

Aération par fines bulles dans les petits bassins d'aération

Philippe Duchène, Éric Cotteux, Stéphanie Capela

Les boues activées sont appelées à rester le principal procédé d'épuration des eaux usées, même si la nécessaire intensité de leur exploitation peut leur faire préférer d'autres procédés biologiques notamment pour les petites collectivités ou les régions peu développées.

Compte tenu des aides publiques versées lors de l'investissement par exemple en France, les coûts d'exploitation prennent une importance particulière pour les propriétaires des ouvrages. La consommation directe d'énergie représente souvent un tiers du coût d'exploitation. L'aération constitue une majorité (souvent 60 à 65 %) de cette consommation d'électricité.

L'optimisation du transfert d'oxygène vers la liqueur mixte est donc reconnue comme étant un des facteurs important au plan économique. Des méthodes fiables de mesure de ces transferts en conditions réelles ne sont disponibles que depuis quelques années (Redmon *et al.*, 1983 ; ASCE, 1996 ; Gillot *et al.*, 1997). Leur mise en œuvre reste souvent délicate et les résultats sont influencés non seulement par la configuration du couple aérateur-bassin d'aération mais aussi par les caractéristiques locales des eaux usées, et la charge effectivement reçue. Si les recherches produisent à ce sujet, en insufflation d'air, de premiers résultats intéressants (Wagner et Pöpel, 1998 ; Capela, 1999 ; Gillot *et al.*, 2000), elles n'ont pas permis une compréhension globale et modélisée des performances de transfert.

La comparaison des dispositifs d'aération dans des configurations identiques ou voisines et la comparaison de certaines dispositions différentes de systèmes d'aération sont aujourd'hui encore plus accessibles par le biais des classiques mesures de

performance en eau claire (Héduit et Racault, 1983a ; ASCE, 1992 ; ATV, 1996).

Le *Cemagref* contribue depuis près de 30 ans (Héduit et Racault, 1983b), par ses mesures en station, à sélectionner les dispositifs et les dispositions les plus intéressants énergétiquement.

Si les dispositifs à insufflation de fines bulles d'air par diffuseurs céramique furent les plus performants (Héduit et Racault, 1983b), ils ont été ensuite remplacés dans les nouvelles constructions, et sauf pour quelques très grandes stations d'épuration par des aérateurs de surface. L'apparition sur le marché, dans les années 80 des diffuseurs à membrane élastomère dont l'alimentation peut être stoppée sans préjudice important, a permis un renouveau des dispositifs d'insufflation de fines bulles d'air concomitante à des objectifs de nitrification-dénitrification dans presque tous les cas.

Ainsi, les stations d'épuration urbaines importantes (> 5 000 eh) ont été équipées durant les années 90 quasi exclusivement de ce type de diffuseurs. Les avantages en matière d'insonorisation, de performances attendues, et aussi, plus commercialement, de limitation des aérosols, ont conduit à une forte percée des diffuseurs fines bulles à membrane souple, y compris dans de très petits bassins d'aération et dans des configurations non optimisées.

Pour des raisons économiques et techniques, les conceptions offertes se sont écartées, dans le cas des petits bassins, du modèle dominant des grandes stations d'épuration françaises : le chenal avec dissociation aération-brassage (Deronzier *et al.*, 1998), c'est-à-dire où des agitateurs à grandes pales créent un courant horizontal maîtrisé sur la diffusion d'air.

Les différentes adaptations aux petits bassins d'aération concernent les types principaux suivant :

- i) Chenal miniaturisé.
- ii) Bassin cylindrique dont le fond est entièrement tapissé de diffuseur dit à couverture plancher.
- iii) Bassin cylindrique où les diffuseurs groupés en raquettes sont concentrés dans une partie du fond.

Le présent article vise à analyser les performances d'aération acquises sur une trentaine de stations d'épuration (en prenant pour référence un jeu de résultats obtenus sur de grandes stations d'épuration) et d'en tirer des conclusions pratiques sous forme de recommandations de conception des petits bassins aérés par fines bulles.

Matériels et méthodes

Mesures de performances d'oxygénation

Les mesures de performances sont réalisées en eau claire selon la méthode de réaération en eau claire suivant le protocole décrit dans Héduit et Racault (1983a), et défini comme une variante pour équipes expérimentées dans la future norme européenne EN 12255-15.

