique.

Plusieurs types de matériaux non organiques sont utilisés dans les bio-filtres à aspersion. La première génération de bio-filtres à aspersion a principalement recours à la roche de lave. La roche de lave est relativement peu chère et garantit une surface importante mais le poids du matériau peut représenter un inconvénient. La roche de lave est une structure très poreuse, et bien qu'elle présente apparemment une surface spécifique très importante, une grande partie de cette surface est colmatée par des roches de contact. En outre, une grande partie de la structure poreuse de la roche de lave est inaccessible à l'eau requise pour le transport de la substance nutritive vers les bactéries et pour soustraire les composants dérivés qui se seraient greffés aux bactéries. Et étant donné que le dérivé des extracteurs de sulfure est l'acide sulfurique, le faible transfert de masse de la roche de lave agira pour empoisonner toute bactérie réussissant à coloniser les pores en profondeur. Voir schéma 10.

La seconde génération de bio-filtres à aspersion est équipée d'un matériau plastique évolué ; cela présente un certain nombre d'avantages lorsqu'il est utilisé en tant que matériau de support microbien:

- plus grande vitesse superficielle = dimensions de l'unité moins importantes
- chute de pression moins importante = frais d'exploitation diminués
- support en polypropylène = non dégradés par les microbes de H₂SO₄
- gravité spécifique basse = pas de nécessité de construire des structures massives

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.

- structure uniforme = résistance d'obturation / autonettoyante
- surface 100 % accessible = maintient la colonie bactérienne en phase de croissance active
- matériau structuré = empêche l'effet de mèche ou de canalisation dans le matériau poreux
- surface très importante, entièrement disponible pour la colonisation microbienne

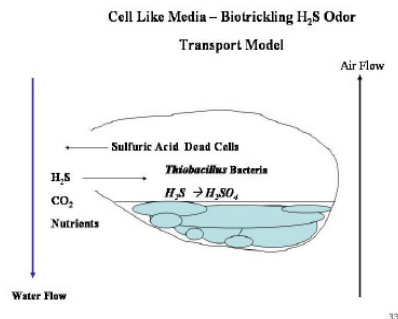


Schéma 10 : Situation dans le matériau de roche de lave.

La quantité de H₂S détruit dans le lit du matériau plastique évolué est 3 fois supérieure à la quantité de H₂S détruit dans la roche de lave. Cela est rendu possible au moyen d'une chute de pression qui est une fraction de celle de la roche de lave. La surface active de la croissance microbienne augmente au fur et à mesure qu'augmente la colonie. D'autre part, la roche de lave est une structure très poreuse. Certains pores seront colmatés par des roches de contact, d'autres pores seront d'un nombre limité en raison du transfert de masse, qui dépend lui-même du facteur temps, soit des nutriments vers l'intérieur d'un pore donné, soit des produits de résidus vers l'extérieur d'un pore donné.

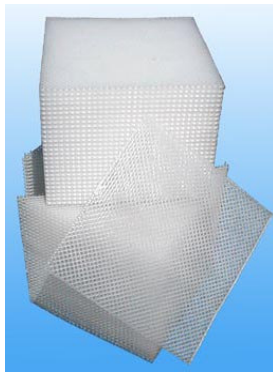


Schéma 11 : Matériau plastique évolué pour les bio-filtres percolateurs.

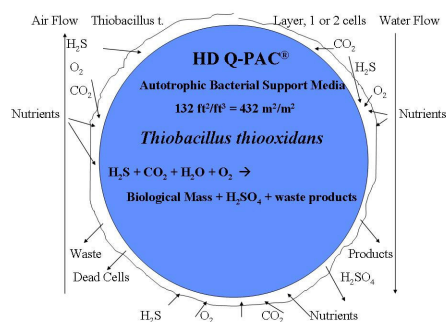


Schéma 12 : Situation dans le matériau plastique.

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.

Alors, la surface active du matériau plastique évolué s'étend par rapport à sa surface sèche tandis qu'augmente la colonie biologique. Et selon la même logique, la surface active de la roche de lave doit être un facteur de moins que la surface sèche réelle de la roche lorsque celle-ci est peuplée de microbes.

