

Aération : agir sur les bons leviers

Christophe Bouchet

ABSTRACT

Ventilation: acting on the right levers.

The energy efficiency of an activated sludge treatment plant relies mainly on optimisation the input of oxygen vital to the oxidation of nitrogen and carbon pollutants. There are three levers that could improve things: appropriate choice of equipment being used; appropriate sizing of the ventilation systems; and finally the introduction of a more flexible regulatory strategy so that oxygen inputs can be more precisely regulated.

L'efficacité énergétique d'une station d'épuration à boues activées repose en grande partie sur l'optimisation de l'apport en oxygène indispensable à l'oxydation des polluants carbonés et azotés. Trois leviers permettent de l'améliorer : un choix pertinent des équipements mis en œuvre, un dimensionnement adéquat des systèmes d'aération et l'introduction de stratégies de régulation plus flexibles permettant une régulation plus fine des apports en oxygène.

L'aération consiste à apporter aux micro-organismes l'oxygène indispensable à l'oxydation des pollutions carbonées et azotées. Elle est indispensable à tout système de traitement biologique aérobie, notamment dans les procédés par boues activées utilisés par plus de 80 % des stations d'épuration françaises de plus de 2000 EH. Les besoins en oxygène dépendent étroitement de la quantité de pollution carbonée et azotée à élimi-

ner et de la consommation de la biomasse. Autant dire que l'aération, qui consiste à produire, acheminer et transférer de l'oxygène au sein du mélange eau-boue biologique, joue un rôle central dans le bon déroulement des processus épuratoires. Elle conditionne également très largement le bilan énergétique de la station, dans la mesure où elle représente couramment 60 % de la consommation d'énergie de la station, parfois plus. Le choix d'un

Le diffuseur à disque est l'un des systèmes d'aération à fines bulles les plus couramment installés sur les grandes installations de traitement des eaux usées urbaines.



système d'aération, efficace mais sobre, est donc essentiel. Problème: les systèmes d'aération sont nombreux et répondent à une grande diversité de besoins et de contraintes.

Une grande diversité de besoins et de contraintes

« On divise schématiquement l'aération en trois groupes d'équipements bien différents, explique Jantoon Reyers, Ingénieur commercial chez Invent. Les aérateurs de fond qui regroupent les aérateurs immergés mécaniques et les systèmes de diffusion fines, moyennes ou grosses bulles, et les aérateurs de surface ».

L'aération de fond regroupe les aérateurs immergés et les systèmes de diffusion fines, moyennes ou grosses bulles. L'aération de surface rassemble les aérateurs lents à arbre vertical ou horizontal, et les aérateurs rapides, chaque catégorie regroupant elle-même plusieurs types de dispositifs capables de répondre à des objectifs et des contraintes bien différents. Dès lors, comment s'y retrouver et quel système choisir sur la base de quels critères? « Il y a une dizaine de paramètres à prendre en compte dans le cadre d'une étude approfondie avec l'exploitant pour obtenir un maximum d'informations et parvenir à déterminer l'équipement le plus adapté à ses besoins, explique Christophe Lichtle chez Isma. Parmi les plus importants, la nature de l'effluent, sa température, la taille des ouvrages et leur forme. Le point essentiel est de toujours privilégier une parfaite adéquation entre le système préconisé et l'application envisagée ».

En France, depuis la fin des années 1980, le

chenal d'aération doté de diffuseurs fines bulles tient le haut du pavé, au moins dans les grandes installations de traitement des eaux usées urbaines. « Pour les bassins relativement profonds, on a privilégié, la technologie fines bulles parce qu'elle permettait d'obtenir des rendements et des performances élevées, alors que pour des faibles ou moyennes profondeurs on est resté sur ce que l'on appelle l'aération dite mécanique, explique Wladimir Scriabine, Ingénieur Produits et Solutions chez Xylem. C'est le critère physique de la profondeur du bassin qui tend à définir l'orientation d'une solution vers une autre ». Mais la technologie fines bulles a souffert ces dernières années d'un coût jugé trop élevé, en investissement comme en exploitation, au profit des équipements d'aération de fond dopés à l'air. « La technologie fines bulles a parfois été mise en œuvre bien au-delà de ses limites maximales d'utilisation, explique Wladimir Scriabine. Pour réduire les coûts, on a parfois observé une tendance à réduire le nombre de diffuseurs en les faisant fonctionner à leur débit maximum plutôt qu'à leur débit moyen, mais cette pratique a généré des baisses de performances importantes et des coûts d'exploitation plus élevés ». On retrouve ici cette dualité

Réduire de façon significative les coûts d'exploitation

L'optimisation d'un process aération passe par une étude globale de l'ensemble des équipements de la filière, de la production d'air jusqu'aux équipements de diffusion. Pour optimiser la production d'air, Xylem a développé TurboMAX, un turbocompresseur à entraînement direct haute vitesse, doté de la toute dernière technologie de paliers aérodynamiques et plus performant que la plupart des autres compresseurs disponibles sur le marché. L'installation est simple et ce turbo-compresseur n'exige que peu d'entretien.

Les turbocompresseurs haute vitesse utilisent une turbine directement couplée et connectée à un moteur synchrone à



aimants permanents piloté par un variateur de fréquence pour atteindre des vitesses élevées et permettre également le contrôle du débit. Le Sanitaire TurboMAX est un turbocompresseur de type centrifuge monocellulaire composé de paliers aérodynamiques dernière génération, haute précision, dans un alliage d'aluminium. Il est équipé d'un moteur synchrone à aimants permanents haute vitesse et d'un variateur de fréquences.

IL est disponible en 13 dimensions différentes (15 à 600 kW) pour des débits allant de 700 à 41 000 m³/h par compresseur ce qui satisfait les besoins des stations d'épuration de 5 000 EH et plus. Outre une consommation d'énergie réduite (de l'ordre de 30 à 40 % par rapport à un compresseur à lobes), il offre plus de flexibilité dans la conception d'un système d'aération pour répondre de manière plus précise aux besoins sans qu'il soit nécessaire ni de surdimensionner ni de sous-dimensionner le compresseur.

propre au marché français qui oppose les intérêts des concepteurs d'ouvrages, désireux de fournir une installation le moins cher possible, et les exploitants, soucieux



La dissociation de l'aération et du brassage permet d'améliorer sensiblement le transfert d'oxygène et par suite de réduire les coûts énergétiques tout en améliorant la maîtrise du processus nitrification-dénitrification.