Les puissances sont mesurées aux bornes de chaque moteur à l'aide d'un analyseur d'énergie Prowatt 3 Chauvin-Arnoux.

Les débits d'air sont déterminés à l'aide d'un tube de Pitot couplé à un débitmètre Zephyr Solomat, ou calculés à l'aide des courbes du constructeur.

Les vitesses de courant dans les bassins sont mesurées en 20 points sur 30 secondes à l'aide d'un micro-moulinet OTT de type C₂ (Deronzier et Duchène, 1997). La vitesse moyenne horizontale du liquide est calculée de la manière suivante : (i) si le champ de vitesse est homogène transversalement, la vitesse horizontale est la moyenne arithmétique des vitesses mesurées localement, (ii) dans le cas contraire, la vitesse horizontale correspond à la moyenne des vitesses locales pondérées par les nombres de diffuseurs concernés.

Les paramètres acquis lors des mesures d'oxygénation d'eau claire sont présentés dans le tableau 1.

L'utilisation dans le calcul de l'apport horaire (OC₂₀) de la valeur de saturation mesurée *in situ* par dosage Winkler est une particularité notable de la méthode utilisée.

En effet, la valeur du Cs mesuré correspond à une surpression moyenne de 36 % de la hauteur

► Tableau 1– Paramètres mesurés lors des essais de réoxygénation d'eau claire.

Paramètre	Notation	Unité	Expression
Volume du bassin	V	m ³	
Concentration à saturation	C _s	mg.L ⁻¹	
Coefficient de transfert d'oxygène	K _L a	h ⁻¹	$K_L a = \frac{\sum_{i=1}^n K_L a_i}{n}$
Coefficient de transfert d'oxygène à 20°C	K _L a ₂₀	h ⁻¹	$K_L a_{20} = K_L a_T \cdot 1.024^{(20-T)}$
Apport horaire à 20°C	OC ₂₀	kgO ₂ .h ⁻¹	$OC_{20} = K_L a_{20} \cdot C_{s,20} \cdot V \cdot 10^{-3}$
Puissance absorbée*	P _R	kW	
Puissance spécifique	P _S	W.m ⁻³	$P_S = \frac{P_R}{V}$
Débit d'air**	Q _{air}	Nm ³ .h ⁻¹	
Rendement d'oxygénation standard par mètre d'immersion (à 20°C)	SOTE	%/m	$SOTE = \frac{OC_{20}}{W_{O_2} \cdot h}$
Apport spécifique brut à 20°C	OCN ₂₀	kgO ₂ .h ⁻¹ .kWh ⁻¹	$OCN_{20} = \frac{OC_{20}}{P_R}$

* somme des puissances contribuant à l'échange d'oxygène = soufflante + agitateur.

** débit d'air exprimé à 0°C et 1013 hPa.

d'immersion (moyenne des 90 % des données). Cette valeur est significativement éloignée de la saturation à mi-hauteur d'immersion utilisée dans certains pays européens et résulte en des OC et OCN inférieurs de 3 % pour des hauteurs de l'ordre de 2,5 m à 8 % pour une hauteur d'immersion de 7,5 m, par rapport à ceux mesurés ailleurs.

Les sites de mesure

Les sites de mesure sont présentés dans le tableau 2, ils se composent de grands chenaux (LOC) (volumes supérieurs à 1 000 m³ et forme classique), de petits chenaux (SOC), de bassins cylindriques en couverture plancher (FC) et des bassins cylindriques équipés de raquettes (GC) n'occupant pas la totalité de la surface du bassin.

Un tel jeu de données rapportant des installations réelles mérite un traitement statistique aussi complet que possible, qui est fait par ailleurs (Capela, 1999 ; Capela *et al.*, 2000). Nous nous focalisons ici sur les aspects induisant les conclusions pratiques les plus évidentes en matière de disposition de diffuseurs et de bassin d'aération, vis-à-vis du rendement énergétique (c'est-à-dire l'OCN). Chaque site a par ailleurs été l'objet de plusieurs mesures : avec et sans marche simultanée des agitateurs, à différentes hauteurs d'eau ou différents débits d'air.

