

POURQUOI DES AERATEURS DE SURFACE ? COMPARAISON ENTRE LES AERATEURS DE SURFACE OU TURBINES LENTES, ET L'AERATION DE FOND PAR LE SYSTEME DES FINES BULLES. Comment faire son choix ?

Résumé

Les systèmes d'aération peuvent être subdivisés en 2 groupes : l'aération de fond et l'aération de surface.

L'aération de fond peut être subdivisée également en différents systèmes dont le plus connu est le système des fines bulles.

Les aérateurs de surface sont subdivisés en aérateurs lents et en aérateurs rapides. Les aérateurs lents sont à nouveau subdivisés en aérateurs à arbre vertical (turbines lentes) et aérateurs à arbre horizontal (les brosses).

Parmi les aérateurs lents, les turbines à arbre vertical sont les plus utilisées car elles ont un meilleur rendement d'oxygénation, une plus haute capacité d'oxygénation par machine et la meilleure capacité de brassage et de propulsion dans des chenaux d'oxydation correctement dimensionnés.

Dans cet article nous voulons comparer les deux systèmes les plus performants, c'est-à-dire l'aération par turbines lentes à arbres verticaux et l'aération par diffuseurs fines bulles, afin de guider les décideurs vers le meilleur choix.

En comparant les turbines lentes (ou aérateurs de surface) aux systèmes d'aération à fines bulles, les aérateurs de surface à arbre vertical de type lent ont certains avantages. Le coût d'investissement est nettement plus faible. Il en est de même pour la maintenance lorsque les aérateurs à fines bulles doivent impérativement être nettoyés régulièrement. La durée de vie des aérateurs de surface de type lent est plus élevée et leur fiabilité largement supérieure. Le rendement d'oxygénation semble (en eaux claires) moins élevé dans un premier temps mais après vieillissement des diffuseurs, le rendement d'oxygénation des fines bulles peut décroître considérablement. Le transfert d'oxygène en eaux usées urbaines peut redevenir plus favorable aux aérateurs de surface, en raison d'un facteur alpha plus élevé. Sur de longues périodes, nous constatons que la consommation énergétique des aérateurs de surface de type lent est comparable, voire même inférieure à la consommation énergétique des systèmes à fines bulles. D'autres critères importants sont également à prendre en considération tels que le bruit, les aérosols et les accessoires indispensables à un système d'aération. Les aérateurs de surface de type lent peuvent être entièrement recouverts, de manière à supprimer toute nuisance. Les accélérateurs de courant, ventilateurs, instrumentation, indispensables aux fines bulles, ne le sont pas pour les aérateurs de type lent.

