

Etude et modélisation des processus biologiques au cours du traitement du lisier de porcs en vue d'une optimisation et d'une fiabilisation du procédé

Hélène BOURSIER, Fabrice BÉLINE, Fabrice GUIZIOU

*Cemagref, Unité de recherche Gestion des effluents d'élevage et des déchets municipaux,
17, avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex*

Etude et modélisation des processus biologiques au cours du traitement du lisier de porcs en vue d'une optimisation et d'une fiabilisation du procédé

Face à la pollution des eaux, notamment par les nitrates, des systèmes de traitement des déjections animales ont été développés dans les zones en excédent afin de réduire la quantité d'azote organique épandue sur les sols. Pour le traitement du lisier de porcs, l'optimisation et la fiabilisation du traitement biologique par aération intermittente nécessitent, d'une part, une meilleure connaissance de la composition et des variations du lisier entrant dans la station de traitement et, d'autre part, une meilleure caractérisation des processus biologiques mis en jeu dans le réacteur de traitement. Dans ce cadre, la mise au point de techniques de caractérisation de la biodégradabilité du lisier (DBO ultime, respirométrie) et la modélisation des caractéristiques du lisier dans la fosse d'homogénéisation en entrée de station ont été effectuées au cours de cette étude. Ensuite, l'étude des processus biologiques mis en jeu dans le réacteur de traitement a été réalisée à partir des résultats obtenus sur un pilote de laboratoire préalablement mis au point. Finalement, l'ensemble de ces résultats a permis le développement d'un modèle mathématique permettant d'estimer les caractéristiques du lisier en sortie de la station de traitement en fonction des caractéristiques de l'élevage et de la station de traitement. Les résultats mettent en évidence des stratégies de dimensionnement et de gestion différentes selon les caractéristiques du lisier brut. Le modèle développé doit permettre, à terme, de définir les moyens de régulation nécessaires à la fiabilisation du procédé de traitement pour les différents cas existants.

Modelling of biological processes during aerobic treatment of pig slurry aiming at process optimisation

Due to the nitrate pollution of water resources, treatment process for animal manure were developed in order to reduce the quantity of organic nitrogen spread on soils in intensive production zones. For the treatment of pig slurry, the optimisation of the biological treatment using intermittent aeration require (i) a better knowledge of the composition and variations of the raw slurry entering the treatment unit and (ii) a better characterization of the biological processes involved in the biological reactor. Within this framework, characterization of the biodegradability of raw slurry using ultimate BOD and respirometry, and modelling of the characteristics of the slurry were carried out during this study. Then, the biological processes were investigated using a laboratory pilot reactor previously developed. Finally, the results allowed the development of a mathematical model allowing to estimate the characteristics of the treated slurry depending on the characteristics of the breeding and the treatment unit. The results highlight different strategies of dimensioning and management according to characteristics of the raw slurry. The developed model will be used to define the regulation options necessary for the optimisation.

INTRODUCTION

L'azote, élément essentiel à la vie végétale et animale, est présent dans l'eau, dans l'air et dans les sols sous forme minérale ou organique. Ce composé peut cependant s'avérer toxique à fortes doses pour les organismes vivants et modifier un écosystème en faveur d'une espèce plus résistante (SMITH, 2003). Ainsi, l'apport d'azote sur les sols agricoles, indispensable aux cultures, peut s'avérer une source importante de pollution lorsque les apports sont excessifs. L'optimisation de ces apports constitue donc l'un des enjeux agronomiques majeurs afin de conserver une production maximale tout en évitant les pollutions.

Dans les grands bassins européens de production animale (Jutland, Westphalie et Basse-Saxe, sud des Pays-Bas, Brabant, Bretagne, Catalogne et Lombardie), les principales sources d'azote pour les sols proviennent des déjections animales. Cependant, la concentration de la production animale dans ces zones, notamment la production porcine, et la valorisation locale des déjections produites par épandage conduisent à des apports en azote largement supérieurs aux besoins des plantes. La lixiviation de l'azote excédentaire sous forme de nitrate pollue ensuite les milieux aquatiques.

Parmi les différentes solutions existantes pour limiter cette pollution, le traitement des déjections permettant une élimination partielle de l'azote est l'une des techniques développées en France. Dans ce cadre, le procédé biologique par aération intermittente semble le mieux adapté techniquement et économiquement au traitement du lisier de porcs (GERMILLI et al, 1993). De 2000 à 2003, le nombre de stations de ce type installées a augmenté de 30 à environ 170 en France, et de nombreux projets d'implantation sont en cours d'élaboration. Le procédé par aération intermittente représente ainsi plus de 80% des installations de traitement de lisier.

