

BIOLYSIS E & BIOLYSIS O, DEUX INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES POUR LA RÉDUCTION DE LA PRODUCTION DE BOUES À LA SOURCE

Stéphane Deleris*, Thierry Lebrun*, Valéry Geaugey**

* Centre de recherche de Ondeo-Degrémont

** Centre de recherche sur l'eau et l'environnement

Pour répondre au problème de l'augmentation de la production de boues dans les stations d'épuration municipales et industrielles, due notamment au durcissement des normes et à l'augmentation du taux de raccordement aux réseaux d'assainissement, Ondeo-Degrémont a développé une nouvelle technologie de réduction de la production de boues agissant directement au cœur de la filière de traitement de l'eau : Biolysis. S'appuyant sur l'expérience de deux prototypes à l'échelle industrielle, ce travail présente des résultats concernant les effets des deux procédés Biolysis O et Biolysis E sur la production de boue, les performances d'épuration et la qualité des boues résiduelles. Une analyse économique des procédés est également proposée.

Management of the excess sludge production resulting from biological wastewater treatment is one of the most important economic and environmental issues for the next decade. Due to the intensification of wastewater treatment, a large increase in sludge production from biological processes must be anticipated. Moreover, sludge agricultural valorisation and landfilling, which are the main solutions adopted for final sludge disposal, are debated and sludge incineration cannot be a systematic solution. So, new stringent regulations regarding sludge treatment and disposal imposed in several countries as well as social and environmental concerns, have resulted in an increasing interest in emergent processes aimed at the reduction or minimization of excess sludge production.

Following a 5 years on-going research program, Ondeo-Degrémont has developed a new set of processes designed to reduce sludge production inherent to biological wastewater treatment : Biolysis. The results presented in this paper relate to two case studies aimed at assessing the effect of Biolysis O and Biolysis E associated with an activated sludge process. This paper highlights results concerning reduction of sludge production and provides a comprehensive and accurate

set of results dealing with the influence of Biolysis processes on the remaining sludge and effluent characteristics. An economical evaluation of the Biolysis technologies is also provided.

INTRODUCTION

Conçues et construites pour épurer les eaux usées avant de les restituer au milieu naturel, les usines de dépollution des eaux produisent des boues. Des résidus du traitement de l'eau qui doivent être traités puis évacués. Face au durcissement des normes qui conduisent à traiter toujours mieux et toujours plus d'eaux usées, ces quantités de boues produites ne cessent d'augmenter. En parallèle, les filières d'évacuation classiques des boues sont fortement remises en question.

C'est à partir de ce constat que Ondeo-Degrémont a lancé, depuis 1996, un programme de recherche et de développement pour répondre à la problématique des boues d'épuration. Aux difficultés rencontrées par les systèmes de traitement des boues à l'aval du traitement de l'eau, Ondeo-Degrémont propose aujourd'hui une solution qui consiste à réduire la production des boues d'épuration en amont, au sein de la ligne de traitement de l'eau.

Un nouveau savoir-faire en oxydation et en biologie combinatoire a permis à Ondeo-Degrémont de développer un procédé intégré au cœur de la ligne de traitement de l'eau. Un système qui représente non seulement une alternative technologique et économique prometteuse, mais aussi une véritable rupture technologique.

DESCRIPTION DES PROCÉDES BIOLYSIS

Principe général du procédé Biolysis

Installé au niveau du bassin biologique (figure 1) Biolysis est un procédé peu encombrant qui permet la réduction de la production de boues à la source. Décliné en deux produits, Biolysis agit soit par un stress chimique, induit par l'ozone, soit par un stress enzymatique.