Résultats et discussion

Les résultats (tableau 3) correspondent aux meilleurs apports spécifiques obtenus sur chaque site. Les ASB présentés sont issus de mesures avec marche simultanée des agitateurs dans les chenaux et de mesures avec fonctionnement de la seule aération dans le cas des bassins cylindriques.

L'apport spécifique brut intègre un grand nombre de paramètres :

- la disposition des diffuseurs et configuration du bassin d'aération ;
- l'efficacité du système d'alimentation en air ;
- le débit d'air par surface perforée ou par pores du diffuseur ;
- l'efficacité des diffuseurs ;
- l'efficacité du système de brassage.

Les OCN moyens ne constituent donc qu'une première grille d'appréciation. Ils font ressortir une différence très significative entre les grands chenaux (LOC) et les bassins cylindriques à couverture plancher (FC) d'une part, et les chenaux miniaturisés (SOC) et cylindriques avec raquettes de diffuseurs (GC) d'autre part.

Dans le cas des grands chenaux qui, rappelons-le, servent ici de référence, la mise en rotation du li-

Type	Nombre	Volume (m ³) de sites	Hauteur d'immersion (m)	Débit d'air ⁽¹⁾ (Nm ³ .h ⁻¹ .m ⁻³)	Débit d'air ⁽²⁾ (Nm ³ .h ⁻¹ .m ⁻²)
LOC	13	1034 – 15830	3,8 – 7,6	0,4 – 1,6	43,0 – 148,0
SOC	7	117 – 820	2,5 – 5,4	0,5 – 2,7	28,7 – 95,2
FC	7	78 – 1434	3,1 – 6,1	0,9 – 2,7	67,5 – 113
GC	11	62 – 1320	3,8 – 5,2	0,8 – 2,5	63,3 – 152

◀ Tableau 2 – Caractéristique des installations étudiées.

(1) Débit d'air par m³ de volume du bassin d'aération.

(2) Débit d'air par m² de surface perforée de diffuseur.

	ASB moyen (kgO ₂ .kWh ⁻¹)	Intervalle ASB (kgO ₂ .kWh ⁻¹)	Augmentation de l'OC due au brassage (%)	Variation de l'OCN due au brassage (%)	Puissance (agitateur) / Puissance (aération) (%)	U _L (cm/s)
LOC	3,41	2,5-4,3	+ 43	+ 27	12,6	36,2
SOC	1,95	1,27-2,6	+ 36	+ 10	23,6	35,3
FC	3,11	2,3-3,9	+ 10	- 11,7	24,8	16
GC	2,12	1,1-3,1				

◀ Tableau 3 – Efficacité du transfert d'oxygène en fonction du couple aération-bassin d'aération.

guide (au delà d'une vitesse moyenne de 30 cm/s) permet de minimiser l'effet *des spiral flows* et notamment ceux qui se produisent entre groupes de diffuseurs ou à l'extérieur de ceux-ci (Deronzier *et al.*, 1998).

Il convient de noter que l'OCN moyen de ces bassins d'aération est assez nettement pénalisé par deux résultats obtenus avec un modèle de diffuseurs probablement moins performant (OCN moyen = 3,55 kg O₂/kwh pour les 11 meilleurs résultats).

Bassins d'aération cylindriques

Pour des données tout à fait comparables (tableau 2) en terme de volume, de hauteur d'eau, de débit spécifique, l'OCN moyen mesuré pour des bassins en couverture plancher est supérieur de 47 % à celui mesuré dans le cas des systèmes à raquettes. Il faut toutefois nuancer ce résultat par la présence de bassins avec raquettes alimentées en air par des soufflantes centrifuges dont le rendement est inférieur, de l'ordre de 20 à 30 %, à celui des surpresseurs volumétriques. En faisant abstraction de ces mesures, la différence en OCN entre les deux dispositions avoisine 40 %, ce qui est conforme aux résultats antérieurs (Fujie, 1997). En effet, la disposition en raquettes induit une circulation verticale du liquide qui accélère l'ascension des bulles d'air, diminue le temps de séjour des bulles d'air et les performances de transfert.

