HAL open science

Modélisation dynamique du traitement des eaux résiduaires et des lisiers

Sylvie Gillot, Anne Emmanuelle Stricker, J.M. Choubert, Fabrice Béline

To cite this version:

Sylvie Gillot, Anne Emmanuelle Stricker, J.M. Choubert, Fabrice Béline. Modélisation dynamique du traitement des eaux résiduaires et des lisiers. 2010, pp.4. hal-02596309

HAL Id: hal-02596309

https://hal.inrae.fr/hal-02596309

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

FICHE TECHNIQUE

Modélisation dynamique du traitement des eaux résiduaires et des lisiers

La modélisation du fonctionnement des installations de traitement des eaux résiduaires et des lisiers est particulièrement adaptée à l'analyse et à l'optimisation des procédés. Elle constitue également un outil de formation de choix.

Un outil puissant

En traitement des eaux résiduaires et des lisiers, la modélisation consiste à représenter mathématiquement – à l'aide d'équations différentielles – l'évolution dans le temps de variables d'intérêt représentant les phénomènes biologiques, physiques et chimiques qui se déroulent dans les ouvrages.

Elle permet à l'aide d'expériences numériques – les simulations – de tester différents *scenarii*, de dimensionner, et d'optimiser les procédés.

Un outil complexe

La représentation mathématique du fonctionnement des installations de traitement des effluents liquides nécessite plusieurs modèles :

- un modèle hydrodynamique ;
- des modèles représentant les phénomènes physico-chimiques (précipitation-dissolution, décantation, filtration…) ;
- des modèles biocinétiques représentant les phénomènes biologiques ;
- un modèle de fractionnement, permettant de convertir les analyses réalisées sur l'eau usée en variables d'entrée des modèles ;
- un modèle de transfert gaz-liquide (aération, émissions de gaz,...).

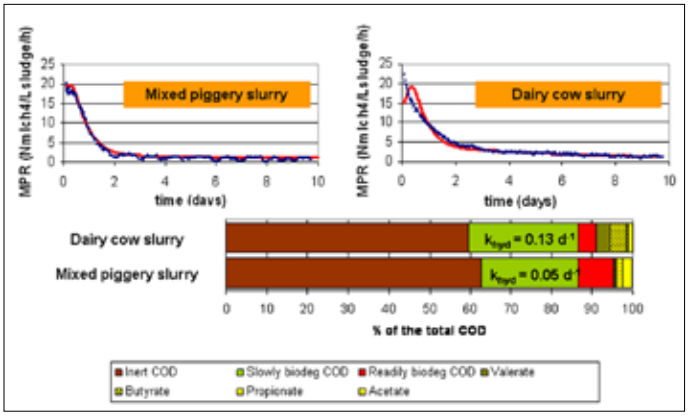
Les modèles biocinétiques

Les principaux modèles biocinétiques utilisés au Cemagref sont ceux de la famille ASM (Activated Sludge Models de l'International Water Association - IWA) décrivant le traitement biologique du carbone, de l'azote et du phosphore. Ils ont d'abord été développés pour les filières de traitement par boues activées, puis étendus à la modélisation d'autres procédés à culture libre (bioréacteurs à membranes, réacteurs séquentiels,..) et adaptés aux cultures fixées (biofiltration, supports mobiles). Récemment, une procédure systématique de vérification des modèles a été proposée (Hauduc et al., 2010). Elle a été appliquée à 7 des modèles de boues activées publiés, ce qui a permis de déceler des erreurs de frappe, des incohérences et des variables non prises en compte dans les équations.

En digestion anaérobie, les modèles de type ADM (Anaerobic Digestion Models de l'IWA) sont également utilisés au Cemagref de Rennes, notamment en couplage avec les modèles de type ASM afin de simuler et d'optimiser les filières de traitement intégrant des procédés aérobies et anaérobies. Les travaux spécifiques sur ADM1 ont permis de développer une procédure de calage des principaux paramètres cinétiques (Girault et al., 2010a) et une méthodologie de caractérisation des substrats organiques afin de déterminer les fractions (variables d'état) utilisées dans le modèle (Girault et al., 2010b).

