NOTE TECHNIQUE · OBJET

Explication technique de la dégradation du biofilm, de la minéralisation de la biomasse et du devenir des nutriments dans le système Biopipe

Le système de traitement des eaux usées Biopipe fonctionne grâce à un biofilm microbien naturellement établi et autorégulé. Les processus biologiques qui se déroulent dans ce biofilm comprennent l'oxydation de la matière organique, l'hydrolyse, la respiration endogène, la nitrification et la dénitrification.

Pour comprendre le devenir des bactéries mortes, de l'excès de biofilm et des nutriments inorganiques, il est important de distinguer la dégradation de la matière organique de la transformation des nutriments inorganiques.

1. Que deviennent les bactéries mortes et l'excès de biofilm ?

Les micro-organismes qui forment le biofilm ont un cycle de vie naturel comprenant croissance, reproduction, mort et décomposition.

Lorsque les cellules bactériennes meurent, leurs composants cellulaires organiques peuvent être décomposés par des enzymes extracellulaires et par d'autres micro-organismes de la communauté microbienne. Ce processus est appelé lyse microbienne et biodégradation.

Les composés organiques qui en résultent peuvent ensuite être utilisés par les micro-organismes actifs comme source de carbone et d'énergie.

Par la respiration endogène et la minéralisation, une grande partie de ce matériau biodégradable est finalement convertie en CO_2 (dioxyde de carbone), H_2O (eau) et NH_4^+ (ammonium et autres nutriments inorganiques).

Le système Biopipe favorise ces processus grâce à la circulation continue des eaux usées, au transfert d'oxygène et à la coexistence de différentes populations microbiennes au sein du biofilm.

Le cisaillement hydraulique limite également l'accumulation excessive de biofilm en détachant la biomasse vieillie ou excédentaire. Le matériau détaché peut poursuivre sa biodégradation ou être retenu dans le système de filtration finale.

Par conséquent, Biopipe est conçu pour minimiser la production de boues biologiques excédentaires et supprimer le besoin d'équipements conventionnels de recirculation, de décantation et de déshydratation des boues.

2. Que deviennent les nitrates ?

L'élimination des nitrates se fait principalement par dénitrification biologique.

Le biofilm Biopipe présente des zones extérieures riches en oxygène et des zones intérieures pauvres en oxygène. Ces différents micro-environnements permettent à la nitrification et à la dénitrification de se produire dans le même réacteur biologique.

Lors de la nitrification, l'ammonium est transformé en nitrate en conditions aérobies.

Lors de la dénitrification, des micro-organismes spécialisés utilisent le nitrate comme accepteur d'électrons en conditions anoxiques et le convertissent en azote gazeux (N_2), qui peut ensuite s'échapper des eaux usées vers l'atmosphère.

Ainsi, le nitrate n'est éliminé ni par phagocytose ni par filtration physique : il est transformé biologiquement en azote gazeux par des réactions métaboliques microbiennes.

3. Que devient le phosphore (phosphates) ?

Pendant la croissance microbienne, les bactéries incorporent du phosphore dissous dans leurs structures cellulaires. À mesure que le biofilm se renouvelle naturellement, des fractions de biomasse se détachent des surfaces de la canalisation et sont transportées vers l'étape finale de filtration à disques.

Cette biomasse détachée contient le phosphore assimilé auparavant. Lorsqu'elle est captée puis évacuée lors du nettoyage des filtres, le phosphore associé est également retiré du système de traitement.

En outre, le phosphore lié aux particules en suspension entrant dans le système peut être retenu physiquement lors de l'étape de filtration.

On considère donc que la réduction observée du phosphore total est principalement due à l'assimilation par la biomasse et à sa filtration ultérieure, et non à un mécanisme biologique spécifique de déphosphatation.

Important : l'ampleur de la réduction du phosphore dépend des caractéristiques des eaux usées, de la croissance microbienne, du détachement de la biomasse et des performances de la filtration. Biopipe ne garantit pas une efficacité précise d'élimination du phosphore.

4. Que devient le potassium ?

L'élimination du potassium n'est pas une fonction de traitement revendiquée par le système Biopipe.

Bien que le potassium soit un nutriment essentiel au métabolisme microbien et puisse être incorporé temporairement dans les cellules bactériennes, il n'est ni dégradé ni détruit biologiquement. Le potassium libéré lors de la décomposition microbienne retourne généralement en phase dissoute.

Par conséquent, Biopipe ne revendique aucune élimination significative ou garantie du potassium, qui devrait rester en grande partie dans l'effluent traité.

5. Pourquoi Biopipe ne nécessite-t-il pas de gestion conventionnelle des boues ?

Le mécanisme de minimisation des boues de Biopipe repose sur la combinaison de :

- Communautés microbiennes à culture fixée, au lieu des boues activées conventionnelles à culture libre.
- Biodégradation et minéralisation continues de la matière organique.
- Respiration endogène et recyclage du matériel cellulaire biodégradable.
- Cisaillement hydraulique contribuant à réguler l'épaisseur du biofilm.
- Filtration finale pour capter la biomasse détachée et les particules en suspension résiduelles.

Ces mécanismes réduisent l'accumulation de solides biologiques excédentaires et suppriment le besoin des équipements conventionnels de gestion des boues habituellement associés au traitement par boues activées.

Il est important de distinguer la suppression de la gestion conventionnelle des boues de l'affirmation selon laquelle toute matière solide ou tout nutriment inorganique disparaîtrait complètement.

✓ Conclusion

Le système Biopipe ne repose pas sur la consommation physique, par les bactéries, de toutes les substances présentes dans les eaux usées. Au contraire, les différents polluants subissent des transformations biologiques et physiques distinctes :

Composant	Transformation principale	Devenir
Matière organique et biomasse morte	Lyse, biodégradation, respiration endogène et minéralisation	CO_2, H_2O, ammonium et autres nutriments inorganiques
Azote (ammonium et nitrates)	Nitrification et dénitrification dans le biofilm	Azote gazeux (N_2), qui s'échappe dans l'atmosphère
Phosphore	Assimilation par la biomasse et rétention par filtration	Retiré lors du nettoyage des filtres ; sans efficacité garantie
Potassium	Pas d'élimination revendiquée	Reste majoritairement dans l'effluent traité
Biomasse excédentaire	Détachement par cisaillement hydraulique et biodégradation ultérieure	Biodégradée ou retenue par la filtration finale

Cette distinction explique comment Biopipe peut obtenir une élimination efficace de la matière organique et de l'azote tout en minimisant la production de boues biologiques, grâce à un écosystème à culture fixée et autorégulé.