

J'ai le plaisir de vous inviter à la soutenance de ma thèse intitulée :

**Émissions d'oxyde nitreux lors du traitement de l'azote en station d'Épuration ; Agglomération parisienne**

Mes travaux de recherche seront présentés pour l'obtention du titre de Docteur de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, en Sciences et Techniques de l'Environnement **Jeudi 17 Novembre 2005 à 14h30**, Salle Célia Russo, à l'**École Nationale des Ponts et Chaussées**, 28 rue des Saints Pères 75007

**Cette thèse a été dirigée par :**

Josette Garnier – **Dir de recherche à l'UMR Sisyphe**  
Michel Gousailles – **Dir De la DRD / SIAAP**

**Le Jury de la soutenance sera composé de :**

Jean-Marie Mouchel - **Dir Cereve, ENPC - Président**  
Josette Garnier - **Dir de recherche, UMR Sisyphe - Directrice de thèse**  
Nicolas Bernet - **Chargé de recherche, LBE – INRA - Rapporteur**  
José Martinez - **Dir de recherche, Cemagref - Rapporteur**  
Michel Gousailles - **Dir DRD, SIAAP - Examineur**  
Roger Pujol - **Ingénieur en chef, Lyonnaise-des-eaux - Examineur**

**Dans la mesure du possible et pour des questions d'organisation, merci de m'indiquer votre présence. Une petite collation fera suite à la soutenance de thèse.**

**Cordialement,**

Gaëlle TALLEC

# **Émissions d'oxyde nitreux lors du traitement de l'azote en station d'épuration.**

## *Agglomération parisienne*

### Résumé

Les systèmes de traitement biologique de l'azote, qui utilisent les processus de nitrification et de dénitrification, sont susceptibles d'émettre un gaz à effet de serre, l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O). Le but de notre étude était d'estimer et d'identifier les processus et les facteurs responsables de ces émissions, provenant du traitement de l'azote sur les stations d'épuration de l'agglomération parisienne et d'en estimer l'impact sur les émissions globales de N<sub>2</sub>O au niveau du bassin de la Seine.

Des expériences en laboratoire ont permis la simulation des différents traitements utilisés sur l'agglomération parisienne - boues activées secondaires et cultures fixées en traitement tertiaire - et la mesure, en conditions contrôlées, des émissions de N<sub>2</sub>O. Nous avons montré que les flux de N<sub>2</sub>O représentent entre 0.1 à 0.8 % de la charge en azote traitée suivant l'oxygénation et les doses de méthanol ajoutées. Les flux de N<sub>2</sub>O les plus importants sont observés pour une oxygénation autour de 1 mgO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> lors de la nitrification ; autour de 0.3 mgO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> et pour un ajout de méthanol en traitement tertiaire, ne permettant que 60 % de la réduction totale des nitrates, lors de la dénitrification. Des essais expérimentaux utilisant différents inhibiteurs spécifiques, ont permis d'identifier les deux processus majeurs responsables de ces émissions : la nitrification-dénitrifiante autotrophe et la dénitrification hétérotrophe.

Le traitement de l'azote, sur les stations de l'agglomération parisienne représenterait actuellement des émissions de N<sub>2</sub>O de l'ordre de 60-120 kgN-N<sub>2</sub>O j<sup>-1</sup> qui augmenteront avec la mise en place des nouveaux traitements de l'azote pour l'horizon 2005-2008 à 320-480 kgN j<sup>-1</sup>, et pour l'horizon 2012-2015 à 370-750 kgN j<sup>-1</sup>. Les niveaux les plus bas de ces émissions pourront être atteints si le traitement de l'azote se fait en nitrification avec une oxygénation supérieure à 2 mgO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> et en dénitrification avec des conditions d'anoxie totales et un ajout de méthanol permettant 100 % de la réduction de la charge en nitrate. Nos résultats montrent également que les émissions de N<sub>2</sub>O, se produisant actuellement dans la basse Seine recevant les rejets azotés de l'agglomération parisienne augmenteront notablement en étant transférées vers les STEPs. Cependant, les émissions de N<sub>2</sub>O en STEPs ne représenteraient que 1 à 10 % des émissions provenant des sols agricoles.

# **Nitrous oxide emissions during nitrogen removal in wastewater treatment plant**

## *The Parisian conurbation*

### Summary

Biological nitrogen removal systems (nitrification and denitrification), could emitted a greenhouse gas, the nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ). The aim of this study was to estimate and identify processes and factors at the origin of  $\text{N}_2\text{O}$  emissions during nitrogen removal from wastewater treatment plants of the Parisian conurbation, and to estimate their impact on global  $\text{N}_2\text{O}$  emissions at the Seine basin scale.

Laboratory-scale experiments allowed us to simulate nitrogen removal processes used by the Parisian conurbation - secondary activated sludge and tertiary treatment on fixed culture - and to measure  $\text{N}_2\text{O}$  emissions, under controlled conditions. We have shown that  $\text{N}_2\text{O}$  emissions represent 0.1 to 0.8 % of the treated nitrogen load, depending on oxygenation and methanol supply. Optimal conditions for  $\text{N}_2\text{O}$  emissions were around  $1 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$  during nitrification ; around  $0.3 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$  and a methanol supply which permit only 60 % of the total nitrate reduction, during denitrification. Experiments with specific inhibitors allowed us to identify the two major processes responsible for  $\text{N}_2\text{O}$  emissions: autotrophic nitrifier denitrification and heterotrophic denitrification.

Our estimates lead to present  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from WWTPs of the Parisian conurbation of  $60\text{-}120 \text{ kg N-N}_2\text{O d}^{-1}$ , which will increase to  $320\text{-}480 \text{ kg N-N}_2\text{O d}^{-1}$  in 2005-2008 and will reach  $370\text{-}750 \text{ kg N-N}_2\text{O d}^{-1}$  in 2012 – 2015. The emission levels could reached the lower range if the nitrification of nitrogen is realised at an oxygenation higher than  $2 \text{ mgO}_2/\text{L}$  and denitrification in total anoxic conditions and a methanol addition allowing 100 % of nitrate load reduction. According to our results,  $\text{N}_2\text{O}$  emissions, currently emitted in the lower Seine river which receive the effluents not treated for nitrogen, will be increased by moving them from natural environments to WWTPs. However, at the scale of the Seine basin, nitrous oxide emissions issued from nitrogen treatments in WWTPs of the Parisian conurbation (at present or in the future), will continue to represent a low ratio, 1 to 10 %, in comparison with the emissions from agricultural lands.