

NOTE

Estimation *in situ* de la respiration des boues activées par application d'un bilan sur l'oxygène

Mass balance for an *in situ* estimation of the activated sludge specific oxygen uptake rate

P. CHATELLIER *, J.M. AUDIC

Reçu le 17 août 1998, accepté le 16 mars 1999**.

SUMMARY

In activated sludge wastewater treatment plants, the activity of the biomass is essential if effluent quality standards are to be met. One of the parameters that characterizes the activity of activated sludge is the specific oxygen uptake rate (the amount of oxygen consumed per unit mass of biomass and per unit time). This rate may be measured using specialised apparatus (respirometer) or deduced from on-line measurements. A technique to deduce the specific oxygen uptake rate from simple measurements (flow rate, dissolved oxygen concentrations) has been developed and tested. This technique involves low cost probes and therefore specific oxygen uptake rate estimations may be used for treatment plant automation.

Key-words: *wastewater, activated sludge, oxygen uptake rate, estimation, on-line.*

RÉSUMÉ

Dans les stations d'épuration à boues activées il est essentiel de maintenir une biomasse de bonne qualité ceci afin que l'eau soit traitée correctement. Un des paramètres caractéristiques de l'activité de la biomasse est la respiration spécifique (c'est à dire la quantité d'oxygène consommé par unité de masse de biomasse et par unité de temps). Cette respiration peut être mesurée à l'aide d'appareils spécifiques (respiromètres) ou déduite à partir de mesures réalisées en ligne. Une méthode d'analyse de données destinée à déduire la respiration spécifique à partir de mesures simples (débits et concentration en oxygène dissous) a été mise au point et testée. Grâce au faible coût de mise en œuvre de cette technique il devient raisonnable d'utiliser la respiration spécifique comme paramètre de conduite automatisée des stations d'épuration.

Mots clés : *eau usée, boues activées, respiration, estimation, en ligne.*

* CIRSEE, Suez-Lyonnaise des eaux, 38 rue du président Wilson, 78230 Le Pecq, France.

Correspondance. E-mail : pchatellier@cirsee.suez-lyonnaise-eaux.fr

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 10 mai 2000.

1 - INTRODUCTION

Dans les procédés de traitement des eaux résiduaires par boues activées la dépollution est réalisée par l'activité de la biomasse. Cette activité est, par suite, un des paramètres principaux qui caractérise le fonctionnement d'une station d'épuration.

Une des caractéristiques essentielles représentant l'activité de cette biomasse est la respiration spécifique (RS) (Pelkonen and Tenno, 1993). Cette grandeur représente la quantité d'oxygène consommée par unité de masse de biomasse et par unité de temps. Si cette quantité est trop faible (par exemple inférieure à $1 \text{ gO}_2 (\text{g biomasse})^{-1} \text{ h}^{-1}$) la biomasse n'est plus assez active pour réaliser un traitement correct de l'eau résiduaire. Ce cas de figure peut se présenter lors de l'arrivée d'un toxique. Un autre intérêt de ce paramètre est la détection des surcharges de pollution de l'installation. Ces événements peuvent être détectés par une augmentation brutale du paramètre RS.

Habituellement le paramètre RS est mesuré à l'aide d'un respiromètre destiné spécialement à cet effet. Ces appareils sont coûteux et nécessitent un entretien spécifique. Ces contraintes limitent donc considérablement l'utilisation de la RS dans la conduite des installations. Afin de remédier à ce problème, une nouvelle technique a été développée en vue d'estimer la RS en ligne. Cette technique utilise le bassin d'aération comme une cellule respirométrique de façon à ce que la RS soit déterminée *in-situ*. Sa mise en oeuvre ne nécessite que des capteurs simples et peu coûteux. Dans ce qui suit nous allons décrire notre technique d'estimation de la RS. Afin que cette description soit plus claire nous l'illustrerons avec deux exemples.

Les possibilités d'applications de la RS au contrôle des stations d'épuration constituent un vaste sujet d'études. Elles ne seront pas considérées dans la publication. Notre objectif est ici seulement de décrire une technique économique d'estimation du paramètre RS.

2 - DESCRIPTION THÉORIQUE

Le bassin d'aération est l'un des éléments d'une station de traitement d'eaux résiduaires (*figure 1*). Cet ouvrage a deux entrées correspondant aux eaux à traiter et aux boues recirculées du clarificateur.

Dans la méthode présentée ici nous avons supposé que la concentration en oxygène dissous dans ces deux entrées était nulle. Cette hypothèse est justifiée par les points suivants :

- La demande en oxygène de l'eau brute est suffisamment élevée pour que tout l'oxygène transféré à l'eau résiduaire dans le réseau d'égout soit consommé. Afin d'être certain que cette hypothèse est vérifiée, la méthode que nous présentons ici ne tient pas compte des cycles d'aération qui ont lieu pendant les événements pluviaux ou pendant les périodes où le débit entrant dans la station prend des valeurs anormales.