Actuellement, le dimensionnement des stations de traitement est principalement basé sur les connaissances concernant le traitement des eaux usées municipales et sur l'expérience des différents constructeurs. Cependant les caractéristiques du lisier sont différentes de celles des effluents urbains, et la biodégradabilité de la matière organique du lisier est peu connue. Pourtant, ce facteur a une influence prépondérante sur le processus de dénitrification et sur la consommation d'oxygène au cours du traitement. De plus les caractéristiques du lisier évoluent dans le temps et d'une exploitation à l'autre.

Ce manque de connaissances concernant les caractéristiques de l'effluent et les principaux paramètres influençant la dynamique du carbone et de l'azote dans les réacteurs entraîne des difficultés de dimensionnement et de gestion des stations. Les dérives du système (accumulation de nitrates, de nitrites ou d'azote ammoniacal) sont difficiles à prévoir, et les actions mises en oeuvre pour les éviter dépendent de l'expérience pratique des gestionnaires de la station.

Dans le but d'optimiser le dimensionnement et la gestion des stations de traitement du lisier de porcs, ce travail s'est articulé autour de trois axes principaux :

- l'étude des caractéristiques et des facteurs de variation du lisier de porcs,
- l'étude des processus biologiques au cours du traitement du lisier,
- la mise au point d'un modèle dynamique de simulation du procédé de traitement.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

D'une part, la caractérisation de la biodégradabilité du lisier a été effectuée à l'aide d'un pilote de respirométrie et de test d'aération prolongée. D'autre part, l'étude des processus biologiques en conditions réelles a nécessité la conception d'un pilote de traitement de lisier permettant de simuler les stations d'élimination de l'azote existantes.

1.1. Etude de la biodégradabilité des lisiers

La détermination de la biodégradabilité de la matière organique du lisier est indispensable pour (i) évaluer le potentiel et les cinétiques de dénitrification et (ii) déterminer les besoins globaux en oxygène et donc, finalement pour prévoir le comportement du réacteur de traitement biologique.

La matière organique du lisier est caractérisée par sa demande chimique en oxygène (DCO). Cependant, cette détermination ne prend pas en compte la biodégradabilité de la matière organique. Cette mesure de la matière organique englobe les fractions biodégradables et les fractions inertes. Pour la détermination de la fraction biodégradable, les analyses de DBO à 5 jours n'étant pas représentatives car le temps de séjour de la boue dans les réacteurs biologiques est généralement compris entre 30 et 50 jours, nous avons effectué une mesure de la DBO ultime du lisier (BOURSIER et al, 2003). Cette méthode repose sur des tests d'aération à long terme.

De plus, la fraction biodégradable de la matière organique du lisier peut être scindée en deux sous-fractions : la fraction rapidement biodégradable et la fraction lentement biodégradable. La fraction rapidement biodégradable correspond aux substrats directement assimilables par la biomasse alors que la fraction lentement biodégradable correspond aux substrats nécessitant une hydrolyse préalable à l'assimilation par la biomasse. Les cinétiques de transformation de ces deux fractions sont très différentes. Il s'avère donc nécessaire de caractériser ces fractions afin de prévoir les vitesses de dénitrification et/ou de consommation d'oxygène. Dans ce cadre, la mise au point et l'utilisation d'un pilote de respirométrie (SPERANDIO, 1998) ont permis de déterminer les fractions et les cinétiques de biodégradabilité de la matière organique de différents lisiers.

1.2. Etude des processus biologiques au cours du traitement biologique

1.2.1. Description du pilote de traitement du lisier de porcs

Un schéma du pilote de simulation du traitement du lisier est présenté sur la figure 1. Le lisier brut est stocké dans une cuve réfrigérée (1) munie de pales d'agitation. A l'aide