Tandis que la colonie microbienne augmente sur le matériau plastique évolué, les surfaces arrondies et de nombreuses aiguilles limitent la masse totale qui s'accumule sur le matériau. À un certain stade, des microbes peuvent se détacher du matériau. Cette action garantit des effets très bénéfiques (voir schémas 11 et 12) :

- l'eau en recirculation estensemencée de bactéries utiles
- le matériau plastique est protégé de la viciation grâce à sa conception autonettoyante
- la colonie bactérienne située sur le matériau plastique est maintenue en phase de croissance active

BIO-FILTRES A ASPERSION POUR LE PROJET PILOTE DE LA STATION D'ÉPURATION DES EAUX USÉES D'EERBECK / PAYS-BAS.

DMT Environmental Technology travaille constamment à l'amélioration des systèmes de bio-filtres percolateurs et recherche tout particulièrement le meilleur type de matériau de garnissage à utiliser. Un projet pilote a donc débuté en mars 2007 à l'usine d'Eerbeek, en Hollande : trois types de matériau de garnissage pour bio-filtres à aspersion ont été testés : Roche de lave, garnissage d'anneaux (« Pall Rings ») et garnissage structuré de matière plastique évoluée (Voir schéma 12). Les objectifs principaux de ce domaine de recherche et de ce travail de développement sont les suivants :

- Efficacité de l'élimination de H₂S et mercaptans
- Capacité d'élimination
- Viciation du matériau
- Eau d'appoint et de recirculation
- Nutriments
- Consommation d'énergie
- Capital et frais d'exploitation

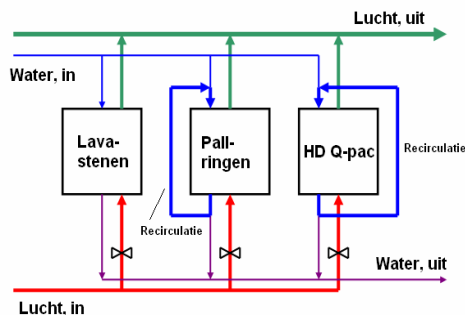


Schéma 13 : Puissance surfacique et emplacement de la station pilote à Eerbeek / Pays-Bas

Caractéristiques du procédé :

- Débit : 300 - 850 m³ / heure
- Concentrations de H₂S jusqu'à 400 ppm en pic et 200 ppm en moyenne
- configuration du procédé : fonctionnement en parallèle



Schéma 14 : Station pilote de DMT à Eerbeek.

Mesures et analyse de l'air : débit, chute de pression dans le matériau, concentrations de H₂S et de mercaptans

Mesures et analyse de l'eau : débit, nutriments, oligo-éléments, pH

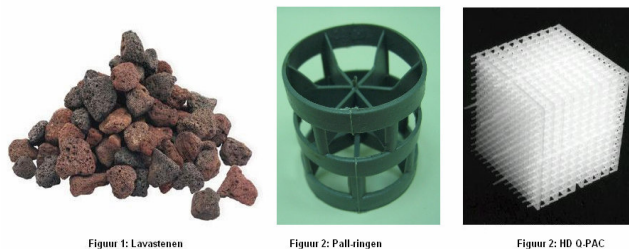


Figure 1: Lavastenen

Figure 2: Pall-ringen

Figure 3: HD Q-PAC

Schéma 15 : Test de matériau pour bio-filtres percolateurs

Conclusions jusqu'ici.

Bien que ce projet pilote ne soit pas encore terminé, il devient de plus en plus clair que le matériau plastique évolué présente les meilleures performances qui soient en termes d'efficacité de l'élimination, de chute de pression et de viciation et donc de frais d'exploitation.

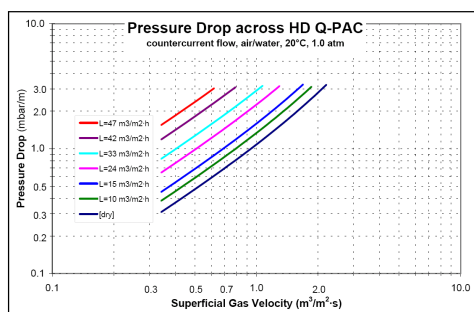


Schéma 16 : Chute de pression dans le matériau plastique évolué

COMPARAISON DES TECHNIQUES LES PLUS RÉPANDUES D'ÉLIMINATION (BIOLOGIQUE) DES ODEURS. Après avoir abordé les techniques les plus communes d'élimination biologique des odeurs, nous pouvons établir la comparaison suivante : (Voir tableaux 2, 3 et 4) :

Tableau 2 : Comparaison des différents systèmes d'élimination biologique des odeurs