- L'oxygène dissous est consommé dans le lit de boues présent dans le clarificateur. Les boues recirculées du clarificateur vers le bassin d'aération contiennent donc très peu voire pas du tout d'oxygène dissous. Cette hypothèse est en général satisfaite dans les stations de traitement des eaux. Toutefois elle doit être vérifiée par des mesures préliminaires.

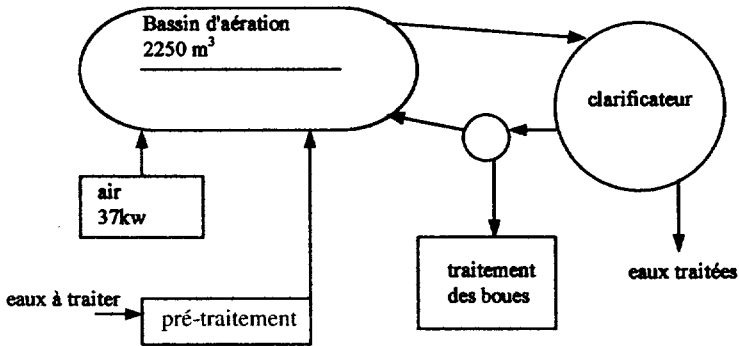


Figure 1 Station d'épuration de Morainvilliers.
Morainvilliers wastewater treatment plant.

Une fois ces hypothèses retenues, le bilan massique sur le bassin d'aération s'écrit :

$$V \frac{dC}{dt} = V k_L a (C^* - C) - \phi - QC \tag{1}$$

avec :

- V = Volume de liquide dans le bassin d'aération (m³)
- k_La = Coefficient global de transfert d'oxygène (h⁻¹)
- C* = Concentration en oxygène dissous à saturation (mg l⁻¹)
- C = Concentration en oxygène dissous dans le bassin d'aération (mg l⁻¹)
- Q = Débit traversant le bassin d'aération (m³ h⁻¹)
- φ = Flux d'oxygène consommé par la biomasse dans le bassin d'aération (g h⁻¹)

L'équation (1) est utilisable immédiatement après l'arrêt du dispositif d'aération. Instant où le k_La est nul. Le besoin en oxygène de la biomasse se traduit par la diminution de la concentration en oxygène dissous.

$$V \frac{dC}{dt} = -\phi - QC \tag{2}$$

L'équation (2) donne le flux d'oxygène consommé par la biomasse : φ. Ce flux dépend à la fois de l'activité et de la concentration de la biomasse. De façon à obtenir une grandeur caractéristique seulement de l'activité de la biomasse on divise cette grandeur par la masse de biomasse contenue dans le bassin d'aération. La grandeur obtenue est la respiration spécifique de la biomasse (RS) :

$$RC = \frac{-V \frac{dC}{dt} - QC}{V \text{ MES}} \quad (3)$$

Où MES représente la concentration en matières en suspension dans le bassin d'aération.

3 - EXEMPLE D'APPLICATION DE LA MÉTHODE

La technique ci-dessus a été appliquée à la station de traitement des eaux de Morainvilliers (France). Cette station est une installation classique de boues activées (*figure 1*). L'effluent traité par cette installation est essentiellement urbain avec très peu d'eaux d'industrielles et d'eaux claires parasites. Le bassin d'aération est un chenal d'oxydation classique dans lequel le liquide est mis en mouvement par deux agitateurs à faible vitesse de rotation. La vitesse de circulation de l'eau dans ce chenal est supérieure à 30 cm s⁻¹ de sorte que les boues ne décantent pas dans le fond du bassin. Des mesures ont montré que la concentration en oxygène dissous était constante dans toutes les zones non aérées de ce chenal. Dans les données présentées ci-dessous la sonde à oxygène était placée près de la sortie du bassin d'aération. Cette position a été choisie car elle est bien brassée, non aérée et quelle représente bien ce qui se passe dans le reste du chenal.

4 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

Nous avons appliqué l'équation (3) à des données couvrant une période de 18 mois. Toutes ces informations ont été stockées dans une base de données contenant 105 000 points de mesure. Chacun de ces points contenant les mesures de toutes les sondes installées. Dans ce qui suit nous avons utilisé les données brutes. Aucun filtrage n'a été effectué, aucune donnée n'a été éliminée.

Le résultat de ces calculs sera présenté au travers de deux exemples : le premier de ces exemples montre l'impact d'une extraction de boues trop importante sur l'activité de la biomasse; le second exemple montre la détection d'un accroissement soudain du flux de pollution reçu.