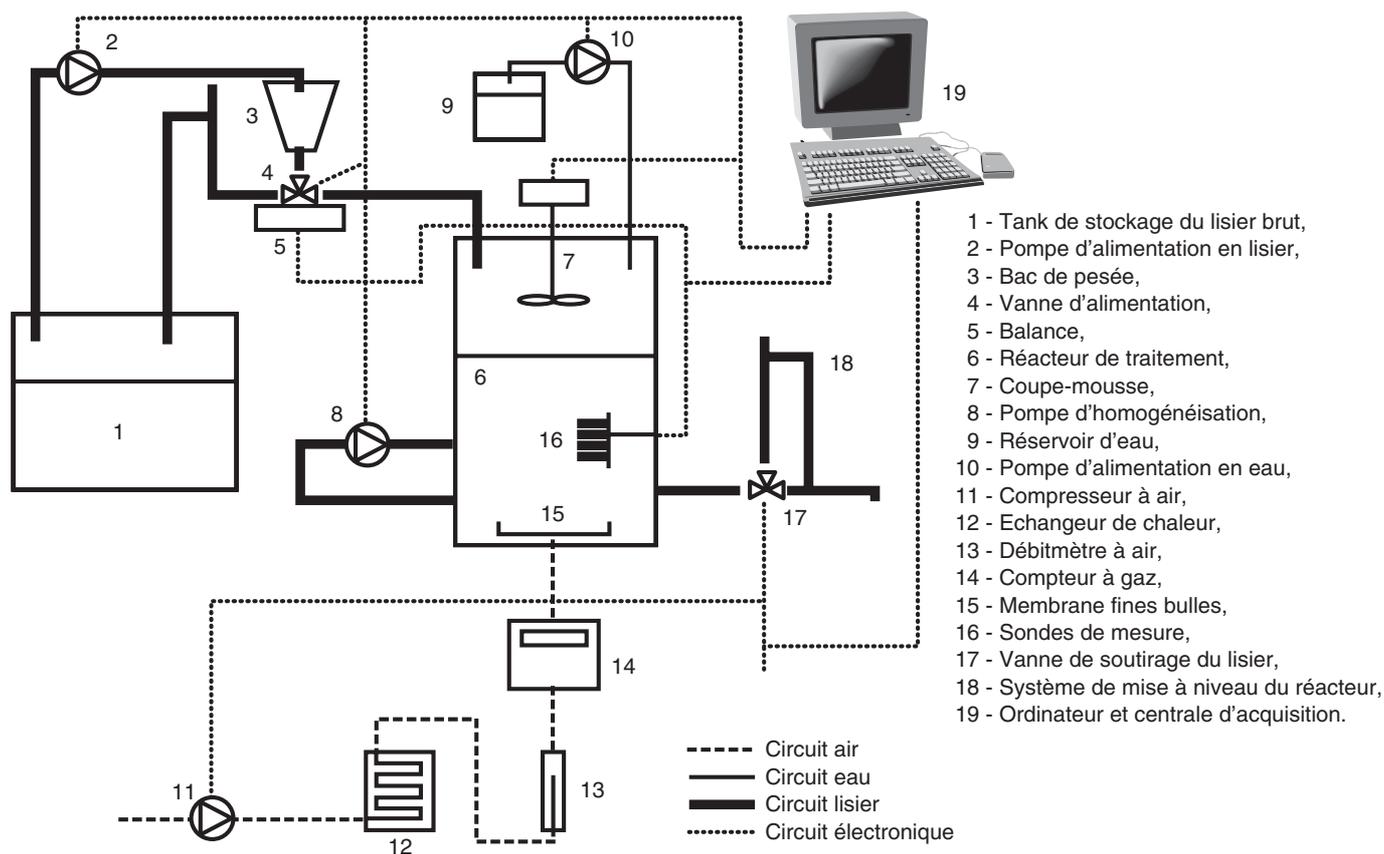


Figure 1 - Schéma du pilote de traitement de lisier

d'une pompe péristaltique (2), le lisier brut est pompé vers le bac d'alimentation (3). Au début du cycle de traitement, la vanne d'alimentation (4) est ouverte et le réacteur de traitement de 100 litres (6) est alimenté avec le lisier brut. Un système de coupe-mousse mécanique (7) est actionné pendant la phase d'aération. L'homogénéisation de la boue activée est assurée par une recirculation du liquide à l'aide d'une pompe centrifuge. Pour palier aux pertes de volume par évaporation, de l'eau est apportée au réacteur de traitement à l'aide d'une pompe péristaltique (10). Pendant les périodes d'aération, l'air est fourni par un compresseur (11) et refroidi dans un échangeur de chaleur (12). Le débit d'air apporté est mesuré en continu à l'aide d'un débitmètre-rotamètre (13) et d'un compteur à gaz (14). L'aération est assurée par un système à membrane fines bulles (15). A la fin du cycle, le lisier traité est soutiré du réacteur par l'intermédiaire d'une vanne trois voies (17). Une centrale d'acquisition reliée à un ordinateur (19) permet d'enregistrer les données mesurées par la balance et les sondes, et de gérer le fonctionnement des différents appareils (vannes, pompes, compresseur). Quatre sondes de mesure ont été placées dans le réacteur biologique pour le suivi de la concentration en oxygène dissous, du pH, de la température et du potentiel d'oxydoréduction pendant les expérimentations sur le pilote.