Qu'il soit d'origine enzymatique ou chimique, l'objectif du trai-

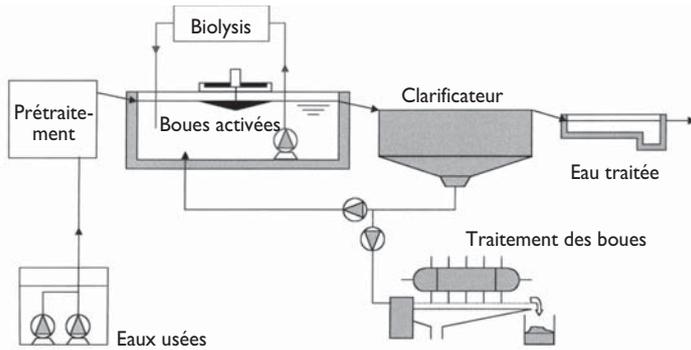


Figure 1 : Représentation de la boucle Biolysis directement installée au niveau du bassin biologique

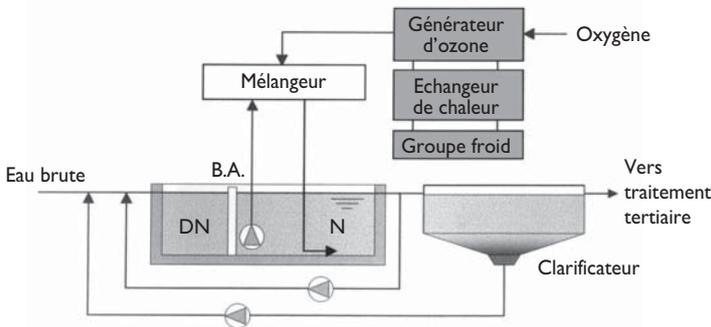


Figure 2 : Schéma de principe du procédé Biolysis O

Le procédé Biolysis est d'agir sur les bactéries viables présentes en limitant leur croissance et d'augmenter la biodégradabilité des matières organiques accumulées. Ces deux effets sont indispensables pour pouvoir prétendre à des réductions de production de boues significatives. La forte synergie existant entre les procédés Biolysis et le traitement biologique conventionnel permet aujourd'hui d'atteindre des réductions de production de boues allant de 30 à 80 % pour des coûts comparables voire inférieurs aux filières d'élimination classiques.

Le procédé Biolysis O

La technologie Biolysis O est développée depuis 1997 par Ondeo-Degremont avec notamment l'aide de l'Insa de Toulouse. Après une validation du principe même du pro-

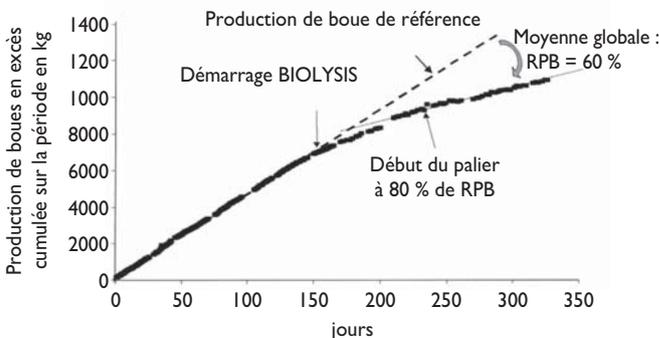


Figure 3 : Évolution du taux de réduction de production de boue au cours de différentes phases d'essais

cé à l'échelle pilote, une unité industrielle a été mise en place sur la station d'épuration d'Aydoilles (Vosges, 1000 eq-hab) avec le soutien de l'agence de l'eau Rhin-Meuse.

Le produit Biolysis O permet la réduction de la production de boue en excès selon le brevet déposé par Ondeo-Degremont. Il consiste en l'intégration d'une étape d'ozonation à travers une boucle de recirculation sur le bassin de boues activées. Le mélangeur qui met en contact la liqueur mixte et l'ozone favorise les cinétiques réactionnelles de l'agent oxydant sur les matières organiques contenues dans les boues.

