

Contribution à la maîtrise des problèmes biologiques des STEP

Communication orale du GIS BIOSTEP

Créé en 1989 à l'initiative du Cemagref, le GIS BioSTEP (anciennement GIS Mousse) se consacre à la gestion des aspects biologiques des stations d'épuration. Il est constitué de scientifiques, d'experts et de professionnels du traitement des eaux usées du Cemagref, de VERI et Veolia Eau, de la Lyonnaise des eaux, de Suez Environnement, de Saur, et de VINCI. Ses missions principales sont centrées sur le partage d'expériences pour l'identification, l'analyse et la maîtrise des dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration.

Les membres du GIS BioSTEP se réunissent trois à quatre fois par an afin d'échanger sur des thématiques choisies conjointement. Ses activités donnent lieu à des publications collectives largement diffusées auprès de la communauté technique concernée, visant avant tout les professionnels du traitement des eaux usées et notamment les exploitants des stations d'épuration. Les documents produits peuvent se présenter sous différentes formes (courte note, question/réponse ou document détaillé) et sont mis en ligne gratuitement sur un site web ouvert à tous : <https://gisbiostep.cemagref.fr>.

Différentes méthodes de travail peuvent être suivies : la mise en commun de connaissances acquises sur un sujet particulier ; la reprise d'un sujet pour le généraliser si possible à partir d'une étude de cas ; ou la mise en place d'études spécifiques sur un sujet qui le nécessite.

Les différents documents en cours portent sur la bioaugmentation, l'effet des chlorures sur le fonctionnement biologique d'une STEP, le redémarrage d'une STEP qui a perdu ses boues (sans ensemencement), et les techniques alternatives à la chloration.

Afin d'illustrer les activités du GIS BioSTEP, deux exemples de sujets abordés de façons différentes seront présentés : la bioaugmentation fongique en application sur une filière eau, et la gestion des fortes variations de charge en station touristique (sports d'hiver).

1 - La bioaugmentation fongique pour la filière eau

La bioaugmentation consiste en un apport de biomasse spécialisée dans une station d'épuration biologique pour en améliorer les performances. C'est un sujet d'intérêt car de nombreux exploitants sont sollicités par des fournisseurs de bioadditifs et de nombreuses questions remontent ainsi vers les experts de chaque structure.

Suite à l'implication d'un exploitant (Veolia Eau), une étude poussée de sept mois a pu être menée sur un site "idéal", une station d'épuration de 45 000 EqH de type boue activée en aération prolongée, comportant deux files entièrement séparées. Ce travail avait pour objectif de mieux préciser l'efficacité d'une bio-augmentation de type fongique. Après validation du partage d'informations, le Cemagref a participé à l'étude au titre du GIS.

Selon le fournisseur, l'apport du cocktail fongique permettrait principalement un gain économique par une réduction de 20% de la consommation énergétique (gain sur les temps

d'aération) tout en maintenant la qualité du rejet, une réduction de 20% de la production de boues et de 40% de la consommation de polymère, ainsi qu'une meilleure décantation.

L'injection du produit s'est faite au niveau de la recirculation des boues de la file test, selon un protocole et un dosage établi par le fournisseur. Afin d'éliminer toute erreur potentielle liée à de possibles différences structurelles entre la file test et la file témoin de la STEP étudiée, les essais ont été conduits en deux phases successives (Phase 1: file 1 test et file 2 témoin, Phase 2 : file 2 test et file 1 témoin). Un protocole de suivi analytique a été mis en place sur toute la durée de l'étude, de façon à pouvoir calculer de façon différenciée pour chaque file tous les indicateurs opérationnels et de performance.

Lors de la phase I, une réduction de 10% du temps spécifique d'aération sur la file test a été constatée. Cet effet a été accompagné d'une augmentation de la concentration en azote ammoniacal dans l'effluent de la file test. Il en a été déduit que l'effet sur le temps spécifique d'aération n'est pas lié à une réduction intrinsèque des besoins en aération, mais à des baisses temporaires et récurrentes de l'efficacité de nitrification dans le bassin test. Ceci a été confirmé au cours de la phase II, où à la fois les concentrations en azote dans l'effluent et les temps spécifiques d'aération étaient sensiblement identiques dans les deux files.

Afin de confirmer ces résultats, une caractérisation respirométrique de la biomasse des deux files a été réalisée sur site au cours de la phase I. Celle-ci a démontré l'absence de différence significative entre les deux files en termes de cinétique de nitrification, de dégradation de la matière organique et de consommation spécifique en oxygène par g de C et de N oxydés. L'objectif annoncé de réduction de la consommation énergétique pour l'aération n'a donc pas été atteint.

Le calcul d'un état de référence sur les quatre mois qui ont précédé l'essai a mis en évidence une différence intrinsèque de production de boues entre les deux files, la file 1 générant en moyenne 12% de plus que la file 2. Lors de la phase I, cet écart s'est réduit à 7%. En phase II, l'écart de référence de 12% entre les files 1 et 2 s'est rétabli. Aucun impact significatif du cocktail fongique sur la production de boues n'a donc pu être observé.

De plus, d'après les courbes d'évolution de l'indice de boues, aucun impact notable du cocktail fongique sur la décantabilité des boues n'a pu être mis en évidence. En revanche, un impact significatif a été observé sur la consommation de polymère, qui est augmentée respectivement de 20 et 30% sur la file test pour les phases I et II.