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

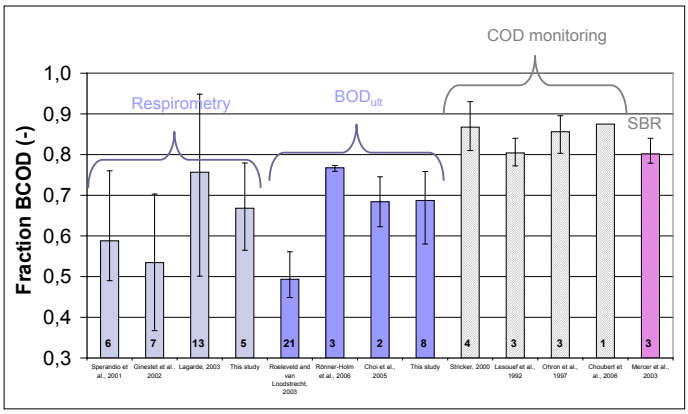
Cemagref
Sciences, eaux & territoires



Fractionnement anaérobie de substrats organiques, d'après Girault et al., 2010b

Les modèles de fractionnement

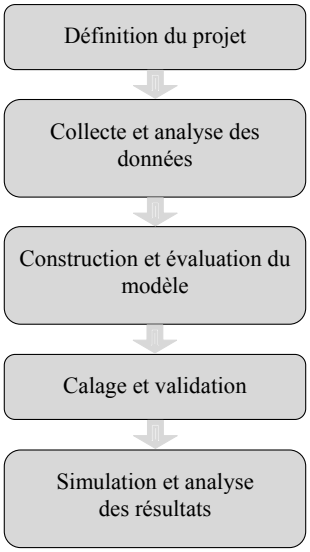
Les variables d'état utilisées dans les modèles ne correspondent pas directement aux mesures réalisées sur les installations. Par exemple, la DCO est fractionnée en DCO non dégradable, lentement et rapidement dégradable, soluble ou particulaire. Des méthodologies sont donc testées afin de développer et de mettre à disposition des protocoles fiables de détermination de ces fractions. Les résultats obtenus dépendent de la méthode utilisée.



Fractions de DCO biodégradable totale obtenues par différentes méthodes, d'après Gillot et Choubert (2010)

Une procédure adaptée

Afin de mener à bien les projets de modélisation, cinq étapes sont indispensables.



Une procédure en 5 étapes (Gillot et al., 2009)

Cette procédure est en cours de développement dans le cadre d'un groupe de travail de l'IWA, auquel le Cemagref participe activement *(https://iwa-gmp-tg.cemagref.fr/)*.

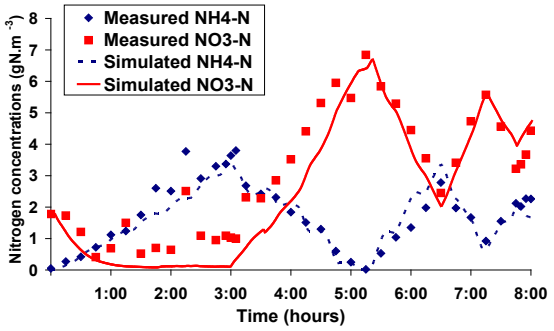
L'étape de calage/validation, notamment, fait l'objet de travaux spécifiques afin de déterminer des jeux de paramètres par défaut adaptés aux conditions de fonctionnement des installations. Elle consiste à ajuster de manière itérative les paramètres du modèle afin que les résultats de simulation concordent avec les données observées. Elle nécessite donc au préalable l'obtention de jeux de données fiables et validées.

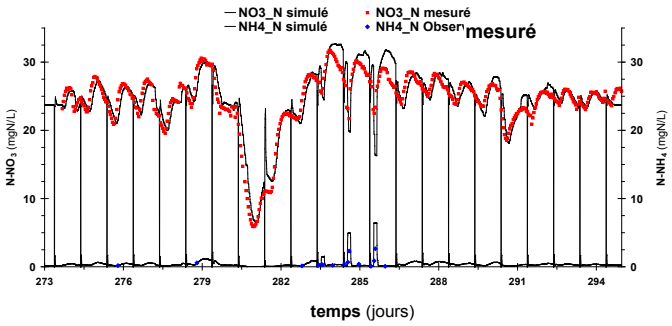
Des applications diverses au Cemagref

Les quatre équipes du TR TED-E utilisent les outils de modélisation, et partagent leur expérience dans le cadre de groupes de travail internes ou externes (ASTEE, IWA).

L'utilisation des modèles de type ASM se poursuit pour l'analyse, l'optimisation et la fiabilisation des boues activées, mais aussi pour les bioréacteurs à membranes, la biofiltration, le traitement des lisiers et autres procédés. Des modèles pour les procédés extensifs sont également en cours de développement (infiltration-percolation sur filtres plantés de roseaux).

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref





N-NH$_4$+ et N-NO$_3$- simulé et observé en BRM après calage (réacteur biologique – Delrue et al., 2010) et en Biofiltre tertiaire (eau traitée – Vigne et al., 2007)

Les outils de modélisation dynamique sont intégrés de manière quasi-systématique aux projets des équipes, en particulier dans l'évaluation et l'optimisation des procédés. Leur utilisation en formation prend également de l'ampleur.

Bibliographie

Belia, E., Amerlinck, Y., Benedetti, L., Johnson, B., Sin, G., Vanrolleghem, P.A., Gernaey, K.V., Gillot, S., Neumann, M. B., Rieger, L., Shaw A., Villez, K. (2009). Wastewater treatment modelling: dealing with uncertainties, *Water Science and Technology* **60**(8), 1929-1941.

Choubert, J.-M., Druilhe, C., Béline, F., Gillot, S. (2010). Principales techniques de fractionnement de la matière organique des déchets liquides utilisables en modélisation des bioprocédés. *Techniques de l'ingénieur* IN98, 4-2010, 15.