TECH SUB développe pour vous des solutions sur mesure pour expertiser, entretenir et rénover les stations d'épuration sans les arrêter.



Diffuseurs colmatés



Remplacement complet du réseau
Station d'épuration de Meaux



Changement des diffuseurs
stations d'épuration de St Omer



Changement des diffuseurs
stations d'épuration de St Omer

- Maintenir la capacité d'aération
- Augmenter la durée de vie des diffuseurs
- Faire des économies d'énergie



- Diagnostic des réseaux d'aération
- Auscultation du génie civil subaquatique



- Curage, extraction des boues, contrats de maintenance
- Remplacement des réseaux d'aération sans arrêt du process
- Installation de matériel immergé (pompes, agitateurs, obturateurs)

Soutien aux lagunages défaillants 100% énergies renouvelables
réduction des odeurs, augmentation des performances, zéro coût de fonctionnement, éligible aux subventions.



SUBMIX
Electrique basse consommation



SUBMIX
Electrique version solaire

La nouvelle génération de turbine BSK® de Biogest International commercialisée par Atlantique Industrie est équipée de moteurs à hauts rendements IE3.

Elle est disponible dans des diamètres de 900 à 3.000 mm dans une gamme de puissance de 9 à 130 kW. Installée sur pont fixes ou sur systèmes flottants, il est possible avec une seule turbine, d'obtenir un apport d'oxygène jusqu'à 270 kg O₂/h.



Atlantique Industrie

Les agitateurs/aérateurs Hyperclassic® et Hyperdrive® d'Invent reposent sur un système d'aération mécanique associé à un agitateur de forme hyperboloïde installé à proximité du fond et un moteur placé au sec. La variation de fréquence permet d'adapter leur vitesse de rotation à l'ASB requis.



Invent

d'exploiter un ouvrage fiable, performant et sobre pour que le traitement soit le plus optimal et le plus économique possible sur le long terme...

« On accorde cependant aujourd'hui bien plus d'importance aux coûts d'exploitation qu'il y a quelques années, souligne toutefois Antonin Maugeri, coordinateur d'équipes chez KSB. Les cahiers des charges liés aux nouveaux marchés publics pour le renouvellement des parcs installés de grands syndicats se construisent par exemple assez largement autour des gains liés à l'efficacité énergétique. Cette préoccupation concerne désormais l'ensemble des exploitants ».

Malgré leur coût, les procédés fines bulles développés par 2AVE, Aqseptence, Bibus, Europelec, Grundfos, Invent, Rehau, Sulzer, Xylem ou encore Wilo restent très prisés, notamment pour leur rendement allant, en conditions courantes, de 2 à 3,8 kg O₂/kWh. « L'innovation repose dans ce domaine sur le développement de nouvelles membranes moins sensibles aux agressions chimiques et à l'agressivité de certains effluents (polyuréthane), à l'adhésion bactérienne (silicones, téflon...) ou au colmatage », comme le souligne Cédric Malesieux, Responsable des Ventes France chez Aqseptence Group. « Les techniques avancées de micro-perforations permettent éga-

lement d'obtenir une couverture très dense en fond de bassin avec un débit d'air très faible ce qui génère un transfert d'oxygène élevé avec une consommation d'énergie la plus basse possible ». Les géométries évoluent également même si les disques, tubes ou plaques restent prédominants. On voit cependant apparaître des panneaux de plus grande surface, équipés de diffuseurs de 20 cm de large mais dont la longueur peut aller jusqu'à 2 mètres. « Ce sont généralement des produits dédiés aux installations fixes en fond de radier alors que le marché français demande 9 fois sur 10 du châssis grutable », souligne Vladimir Scriabine. Xylem a cependant développé un produit spécifique sur châssis grutable équipés de ce type de diffuseurs, mais son coût reste sensiblement plus élevé qu'une solution en châssis grutable avec des tubes, solution la moins onéreuse actuellement sur le marché. En termes de

mise en œuvre, les paramètres liés à une densité élevée de diffuseurs, des hauteurs d'eau suffisantes et des débits par orifice assez faibles restent essentiels.

En alternative, les aérateurs submersibles procurent des rendements de transferts en oxygène proches de ceux des diffuseurs tubulaires ou à disques. Ils ne craignent pas le colmatage et assurent un rendement constant dans le temps. Leur souplesse d'utilisation et leur facilité de maintenance leur assurent un coût d'exploitation moindre, tout en obtenant un bilan énergétique intéressant. Ces équipements immergés sont prisés pour leur robustesse et leur facilité de mise en œuvre, ainsi que pour leur capacité à associer facilement aération et brassage. C'est par exemple le cas du OKI de Sulzer, capable de fonctionner avec ou sans air. Dans le premier

cas, il assurera le brassage des effluents et leur aération, dans le second cas, il se contentera de brasser. C'est également le cas du SOFIE d'Europelec, un aérateur à vitesse lente immergé assurant l'aération et/ou le brassage des eaux usées, de la gamme d'aérateurs TRN de Tsurumi, de l'Aéroxide de R&O Dépollution ou Hyperclassic® et Hyperdrive® d'Invent ou encore de l'Oxy Amajet de KSB. Le rendement, en termes de Kg O₂/kWh consommés, est cependant pour partie affecté par l'énergie consommée par la



Aquameco conçoit et fabrique des turbines lentes ou rapides d'une puissance de 1,1 à 45 kW. Elle propose également des turbines rapides en location pour répondre à des besoins ponctuels.

