

Optimisation épuratoire et énergétique du bassin biologique des stations d'épuration à boues activées par la technologie INFLEX



Mathieu Pocquet et Jean-Pierre Grasa
(BIOTRADE)

Michel Mauret et Xavier Lefebvre
(CRITT - INSA Toulouse)

Jean-Pierre Serrano
(Agence de l'eau Adour-Garonne)

Jean-Pierre Canler (IRSTEA)

Alain Deles (SMEA RESEAU31)

La technologie INFLEX, associée à des sondes oxygène et redox, permet d'améliorer l'ensemble du fonctionnement biologique d'une station à boue activée : nitrification, dénitrification et déphosphation. Il en résulte une amélioration du traitement de l'azote, une stabilité de l'eau traitée et un gain énergétique sur le système d'aération pouvant atteindre 21 %.

ABSTRACT

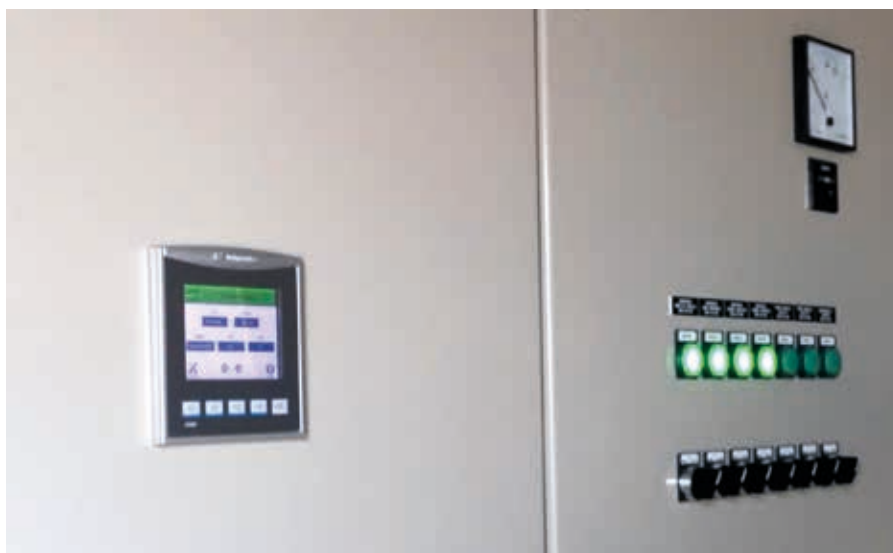
Purification and energy optimisation of the biological pool of activated sludge purification stations using INFLEX technology.

INFLEX technology is linked to oxygen and redox probes, and makes it possible to improve the entire biological functioning of a sludge-activated station: nitrification, denitrification and dephosphorisation. The outcome is high quality treated water and stability, together with optimised energy consumption.

Sur le plan national, les stations d'épuration à boues activées représentent 40 % du parc de stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines et pour les collectivités de plus de 2000 EH, il atteint plus de 80 % du parc. Ces stations pour le domaine de charge de l'aération prolongée ou faible charge abattent une grande partie de la pollution mais la qualité des eaux rejetées est moins stable pour les rejets azotés, qui ont un impact majeur sur le mauvais état général des

milieux aquatiques en France. Ce défi environnemental va être relevé, entre autre, par des stations fonctionnant avec des rendements d'épuration plus élevés et stables dans le temps.

La société BIOTRADE et l'INSA de Toulouse ont développé la nouvelle technologie INFLEX qui optimise le fonctionnement du bassin biologique des stations d'épuration à boues activées pour de meilleures performances épuratoires et, selon les stations, un gain énergétique.



Automate INFLEX dans l'armoire électrique d'une station à boues activées.