Choubert, J.-M., Stricker, A.-E., Marquot, A., Gillot, S., Racault, Y., Héduit, A. (2009). Updated ASM1 model parameter values for improved prediction of nitrogen removal in activated sludge processes: validation at 13 full-scale plants. *Water Environment Research* **81**(9), 858-865.

Choubert, J.M., Marquot, A., Stricker, A.E., Racault, Y., Gillot, S., Héduit, A. (2009). Anoxic and aerobic values for the yield coefficient of the heterotrophic biomass: Determination at full-scale plants and consequences on simulations, *Water SA* **35**(1), 103-109.

Choubert J.M., Marquot A., Stricker A.E., Gillot S., Racault Y., Héduit A. (2008). Maximum growth and decay rates of autotrophic biomass to simulate nitrogen removal at 10°C with municipal activated sludge plants. *Water SA* **34** (1), 71-76.

Delrue, F., Choubert, J.-M., Stricker, A.-E., Sperandio, M., Mietton-Peuchot, M., Racault, Y. (2010). Modelling a full scale membrane bioreactor using Activated Sludge Model n°1: challenges and solutions. *Water Science and Technology* **62** *(10):2205-2217.*

Gillot, S., Choubert, J.-M. (2010). Biodegradable organic matter in domestic wastewaters - Comparison of selected fractionation techniques. *Water Science and Technology* **62** (3), 630-639.

Girault R., Rousseau P., Steyer J.P., Bernet N., Béline F. (2010a). Combination of Batch Experiments with Continuous Reactor Data for ADM1 Calibration: Application to Anaerobic Digestion of Pig Slurry. In 12th IWA World Congress on anaerobic digestion, 1-4 November 2010, Guadalaraja, Mexique.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

Girault R., Sadowski A.G., Béline F. (2010b). “Anaerobic respirometry” as a tool for substrate characterisation aiming at modelling of manures anaerobic digestion. In 14th Ramiran Conference -Research Network on Recycling of Agricultural and Industrial Residues in Agriculture, September 2010, Lisbonne, Portugal.

Hauduc, H., Gillot, S., Rieger, L., Ohtsuki, T., Shaw, A., Takacs, I., Winkler, S. (2009). Activated sludge Modelling in Practice - An international Survey, *Water Science and Technology* **60**(8), 1943-1951.

Hauduc, H., Rieger, L., Heduit, A., Vanrolleghem, P.A., Gillot, S. (2010). A systematic approach for model verification – Application on seven published Activated Sludge Models. *Water Science and Technology* **64**(1), 825-839.

Hauduc, H., Rieger, L., Ohtsuki, T., Shaw, A., Takacs, I., Winkler, Héduit, A., Vanrolleghem, P.A., Gillot, S., (2010). Activated Sludge Modelling: Development and Potential Use of a Practical Applications Database, *Water Science and Technology, accepté*.

Rieger, L., Takacs, I., Shaw, A., Winkler, S., Ohtsuki, T., Langergraber, G., Gillot, S. (2010). Editorial: Status and future of wastewater treatment modelling. *Water Science and Technology* **64**(1), 821-823.

Rousseau P., Steyer J.P., Volcke E.I.P., Bernet N., Béline F. (2008). Combined anaerobic digestion and biological nitrogen removal for piggery wastewater treatment: a modeling approach. *Water Science and Technology* **58** (1), 133-141.

Stricker A.E., Héduit A., Takács I., Comeau Y. (2010). Quantifying Nutrient Assimilation in Activated Sludge. In 83rd Annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference (WEFTEC.10), New Orleans, Louisiana, USA, 2-6 October 2010

Vigne E., Choubert J.M., Canler J.P., Héduit A., Lessard P. (2007). Toward an operational dynamic model for tertiary nitrification by submerged biofiltration. *Water science and technology* **55** (8-9), 301-308.

Vigne, E., Choubert, J.-M., Canler, J.-P., Héduit, A., Sorensen, K. Lessard, P. (2010). A biofiltration model for tertiary nitrification of municipal wastewaters. *Water Research* **44** (15), 4399-4410.

CemOA : archive ouverte d'Irstea / Cemagref

Contacts scientifiques *(http://cemadoc.cemagref.fr)*

• Eaux résiduaires

Sylvie Gillot – sylvie.gillot@cemagref.fr
UR HBAN, Parc de Tourvoie - BP44 92163 Antony cedex
Tél. 01 40 96 60 66

Anne-Emmanuelle Stricker – anne-e.stricker@cemagref.fr
UR REBX, 50 avenue de Verdun - 33612 Cestas
Tél. 05 57 89 08 00

Jean-Marc Choubert – jean-marc.choubert@cemagref.fr
UR QELY, 3 bis Quai Chauveau - CP 220, Lyon cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87

• Lisiers

Fabrice Béline – fabrice.beline@cemagref.fr
UR GERE, 17 avenue de Cucillé - CS 64427, 35044 Rennes cedex
Tél. 02 23 48 21 23

Cemagref
Sciences, eaux & territoires
www.cemagref.fr