Aquameco



**Aqseptence
Group**

**PLUS DE 50 ANS D'EXPERTISE DANS
LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE**

Passavant

- Brosse d'aération de surface : reconnu n°1 / Populaire à travers le monde entier / Plus de 8600 brosses installées
- Aération fines bulles : plusieurs centaines de milliers de diffuseurs installés
- Bioflex® : tubes diffuseurs
- Roeflex® : disques diffuseurs

EQUIPEMENTS D'AERATION



ROEFLEX



BIOFLEX



BROSSE
D'AERATION
PASSAVANT

SYSTEMES D'AERATION
PASSAVANT POUR
TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Aqseptence Group

Global Business Unit Water Treatment
ZI - 86530 AVAILLES EN CHATELLERAULT
+33 (0)5 49 02 16 00
watertreatment.fr@aqseptence.com

L'aérateur à vis hélicoïdale Isma-Fuchs est souvent utilisé sur supports flottants en lagunage aéré mais on peut aussi l'adapter à une grande diversité d'applications, par exemple en rénovation de ponts-brosse, domaine dans lequel Isma compte quelques dizaines de références en France.



machine pour brasser. « Ces machines ont d'abord été développées pour leur fonction première qui reste l'aération, souligne Karine Bannier, responsable aération chez Sulzer, ce ne sont pas des agitateurs et ils n'ont pas été optimisés pour cela. Mais cela ne les empêche pas de remplir avantageusement cette fonction en évitant dans bien des cas de recourir à des équipements supplémentaires. En brassage, l'efficacité de la gamme OKI est réelle sur une dizaine de mètres autour de la machine, et jusqu'à 20 ou 30 mètres pour les plus modèles les plus puissants ». La multiplication des machines au sein d'un bassin permet de satisfaire des besoins importants qu'il est possible moduler en configurant la fonction brassage sur le nombre d'équipements requis. Autre avantage lié à ces équipements alimentés par un surpresseur, il est possible de réguler les débits d'air injectés dans la machine. « Cela permet d'ajuster les transferts d'oxygène en fonction de la charge à traiter », souligne Karine Bannier. Mais leur avantage principal reste lié leur capacité à fonctionner efficacement quelle que soit la hauteur d'eau. « En France, le parc installé des aérateurs OKI avoisine les 250 machines dont certaines fonctionnent sur des hauteurs d'eau allant jusqu'à 13 mètres ».

Aération de surface: trouver le bon compromis

En aération de surface, les systèmes à vitesse lente à arbre horizontal tels que les brosses, qui balaient l'eau en la projetant en aval avec la fraction immergée de leurs pales, ont longtemps dominé le marché. « Elles restent aujourd'hui la meil-

leure solution pour les bassins jusqu'à 3,5 ou 4 m de profondeur », souligne Cédric Malesieux chez Aqseptence. Fiables et résistantes, elles se caractérisent par une longue durée de vie et un bon rendement énergétique. « La maintenance se limite à une vidange tous les 18 mois et au remplacement du palier tous les 5 ans, résume Cédric Malesieux. Si elle est bien faite, l'équipement peut durer jusqu'à 30 ans, voire davantage: on voit encore fonctionner des brosses posées dans les années 1960 ». C'est la raison pour laquelle à côté des systèmes fines bulles, Aqseptence commercialise sous la marque Passavant, des brosses dont les éléments cruciaux sont intégralement fabriqués par le groupe au sein de ses propres usines. « Tous les composants tels que le fût, les pales, les réducteurs ou les paliers

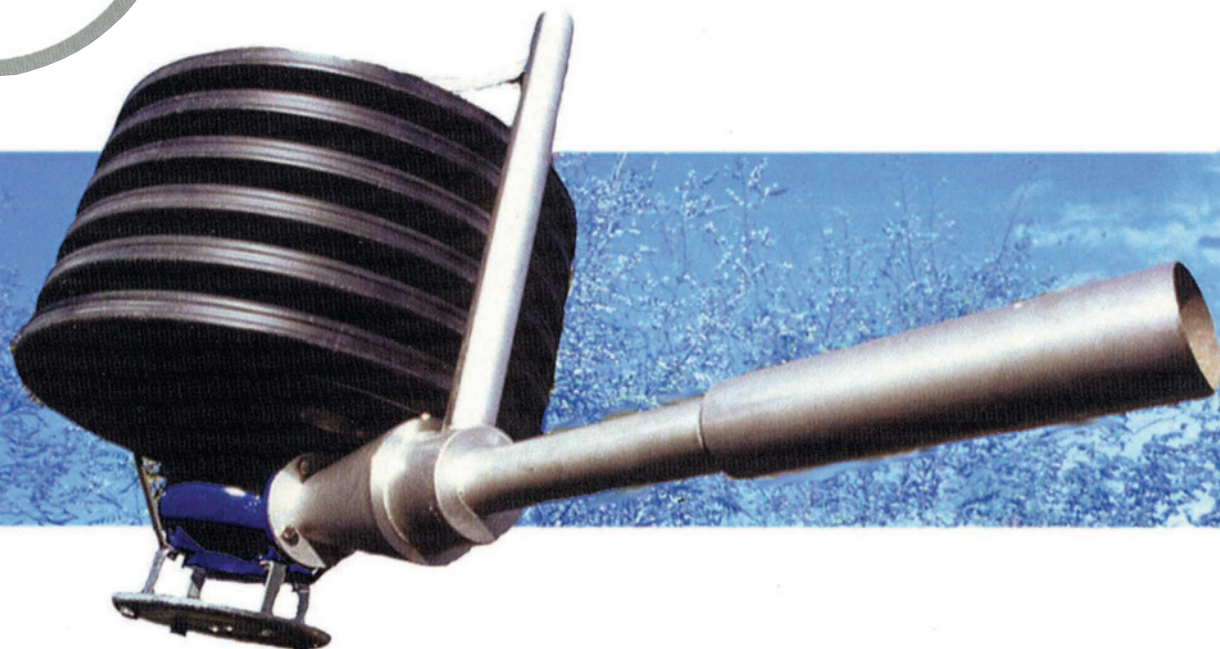
sont spécialement développés par nos équipes, pour nos brosses, en fonction des contraintes spécifiques de chaque bassin, de manière à garantir une durée de vie très longue » indique Cédric Malesieux. En France, de grandes stations d'épuration telles que Rennes, Reims, Lannion ou encore Boulogne-sur-mer restent fidèles aux brosses, même si le marché repose surtout sur du remplacement ou des augmentations de capacité: « la plupart du temps, une turbine remplace une turbine et une brosse une brosse, il est rare qu'un exploitant change de système d'aération ou le diversifie pour ne pas alourdir les coûts de maintenance », explique Cédric Malesieux. Les brosses sont appréciées pour leur souplesse de fonctionnement (mélange homogène quel que soit le nombre d'aérateurs en service) que seuls les aérateurs horizontaux sont capables d'assurer dans le cadre de l'aération de surface. Mais elles souffrent d'un coût jugé élevé, notamment par rapport à la technologie fines bulles à laquelle elles ont longtemps été opposées. « Lorsqu'on évoque la technologie fines bulles, on a tendance à dissocier la partie immergée, c'est-à-dire les rampes, raquettes et tubes, de toute la partie alimentation en air, souligne cependant Cédric Malesieux. Mais quand on réassocie aux fines bulles l'ensemble des éléments requis tels que les surpresseurs, la fabrication d'un local insonorisé... etc, on s'aperçoit que la technologie coûte plus cher qu'une brosse, en investis-