Bio-filtres conventionnels	Filtres à base de roche de lave	Bio-filtres à aspersion remplis de matériau plastique évolué
Matériau de garnissage organique	Matériau de garnissage non organique	Matériau de garnissage plastique
Compost, écorce, bois	Roche de lave	Polypropylène
Hauteur du matériau < 1,5 m	Hauteur du matériau < 3,5 m	Hauteur du matériau < 12 m
Perte de pression < 1 500 Pa	Perte de pression < 750 Pa	Perte de pression < 100 Pa
Rétention d'eau traitée	Rétention d'eau traitée très pure	Rétention d'eau traitée très pure
Durée de service 2 – 4 ans	Durée de service > 10 ans	Durée de service > 15 ans
Charge de surface de filtre < 100 m ³ /m ² /heure	Charge de surface de filtre < 400 m ³ /m ² /heure	Charge de surface de filtre < 2 000 m ³ /m ² /heure
Surface de bruit importante	Surface de bruit peu importante	Surface de bruit très peu importante
Concentration H ₂ S max. < 50 ppm	Concentration H ₂ S max. < 1 000 ppm (uniquement pour les processus séquentiels)	Concentration H ₂ S max. < 5 000 ppm
EBCT : > 60 sec	EBCT : > 30 sec	EBCT : > 10 sec
Efficacité de l'élimination ~ 90 %	Efficacité de l'élimination ~ 95 %	Efficacité de l'élimination ~ 98 %
Pas de contrôle du processus possible	Contrôle du processus possible mais limité (pH, nutriments)	Contrôle du processus possible (pH, nutriments, pression)

Tableau 3 Indication des frais d'exploitation selon les différentes techniques d'élimination des odeurs.

Dégagement gazeux 5000 m ³ / heure 250 ppm H ₂ S max.	Charbon actif	Lavage chimique en 1 étape à l'hydroxyde de sodium	Prétraitement du matériau organique de bio-filtration avec laveur	Bio-filtre percolateur Bio-Sulfurex® de DMT à la roche de lave	Bio-filtre perc à aspersion Bio-Sulfurex® de DMT Matériau plastique
Coûts en eau	-	10,000	2,500	2,500	2,500
Coût en produits chimiques	-	30,000	10,000	-	-
Coûts en substance nutritive	-	-	1.500	1.500	1.500
Coûts en électricité	120.000	-	-	-	-
Consommation d'énergie	15.000	25.000	17.500	15.000	5.000
Dépréciation *)	5.000	12.5000	15.000	7.5000	7.500
Entretien	2.5000	5.000	5.000	2.500	2.500
Coût total en € / an	145.000	87.500	59.000	31.5000	20.500

*) Dépréciation en 10 ans.

Tableau 4 Indication des frais d'exploitation selon les différentes techniques d'élimination des odeurs.

Dégagement gazeux 5 000 m ³ / heure 25 ppm H ₂ S max.	Charbon actif	Lavage chimique en 1 étape à l'hydroxyde de sodium	Prétraitement du matériau organique de bio- filtration avec laveur	Bio-filtre à aspersion Bio- Sulfurex® de DMT à la roche de lave	Bio-filtre à aspersion Bio- Sulfurex® de DMT Matériau plastique
Coûts en eau	-	3.000	1.500	1.500	1.500
Coût en produits chimiques	-	10.000	-	-	-
Coûts en substance nutritive	-	-	500	500	500
Coûts en électricité	15.000	-	-	-	-
Consommation d'énergie	15.000	25.000	17.500	10.000	5.000
Dépréciation *)	5.000	12.500	12.500	7.500	7.500
Entretien	2.500	5.000	5.000	1.500	500
Fonctionnement	2.500	5.000	5.000	1.500	1.500
Coût total en € / an	40.000	60.5000	42.000	22.500	16.500

*) Dépréciation en 10 ans.

LES PROCÉDÉS SÉQUENTIELS D'ÉLIMINATION BIOLOGIQUE DES ODEURS.

Dans les procédés biologiques, les micro-organismes préfèrent toujours suivre leurs propres conditions de processus. Le pH, la température et les substrats jouent un rôle particulièrement important. Le transfert de masse est important en ce qui concerne l'entrée des polluants dans la phase liquide afin d'atteindre les bactéries. Le transfert de masse de plusieurs composants peut aussi dépendre du pH et de la composition du fluide.