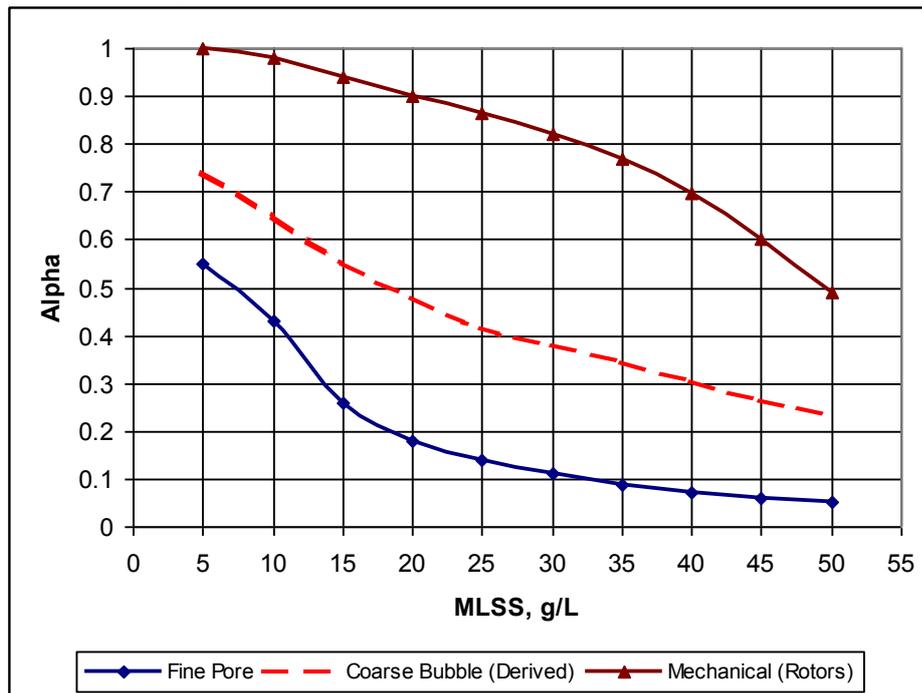


Station d'épuration de Louvain-la-Neuve : bioréacteur à membranes avec aérateurs de surface couverts

Diverses études ont été menées sur des turbines lentes métalliques à grand diamètre et sur des fines bulles de différents fabricants. Nous présentons les résultats obtenus par les deux systèmes. En voici quelques résultats plus spécifiquement au sujet des rendements.

Le graphique ci-dessous représente l'effet de la concentration en boues activées sur le facteur Alpha, pour les turbines lentes, les fines bulles, et les moyennes bulles (facteur Alpha α = coefficient de transfert spécifique du milieu (en conditions réelles/ en eau claire)).

Effect of MLSS on Alpha Factor



Reference: **Bratby, John R. et al, Merits of Alternative MBR Systems, WEFTEC 2002.**

Les 3 tableaux suivants nous donnent des exemples de calcul énergétique des aérateurs de surface et des systèmes à fines bulles selon plusieurs hypothèses. Le calcul simplifié ci-après ne reprend pas le coefficient bêta,

ni le (Cs - C), qui devraient être identiques pour les turbines lentes et pour les fines bulles, ni l'effet de la température.

Exemple de calcul pour un projet « hypothétique »
(* = recommandations CEBEDEAU)

(CEBEDEAU : Centre d'expertise en traitement et gestion de l'eau -Liège-Belgique).

Apport Horaire : 200 kg O ₂ /h En conditions réelles	Turbine lente	Fines bulles	Unité
Prise en compte du vieillissement	200/1 = 200	200/0.9 = 222	kg O ₂ /h
Prise en compte du facteur α (alpha)*	200/0.9 = 222	222/0.6 = 370 (cas le plus favorable)	kg O ₂ /h
Prise en compte du rendement*	222/1.8 = 123	370/2.2 = 168	kw
Prise en compte des accessoires : Mélangeur, ventilateur	0 Si mélange par l'aérateur, ce qui est normalement le cas pour tous les bassins carrés, ronds ou Carrousel correctement dimensionnés!	2 Obligation de prendre les accessoires en compte pour l'aération d'après la norme EN 12-255-15	kw
Puissance totale électrique pour fournir 200kgO ₂ /h en conditions réelles!!!	123	150	Kwh/h

Le rendement est ici le rendement prudent recommandé par le CEBEDEAU
Soit +/- 30% d'économie énergétique pour la turbine lente.

Exemple de calcul pour 2 BRM existants en Belgique
BRM= Bio-réacteur à membranes.

Apport spécifique brut : Rapport CEBEDEAU Mesure conforme à la norme EN 12 255-15 (mesures aux bornes du moteur)	Turbine lente Louvain- la-Neuve (obtenu)	Fines bulles Rosières (obtenu)	Unité
	2	2,5	kg O ₂ / kwh
Prise en compte du vieillissement	2 x 1 = 2	2,5 x 0,9 = 2,25	kg O ₂ / kwh
Prise en compte du facteur α (alpha)	2 x 0,85 = 1,7	2,5 x 0,45 = 1,12	kg O ₂ / kwh
Prise en compte des accessoires : Mélangeur, ventilateur	0%	1%	%
REALITE !!	1,7	1,1	kg O ₂ / kwh

Les rendements sont dans ce tableau les rendements obtenus par mesure conforme à la norme EN 12255-15.