Système d'aération	Moyenne générale	Fourchette extrême	Fourchette usuelle	Valeur couramment atteinte	Soit en ASB
Insufflation d'air fines bulles en chenal avec agitation	2,80	1,20 - 4,25	2,50 - 3,80	3,00	1,50 - 1,85
Insufflation d'air fines bulles	2,50	1,80 - 3,40	2,20 - 3,20	2,50	1,25 - 1,55
Insufflation d'air + «static mixers»	1,50	0,60 - 2,10	0,80 - 2,00	1,40	0,95
Brosses	1,55	0,80 - 2,30	1,50 - 1,90	1,70	1,2
Turbines lentes	1,50	0,80 - 2,20	1,35 - 1,75	1,65	1,15
Turbines rapides	1,05	0,60 - 1,45 0,60 - 1,45	1,05 - 1,35	1,20	0,84
Systèmes déprimogènes (pompe + prise d'air)	0,60	0,02 - 1,10	0,60 - 0,80	0,70	0,50

Apport spécifique brut (ASB) selon EN 12255-15 des principaux systèmes d'aération (kg/kWh) d'après FND AE n° 26.



**Aération mobile de
suppléance et de dépannage :
« *le SAMU des eaux* »**



- Panne de pont brosse, d'aérateur de surface ou de diffusion d'air**louez Oxydro®**
- Programmation de travaux, by-pass de station, nuisances olfactives**louez Oxydro®**
- Surcharge saisonnière de lagune ou de bassin d'aération**louez Oxydro®**

LOCATION COURTE OU LONGUE DURÉE

**Livré en 48 heures
Installé en 2 heures**



Oxydro 560 en cours installation



6, rue Clémence Isaure 31000 TOULOUSE
Tél. 05 62 89 51 10 - 06 11 91 97 93 - Fax 05 67 20 63 33
oxydro.l.dubois@gmail.com.

En aération de surface, les brosses qui balaient l'eau en la projetant en aval avec la fraction immergée de leurs pales, se caractérisent par une longue durée de vie et un bon rendement énergétique.



Apsience

sement comme en exploitation ». Les équipements annexes exigés par les différents systèmes d'aération doivent être considérés dans leur globalité.

Les aérateurs de surface à axe vertical

pour certaines villes telles que Hô-Chi-Minh ville, Ryadh, ou encore Le Caire. Les aérateurs flottants des gammes AER-AS d'Aquasystems, Aquafen d'Europelec

et Centrox d'Isma combinent aussi aération et brassage et peuvent être équipés de capotages pour éviter les projections d'aérosols. « En position verticale, ils brassent en général un diamètre de 6 à 8 fois la hauteur d'eau, donc il est souvent nécessaire d'avoir un nombre important d'appareils pour brasser l'ensemble du bassin » souligne Christophe Lichtle chez



Ozeau

En place dans les bassins de dénitrification, l'Oloïde assure une homogénéisation tout en maintenant les conditions d'anoxies nécessaires au traitement.

développés par Biotrade, Europelec, Isma-Fuchs, Landia, Kamps, TMI, ou Xylem ont d'abord trouvé leur place dans les stations de tailles moyennes ou petites stations ou encore en lagunage.

Mais portés par un coût d'investissement plus faible, une maintenance plus légère et une longue durée de vie, ils ont su peu à peu conquérir des ouvrages de plus en plus importants. D'autant que sur de longues périodes, certains d'entre-eux, comme par exemple les aérateurs de surface de type lents, présentent des rendements très intéressants qu'ils conjuguent avec une fiabilité élevée. À tel point que les turbines lentes (1,35 à 1,75 kg O₂/kWh) sont parfois recommandées pour de grands projets épuratoires comme cela a été le cas

Isma. Plusieurs fabricants tels qu'Aquago, Faivre, Isma ou Ozeau proposent des aérateurs de surface flottants capables de combiner aération et brassage. C'est par exemple le cas d'Isma dont l'aérateur à vis hélicoïdale Fuchs à rotation rapide est composé d'un moteur triphasé, refroidi par air, relié à un tube

inox à l'extrémité duquel est soudée une hélice en forme de vis sans fin. « En atteignant l'hélice, l'air est transformé en fines bulles dirigées vers le fond du bassin tout en assurant un transfert d'oxygène performant rapide et efficace, explique Christophe Lichtle. Ces aérateurs sont souvent utilisés sur supports flottants en lagunage aéré mais on peut aussi les adapter à une grande diversité d'applications, par exemple en rénovation de ponts-brosse, domaine dans lequel nous comptons quelques dizaines de références en France (Voir EIN n° 400). Attention cependant à ne pas confondre ces appareils avec ceux dédiés aux applications d'aquaculture, qui sont des appareils de faible puissance ne générant que peu d'apport en oxygène ».

L'Oloïde, distribué par Ozeau, agit en complète rupture avec les autres technologies existantes. « La forme de son corps et la nature tridimensionnelle de son mouvement produisent une excellente homogénéisation de l'effluent », souligne Jean Grunenberger chez Ozeau. La vitesse lente de rotation et l'absence de force centrifuge réduisent fortement les forces de cisaillement exercées sur les flocs. L'Oloïde est avant tout un brasseur à haut rendement. À titre d'exemple, environ 0,55 kW suffisent pour brasser un bassin de boues activées de 250 à 500 m³ avec l'Oloïde type 600. Cela en fait un complément très intéressant pour les autres systèmes d'aération immergés ». En place dans les bassins de dénitrification, l'Oloïde assure une homogénéisation tout en maintenant les conditions d'anoxies nécessaires au traitement.