La comparaison des essais réalisés en présence d'une vitesse horizontale imposée par des agitateurs est riche d'enseignement :

- Dans tous les cas de figure, malgré des puissances relatives de brassage élevées (+ 25 % en moyenne), les vitesses moyennes horizontales de liquides sont faibles (16 cm/s en moyenne). Ceci s'explique par : i) le recours à des agitateurs petites pales (quelques dizaines de centimètres de diamètres) et grande vitesse (quelques centaines de tours/minutes) et non comme dans les grands chenaux d'agitateur grande pale (diamètre de 1,8 à 3 m) et vitesse lente (quelques dizaines de tours/

minute) qui sont énergétiquement moins efficaces pour la poussée directe et le débit total induit ; ii) dans ces bassins, des bulles d'air viennent amoindrir l'efficacité de poussée des dispositifs de brassage à axe horizontal.

- L'accroissement moyen des apports horaires dû au brassage est un peu supérieur dans les bassins à couverture plancher (en moyenne 15 %)¹ que dans les bassins équipés de raquettes (en moyenne 8 %)¹. Nous faisons l'hypothèse que lorsque l'aération par raquette est en fonctionnement, les colonnes d'air constituent une *headloss* et les courants horizontaux d'eau ont tendance à contourner les zones de diffuseurs. Il en résulte une vitesse horizontale efficace plus faible sur les diffuseurs que celle calculée sur la base des vitesses mesurées sans aération.

Ainsi, l'influence de la vitesse horizontale correspond bien à celle obtenue (Deronzier *et al.*, 1998) sur de grands chenaux pour les bassins à couverture plancher, et n'est qu'apparemment que moitié moindre dans les bassins équipés de raquettes.

La conséquence de ces faibles augmentations d'apport horaire est que la marche simultanée d'agitateurs produit, dans les bassins d'aération cylindriques, des OCN significativement abaissés. On doit en conclure que dans ces bassins, il faut à la fois assurer le fonctionnement alternatif de l'aération et du brassage (qui améliore alors la vitesse apparente de dénitrification) et un brassage suffisant par la seule aération.

L'ensemble de ces constats conduit à préconiser pour les petits bassins d'aération les configurations en bassins cylindriques à couverture plancher. Les périodes de fonctionnement de l'aération et du brassage doivent être dissociées.

Par ailleurs, dans les bassins à couverture plancher, les diffuseurs doivent pouvoir être relevés par secteurs, compte tenu de la fréquence des incidents et de la durée de vie relativement courte des diffuseurs en élastomère (quelques années). Le surcoût par rapport à des raquettes relevables est amortissable extrêmement rapidement pour des exploitants (*owners*), notamment dans le contexte français.

Les autres paramètres d'optimisation du système en eau claire sont classiques et concernent le nombre de diffuseurs, leur densité au fond du bassin, le débit d'air par surface perforée de diffuseurs, la hauteur d'immersion des diffuseurs et le système d'alimentation en air. Les quatre premiers facteurs

1. Moyennes établies sur des effectifs réduits par rapport au tableau 3.

▼ Tableau 4 – Bassin d'aération (FC) de la station d'épuration de Graye/Mer (1998).

h (m)	V (m ³)	Débit d'air (Nm ³ .h ⁻¹ .m ⁻²)	ROs (%/m)	Ps (W.m ⁻³)	OC ₂₀ (kgO ₂ .h ⁻¹)	ASB ₂₀ (kgO ₂ .kWh ⁻¹)
6,1	475	99,5	5,2	34,7	53,9	3,2
3,1	243	112,6	5,5	40,5	31,5	3,2

sont tous liés : à débit d'air fixé, les rendements énergétiques du transfert d'oxygène sont d'autant plus élevés que le nombre de diffuseurs est grand. La hauteur d'eau par elle-même ne joue quasiment pas sur l'OCN. Divers bassins testés avec deux hauteurs d'immersion ont en effet des OCN non significativement différents (tableau 4). Ceci rejoint les conclusions de Wagner et Pöpel (1998).

En pratique, ce n'est qu'en dessous de 3 m de hauteur d'eau que celles-ci deviennent pénalisante sur l'OCN, alors qu'au contraire les hauteurs d'immersion très élevées n'améliorent pas l'OCN en eau claire et risquent de pénaliser le facteur alpha du fait de l'adsorption progressive des agents de surface à l'interface des bulles.