1.2.2. Déroulement des expériences sur le pilote de traitement

Pour chaque expérience, environ 700 litres de lisier brut et 50 litres de boue activée étaient collectés dans une station de

traitement de lisier, à Meslin (Côtes d'Armor). Le lisier brut était stocké à 4°C dans la cuve de stockage du pilote et en chambre froide. La boue était versée dans le réacteur et 50 litres d'eau de ville étaient ajoutés en complément. Au démarrage de chaque expérience, un temps de séjour proche du temps de séjour de la station réelle était imposé au réacteur (environ 30j), puis le temps de séjour était diminué progressivement en augmentant le débit d'entrée pour atteindre finalement la valeur souhaitée. Après une durée d'environ trois temps de séjour, 3-5 analyses complètes du lisier brut et du lisier traité étaient effectuées pour vérifier la stabilité du régime et faire des bilans massiques sur la matière organique et l'azote. Pour chaque expérience, ces bilans ont été complétés par des suivis des formes de l'azote (ammonium : NH_4^+ , nitrite : NO_2^- , nitrate : NO_3^-) et du carbone (DCO soluble, acides gras volatils : AGV) dans le réacteur. Au cours de cette étude, trois expérimentations ont été conduites sur le pilote. Les conditions opératoires pour ces trois expériences de traitement de lisier sont décrites dans le tableau 1.

Tableau 1 - Description des conditions de traitement au cours des expériences sur le pilote

| Expériences | A | B | C |
|--|------|------|------|
| DCO moyenne du lisier brut (kgO_2/m^3) | 47,2 | 54,0 | 37,5 |
| Temps de séjour (j) | 10 | 10 | 10 |
| Durée de cycle (heures) | 6 | 24 | 6 |
| Durée d'aération (heures) | 4 | 20 | 3 |
| Durée d'anoxie (heures) | 2 | 4 | 3 |

1.3. Analyses chimiques

Les matières sèches (MS), matières en suspension (MES), matières volatiles en suspension (MVS), ainsi que la DCO totale et soluble du lisier brut et du lisier aéré ont été analysés selon les méthodes standard.

L'azote ammoniacal dans le lisier brut et le lisier aéré a été analysé par distillation à la vapeur du produit préalablement basifié (MgO) suivi par une titration du distillat. L'azote ammoniacal du lisier aéré soluble, ainsi que les NO_2^- et les NO_3^- ont été dosés en chromatographie ionique sur un système Dionex DX120. L'azote total du lisier brut a été déterminé par une méthode classique d'analyse de l'azote Kjeldahl tandis que le dosage de l'azote total du lisier aéré a nécessité un prétraitement de l'échantillon pour réduire les NO_2^- et les NO_3^- en azote ammoniacal (DIMMOCK et MARTINEZ, 1994).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. Caractéristiques du lisier brut

2.1.1. Biodégradabilité du lisier

Sept lisiers ont été échantillonnés en Bretagne, dans trois exploitations porcines différentes. La caractérisation des lisiers comprenait une détermination des paramètres globaux conventionnels et une étude de la biodégradabilité. Les résultats présentés dans le tableau 2 permettent d'estimer la variation des caractéristiques du lisier dans une exploitation au cours du temps (Meslin), et de comparer des lisiers provenant de différentes exploitations (Meslin, Maroue, Caro).

Pour les lisiers analysés, la concentration en matières sèches était comprise entre 24 et 57 kg/m^3 , dont 72-89 % de matières en suspension et 50-67 % de matières volatiles en suspension. La DCO totale des lisiers variait de 22 à 79 kgO_2/m^3 . La fraction soluble de la DCO représentait 16-69 % de la DCO totale et la concentration totale en AGV variait entre 1 et 28 % de la DCO totale.

La fraction inerte soluble de la DCO est relativement stable pour les différents lisiers testés et comprise entre 3 et 5 kgO_2/m^3 . Par contre, la fraction inerte particulaire de la DCO est très variable et représente 21 à 71 % de la DCO totale du lisier. En conséquence, la DBO ultime est également fortement variable selon les lisiers.