Faivre

Flopulse-XL de Faivre (3 à 22kw) est un aérateur flottant à turbine rapide dont l'ASB est de 1,2 kg O₂/kWh consommé.

Agitation : ajuster la poussée en fonction des besoins

En associant un agitateur lent à haut rendement avec un variateur intégré, le Flygt 4320 peut s'adapter rapidement aux changements de débit ou de charge

et aux fluctuations saisonnières. De plus, il intègre un panneau de commande dédié qui permet d'ajuster facilement la poussée en fonction des besoins et de réduire ainsi la consommation d'énergie. « Notre équipe Recherche et Développement a réussi à développer un agitateur offrant à la fois rendement optimal et simplicité d'utilisation, explique Andreas Lindberg, Responsable Produits Agitation Xylem.

Un de ses atouts : sa grande flexibilité, car une fois installé, sa poussée et sa vitesse peuvent être très simplement ajustées aux besoins de l'installation,



Hanna Instruments

réduisant de façon importante sa consommation en énergie. Il pérennise par ailleurs l'efficacité d'une installation en lui permettant de s'adapter simplement

aux variations de la demande, grâce à la vitesse de son moteur facilement réglable. Chaque composant a été conçu par Xylem – des hélices et joints d'étanchéité, aux moteurs et boîtes de vitesse – de façon à garantir à nos clients la qualité et la fiabilité Flygt ». Le rendement du moteur du Flygt 4320 correspond au niveau IE4 tandis que le variateur de vitesse intégré simplifie la mise en place de l'agitateur et réduit ainsi les

coûts. Il est proposé en deux versions, deux et trois pales, avec une gamme de diamètres allant de 1,4 à 2,5 mètres.

Autre solution, les Oxydro S 20 ou S 60. Ces aérateurs de surface sont composés d'un flotteur, d'une pompe et d'un canon qui diffuse l'air au milieu du bassin. Parmi leurs avantages, une installation est très rapide puisque l'appareil, adapté aux cas d'urgence, arrive sur le site prêt à fonctionner. Comment déterminer la technologie la plus adaptée au cas considéré ?

Le choix repose souvent sur la capacité d'oxygénation du système et sur son rendement exprimé par l'apport spécifique brut (ASB) traduit en kg O₂/kWh en eau claire désoxygénée selon EN 12255-15 (Voir tableau 1).

Certains professionnels estiment cependant que la comparaison des aérateurs en eau claire n'est pas directement représentative des performances qui sont observées en conditions réelles : le transfert de l'oxygène pourrait être influencé par la nature de l'effluent, la qualité des boues, les conditions de fonctionnement hydraulique et biologique.... Mais le passage des valeurs d'essai en eau claire aux valeurs en conditions réelles reste complexe et nécessite l'application de nombreux coefficients correcteurs liés à la nature de l'effluent, à sa température, etc... La comparaison des performances de différents aérateurs, a fortiori de différentes familles d'aérateurs, nécessite également la prise en compte d'autres critères, souvent plus complexes à appréhender tels que la présence ou non d'un brassage, la souplesse de fonctionnement de l'aérateur aux différents régimes de marche sans oublier sa fiabilité. « Que vaudrait réellement un aérateur présentant d'excellentes

performances d'oxygénation au prix d'un brassage hydraulique insuffisant ? » souligne Christophe Lichtle.

Reste que la prise en compte de ces critères montre que la fonction aération ne se résume pas aux performances de l'équipement utilisé. « Hors de question de choisir un aérateur pour ses seules qualités propres » résume Christophe Lichtle. Car pour profiter pleinement des performances d'un système d'aération, il faut d'abord soigner les études, le dimensionnement, bien connaître les profils du ou des canaux, et positionner correctement l'aérateur au niveau des ouvrages, en fonction des profils hydrauliques. Sans oublier la régulation et le pilotage. « C'est la raison pour laquelle l'optimisation de la filière repose d'abord sur la réalisation d'une étude globale reposant sur l'ensemble des équipements, de la production d'air comprimé jusqu'aux équipements de diffusion, en passant par les agitateurs le cas échéant, comme le souligne Karine Bannier chez Sulzer. Cette réflexion doit être menée à l'amont des projets pour tirer le meilleur parti de l'ensemble des équipements sélectionnés ».

La réalisation d'une étude globale est indispensable

On le sait depuis longtemps : le couple aération/brassage est essentiel. Le brassage interfère

en effet largement avec l'aération en palliant éventuellement les formes de bassins qui ne favorisent pas toujours un bon écoulement des fluides, en maintenant les floccs biologiques en suspension et en créant un mouvement hydraulique favorisant le transfert d'oxygène entre la biomasse et l'effluent. (Voir EIN n° 397).

En technologie fines bulles, les chenaux oblongs ou annulaires permettent de générer une vitesse de circulation horizontale sur les équipements d'aération, de manière à disposer de deux fonctions (agitation et aération) bien distinctes dans l'ouvrage. Le point délicat reste la définition de la vitesse horizontale à mettre en œuvre pour que la dissociation brassage-aération soit la plus optimale possible. « Nous avons développé des modèles qui nous permettent de déterminer avec précision la vitesse horizontale à mettre en œuvre en fonction du débit d'air surfacique, explique Wladimir Scriabine chez Xylem. Nous avons constaté que sur bon nombre d'installations, si la vitesse n'est pas assez importante on observe des retours de flux susceptibles de fragiliser les agitateurs ». Pour les bassins cylindriques, les choses sont plus simples. En dessous de 10 à 12 m de diamètre, seule la couverture totale donne des résultats satisfaisants (3 à 3,3 kg O₂/kWh pour des hauteurs d'eau comprises entre 3 et 7 m). Le mieux est alors d'alterner les phases de brassage et d'aération. Au-dessus de 10 à 12 m



Vue de l'Oxy-Amajet de KSB.