Soit +/- 35% d'économie énergétique pour la turbine lente.

On a actuellement tendance à diminuer la teneur en boues, ce qui a pour effet d'avoir des alpha un peu plus élevés.

Même en gardant un facteur alpha de 0,6 pour les fines bulles, l'avantage reste au profit des turbines lentes.

Exemple de calcul pour un « BEST CASE » mesuré aux bornes du moteur

Apport spécifique brut : Mesure conforme à la norme EN 12 255-15 effectuée par un laboratoire agréé indépendant (mesures aux bornes du moteur)	Turbine lente Saint-Vaast 75 kw ↓	Fines bulles (maximum atteint) ↓	Unité
	2,4 (test 1 1999) 2.5 (test 2 2010)	3.5	kg O ₂ /kwh
Prise en compte du vieillissement →	2,4 x 1 = 2,3	3.5 x 0,9 = 3.15	kg O ₂ / kwh
Prise en compte du facteur α (alpha) →	2,4 x 0,9 = 2,16	3.15 x 0,6 = 1,89	kg O ₂ / kwh
Prise en compte des accessoires : Mélangeur, ventilateur →	0%	5% accélérateur !	%
REALITE !! →	>2.2 !	1,8 !	kg O ₂ / kwh

Soit +/- 20% d'économie énergétique pour la turbine lente.

Il faut bien constater que les donneurs d'ordre ont souvent trop tendance à se focaliser sur les performances obtenues en eaux claires, qui sont effectivement en faveur de l'aération par fines bulles. Cependant cet avantage s'estompe, voire s'inverse lorsqu'on examine les performances en conditions réelles. Cela est particulièrement vrai pour les systèmes avec des concentrations élevées en boues activées, tels que les bioréacteurs membranaires.

Toutes ces considérations nous conduisent à conclure que l'aérateur de surface lent ou turbine lente est la solution qui présente le plus d'avantages à long terme pour aérer les liqueurs mixtes en conditions réelles, au moindre coût énergétique.

Il faut en outre noter que les meilleurs rendements des turbines lentes sont obtenus lorsqu'une collaboration étroite est établie entre les concepteurs de la station d'épuration et le fabricant de turbines. Il faut par ailleurs noter que seules les turbines de nouvelle génération à très basse vitesse, grand diamètre et nombre de pales suffisant présentent ces niveaux de rendement.

Contrairement à ce qui est parfois publié à l'avantage des fines bulles, la turbine lente est tout à fait compétitive pour de grands projets épuratoires comme cela a été le cas pour certaines villes peuplées (Ho Chi Ming ville, Riyad, Le Caire,...mais aussi de nombreuses villes au BENELUX).

Un article différent devra être consacré aux avantages mécaniques et à la maintenance des turbines lentes par rapport aux systèmes fines bulles. Notons toutefois que pour une turbine lente, le rendement est invariable dans le temps (ce n'est pas le cas des fines bulles) ce qui constitue une sécurité de dimensionnement supplémentaire pour le concepteur et rend donc les tests d'oxygénation réellement représentatif de leur consommation en eaux claires.

L'expérience montre que pour le système complet, les aérateurs lents sont plus durables car ils ne nécessitent quasiment aucune pièce de rechange lorsqu'ils sont correctement dimensionnés. Les fines bulles comprennent un ensemble de composants de fabricants différents et les diffuseurs ont clairement une durée de vie très variable et limitée. La durée de vie globale comparée est clairement à l'avantage des turbines lentes.

Enfin, un nouveau concept à étudier lors de la sélection des systèmes d'aérations réside dans l'énergie « *grise* ». Cette énergie comprend l'ensemble des énergies mises en œuvre pour construire et installer le système d'aération. Ce point est complexe à quantifier avec précision mais à nouveau, les premiers rapports montrent un net avantage des turbines lentes.

Professeur Jean-Luc Vazel, Faculté Universitaire du Luxembourg (FUL)
Membre du comité de relecture et participation à l'édition de la norme EN12255-15
Administrateur du CEBEDEAU

juin 2014