Les essais réalisés sur la station d'épuration d'Aydoilles ont permis de mettre en évidence le potentiel de réduction de production de boues du procédé Biolysis O. Comme l'illustre la figure 3, l'efficacité de réduction de production de boue varie entre 30 et 80 % en fonction des conditions opératoires mises en œuvre.

Outre la réduction de la production de boue, de fortes améliorations du comportement des boues en décantation et en déshydratation ont pu être observées aussi bien à l'échelle pilote que dans le cas du prototype d'Aydoilles. La

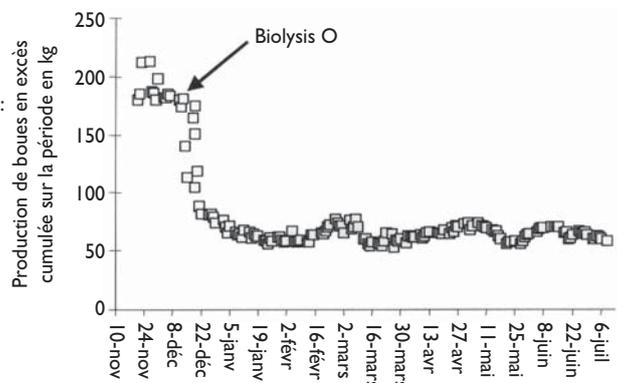


Figure 4 : Évolution de l'indice de Mohlman lors de la mise en œuvre du procédé Biolysis O sur la station d'épuration d'Aydoilles

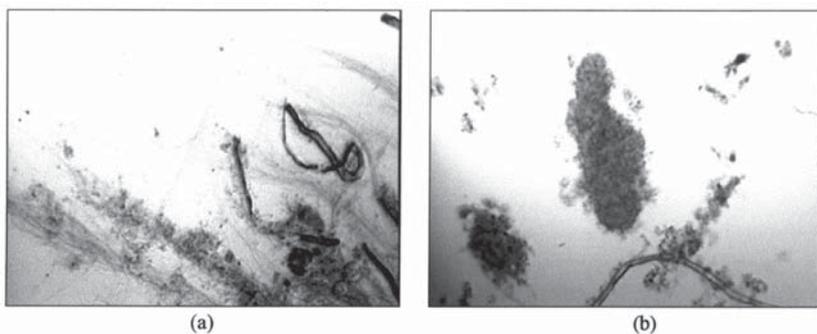


Figure 5 : photographies réalisées au microscope optique (x 250) boue prélevée dans le bassin d'aération avant mise en œuvre du traitement Biolysis O(a) après un mois de fonctionnement de Biolysis O (b) (60 % de RPB).

figure suivante démontre l'effet de Biolysis O sur l'indice de Mohlman.

La mise en œuvre de Biolysis conduit à une réduction de l'indice de Mohlman de 200 à 60 ml/g et permet de garantir une bonne décantation des boues y compris pour des périodes estivales souvent propices au développement des microorganismes filamenteux. L'effet du couplage ozonation et traitement biologique sur les micro-organismes filamenteux est illustré qualitativement sur les photographies présentées à la page suivante (figure 5).

Une amélioration sensible de la déshydratabilité des boues a également été observée lors de la mise en œuvre de Biolysis. Les résultats obtenus au cours d'essais de déshydratation sur filtre presse pour des boues stockées en silo (tableau 1) montrent clairement un gain de 4 à 5 point de siccité et une diminution de la dose de polymère nécessaire de plus de 25 %.