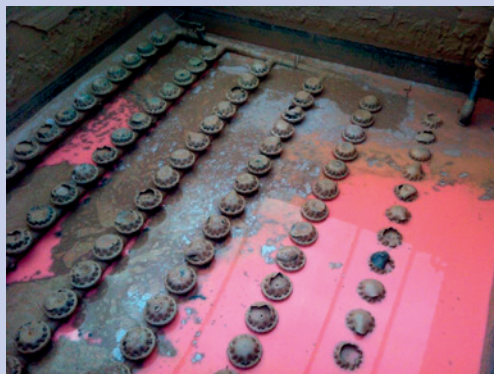
Favoriser la maintenance préventive pour optimiser les coûts d'exploitation

En station d'épuration urbaine comme en station industrielle, la définition d'une solution d'aération-agitation adaptée est un préalable indispensable à une exploitation optimale et durable d'un ouvrage de traitement. Mais pour que le processus d'aération conserve l'ensemble de ses performances dans le temps, il est indispensable de procéder à une maintenance régulière des différents équipements qui le composent, à commencer par les réseaux, rampes et diffuseurs immergés en fond de bassin.

En fines bulles, par exemple, les diffuseurs d'air subissent dans certains cas une obturation progressive par des boues, des sulfates ou des carbonates qui provoquent une diminution de leur efficacité, l'utilisation des surpresseurs ou turbocompresseurs à un régime plus important, impliquant une augmentation de la consommation d'énergie. Il est alors nécessaire d'intervenir pour restaurer leur capacité nominale d'aération. C'est là qu'interviennent les techniques de la plongée industrielle qui offrent une alternative intéressante à la vidange pure et simple d'un ouvrage ou au grutage d'un système d'aération.

« Car le fait que des rampes soient grutables ne permet que très rarement d'éviter la plongée, explique François Martin, directeur technique de Tech-Sub, société spécialisée depuis plus de 20 ans dans les travaux subaquatiques et d'accès difficile. Dans bien des cas, la présence de filasses sur les rampes empêche tout relevage non précédé d'un nettoyage préalable. Et si la qualité du prétraitement permet d'éviter les dépôts de filasses, c'est bien souvent les dépôts de boues sur le fond du bassin qui empêchent la remise en place des rampes après leur grutage ».

Dévaser un bassin, réparer une élingue cassée, refixer un équipement... Les techniques de plongée en station d'épuration permettent d'intervenir rapidement, sans interrompre le processus, de manière à établir un diagnostic précis et détaillé qui permettra de remédier aux nombreux désordres susceptibles d'affecter les



Hanna Instruments

équipements d'aération. Car les filasses ne sont pas les seuls motifs d'intervention. François Martin cite les dépôts de boues qui deviennent problématiques lorsque leur épaisseur dépasse le niveau de la sortie des bulles, les phénomènes de bullages anarchiques qui provoquent un déficit d'aération, une surconsommation d'énergie et parfois même une détérioration du réseau par suite d'une pénétration de l'effluent via le diffuseur endommagé dans les ramifications... Pour ne citer que ce qui relève de la maintenance curative. Car si les scaphandriers voient leurs interventions en urgence reconnues,

leur rôle, en termes de prévention, est nettement moins connu. « Or, pouvoir évaluer précisément l'état des ouvrages et des équipements immergés est une nécessité pour éviter les pollutions accidentelles, garantir la pérennité des équipements et assurer une exploitation optimale » souligne François Martin chez

Tech-Sub. Les interventions, qu'elles soient préventives ou curatives, sont réalisées par des scaphandriers spécialistes des stations d'épuration. Ils maîtrisent les conditions de leur intervention tout en disposant d'une expertise particulière des équipements inspectés. « Cela nous permet de proposer aux exploitants une expertise détaillée de leurs équipements d'aération, qui leur permettra de connaître dans le détail la capacité de bullage de chacun de leurs équipements. Ainsi, l'exploitant connaît précisément l'état de son bullage par rapport à ses capacités nominales et sait tout ce qui se passe au sein de son bassin ».

Reste qu'en stations d'épuration urbaines, les démarches préventives restent rares, les exploitants préférant souvent attendre la survenue d'un problème pour faire intervenir une équipe de plongée. « Elle est plus répandue en milieu industriel, où les exploitants souhaitent suivre de près l'état de leur bullage pour optimiser leurs coûts d'exploitation » comme l'indique François Martin qui recommande un examen approfondi des équipements tous les deux ans minimum. L'enjeu n'est pas mince puis qu'il permet d'économiser jusqu'à 50 % des consommations d'énergie tout en évitant l'arrêt des équipements donc des procédés.

de diamètre, il peut devenir intéressant d'envisager une dissociation. Pour Wladimir Scriabine, « l'agitation lente par grandes pâles de type banane permet de gagner entre 20 et 40 % d'efficacité énergétique avec une vitesse de 0,3 à 0,4 m/s de l'effluent ». Les agitateurs impulsent une vitesse horizontale qui allonge le parcours des bulles et finissent par les épuiser. C'est la puissance des outils numériques qui permet de prendre en compte l'ensemble des paramètres pour définir les conditions optimales d'injection des bulles et l'agitation. « Ces outils de sélection et de dimensionnement sont parfois complétés par des études de modélisation lorsque le besoin s'en fait sentir, complète Antonin Maugeri, KSB. Ils permettent par exemple de modéliser de vitesse dans l'ensemble d'un bassin ».

Les agitateurs ont eux-mêmes progressé, sans pour autant que cela ne modifie leurs conditions de mise en œuvre. Des constructeurs tels que Xylem, KSB, Grundfos ou encore Sulzer proposent de larges gammes d'agitateurs lents pour générer une circulation et une vitesse horizontale homogène dans l'ouvrage, ou rapides ou semi-rapides pour homogénéiser l'effluent. Ils sont désormais équipés d'hydrauliques optimisées, de moteurs à haut rendement, et, le cas échéant, de varia-

teurs de fréquence permettant d'ajuster la vitesse de rotation aux besoins. « Le coût de l'énergie pour les agitateurs représente environ 80 % des coûts de cycle de vie et l'utilisation de moteurs à rendement premium réduit considérablement la consommation d'énergie, souligne Karine Bannier chez Sulzer. Par rapport à d'autres modèles d'agitateurs à vitesse lente sur le marché, le flow booster type ABS XSB réduit la consommation d'énergie jusqu'à 25 % grâce au rendement de son moteur IE3 et à sa nouvelle conception d'hélices optimisées. Très logiquement, les économies sont d'autant plus substantielles que la puissance et le nombre des équipements augmente ». Antonin Maugeri, chez KSB, cite l'exemple de cet important exploitant d'Ile-de-France qui a pu réduire ses consommations d'énergie à hauteur de plusieurs milliers d'euros chaque année en remplaçant plus

de 70 agitateurs par des mélangeurs submersibles Amamix et Amaprop. « Ce choix résulte d'une étude comparative préalable très poussée qui s'est prolongée



France
Environnement



Vous voulez en savoir plus sur des
produits, des événements ou
des entreprises
cités dans ce numéro?