Les observations microscopiques conduites lors de la phase I et II montrent une abondance de mycéliums sensiblement constante sur la durée et à chaque fois très similaire dans les files test et témoin. Les analyses en biologie moléculaire conduites lors de la phase I indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux files au niveau de la biodiversité fongique. De plus, les différentes espèces ne se maintiendraient pas dans le temps dans le bioréacteur.

L'injection de ce produit n'a donc pas permis d'atteindre les objectifs annoncés, aussi bien sur le plan technique qu'économique.

2- Gestion des fortes variations de charge en station touristique pour le traitement de l'azote

Ce deuxième exemple de sujet traité par le GIS BioSTEP a permis de valoriser un travail du Cemagref en complétant certains points et en le présentant sous une forme pragmatique pour les exploitants. C'est un sujet d'intérêt notamment pour les stations de sports d'hiver (période critique des vacances d'hiver) qui doivent faire face à des variations de charge brutales afin de respecter le niveau de rejet en azote ammoniacal.

L'injection d'un substrat azoté (alcali) constitue une alternative intéressante aux limites de conception et permet de préparer progressivement la biomasse nitrifiante à une augmentation de charge. Un protocole détaillé permettant de définir de façon pratique les différents paramètres de la mise en place d'une telle démarche a été mis au point. Cependant, il est adapté aux pointes de charge supérieures à une semaine, les contraintes d'exploitation et financières devenant trop lourdes pour des durées plus courtes.

Pour des raisons de facilités d'exploitation, les procédés les plus adaptés à ce type d'application sont ceux qui s'arrêtent à la nitrification sans exigence réglementaires sur la dénitrification. Certaines conditions impératives sont également à respecter : l'existence de plusieurs files pour faciliter la montée en charge (rotation ou alternance pour maintenir en vie la biomasse), l'absence de clarificateur (risque de dénitrification sauvage), et le contrôle du TAC (apport éventuel de carbone minéral pour compenser les besoins en bicarbonates). Sont donc concernés les procédés à cultures fixées : biofiltres nitrifiants, culture fixée fluidisée avec flottateur (MBBR) ; et à cultures libres : procédés à boues activées avec membranes de filtration.

Pour la mise en place du protocole, il est nécessaire de prendre en compte différentes données concernant l'installation :

- la variation de charge réelle, plus particulièrement pour la période critique (pente de montée en charge la plus importante : amplitude et durée)
- la température de l'effluent (impact sur le taux de croissance bactérienne),
- la charge azotée à traiter en basse et haute saison,
- le niveau de rejet demandé (plus particulièrement à la pointe de charge),
- la quantité de bicarbonates à l'entrée du biologique, (ils peuvent être consommés si décanteur primaire avec physico-chimique).

La durée du traitement et la dose appliquée sont fonction du taux de croissance des bactéries nitrifiantes, estimé en tenant compte de la température. Le suivi des paramètres $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ et HCO_3^- est indispensable pour réussir un ensemencement optimisé de la filière, en particulier pour caler les apports d'alcali en fonction des taux de croissance réels de la biomasse en place, afin d'éviter une surconsommation de réactifs et pénaliser ainsi le milieu récepteur.

Le flux de $N-NH_4^+$ mesuré en sortie permet de réajuster régulièrement les apports d'alcali en entrée de réacteur biologique. Le flux de nitrates formés permet d'estimer la quantité de biomasse installée et son taux de croissance dans le réacteur biologique. Le flux de bicarbonates consommés (flux de bicarbonates d'entrée - flux de bicarbonates de sortie) permet de vérifier le flux de nitrates formés ou d'azote ammoniacal nitrifié.

Parallèlement à l'injection d'alcali, il convient de vérifier l'absence de facteurs limitants. En effet, les bactéries responsables de la nitrification sont des bactéries autotrophes très sensibles à certains paramètres du milieu :

- le substrat (l'azote ammoniacal),
- l'oxygène, avec des concentrations en O_2 dissous supérieures à 2-3 mg d' O_2 /l dans le milieu, normalement compatibles avec les capacités existantes sur la station,
- le pH, avec une limitation de l'activité à des pH inférieurs à 6,9, voire un blocage de l'activité biologique à des pH inférieurs à 6,5,
- la quantité de carbone minéral, dont la concentration se mesure par les bicarbonates. En effet, les bicarbonates des eaux usées à traiter doivent être en concentration suffisante pour nitrifier l'ensemble de l'azote apporté à la fois par les eaux usées et par la source azotée externe (alcali).

La fiche technique disponible sur le site du GIS BioSTEP permet, à partir d'un exemple concret et de valeurs chiffrées, de définir les différents paramètres de la mise en place de

l'ajout d'alcali : la quantité d'alcali à ajouter ainsi que la durée de l'ajout, la quantité de bicarbonates à ajouter, ainsi que le coût d'une telle démarche.

Ces deux exemples illustrent ainsi une partie des travaux du GIS BioSTEP depuis ses 20 ans d'activité. Tous les documents sont téléchargeables gratuitement sur le site internet (<https://gisbiostep.cemagref.fr>). De nouveaux thèmes sont au programme pour poursuivre l'activité du GIS tels que : les limites de charges issue des apports extérieurs, les limites de traitement des principales filières de traitement des eaux usées, la méthode de calcul de la production de boues, la typologie des MVS dans les boues...