La variabilité des résultats des systèmes à raquette s'explique en majeure partie par le pourcentage de surface du radier occupé par les raquettes de diffuseurs. Les meilleurs résultats, excédant $2,5 \text{ kgO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$ en OCN, sont obtenus sur des bassins où les raquettes ont été multipliées, souvent après de premiers tests de réception décevants, et où la couverture se rapproche d'une configuration plancher. Elles n'ont alors plus d'avantages économiques à l'investissement pour que cette solution non plancher se justifie.

Le cas des bassins cylindriques est évidemment extrapolable à celui des bassins parallélépipédiques. Toutefois, un bassin à disposition des diffuseurs non homogène et équipé d'un agitateur grandes pales à axe vertical en position centrale, poussant depuis la surface vers le fond, a montré des performances intéressantes ($\text{OCN}_{\text{Benfeld}} = 3,54 \text{ kgO}_2 \cdot \text{kWh}^{-1}$), l'agitateur étant en fonctionnement simultané. Ce résultat reste à confirmer, des études préliminaires n'ayant permis aucune modélisation.

Miniaturisation des chenaux

Les contraintes économiques influencent notablement la conception de ces petits chenaux. Dans

le cas de petits bassins, le chenal d'aération toujours annulaire ne se loge pas aisément autour d'un noyau central tel un bassin d'anaérobiose, d'anoxie, mais parfois seulement, un sélecteur.

Deux grands types se différencient ainsi (tableau 5), le type I miniaturisation simple de grands chenaux avec un Rayon ext/Rayon int $< 1,5$ (grand noyau central) et le type II dont le rayon de courbure interne est très faible et Rayon ext / Rayon int compris entre 2 et 5 (petit noyau central).

L'exemple du bassin d'aération n°3 permet d'illustrer les divers points qui peuvent affecter le rendement énergétique de transfert d'oxygène dans le cas de chenaux de type I : le chenal est équipé de deux raquettes diamétralement opposées et d'un agitateur petites pales situé à l'aval immédiat de l'une des raquettes. L'alimentation en air est réalisée par une soufflante centrifuge et la hauteur d'immersion est de 2,25 m. Les influences négatives sur le transfert (tableau 5) peuvent être approchées comme suit :

Cas 1. Utilisation d'un agitateur petites pales (consommant 1 à 1,2 kW en plus, et abaissant l'OCN d'environ 16 %).

Cas 2. Agitateur placé dans le champ de bulles. L'aération ralentit ici la vitesse moyenne de 15 cm/s, au lieu de 1 à 2 cm/s lorsque les agitateurs ne sont pas directement affectés par l'aération, (Deronzier et Duchène, 1997) ce qui abaisse le transfert d'oxygène de l'ordre de 25 %.

Cas 3. La petite taille du chenal implique un rapport volume/surface mouillée faible par rapport aux grands chenaux ce qui globalement double la puissance nécessaire d'agitation, soit une incidence sur l'OCN d'environ 7 %.

Cas 4. La vitesse moyenne sans aération n'est que de 21,5 cm/s ce qui suggère un transfert minoré de l'ordre de 10 % par rapport à l'*optimum* obtenu au-dessus d'une trentaine de cm/s.

▼ Tableau 5 – Caractéristiques de chenaux miniturisés (SB : small blades ; LB : large blades).

Site n°	Type	V (m ³)	h (m)	DD (%)	Type D'agitateur	P _{agitation} (kW)	P _{aération} (kW)	Ps (kW.m ⁻³)	ROs (%/m)	ASB ₂₀ (kgO ₂ .kWh ⁻¹)	Handicaps
1	I	216	3,1	6,7	SB	2,64	9,49	56	7,2	1,30	(1), (3), (5)
2	I	135	3,3	7,0	SB	2,33	5,02	47	4,2	1,48	(1), (3)
3	I	117	2,5	2,5	SB	1,58	6,52	69	4,8	1,27	(1),(2),(3),(4),(5),(6)
4	I	320	3,0	4,8	LB	1,06	7,32	26	5,6	2,81	(3)
5	II	823	5,4	7,5	LB	2,31	20,59	28	3,8	1,90	(2), (8)
6	II	820	5,4	5,0	LB	2,43	10,13	16	5,5	2,49	(2), (7), (8)
7	II	865	5,5	4,2	LB	4,41	17,60	26	5,2	2,26	(7), (8)

Cas 5. Fourniture d'air par soufflante centrifuge : perte de rendement d'au moins 25 % par rapport à un surpresseur volumétrique (i.e. type ROOTS).