Retrouvez les sur
FranceEnvironnement.com



L'aérateur submersible OKI de Sulzer peut fonctionner aussi bien comme aérateur que comme agitateur pour le traitement des eaux usées et de l'eau dans les usines municipales et industrielles. Il est également utilisé pour la stabilisation des boues dans les processus SBR, MBR et MBBR.



Sulzer

ensuite par des tests en conditions réelles qui ont permis à l'exploitant d'évaluer précisément les gains réalisables ». Les appareils ont été adaptés pour s'adapter aux tubes de guidages existants pour simplifier la pose et minimiser les coûts.

Mais comme en aération, l'équipement ne fait pas tout : l'implantation par rapport aux aérateurs et à la forme du bassin est essentielle. À défaut, l'agitateur ne délivrera pas les performances attendues, et subira des contraintes anormales susceptibles d'entraîner des contreperformances, voire même des casses.

Mais l'implantation des équipements d'agitation reste délicate. « Nous sommes fréquemment sollicités par des clients pour préconiser une implantation sur un ouvrage mais il faut bien souvent composer avec les contraintes d'un bassin qui n'a pas forcément été conçu au départ jusque dans le détail du positionnement des agitateurs, explique Antonin Maugeri chez KSB. Le fait d'associer le fournisseur plus en amont permettrait certainement d'optimiser le positionnement des équipements et donc l'efficacité du couple aération/brassage ».

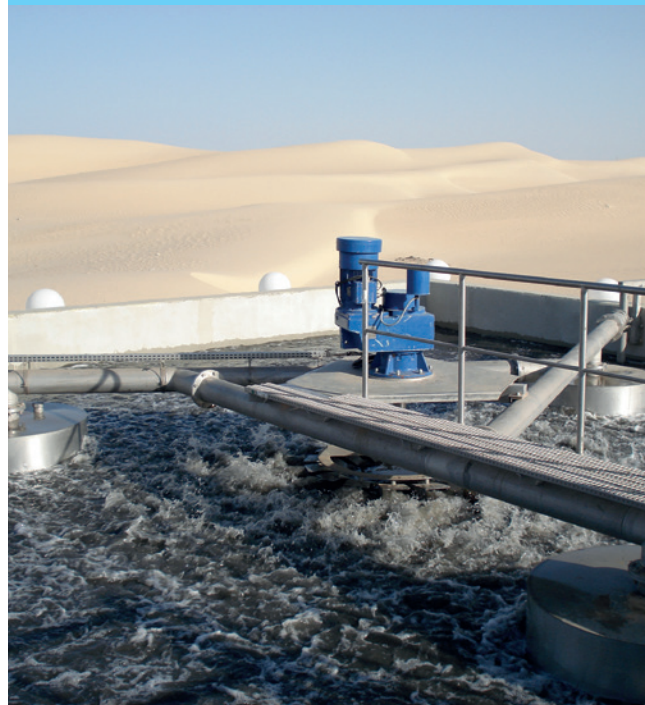
Une phase clé : le dimensionnement

Dans le cadre de la défini-

tion d'une solution globale en matière d'aération-agitation, le dimensionnement est également capital, notamment dans les grandes et moyennes installations. « C'est bien souvent ce qui fait la différence entre une solution et une autre, d'un point de vue performance et rendement énergétique », rappelle Wladimir Scriabine.

La première étape du dimensionnement consiste à déterminer la quantité d'oxygène nécessaire au bon fonctionnement du procédé biologique. Il faut ensuite calculer le débit d'air à insuffler et définir l'apport horaire spécifique (AH) qui désigne la quantité d'O₂ à introduire dans le bassin en une heure (kgO₂/h). Puis asservir et réguler l'apport d'oxygène et donc le débit d'air entrant en fonction de la charge polluante. Le tout en évitant l'écueil trop fréquent du surdimensionnement. Et en veillant à introduire de la flexibilité dans le pilotage du système en travaillant la régulation. Les outils permettant d'affiner le pilotage sont désormais disponibles. Les sondes ISE pour la mesure de l'ammonium et du nitrate, sur lesquelles reposent par exemple les procédés Amonit® de Veolia, Ammonair® de Saur ou Greenbass® de Suez, permettent un pilotage plus fin de l'aération en apportant la quantité d'oxygène juste nécessaire en fonc-

Turbine d'Aération A Haut Rendement



Avantage

- Gains de consommation énergétique de 30 à 50 %
- Augmentation des capacités de traitement
- Design spécifique de la turbine pour éviter l'aéroaspiration
- Retour d'investissement rapide
- Production d'O₂ jusqu'à 2,5 kg d'O₂/kW
- Gamme de 5,5 à 110 kW
- Construction robuste en acier INOX
- Conçue pour durer



ATLANTIQUE
INDUSTRIE

ZAC de l'aubinière • 80 imp. Félix Amiot
CS 10258 • 44150 ANCENIS
Tél. : 02 40 09 70 09 • Fax : 02 40 09 70 02
Email : accueil@atlantiqueindustrie.fr
<http://www.atlantiqueindustrie.fr>

Le traitement des eaux par lagunage aéré: étude de cas d'une huilerie

L'eau permet la fabrication de nombreux produits de notre quotidien tels que le sucre, l'huile, le papier... Or, utiliser de l'eau, c'est accepter de la polluer. Dès lors, des traitements de dépollution doivent être mis en place pour permettre de limiter l'impact environnemental de cette eau polluée nommée effluents.

Face aux normes de rejets liquides, de plus en plus exigeantes, les industriels doivent trouver des solutions économiquement viables.

La société Faivre accompagne et conseille les industriels, dans la résolution de leur problématique, depuis plus de 40 ans. Dans ce cadre, une huilerie basée en Afrique a contacté la société Faivre pour trouver une solution concernant le traitement de leurs effluents.