En outre, il est important de remarquer que la qualité, d'un point de vue agronomique, des boues résiduelles qui sont générées sur une installation accueillant le procédé Biolysis O

Tableau 1 : Résultats des essais de déshydratation de boues sur filtre presse avant et après mise en œuvre de Biolysis O résultats obtenus sur le prototype d'Aydoilles

	Boues de l'installation conventionnelle	Boues Biolysis O
Siccité obtenue (% MS)	25 à 26 %	30 % (26 à 34 %)
Dose de polymère en (kg /t MS)	4 à 5	2 à 3

Tableau 2 : Effet du traitement Biolysis O sur la concentration de différents éléments caractéristiques, résultats obtenus sur le prototype d'Aydoilles

	Boues de l'installation conventionnelle (% MS)	Boues Biolysis O (% MS)
NTK	4,9	4,3
P total (en P ₂ O ₅)	5,35	4,3
K en (K ₂ O)	1	0,63
Ca (en CaO)	0,72	0,5

n'est a priori pas significativement modifiée. Les données présentées dans le tableau 2 illustrent globalement la conservation de la valeur agronomique de la boue de référence.

Malgré une diminution du rapport MVS/MES d'environ 10 %, le PCI de la boue résiduelle provenant d'une installation utilisant Biolysis permet de garantir la possibilité d'envisager l'utilisation de l'incinération comme filière d'élimination finale des boues résiduelles.

Des essais ponctuels de mesure de la concentration de différents métaux lourds dans les boues (tableau 3) permettent d'affirmer que la réduction de production n'induit pas une accumulation significative de ces composés.

Les concentrations des différents métaux lourds dans les boues relevées sur le prototype d'Aydoilles sont inférieures à celles préconisées dans les normes relatives à l'épandage agricole de boues. Ainsi la filière d'épandage agricole peut également être envisagée pour les boues résiduelles provenant d'une installation Biolysis O.

En conclusion, la compacité des équipements, la rapidité et la souplesse de mise en route, sont autant d'avantages qui combinés à la simplicité d'exploitation font de Biolysis O un procédé particulièrement pertinent qui offre une solution pérenne au problème de l'élimination des boues.

Le procédé Biolysis E

La technologie correspondant au cœur de ce procédé, la solubilisation par voie enzymatique, a été mise au point et brevetée par la société japonaise Shinko Pantec. Biolysis E est né suite à un accord de licence entre Ondeo-Dégramont et la société japonaise.

Tableau 3 : Effet de la mise en œuvre de Biolysis O sur la concentration des métaux lourds dans la boue, résultats obtenus sur le prototype d'Aydoilles

	Boues de l'installation conventionnelle (mg / Kg MS)	Boues Biolysis O (mg/ Kg MS)
Br	90	36
Co	4	4
Cu	178	128
Fe	10500	18920
Mn	700	1060
Mo	6	4
Se	< 10	< 10
Cd	< 2	< 2
Cr	30	40
Hg	1,2	2
Ni	30	28
Pb	68	76
Zn	476	468
Cr+Cu+Ni+Zn	714	664

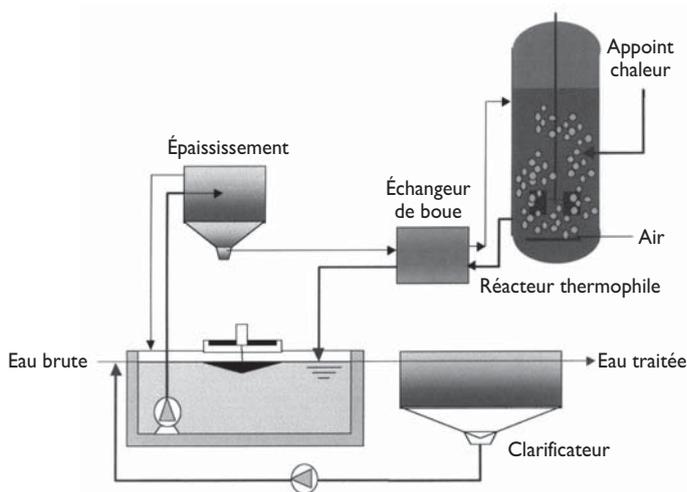


Figure 6 : Schéma de principe du procédé Biolysis E

Biolysis E est un procédé purement biologique mettant en œuvre une famille de bactéries spécifiques présentes naturellement sous une forme inerte dans les boues de station d'épuration.