Cas 6. Faible hauteur d'immersion ($<<3$ m) : effet présumé sur l'OCN 5 à 10 %.

Sur le cas n°3, si l'on corrige l'ASB mesuré par les divers coefficients ci-dessus, affectant le rendement de transfert, on s'approcherait de $3 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$. Le fait que cette valeur soit bien inférieure aux performances mesurées sur les grands chenaux d'aération provient du fait que : (i) les divers coefficients (cas 1 à 6) ont été plutôt minorés ci-dessus – dans le souci de ne pas exagérer l'importance de chaque facteur analysé séparément – et que (ii) dans le cas d'espèce la disposition longitudinale de diffuseurs tubulaires avec de très faibles vitesses de courant est sans doute un facteur défavorable supplémentaire au rendement de transfert.

Dans le cas des chenaux de type II, c'est-à-dire de chenaux larges par rapport à leur longueur développée et avec un rayon de courbure inférieur faible les phénomènes spécifiques influençant le transfert sont de deux ordres :

Cas 7. Non homogénéité en largeur du champ de vitesses horizontales sous l'effet combiné de la puissance relativement faible nécessaire, de la largeur importante du chenal et de la distance agitateur – 1^{re} raquette aval courte favorisant les contre-courants.

Cas 8. Efficacité moindre des agitateurs grandes pales du fait que la surface concernée par les pales est relativement faible par rapport à la section du chenal et que des contre-courants intérieurs se créent plus facilement du fait du faible rayon intérieur du chenal.

Les divers problèmes affectant les performances de chaque bassin sont répertoriés en dernière colonne du tableau 5 avec les codes (n) utilisés dans

les commentaires ci-dessus. Le chenal n° 4 présente à peu près ce qui peut se faire de mieux en matière de petits chenaux et montre par ailleurs des performances inférieures à la majorité des bassins cylindriques en couverture plancher.

Conclusions

Le recours à l'insufflation de fines bulles d'air par membrane élastomère pour de petits bassins d'aération, définis ici comme des volumes inférieures à $1\,000 \text{ m}^3$ et particulièrement pour des bassins d'aération inférieurs à $500\text{-}600 \text{ m}^3$ est souvent réalisé aux dépens de l'efficacité énergétique de la fourniture d'oxygène. Toutefois, l'utilisation dans cette gamme de taille, de bassins cylindriques à couverture plancher permet d'atteindre aisément des OCN tout à fait intéressants pour les collectivités, supérieurs en eau claire à $3 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$ pour peu que l'on ait recouru à des surpresseurs volumétriques et en utilisant des débits spécifiques modérés.

Le surcoût d'investissement de cette disposition, en gardant les diffuseurs relevables par secteur ne justifie pas que l'on puisse encore recourir à des raquettes de diffuseurs qui induisent des *spiral-flows* non maîtrisables par une agitation mécanique simultanée.

Les essais de miniaturisation de chenaux se sont jusqu'à présent majoritairement soldés par des échecs relatifs aux performances énergétiques. Sous réserve de certaines précautions, soit : efficacité des matériels d'agitation et de fourniture d'air, distance minimum amont et aussi aval entre l'agitateur et un groupe unique de diffuseurs, en évitant les rayons de courbure intérieurs trop faibles, il est tout à fait possible d'obtenir des OCN honorables quoique ne dépassant pas, dans cette gamme de taille, celles des bassins cylindriques – ou parallélépipédiques – à couverture plancher. □