La *figure 2* montre l'influence d'un débit d'extraction de boues trop important. Durant les 20 premiers jours représentés sur cette figure la quantité de boues extraites de l'installation est si importante que la concentration en biomasse passe de 4 g/l à 1,5 g/l. Pendant cette phase d'extraction l'âge des boues diminue et la charge massique augmente de sorte que la biomasse devient de plus en plus active. En conséquence la valeur maximale sur un cycle

d'aération de la respiration spécifique de la biomasse s'accroît durant cette période. Après cette première phase le débit d'extraction a été diminué et la concentration en biomasse dans le bassin d'aération est passée de 1,5 g/l à 3,5 g/l. L'âge des boues a donc augmenté en conséquence et l'activité de la biomasse décroît donc lentement. La lenteur de cette décroissance s'explique par le fait que l'accroissement de l'âge de boues est un processus lent car lié au taux de croissance de la biomasse.

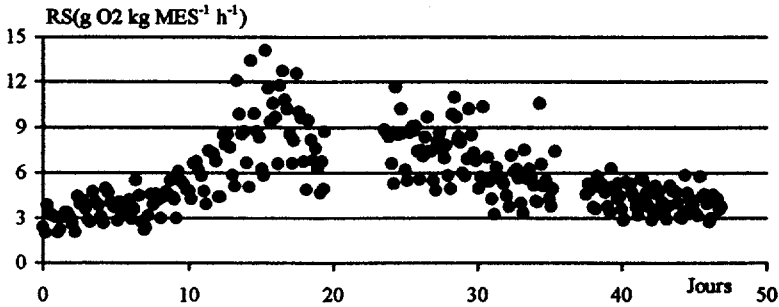


Figure 2 Influence du taux d'extraction sur la RS.
Influence of the wastage flow rate on the specific oxygen uptake rate.

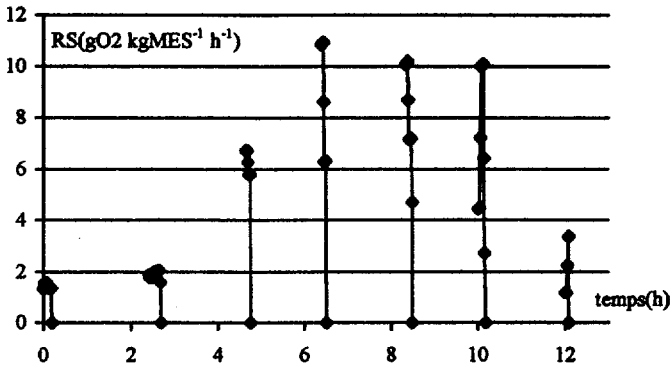


Figure 3 Influence sur la RS d'une arrivée accidentelle de pollution.
Influence of an abnormal pollution on the the specific oxygen uptake rate.

La mesure de la respiration spécifique peut également être destinée à la détection d'une surcharge brutale de pollution. Ce cas de figure est représenté sur la *figure 3*. Cette figure montre l'évolution de la respiration spécifique de la biomasse pendant sept cycles consécutifs. Sur cette figure la respiration spécifique est mise à zéro pendant les périodes de marche de l'aération ainsi que lorsqu'il ne reste plus d'oxygène dissous dans le bassin. Les seules valeurs non

nulles restantes se situent immédiatement après arrêt de l'aération. Tout cela explique que sur la *figure 3* il ne reste qu'une barre par cycle d'aération. Les deux premières barres correspondent à des cycles d'aération habituels : la valeur maximale de la respiration est approximativement égale à $2 \text{ g O}_2 \text{ kg MES}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Les quatre cycles suivants montre les valeurs de la respiration spécifique obtenues immédiatement après l'arrivée exceptionnelle de pollution. La dernière barre montre que, une fois le flux anormal de pollution traité, la respiration spécifique de la biomasse revient à des valeurs normales.

5 - CONCLUSION

La respiration spécifique de la biomasse d'un procédé à boues activées peut être estimée en analysant le bilan d'oxygène sur le bassin d'aération. L'utilisation de cette technique permet de déduire la respiration spécifique à partir de l'évolution de la concentration en oxygène dissous, de la concentration en biomasse et des débits mis en oeuvre sur l'installation.

En évitant l'utilisation d'un appareil de mesure spécifique, ce type d'analyse de données réduit le coût d'investissement et de maintenance du système de mesure de la respiration spécifique. Ceci permet d'envisager l'utilisation d'algorithmes de régulation utilisant la respiration spécifique (SPANJERS *et al.*, 1998) même sur une station de taille moyenne (moins de 50 000 équivalents habitants).

La respiration spécifique de la biomasse obtenue à partir de cette méthode est très utile dans la gestion des stations d'épuration pour plusieurs points. Par exemple :

- En détectant des changements dans le mode d'exploitation tel que des modifications du taux d'extraction des boues.
- En détectant des variations du flux de pollution à traiter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PELKONEN M., TENNO R., 1993. New control parameter and measurement techniques for the activated sludge process. *Water Science and Technology*. Vol 27, N° 5-6, pages 287-295.
- SPANJERS H., VANRÖLLEGHEM P.A., OLSSON G. and DOLD P.L., 1998. Respirometry in control of hte activated sludge process: Principles. IAWQ Scientific and Technical Report N° 7. 1998.