Généralement, une variété de polluants est présente dans l'air évacué, alors le placement d'un seul filtre biologique est souvent insuffisant. C'est pour cela que la combinaison de procédés est recommandable ; il s'agit du système séquentiel d'élimination biologique des odeurs.

DMT a alors décidé de développer un procédé séquentiel d'élimination biologique des odeurs. Ce procédé comprend une ou deux séquences de bio-filtres percolateurs et une étape de polissage qui est réalisée en série :

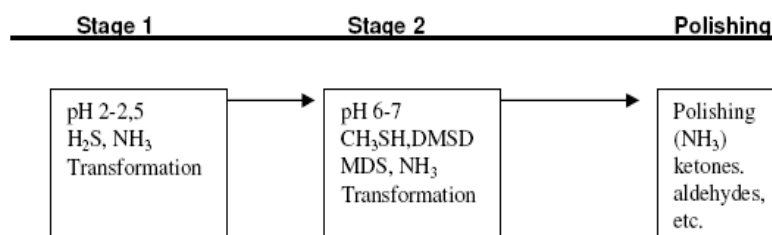




Schéma 17 : Élimination biologique des odeurs en trois étapes de DMT dans une station d'épuration industrielle en Belgique.

Premier étage du bio-filtre à aspersion .

La première étape est responsable de l'élimination de H₂S et de NH₃ dans le filtre.

L'élimination de H₂S se produit par l'action de la bactérie soufre incolore telle que la famille de *Thiobacillus*, voir schéma 18. Il existe deux réactions différentes dans le bio-filtre percolateur. Dans des conditions aérobiques, le H₂S est transformé en SO₄²⁻. Dans des conditions anoxiques, le H₂S est transformé en soufre élémentaire.

Les réactions sont alors les suivantes :

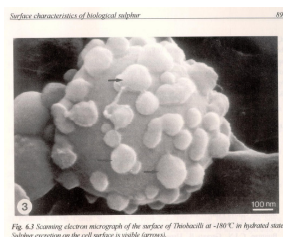


Fig. 6.2 Scanning electron micrograph of the surface of *Thiobacillus* at -100°C in hydrated state. Sulfur granules on the cell surface is visible (arrows).

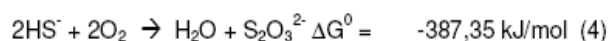
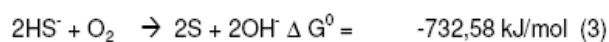
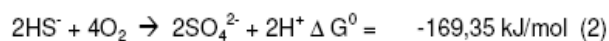
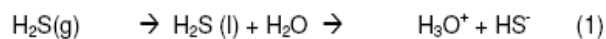


Schéma 18. Thiobacillus.

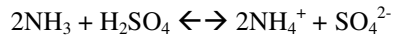
1. Air vers phase liquide vers équilibre de dissociation.
2. Sulfure transformé en sulfate en présence d'oxygène.
3. Sulfure transformé en soufre élémentaire en absence d'oxygène.

4. Sulfure transformé en thiosulfate en cas de faible activité biologique.

Pas de réaction. Le schéma 2 montre que du sulfate sera formé dans des conditions de processus normales, ce qui signifie acidification du bio-filtre à aspersion. Il est donc nécessaire d'utiliser les bactéries acidophiles telles que la famille des *Thiobacilles*, qui peuvent exister aussi avec des quantités de pH très basses.

Une expérience intéressante est l'association du NH₃ en raison de la présence d'acide sulfurique dans le réacteur :

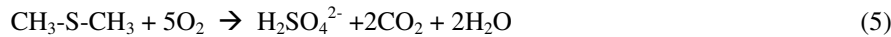
Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.



Cela signifie que H_2S et NH_3 peuvent être retirés dans le même bioréacteur.

Deuxième étage du bio-filtre à aspersion.

La réduction de mercaptans dans le bio-filtre percolateur se produit principalement grâce aux bactéries *Hyphomicrobium*. La réaction de la réduction de sulfure de méthyle est la suivante :



5. Réduction du sulfure de méthyle grâce aux bactéries *Hyphomicrobium*.

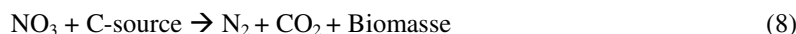
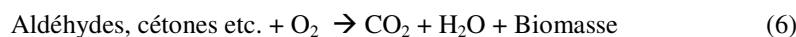
Pas de réaction. On peut constater dans le schéma 5 une réduction de mercaptans cause également l'acidification du filtre percolateur en formant du sulfate. Les bactéries qui s'occupent de la réduction de ce type de composants ne sont pas des bactéries acidophiles. Afin de laisser ces bactéries faire leur travail, il faut maintenir une valeur de pH de 6, au risque de stopper la réduction de mercaptans.