En 2016, une étude à la demande de l'agence de l'eau du bassin Adour-Garonne, associant l'IRSTEA, le Syndicat Mixte de l'Eau et de l'Assainissement de Haute Garonne RESEAU31 (compétence assainissement pour 195 communes sur 110 stations d'épuration), l'INSA de Toulouse et la société BIOTRADE a été menée pour évaluer la technologie INFLEX sur trois stations de taille différente à boues activées de RESEAU31. Les objectifs de cette étude étaient de quantifier les gains possibles sur les performances épuratoires, d'estimer les gains énergétiques, d'étudier les conséquences de cette optimisation sur la qualité de la boue (aptitude à la décantation) et de démontrer l'intérêt de cette technologie pour réduire les pressions domestiques sur les masses d'eau réceptrices.

Principe du fonctionnement des réacteurs biologiques en lien avec la technologie INFLEX

Les stations à boues activées de type aération prolongée ou faible charge traitent l'azote grâce aux réactions biologiques de nitrification (réaction aérobie: oxydation de l'ammonium en nitrate) et dénitrification (réaction anoxique: réduction des nitrates en azote gazeux). Ces réactions sont réalisées grâce à un consortium microbien (appelé biomasse) qui se développe dans le réacteur biologique. Ainsi, deux paramètres gouvernent l'efficacité épuratoire d'une station:

- La gestion de l'âge de boue qui permet d'assurer le bon développement de la biomasse dans le bassin;
- La gestion de l'alternance aération/non-aération pour traiter l'azote et surtout éviter des formes oxydées à l'entrée du clarificateur.

La gestion de ce séquencage va ainsi influencer directement les rejets dans le milieu naturel en ammonium, nitrate, et paramètres carbonés (fuites de MES liées aux nitrates).

La technologie INFLEX a été conçue pour

	Ammonium en sortie (mgN-NH ₄ /L)		Nitrate en sortie (mgN-NO ₃ /L)	
	Sans INFLEX	Avec INFLEX	Sans INFLEX	Avec INFLEX
Villefranche	0.7 ± 0.5	0.1 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.8 ± 0.1
Montberon	3.0 ± 4.0	1.2 ± 0.6	3.2 ± 3.7	0.8 ± 0.2
Saint Paul	0.3 ± 0.2	0.6 ± 0.4	8.6 ± 4.5	0.9 ± 0.5

Abattements en ammonium (NH₄⁺), azote total Kjeldhal (NTK) et azote global (NGL) obtenus sur les 3 stations de l'étude fonctionnant soit sans INFLEX, soit avec INFLEX.

gérer finement ce syncopage de l'aération. Cet automate analyse la dynamique des signaux des sondes existantes redox et oxygène et détermine les points d'inflexion caractéristiques des fins de nitrification et dénitrification. Il va ainsi adapter parfaitement les durées d'aération et de non-aération pour éliminer entièrement l'ammonium et les nitrates en fonction des conditions de fonctionnement de la station: taux de charge, concentrations en biomasse, puissance/performance du système d'aération. L'innovation de la technologie INFLEX réside dans le fait que la gestion de l'aération est réalisée automatiquement grâce aux dynamiques de ces signaux et non plus par rapport à leurs valeurs absolues (notion de seuil) ou pour les plus petites stations par des horloges.

Résultats de l'étude et avantages de la technologie INFLEX

Ce mode d'asservissement (technologie INFLEX) présente de nombreux avantages qui ont été évalués lors de cette étude menée pendant 12 mois sur trois stations à

boues activées (Villefranche de Lauragais: 9500 EH; Montberon: 4000 EH et Saint Paul sur Save: 2000 EH).

• **La fiabilisation du traitement des eaux usées en particulier sur les rejets azotés:** quels que soient les événements se produisant sur la station (temps sec ou temps de pluie, variation des MES...), INFLEX ajuste très précisément la durée des phases aérées et non aérées en fonction du flux de pollution entrant et de la capacité épuratoire de la boue activée pour une qualité de traitement optimale. Les stations équipées d'INFLEX présentent des rejets en ammonium (NH₄⁺) et en nitrate (NO₃⁻) stables, avec des concentrations très faibles (voir tableau), et sans contrainte d'exploitation supplémentaire en dehors du nettoyage et étalonnage des sondes.