Résumé

L'aération représentant la part la plus importante de la dépense énergétique d'une station d'épuration à boues activées, les concepteurs et exploitants de station ont besoin d'éléments pertinents pour optimiser le transfert d'oxygène. Cette publication présente l'analyse de 38 mesures d'oxygénation en eau claire réalisées sur sites équipés de systèmes de diffusion d'air par fines bulles. Les apports spécifiques bruts de ces systèmes (ASB) sont présentés pour : i) des grands chenaux (volume supérieur à 1 000 m³), ii) des petits chenaux (volume inférieur à 1 000 m³), iii) des bassins cylindriques dont le fond est entièrement tapissé de diffuseurs (couverture plancher) et enfin iv) des bassins cylindriques où les diffuseurs sont groupés en raquettes sur une partie seulement du fond. Plusieurs recommandations pratiques peuvent être avancées dont les principales sont : 1) dans les bassins cylindriques, une couverture plancher avec un débit d'air par diffuseur modéré et fourni au moyen d'un surpresseur volumétrique permet d'obtenir de forts ASB, 2) le coût élevé d'investissement de cette configuration se justifie au regard des moins bonnes performances de transfert des configurations raquettes moins chères en investissement, enfin 3) les petits chenaux obtiennent des résultats d'A.S.B. satisfaisants mais n'atteignent pas les performances des bassins cylindriques en couverture plancher dans une gamme de volume équivalente.

Abstract

Because the aeration system in an activated sludge plant typically represents a large part of total energy requirements, designers and operators need accurate oxygen transfer information to make the aeration system as energy efficient as possible. This paper presents clean water tests performed at 38 wastewater treatment plants. The Specific Aeration Efficiency results (SAE, kgO₂/kWh) are reported for: (1) large open channels (volume higher than 1000 m³), (2) small open channels, (3) total floor coverage cylindrical tanks, and (4) cylindrical tanks with grid arrangement. Some practical guidelines can be drawn, some of them being: (1) high SAE can be achieved at small aeration tanks (<1000m³), applying cylindrical tanks with a total floor coverage arrangement of diffusers, volumetric blowers, and moderate air flow rates per diffuser area; (2) the high investment cost of this configuration can be justified respect to a grid layout characterized by spiral liquid circulation which affects the oxygen transfer; (3) small open channels can meet sufficient SAE values but fail to meet in this range of tank volumes those of total floor coverage cylindrical tanks.

Bibliographie

- ASCE, 1992, *ASCE Standard measurement of oxygen transfer in clean water*, American Society of Civil Engineers.
- ASCE, 1996, *Standard Guidelines for In-Process Oxygen Transfer Testing*, American Society of Civil Engineers.
- ATV, 1996, *Messung des Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Belebungsanlagen in Reinwasser und in belebtem Schlamm*.
- CAPELA, S., 1999, *Influence des facteurs de conception et des conditions de fonctionnement des stations d'épuration en boues activées sur le transfert d'oxygène*, Thèse de doctorat, Université Paris XII - Val de Marne, 164 p. + annexes.
- DERONZIER, G., DUCHÈNE, Ph., 1997. Vérification de la vitesse horizontale dans les chenaux d'épuration pourvus d'un système d'aération par insufflation d'air. *TSM*, 3, p. 35-41.
- DERONZIER, G., DUCHÈNE, Ph., HÉDUI, A., 1998. Optimization of oxygen transfer in clean water by fine bubble diffused air system and separate mixing in aeration ditches. *Wat. Sci. Tech.*, 38 (3), p. 35-42.
- GILLOT, S., DERONZIER, G., HÉDUI, A., 1997. Oxygen Transfer under Process Conditions in an Oxidation Ditch equipped with fine bubble diffusers and slow speed mixers. *70th Annual Conference and Exposition Water Environment Federation, Chicago, Illinois, USA*.
- GILLOT, S., CAPELA, S., HÉDUI, A., 2000. Effect of horizontal flow on oxygen transfer in clean water and in clean water with surfactants. *Wat. Res.*, 34 (2), p. 678-683.
- HÉDUI, A., RACAULT, Y., 1983a. Essais d'aérateurs. Enseignements tirés de 500 essais en eau claire effectués dans 200 stations d'épuration différentes, I) Méthodologie. *Wat. Res.*, 17 (1), p. 97-103.
- HÉDUI, A., RACAULT, Y., 1983b. Essais d'aérateurs. Enseignements tirés de 500 essais en eau claire effectués dans 200 stations d'épuration différentes, II) Résultats. *Wat. Res.*, 17 (3), p. 289-297.
- WAGNER, M.R., PÖPEL, H.J., 1998. Oxygen transfer and aeration efficiency – Influence of diffuser submergence, diffuser density and blower type. *Wat. Sci. Tech.*, 38 (3), p. 1-6.