Contexte

Le palmier à huile est le premier fournisseur de corps gras végétal de la planète devant le soja. L'huilerie regroupe toutes les opérations permettant de fractionner un régime de palme en rafle, fruits, fibres, noix, jus bruts, huile brute, boues, coques, huiles finies et amandes. Une succession de préparation des constituants et de leur transformation se fait par les phases intermédiaires suivantes: la rafle est le support fibreux du régime de palme. Elle est récupérée après égrappage et représente 20 à 25 % du poids des régimes entrant à l'huilerie. Ces rafles contiennent de 60 à 70 % d'eau et doivent être évacuées en continu. Les effluents liquides se composent des condensats de stérilisation, des boues de clarification, des eaux d'hydrocyclones, de lavage et purges diverses. Les risques de pollution sont élevés dans une huilerie de palme. Il est impératif de traiter, en outre, les

rejets liquides chargés en matière organiques.

Étude de la problématique

Dans cette étude, l'unité de production d'huile de palme est soumise aux normes de rejets liquides suivantes:

Paramètres	Valeurs de rejets souhaités (mg/L)
Huile et graisses	10
Demande Biologique en Oxygène	100
Demande Chimique en Oxygène	300
Matière en suspension	50

Son système de traitement se décompose en 6 bassins. Le bassin 1 est un bassin de refroidissement. Les bassins 2 et 3 sont des bassins de traitement anaérobie. Les bassins 4, 5 et 6 sont des bassins en lagunage naturel.

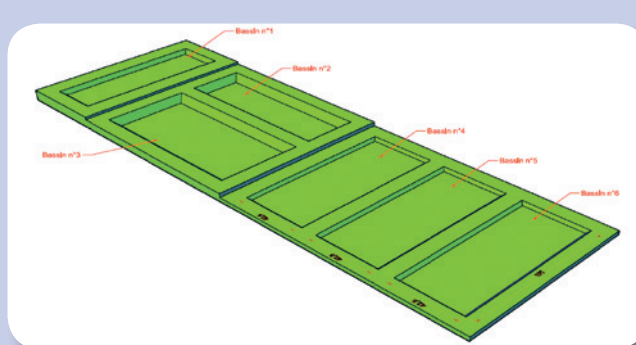
Le rendement de l'installation initial permet d'obtenir les résultats suivants:

Paramètres	Valeurs de rejets dans le traitement initial (mg/L)
Huile et graisses	158
Demande Biologique en Oxygène	672
Demande Chimique en Oxygène	2400
Matière en suspension	150

Hors normes, l'huilerie devait trouver une solution de traitement adaptée à ses besoins.

Dimensionnement et conseils

Cette étude a porté sur le dimensionnement de l'aération via des aérateurs de surface sur les bassins 4 et 5. Le bassin 6 ayant un rôle de décantation. En intégrant la température de l'effluent, sa charge organique et son



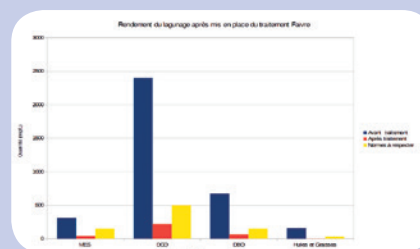
temps de séjour dans les bassins; des rendements potentiels d'épurations

	Avant traitement	Après traitement	Normes à respecter	Rendements épuratoires
MES	310	41	150	86,8 %
DCO	2400	219	500	90,9 %
DBO	672	66	150	90,2 %
Huiles et Graisses	158	0,5	30	99,7 %

ont été déduits. La forte charge organique arrivant dans le bassin 4 a nécessité l'installation de trois floppulces. Le bassin 5, profitant de l'épuration du bassin 4, a nécessité l'installation de deux floppulces. L'ensemble du matériel a été mis en place et exploité pendant un an.

Retour d'expérience après un an d'exploitation

Le traitement préconisé par la société Faivre a permis de mettre l'ensemble de la station aux normes avec les



Conclusion

Avec un rendement épuratoire situé entre 87 et 99 %, les solutions apportées par la société Faivre ont permis à la Palmerie d'atteindre les normes qui lui étaient demandées. Avec un dimensionnement optimisé, uniquement 5 floppulces 11 kW ont été nécessaires pour l'obtention de ces résultats.

Louis-Fabien Lucas, Faivre

tion des mesures de concentrations en nitrate et ammonium. Les gains observés oscillent entre 10 et 15 % des consommations énergétiques par rapport aux systèmes de régulation par horloge. Pour les ouvrages de taille plus modeste, Bio-trade a développé avec le concours de l'INSA de Toulouse un automate baptisé Inflex® qui repose sur l'analyse, en temps réel, des dynamiques des signaux redox et oxygène permettant de détecter automatiquement la fin des réactions biologiques de nitrification et dénitrification. Ainsi, la durée d'aération est adaptée à la charge polluante entrante sur la station. Les gains observés s'établissent autour de 21 % (Voir EIN n° 400).

De son côté, Aqseptence a développé,

Aqualogic®, un outil d'optimisation dynamique reposant sur l'intelligence artificielle pour ne délivrer que la quantité d'oxygène nécessaire, au moment où elle est nécessaire. « *Le but n'est pas de courir après un résultat, mais d'anticiper les charges entrantes et donc les besoins pour les satisfaire au moment où ils s'expriment, sans majorer les consommations d'énergie* », explique Cédric Malesieux. Aqualogic®, est actuellement en phase de test sur une dizaine de stations d'épuration avant un possible déploiement plus large. Les outils de mécanique des fluides numérique sont à l'origine des nombreuses avancées réalisées dans le domaine de la connaissance des phénomènes souvent complexes qui conditionnent le transfert

d'oxygène. Ils permettent, à ce titre, d'optimiser les dimensionnements en améliorant les performances d'oxygénation des bassins d'aération. Alimentés par des mesures in situ et des techniques de modélisation CFD, il est désormais possible de suivre avec beaucoup de précision ce qui se passe au niveau d'une bulle, de visualiser les écoulements liquides, d'identifier les zones mortes etc pour optimiser le pilotage. Ces modèles, validés en eaux claires dans le cadre de partenariats industriels initiés par l'Irstea (projet O₂ Star) intègrent désormais l'impact de la boue sur les performances de l'aération. Ils ouvrent la voie à une prise en compte fidèle des phénomènes réels qui se déroulent au sein du bassin. ■