Les composants tels que le méthane-thiol et d'autres composants acides ne seront pas dissolus lors de la phase liquide car la quantité de pH provoque une restriction de la diffusion. Avec des quantités de pH plus importantes, la dissociation-équilibre est différente, ce qui a pour effet une dissolution plus rapide et plus facile des polluants lors de la phase liquide. Cela a pour conséquence une réduction optimale grâce à la bactérie.

Étape du polissage. Bio-filtration ou Charbon actif.

Après avoir été traités dans deux étages différents du bio-filtre à aspersion, les polluants peuvent finalement être décelés, retirés dans un bio-filtre ou un filtre à charbon actif, qui est la troisième étape de traitement.

Dans les bio-filtres, il est plus difficile de contrôler la quantité correcte de pH ; il est donc important de réduire la plupart des polluants dans les étages du bio-filtre à aspersion et d'utiliser la bio-filtration comme une étape de polissage. L'utilisation unique de bio-filtres causera une acidification immédiate du matériau. Lors de la bio-filtration, les bactéries susceptibles d'être trouvées sont les suivantes : *Les familles de Bacillus, Streptomyces, Pseudomonades, Nitrosomonas, Thiobacillus, Hypomicrobium*. Autres micro-organismes : *Doratomyces, Fusarium*



6. Transformation d'aldéhydes, cétones etc. dans le CO_2 , le H_2O et la biomasse 7

7. Nitrification de l'ammoniac et des autres composants de l'azote dans le HNO_2 , HNO_3

8. Dénitrification du nitrate et du nitrite.

À de faibles concentrations, les bactéries peuvent survivre aisément dans un bio-filtre et rester dominantes ; cela s'explique en grande partie par la présence d'un matériau organique. En outre, diverses bactéries et autres micro-organismes peuvent générer un réseau de fibres, de bactéries et d'autres micro-organismes dans lequel les composants hydrophobes peuvent être facilement dissolus. Ce réseau fonctionne également comme une grande zone d'échange avec l'air pollué.

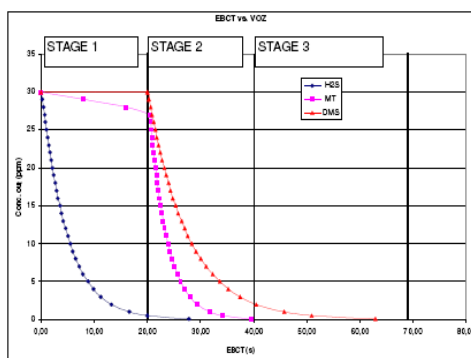


Schéma 19 : Concentrations de H₂S, de MT (Meitnérium) et de sulfure de méthyle par rapport à l'EBCT dans un processus biologique séquentiel.

Le schéma 10 illustre la façon dont les concentrations des différents composants "courent" à travers le système et comment est atteinte une efficacité d'élimination optimale. Le tableau 5 montre l'aspect économique des processus séquentiels par rapport aux systèmes plus traditionnels dans une situation typique.

Les systèmes séquentiels peuvent être construits dans une configuration à plusieurs récipients en série ou à hauts réacteurs verticaux de deux ou trois étages.

Tableau 5 Indication des frais d'exploitation selon les différentes techniques d'élimination des odeurs.

Dégagement gazeux 5000 m ³ / heure 25 ppm H ₂ S max. 5 ppm COV 15 ppm NH ₃	Charbon actif	Lavage chimique Étage 3 H ₂ SO ₄ , NaHOCl, NaOH	Matériau organique de bio- filtration	Matériau plastique de bio-filtration à étages Sulfurex® de DMT
Coûts en eau	-	10.000	2.500	2.500
Coût en produits chimiques	-	25.000	-	-
Coûts en substance nutritive	-	-	1.000	1.000
Coûts en électricité	50.000	-	-	-
Consommation d'énergie	15.000	30.000	17.500	12.500
Dépréciation *)	5.000	30.000	15.000	15.000
Entretien	2.500	10.000	10.000	2.500
Fonctionnement	2.500	15.000	5.000	2.500
Coût total en € / an	75.000	120.000	51.000	36.000

*) Dépréciation en 10 ans.