Les boues activées, directement prélevées dans le bassin aéré, sont soumises à une étape d'épaississement préalable, puis introduites dans un réacteur d'hydrolyse enzymatique thermophile. Les conditions maintenues dans ce réacteur permettent le développement d'une population de microorganismes thermophiles. L'association des enzymes (protéase, amylases) générés par ces microorganismes ainsi que le stress thermique permettent d'obtenir une solubilisation significative des matières en suspension, la minéralisation des composés solubilisés est assurée dans le bassin d'aération.

Après une validation technico-économique à l'échelle pilote un prototype Biolysis E a été installé sur la station de



Photographie 2 : prototype du procédé Biolysis E installé sur la station d'épuration de Verberie 3000 eq-hab

Verberie dans l'Oise (3000 eq-hab) avec le soutien de l'agence de l'eau Seine-Normandie. Ce prototype est en fonctionnement depuis janvier 2002, les résultats obtenus confirment pleinement le fort potentiel de réduction de production de boue de ce procédé et révèlent également des effets intéressants sur la décantabilité et la déshydratabilité des boues résiduelles.

BILAN DE L'IMPACT DE BIOLYSIS

Comme nous l'avons vu précédemment, les différentes expérimentations réalisées montrent que la mise en œuvre de Biolysis sur une station d'épuration ne modifie pas fondamentalement la composition de la boue. En effet, contrairement à d'autres procédés qui réduisent les quantités de boues (stabilisation aérobie, digestion anaérobie) la composition des boues reste stable. La solubilisation ayant effet à la fois sur les fractions organiques et minérales, les boues produites ne sont pas des boues minérales.

La réduction de production de boues conduit à modifier les proportions de matières évacuées sous formes solides, liquides et gazeuses par la station d'épuration :

- Pour le carbone : la majeure partie est oxydée en CO₂, une très faible proportion se trouve dans l'eau sous forme de carbone organique soluble (de l'ordre de 5 à 20 mg O₂/l et non biodégradable).
- Pour l'azote : la quantité d'azote normalement éliminée sous forme organique par l'extraction de boue se retrouve sous forme soluble et sera donc éliminée après nitrification/dé-nitrification.

- Pour le phosphore et les métaux lourds : plus la réduction de production de boues est poussée plus les flux normalement extraits avec les boues se retrouvent dans l'eau de sortie, et si les niveaux de rejet l'imposent seront éliminés par un traitement tertiaire approprié.

Biolysis a pour effet de limiter les phénomènes de prolifération de bactéries filamenteuses qui posent des problèmes sérieux aux exploitants. Par conséquent, les boues ont une meilleure décantabilité (vitesse de dimensionnement supérieure à 1 m.h⁻¹ contre 0,6 m.h⁻¹) et une meilleure déshydratabilité.

La modification des propriétés de décantation de la boue a une incidence positive sur le dimensionnement et le fonctionnement des clarificateurs des installations de traitement des eaux résiduaires mettant en œuvre le procédé Biolysis. Il est en effet envisageable d'accepter une augmentation de la charge admissible du clarificateur et par conséquent une augmentation de la concentration en boue dans le bassin d'aération sans risque pour l'exploitation.

Si le dimensionnement des ouvrages peut ne pas être fondamentalement modifié, on observe en revanche, une consommation d'oxygène plus importante. Dans le cas d'une réduction de production de boues de 60 % la surconsommation est de l'ordre de 30 % dans le cas du procédé Biolysis O et d'environ 20 % dans le cas de Biolysis E.

La proportion de matière qui est solubilisée dans Biolysis doit

être considérée comme une charge supplémentaire dans le bassin d'aération. Ainsi pour une réduction de production de boues de 60 %, la charge massique en carbone augmente de 20 à 30 % et de l'ordre de 15 % en azote.