Pour les lisiers 2 et 3, la DBO ultime est inférieure à la DCO soluble et la différence entre ces deux paramètres est environ égale à la fraction inerte soluble. Cela signifie que la matière organique particulaire est totalement inerte. Pour les lisiers 1, 4 et 7, une fraction de la DCO particulaire est biodégradable. Cette fraction est comprise entre 21 et 36 % de la DCO particulaire du lisier.

Concernant les fractions azotées, les caractéristiques du lisier sont plus stables. La concentration en azote Kjeldahl totale varie entre 3 et 5 kgN/m^3 , dont 65-78 % sous la forme ammoniacale. Pour l'ensemble des lisiers, les concentrations en ammonium et NTK soluble sont très proches, ce qui implique que les lisiers contiennent peu d'azote organique soluble.

Ces lisiers ont également été analysés en respirométrie afin de caractériser les fractions et les cinétiques de biodégradabilités. La fraction biodégradable est découpée en deux sous fractions : la fraction rapidement biodégradable et la fraction lentement biodégradable. La fraction rapidement biodégradable est comprise entre 0,1 et 9 kgO_2/m^3 , ce qui représente 0 à 11% de la DCO totale du lisier brut. De même, la fraction lentement biodégradable varie entre 4,9 et 25,2 kgO_2/m^3 , correspondant à 16 - 61 % de la DCO totale du lisier. La fraction rapidement biodégradable contient 30 et 70 % des AGV du lisier.

Ces résultats mettent en évidence une forte variabilité des caractéristiques du lisier et notamment de la concentration en DBO ultime. Dans une même exploitation porcine, le ratio DBO/ammonium peut varier de 3 à 8 gDCO/gN au cours du temps, et donc être parfois insuffisant pour un traitement biologique en vue d'une élimination de l'azote du lisier. De

Tableau 2 - Principales caractéristiques et biodégradabilité des lisiers de porcs.
(Me : Meslin (22), Ma : Maroué (22), Ca : Caro (56))

| Lisier | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Origine | Me | Me | Me | Me | Me | Ma | Ca |
| MS (kg/m^3) | 42,4 | 54,0 | 37,5 | 24,2 | 57,0 | 28,3 | 28,3 |
| DCO total (kgO_2/m^3) | 47,2 | 50,6 | 38,2 | 35,9 | 79,2 | 21,8 | 26,4 |
| DCO soluble (kgO_2/m^3) | 20,0 | 21,8 | 12,5 | 24,6 | 30,1 | 4,5 | 4,2 |
| AGV (kgO_2/m^3) | 7,0 | 10,7 | 2,8 | 10,1 | 15,3 | 0,3 | 0,2 |
| DBO ultime (kgO_2/m^3) | 27,2 | 19,3 | 8,2 | 25,8 | - | - | 5,0 |
| DCO rapidement biodégradable (kgO_2/m^3) | 2,0 | 5,2 | 2,0 | 4,0 | 9,1 | 0,1 | 0,1 |
| DCO lentement biodégradable (kgO_2/m^3) | 25,2 | 14,1 | 6,2 | 21,8 | - | - | 4,9 |
| DCO soluble inerte (kgO_2/m^3) | 2,7 | 3,0 | 2,7 | 2,6 | 4,6 | 3,9 | 3,8 |
| DCO particulaire inerte (kgO_2/m^3) | 17,3 | 28,3 | 27,3 | 7,5 | - | - | 17,6 |
| NTK (kgN/m^3) | 4,9 | 4,6 | 3,5 | 4,1 | 5,3 | 2,7 | 2,9 |
| NTK soluble (kgN/m^3) | 3,4 | 3,5 | 2,6 | 3,6 | 3,9 | 1,9 | 1,9 |
| NH_4^+ (kgN/m^3) | 3,3 | 3,0 | 2,5 | 3,2 | 3,6 | 1,9 | 2,1 |

plus, une partie importante de la DCO est inerte vis à vis du traitement biologique, notamment la fraction particulaire. Enfin, les cinétiques de dénitrification seront largement influencées par les cinétiques de biodégradabilités de la matière organique.