CONCLUSIONS.

Les bio-filtres à base de compost présentent de trop nombreux problèmes d'acidification, d'assèchement et de renouvellement du matériau. Les bio-filtres à base de roche de lave et de matériau plastique, appelés bio-filtres percolateurs, sont humidifiés par l'eau de suintement de la station d'épuration qui contient tous les minéraux nutritifs nécessaires. La durée de vie de leur matériel de garnissage est longue (au moins 10 ans). Le résultat qui en découle est une meilleure stabilité de fonctionnement. Ils sont généralement préférés en raison de leur poids et taille moins importants et de leur robustesse. Les matériaux plastiques sont préférés car ils offrent de meilleures

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.

performances. Les systèmes à bio-filtre percolateur sont également installés depuis maintenant deux ans dans d'autres parties du monde et connaissent un succès certain.

Les processus séquentiels d'élimination biologique des odeurs sont excellents pour atteindre une efficacité d'élimination optimale des odeurs de plusieurs composants polluants dans des situations où de très faibles concentrations sont exigées.

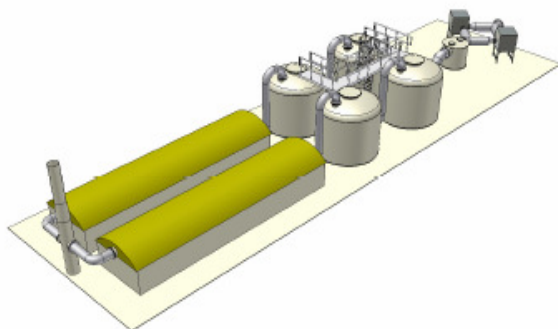


Schéma 20 : Unité de désodorisation biologique DMT à trois étages dans une station d'épuration industrielle à Haïfa, Israël. Capacité de 8 000 m³ / heure

RÉFÉRENCES.

- (1) **Bruné, E., Lems, R.,** Biogaz : Désulfuration biologique, DMT Environmental Technology Joure, juillet 2007.
- (2) **Celik, E., Lems, R.,** Pilot BTF Eerbeek, Onderzoek naar vervangend biotrickling packing, DMT Environmental Technology Joure, février 2007.
- (3) **Dirkse, E.H.M.,** Désodorisation au sein des stations d'épuration et de pompage par traitement biologique séquentiel de DMT Environmental Technology, mars 2006.
- (4) **Dirkse, E.H.M.,** Filtration par bio-filtres percolateurs, DMT Environmental Technology, mai 2007.
- (5) **Dirkse, E.H.M.,** Élimination des odeurs par traitement biologique, DMT Environmental Technology, avril 2007.
- (6) **Dirkse, E.H.M.,** Selectie en toepassing van luchtemissiebeperkende technieken, DMT Environmental Technology, SBM Opleiding milieucoördinator Brugge/Kortrijk België, 2002, 2003.
- (7) **Driesten, J., Telaar, P.,** Biologische ontzwaveling, DMT Environmental Technology Joure, février 2004.
- (8) **Grond, L., Lems, R.,** Pilotproject Biotrickling Filter, DMT Environmental Technology Joure, octobre 2005.
- (9) **STOWA Report 2000/3,** Biologische luchtzuiveringssystemen op rwzi's. Hageman Fulfilment, Zwijndrecht, 2000.

Étude de cas 1.

Application : air provenant d'une station de pompage et d'épuration

Emplacement : Roosendaal / Pays-Bas

Caractéristiques du procédé :

-Débit : 3 600 m³ / heure max.

-Concentrations de H₂S jusqu'à 700 ppm en pic et 300 ppm en moyenne

-configuration du procédé : fonctionnement séquentiel

-type de matériau : roche de lave

-efficacité d'élimination de 98 – 99 %

Type de bio-filtre percolateur : 2 TGWB-4500-3500/LS Bio-Sulfurex® de DMT

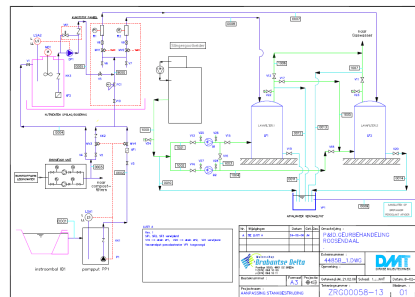


Schéma 21 : Unité de désodorisation biologique DMT à deux étages dans une station de pompage à Roosendaal, Hollande. Capacité de 3 600 m³ / heure.