Sur ces 3 stations, les résultats sont très significatifs sur les nitrates et pour l'azote ammoniacal, les stations déjà bien optimisées révèlent un gain négligeable mais surtout stable.

• Les impacts positifs « indirects » sur le fonctionnement de la station:

INFLEX va permettre d'éliminer la quasi-totalité des nitrates sans prolonger de manière trop importante la durée de non-aération. Cette gestion par INFLEX apporte des avantages majeurs sur l'exploitation:

- Pas de dénitrification sauvage dans le clarificateur avec remontée et fuite de matières en suspension, et donc de la DCO et DBO₅.
- Stabilisation de la déphosphatation biologique dans la zone anaérobie (pas de recirculation de nitrate dans cette zone ou de résiduel en oxygène dissous).
- Pas de relargage dans le bassin biologique des phosphates stockés (pas de périodes anaérobies transitoires trop longues).
- Pas d'interférence sur l'indice de boue.

• **La minimisation de la consommation énergétique** : Sur les boues activées, le poste aération contribue fortement aux consommations énergétiques de la station et correspond à 60 à 70 % des consommations totales de la file eau. La première étape pour une optimisation énergétique est de bien caler la charge massique de la station ce qui sous-entend le plus souvent de baisser le taux de boue (cas des 3 stations de l'étude). La seconde étape est l'optimisation des cycles d'aération (gérés par l'exploitant ou par INFLEX). L'intérêt d'INFLEX est son adaptabilité aux fluctuations de charges et sa précision sur les durées aérées/non-aérées. Une mauvaise gestion du séquençage de l'aération va quant-à-elle entraîner une sur-aération ou une sous-aération du bassin biologique par rapport aux besoins réels des microorganismes et de la pollution à traiter engendrant un gaspillage énergétique et/ou un mauvais traitement de l'effluent. INFLEX va permettre d'adapter parfaitement la durée d'aération en fonction des variations de charge massique

observées sur les stations (variation jour/nuit de la charge, variation de la concentration en MES, périodes pluvieuses avec dilution de la charge en entrée). Les gains énergétiques moyens sur la période de l'étude sont variables en fonction des stations et ont atteint jusqu'à 21 %.

• **Les bénéfices environnementaux** : Cette étude s'est également intéressée à l'impact des stations sur les milieux aquatiques récepteurs en utilisant les paramètres européens « taux de pression » et « pression ». Les rejets azotés très faibles obtenus avec l'utilisation d'INFLEX ont permis de réduire d'un facteur 13 et stabiliser le taux de pression de Villefranche sur sa masse d'eau faisant passer la pression de « significative » à « non significative ». Pour Montberon, ce taux de pression a été diminué d'un facteur 4 (pression « non significative »). Pour Saint Paul, le débit d'étiage étant très important par rapport au débit de sortie de la station, le taux de pression est proche de zéro. Des mesures dans la masse d'eau ont également démontré les réels avantages

d'INFLEX avec une nette diminution de l'impact du rejet sur la qualité physico-chimique du cours d'eau.

Conclusion

Cette étude a démontré tous les bénéfices liés à l'utilisation d'INFLEX sur les stations à boues activées. La technologie INFLEX permet l'optimisation des réactions biologiques de nitrification, dénitrification et déphosphatation sans altérer les performances de décantation des boues. L'ensemble du fonctionnement biologique du procédé est ainsi nettement amélioré en associant aux sondes oxygène et redox l'automate INFLEX. Selon les sites étudiés, les gains énergétiques obtenus ont été variables, jusqu'à 21 % de la consommation énergétique du système d'aération.

Cette étude confirme toutes les potentialités de réguler l'aération par la technologie INFLEX et l'intérêt d'en équiper les stations d'épuration pour améliorer le traitement de l'azote et la stabilité de l'eau traitée avec une consommation énergétique optimisée. ■