2.1.2. Evolution des caractéristiques du lisier au cours du temps

Afin d'évaluer l'évolution au cours du temps des caractéristiques du lisier entrant dans une station de traitement du lisier, un modèle basé sur un bilan matière dans la fosse d'homogénéisation a été développé. Ce bilan matière comprend les entrées de lisier provenant des différents bâtiments d'élevage et la sortie permettant d'alimenter le réacteur de traitement. Les volumes et les caractéristiques du lisier provenant des différents bâtiments d'élevage présentés par LEVASSEUR 1998a, 1998b et 2002 ont été utilisés pour cette modélisation. La gestion du lisier est basée, d'une part, sur une répartition des animaux en 7 bandes et selon leur stade physiologique dans 11 bâtiments (1 bâtiment de gestation, 2 bâtiments de maternité, 2 bâtiments de post-sevrage et 6 bâtiments d'engraissement) et, d'autre part, sur une vidange des pré-fosses situées sous les bâtiments à la fin de chaque bande. Enfin, nous nous sommes basés sur un nombre de porcelets produits par truie et par portée de 9,4.

A titre d'exemple, le modèle a été utilisé pour simuler les caractéristiques du lisier d'une exploitation porcine de type « Naisseur – engraisseur » de 200 truies avec une fosse d'homogénéisation de 200 m³. Les concentrations en DCO totale et NTK obtenues (figure 2) avec le modèle sont proches des valeurs classiques du lisier brut observées lors de suivi de stations de traitement du lisier (BELINE et al, 2001). La DCO totale est comprise entre 30 et 58 kgO₂/m³, avec une valeur moyenne de 47 kgO₂/m³. Les concentrations en NTK varient entre 2,8 et 5,0 kgN/m³.

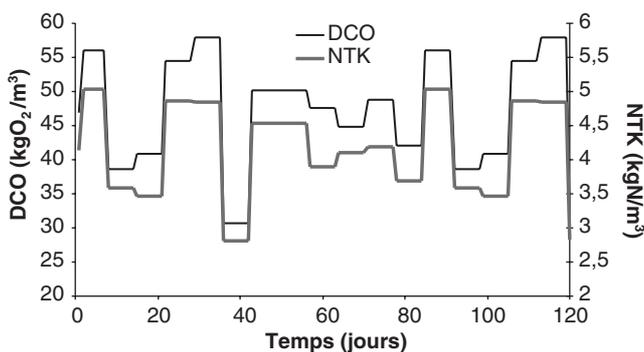


Figure 2 - Estimation des évolutions de la DCO et de l'azote total (NTK) du lisier brut

2.2. Processus biologiques au cours du traitement

2.2.1. Analyse des processus

Les trois expérimentations effectuées sur le pilote de simulation du traitement du lisier ont permis d'identifier et de caractériser les principaux processus biologiques mis en jeu

lors du traitement du lisier de porcs. Ces expérimentations ont été effectuées avec les lisiers précédemment caractérisés (Expérimentation A : lisier 1, Expérimentation B : lisier 2, Expérimentation C : lisier 3) et décrits dans le tableau 2.

Le traitement biologique du lisier par aération intermittente permet, lorsque les conditions sont optimales, une élimination complète de l'azote ammoniacal du lisier. Les bilans de l'azote effectués pour les différentes expérimentations mettent en évidence que la principale voie d'élimination de l'azote au cours du traitement est la nitrification suivie de la dénitrification (> 90 %). Cependant, la limitation de la dénitrification par le manque de matière organique biodégradable a été observée au cours de l'expérimentation C et conduit à une accumulation de nitrates dans le réacteur de traitement. Ce résultat montre l'importance de la matière organique biodégradable (DBO) sur l'élimination de l'azote. En effet, pour une dénitrification complète et donc une élimination optimale de l'azote, le besoin théorique est de l'ordre de 5-6 gDBO/gN-NH₄⁺. Pour le lisier utilisé lors de cette expérimentation, le ratio DBO/N-NH₄⁺ de l'ordre de 3 a conduit à une dénitrification incomplète.

Lors des différentes expérimentations, une accumulation de nitrite plus ou moins importante a été observée, notamment au cours de la nitrification (figure 3). Une étude plus précise des résultats obtenus met en évidence l'influence majeure de la concentration en oxygène sur les deux étapes de la nitrification. En effet, la première étape de la nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrites) semble peu affectée par la concentration en oxygène alors que la deuxième étape (oxydation des nitrites en nitrates) est fortement inhibée pour des concentrations en oxygène faibles (< 0,5 mgO₂/l).