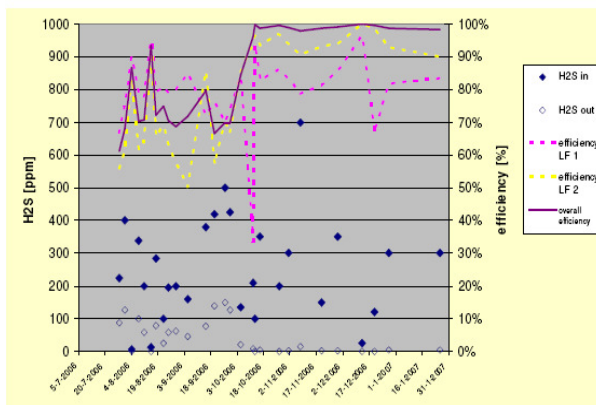


Schéma 22 : Efficacité d'élimination du H₂S dans les bio-filtres à aspersion .

Étude de cas 2.

Application : air provenant de bassins de boue, de clarificateurs primaires, de compartiments de stockage de la boue au sein d'une station d'épuration des eaux usées.

Emplacement : Schalkwijk / Pays-Bas

Caractéristiques du procédé :

-débit : 35 000 m³ / heure max.

-Concentrations de H₂S jusqu'à 100 ppm en pic et 10 ppm en moyenne

-configuration du procédé : fonctionnement en parallèle

-type de matériau : roche de lave

-efficacité d'élimination de 98 – 99,8 %

Type de bio-filtre percolateur : 5 TGWB-4000-3000/LS Bio-Sulfurex® de DMT



Schéma 23 : Unité de désodorisation biologique DMT à un étage dans une station d'épuration industrielle à Schalkwijk, Holland Capacité de 35 000 m³ / heure.

Étude de cas 3.

Application : biogaz provenant d'une fosse de digestion pour fumier de vache. Emplacement : Emek Hefer, Israël

Caractéristiques du procédé :

- débit : 1 500 m³ / heure max.
- Concentrations de H₂S jusqu'à 4 000 ppm en pic et 2 000 ppm en moyenne
- configuration du procédé : contre-courant à étage unique
- type de matériau : Garnissage plastique
- efficacité d'élimination de 98 – 99,8 %
- type de bio-filtre percolateur : TGWB-4000-12000/4PR Bio-Sulfurex®

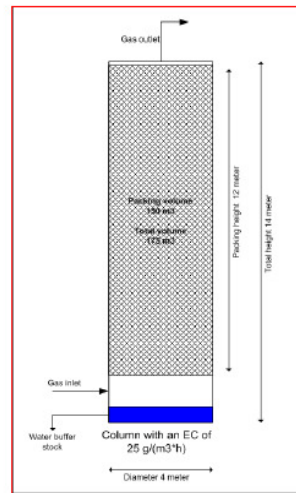


Schéma 24 : Unité de désulfuration biologique DMT à étage unique au sein une station d'épuration à Emek Hefer, Israël. Capacité de 1 500 m³ / heure.

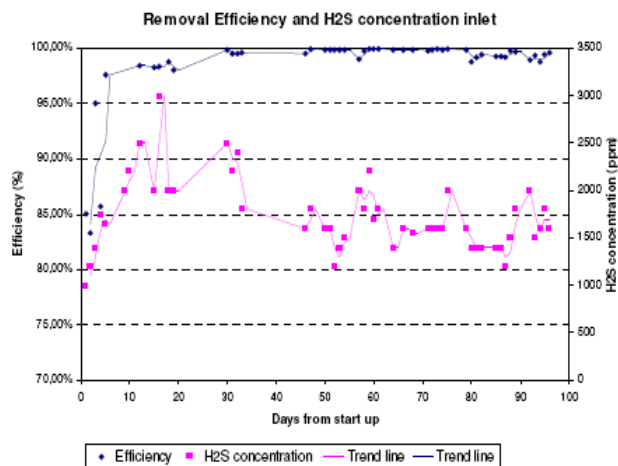


Schéma 25 : Efficacité d'élimination du H₂S dans le bio-filtre percolateur.

Élimination des odeurs dans les stations d'épuration et de pompage au moyen des bio-filtres percolateurs DMT.