En conclusion, la mise en place de Biolysis sur une Step implique des aménagements à la fois les filières eaux et boues. Les conséquences sont les suivantes :

- maintien du volume d'aération existant
- augmentation des capacités d'oxygénation du bassin d'aération (BA),
- réduction de production de boue, résultante moindre en cas de traitement du phosphore du fait de la production de boues tertiaires.
- augmentation de la quantité de carbone facilement assimilable nécessaire à la dénitrification.
- surcharge possible sur les ouvrages de clarification existant.
- diminution des coûts d'exploitation (polymères, main d'œuvre...) de la filière boue (due au gain quantitatif (RPB) et qualitatif).
- facilité de conduite du bassin d'aération car absence de bulking.
- diminution du risque en cas d'indisponibilité de la filière de traitement et d'évacuation des boues (moins de volume de boues concerné).

ASPECT ÉCONOMIQUE DES PROCÉDÉS BIOLYSIS

Le coût d'investissement de Biolysis (y compris les impacts sur la ligne de traitement de l'eau) se situe en général entre 10 et 30 € par eq-hab (on considère un coût d'investissement pour une station d'épuration classique de 122 à 150 € par eq-hab soit un surcoût à l'investissement de 8 à 15 %). Ce coût comprend en particulier la modification des systèmes d'aération du bassin biologique.

Le coût de fonctionnement pour une RPB de 60 % se situe entre 3 et 3,5 € par eq-hab et par an pour le procédé O. Pour le procédé E, ce coût peut descendre à 2,5 € par eq-hab et par an dans le cas où l'énergie thermique serait récupérée sur la station. Ce coût de fonctionnement tient compte de la surconsommation d'oxygène du bassin d'aération. Il ne tient pas compte de la main d'œuvre, des frais généraux de l'exploitation, ni de l'amortissement. Ramené à la tonne de matière sèche éliminée par Biolysis (ou non produite), le coût se situe en entre 130 et 280 € par TMS selon la taille de la station.

Au niveau coût d'exploitation, Biolysis est comparable en exploitation à une filière digestion anaérobie – centrifugation – séchage – épandage (dans le cas où l'énergie serait utilisée de façon optimale) mais l'investissement Biolysis est bien inférieur.

CONCLUSIONS

Les procédés Biolysis apportent une alternative techniquement convaincante et économiquement pertinente aux pro-

blèmes inhérents à la gestion et à l'élimination de boues produites lors de l'épuration des eaux usées urbaines et industrielles. Le concept de réduction à la source constitue une solution pérenne face à l'évolution des normes en matière d'élimination des boues.

D'un point de vue économique la technologie Biolysis O est particulièrement intéressante pour des stations ayant une capacité supérieure à 50000 eq-hab et la technologie Biolysis E peut être pertinente pour des stations traitant des charges de 20000 eq-hab à 400000 eq-hab, voire inférieure à 20000 eq-hab si la situation locale impose un coût d'élimination de boues élevé.

En outre l'installation d'un procédé Biolysis E sur un site industriel disposant de source de chaleur récupérable diminue considérablement le coût d'exploitation et renforce d'autant la compétitivité du produit.

*Stéphane Deleris, Thierry Lebrun

Centre de recherche de Ondeo-Degrémont - 87, Chemin de Ronde - 78290 Croissy-sur-Seine. E-mail : stephane.deleris@ondeo-degreumont.com, Tél. : 01 46 25 38 24 / Fax : 01 39 76 35 41

**Valéry Geaugey

Centre de recherche sur l'eau et l'environnement - 38, rue du président Wilson - 78230 Le Pecq

Références (brevets)

- WO 99 06327 // FR 97 09882 // US 6,337,020 B1 : Method and device for purifying waste water comprising an additional sludge treatment by ozonation.
- EP-A924168 : Method an apparatus for sludge reduction in an aerobic waste water system
- EP 1 008 558 : A method for treating organic waste water.
- Shinko Pantec CO LTD (JP) : réduction de la production de boues par voie enzymatique thermophile