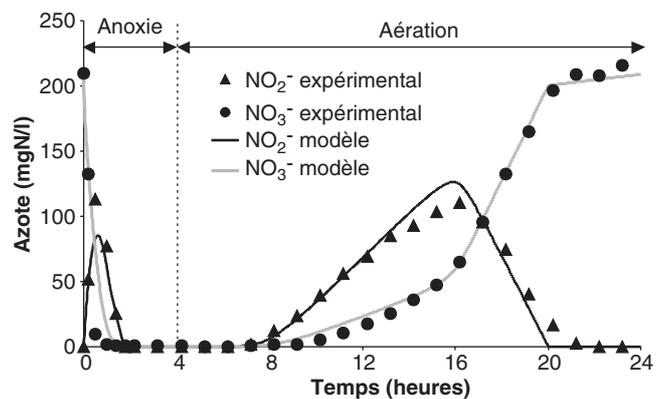


Figure 3 - Evolution des formes de l'azote au cours d'un cycle (phase d'anoxie + phase d'aération) de traitement du lisier de porcs (Expérimentation B)

2.2.2. Développement du modèle de simulation

A partir de l'analyse des processus biologiques sur le pilote de traitement du lisier, un modèle mathématique issu du traitement des eaux usées municipales (HENZE et al, 1987) a été adapté au procédé de traitement du lisier. Le modèle, basé sur des équations de Monod décrivant les processus biologiques, permet de simuler la dynamique du carbone et de l'azote au sein du réacteur. Ce modèle découpe la nitrifi-

cation en deux étapes et décrit la dégradation de la matière organique pendant les phases d'anoxie et d'aération. Ce modèle permet de prendre en compte la biodégradabilité de la matière organique ainsi que les cinétiques de biodégradabilité de ces fractions : DCO rapidement biodégradable, DCO lentement biodégradable, DCO soluble inerte, DCO particulaire inerte. La modélisation a été effectuée à l'aide d'un logiciel commercial (GPS-X, Hydromantis) avec le modèle de base « two-step mantis ».

Ce modèle a été adapté afin de prendre en compte la spécificité du lisier de porcs. Cette adaptation comprend (i) une meilleure prise en compte des relations stœchiométriques lors de la dénitrification (BOURSIER et al, 2003) et (ii) une modification des paramètres cinétiques concernant l'hydrolyse de la matière organique et la sensibilité des flores nitrifiantes à l'oxygène. Ces modifications ont permis de calibrer le modèle sur les données expérimentales obtenues lors des expériences sur le pilote.

A partir de ce modèle, une simulation de l'expérience B a été effectuée et est présentée sur la figure 3. Les résultats montrent que le modèle développé simule correctement l'évolution des nitrites et des nitrates dans le réacteur de traitement pendant la phase d'anoxie (dénitrification) et la phase d'aération (nitrification).

2.3. Modélisation des stations de traitement du lisier de porcs

Les données acquises au cours du travail sur les caractéristiques du lisier (biodégradabilité et évolution temporelle) et sur la modélisation des processus biologiques dans le réacteur ont été utilisées pour évaluer les caractéristiques du lisier en sortie d'une station de traitement du lisier de porcs. Cette modélisation couvrant une période de 100 jours a été réalisée sur une station traitant 20 m³ de lisier par jour dans un réacteur de 600 m³. L'apport horaire d'oxygène de la station a été fixé à 37,4 kgO₂/h et le temps de cycle à 24 heures. La modélisation a été effectuée sur deux types de lisier déterminés à partir des travaux de caractérisation du lisier : un lisier chargé correspondant à un lisier peu dilué et/ou sans séparation de phase (cas 1) et un lisier peu chargé correspondant à un lisier dilué et/ou avec séparation de phase poussée (cas 2). Dans les deux cas, la modélisation a été effectuée sans aucune régulation, c'est-à-dire avec des durées d'aération et d'anoxie fixes tout au long de la modélisation.

Pour le cas 1, les résultats de modélisation montrent qu'une période d'aération de 14 heures suivie d'une période de 10 heures d'anoxie permettent d'obtenir des concentrations en azote minérales (NH₄⁺ + NO₂⁻ + NO₃⁻) en sortie du réacteur inférieures à 300 mgN/l (figure 4). Cependant, la fluctuation de la charge en entrée du réacteur entraîne des fluctuations en sortie de réacteur qui peuvent nécessiter la mise

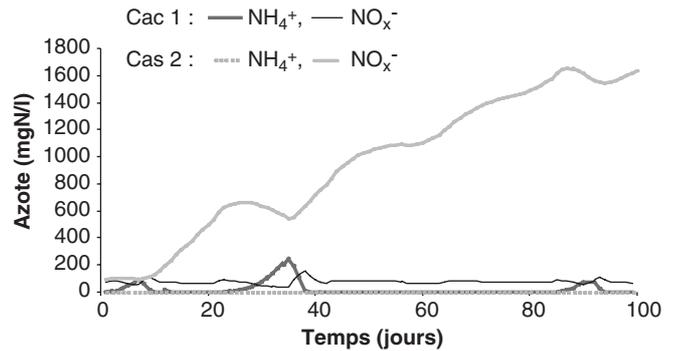


Figure 4 - Modélisation des concentrations en azote en sortie du réacteur de traitement du lisier de porcs

en place d'une régulation spécifique. En effet, une régulation du temps d'aération et d'anoxie basée sur les valeurs du pH et/ou du potentiel oxydoréduction semble bien adaptée pour les procédés séquentiels (PAUL et al, 1998).

En ce qui concerne le cas 2, les teneurs insuffisantes en carbone biodégradable conduisent à une accumulation importante en NO_x⁻ en sortie du réacteur. La diminution du temps d'aération ne permet pas de palier ce problème. Afin d'obtenir une dénitrification complète, il s'avère nécessaire dans ce cas, soit d'ajouter une source externe de carbone soit de mettre en œuvre une régulation permettant d'obtenir un « shunt » des nitrates (c.a.d une dénitrification directe des nitrites sans passer par le stade nitrates). En effet, ceci permet de réduire considérablement les besoins en carbone (≈ 40%) pour la dénitrification et les besoins en oxygène pour la nitrification (≈ 25%) (HELLINGA et al, 1998).

CONCLUSION

L'étude de la biodégradabilité du lisier de porcs et la modélisation des variations des caractéristiques dans la fosse d'homogénéisation ont permis d'acquérir les connaissances sur l'effluent nécessaires au dimensionnement des procédés de traitement biologique. Par la suite, un modèle permettant de représenter les processus biologiques dans le réacteur de traitement a été développé sur la base de différentes expérimentations effectuées en pilote de laboratoire. Le couplage de ces résultats met en évidence les stratégies d'optimisation nécessaires en fonction des caractéristiques du lisier à traiter : régulation du temps d'aération, « shunt » des nitrates, ... Ce modèle doit permettre, à terme, de préciser les moyens de régulation à mettre en œuvre pour optimiser les différentes stations.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé dans le cadre du projet de recherche national « Porcherie Verte ».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELINE F., DAUMER M.L., GUIZIOU F., RAPION P., 2001. Bilan de fonctionnement des unités de traitement biologique aérobie du lisier de porcs. Rapport d'Etude Cemagref, 122p.
- BOURSIER H., BELINE F., PAUL E., 2003. In « Strong Nitrogenous and Agro-Wastewater Proceedings » Choi E., Yun Z. (Ed.), 11-13 June 2003, Séoul.
- DIMMOCK S., MARTINEZ J., 1994. *Bioresource Technology*, 48, 21-24.
- GERMILI F., BORTONE G., ORHON D., TILCHE A., 1993. *Bioresource Technology*, 45, 205-211.
- HELLINGA C., SCHELLEN A.A.J.C., MULDER J.W., VAN LOOSDRECHT M.C.M., HEIJNEN J.J., 1998. *Water Science and Technology*, 37(9), 135-142.
- HENZE M., GRADY C.J., GUJER W., MARAIS G., MATSUO T., 1987. Activated sludge model N°1. IAWPRC Scientific and Technical Report N°1, London.
- LEVASSEUR P., 1998a. *Techni Porc*, 21(4), 17-23.
- LEVASSEUR P., 1998b. *Techni Porc*, 21(5), 19-29.
- LEVASSEUR P., 2002. *Techni Porc*, 25(1), 19-25.
- PAUL E., PLISSON-SAUNE S., MAURET M., CANTET J., 1998. *Water Science and Technology*, 38(3), 299-306.
- SMITH V.H., 2003. *Environmental Science and Pollution Research*, 10, 126-139.
- SPERANDIO M., 1998. Développement d'une procédure de compartimentation d'une eau résiduaire urbaine et application à la modélisation dynamique de procédés à boues activées. PhD thesis, INSA Toulouse, France.

