LES NOUVELLES GÉNÉRATIONS DE PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

par Fabrice **Béline**[(*)], Marie-Line **Daumer**[(*)], Patrick **Dabert**[(*)], Anne-Marie **Pourcher**[(*)], Fabrice **Guiziou**[(*)], Pascal **Peu**[(*)], José **Martinez**[(*)] et Colin **Burton**[(*)]

Traditionnellement les déjections sont épandues sur les sols agricoles pour fertiliser les cultures en place. La gestion de ces déjections représente des enjeux environnementaux et économiques majeurs avec plus de 300 millions de tonnes produites annuellement en France, dont environ la moitié est directement excrétée aux champs lors du pâturage des animaux alors que l'autre moitié, issue des bâtiments d'élevage, est stockée avant d'être épandue. Les déjections ainsi générées représentent des flux annuels d'azote de l'ordre de 1.4 million de tonnes qui sont à comparer aux flux d'engrais minéraux estimés à environ 2.4 millions de tonnes.

Plus récemment, la recherche permanente de gains de compétitivité a eu pour conséquences : (i) une régionalisation et une concentration de l'élevage dans des espaces limités [Danemark, Belgique, Pays-Bas, nord de l'Allemagne, Bretagne (France), Catalogne et Aragon (Espagne) et Plaine de Pô (Italie) en Europe] et (ii) une délocalisation de la production des matières premières utilisées en alimentation animale [principalement en Amérique du Sud]. Ces changements ont conduit inévitablement à des déséquilibres entre les importations et les exportations de nutriments au niveau local. Ces déséquilibres importants engendrent des accumulations de nutriments dans les sols et des « fuites », dont l'exemple le plus connu est probablement le transfert de nitrates (NO_3^-) vers les eaux de surface en Bretagne.

De plus, la production de déjections est quotidienne alors que leur valorisation agronomique est saisonnière en fonction des besoins des cultures. Les déjections excrétées par les animaux d'élevage nécessitent donc une phase de stockage pouvant aller jusqu'à 6 mois. Cette phase de stockage engendre diverses pollutions dont les émissions gazeuses (ammoniac, méthane et protoxyde d'azote) qui se poursuivent également à l'épandage. Toutefois, à condition d'y intégrer une étape de traitement, cette phase de stockage des déjections avant leur utilisation agronomique peut être considérée comme une opportunité d'optimiser leur gestion globale en fonction des besoins avals et ainsi de minimiser l'ensemble des impacts environnementaux.

Ainsi, des procédés ont été développés à partir des années 90 afin de répondre à la problématique des excédents d'azote puis de phosphore. La majorité des filières de traitement ont ainsi été développées pour les déjections liquides (lisier de porcs notamment) et sont basées sur une séparation de phase couplée à un traitement biologique aérobie (nitrification/dénitrification) de la phase liquide issue de la séparation. Différents systèmes de séparation qui captent jusqu'à 80% du phosphore dans une phase solide pouvant être exportée, couplés aux réacteurs biologiques de traitement qui éliminent 60 à 70% de l'azote sous forme gazeuse non polluante (azote moléculaire), permettent de rééquilibrer les importations et les exportations d'azote et de phosphore au niveau d'une exploitation. La réduction des émissions gazeuses (méthane et ammoniac) et l'abattement des micro-organismes pathogènes observés sur ces filières confirment que cette phase de traitement doit être vue comme une possibilité d'amélioration de la gestion globale des déjections. Toutefois, ces

[(*)]Cemagref, Unité de recherche Gestion environnementale et traitement biologique des déchets, 17 avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex

systèmes nécessitent une dépense énergétique importante (15-30 kWh/m^3 de lisier traité) et peuvent engendrer des problèmes au niveau d'autres nutriments (gestion du potassium, par exemple).
Face (i) à la prise de conscience de la problématique « effet de serre », (ii) à l'augmentation récente du coût de l'énergie, (iii) à la volonté de produire de l'énergie renouvelable et (iv) à la prise de conscience collective du concept de développement durable, de nouveaux paramètres sont pris en considération concernant la gestion des déjections animales. Ils incluent une optimisation du bilan énergétique des filières et la possibilité de recycler les nutriments sous une forme mieux purifiée. Ainsi, la digestion anaérobie (ou méthanisation) des déjections animales est de plus en plus perçue comme une alternative incontournable. En effet, cette technique permet de transformer une partie de la matière organique en méthane (valorisable sous forme d'énergie) et semble un bon moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à la gestion des déjections animales, même si des bilans précis restent à effectuer en fonction des situations existantes. Cependant, le potentiel méthanogène des déjections ramené à leur volume est relativement faible et l'ajout de co-substrats est le plus souvent nécessaire pour assurer la rentabilité économique de tels systèmes de traitement. Bien qu'indispensables, ces ajouts engendrent aussi des difficultés techniques et réglementaires supplémentaires sur l'unité de traitement elle-même mais aussi sur l'utilisation/la valorisation ultérieure des digestats. Les voies de valorisation de l'énergie produite, notamment thermique, restent également une problématique majeure de ce type de traitement.
Lorsque les digestats ne peuvent pas être valorisés au niveau de l'exploitation ou du territoire du fait d'un excédent d'azote, la méthanisation peut s'intégrer dans une filière de traitement biologique aérobie et permettre ainsi d'améliorer le bilan énergétique de la filière de traitement de l'azote. De plus, des processus biologiques de transformation de l'azote découverts plus récemment (Anammox) devraient encore permettre d'améliorer le bilan énergétique des filières mais les procédés basés sur ces processus nécessitent des développements et mises au point encore importants.
Enfin, dans le cadre du développement durable, les techniques de séparation/concentration des nutriments (N et P notamment) permettant leur transport/recyclage doivent également être considérées comme des alternatives intéressantes. Parmi ces techniques, le stripping de l'ammoniac et la récupération de celui-ci par lavage acide permet de réutiliser l'azote sous forme du sulfate d'ammonium. Il est aussi possible, après une phase de séparation amont de la matière organique, de précipiter le phosphore et l'azote sous forme de struvite (et autres composés minéraux contenant du phosphore). De manière plus prospective, on peut également citer les techniques séparatives membranaires. La faisabilité économique et/ou l'intérêt environnemental de ces procédés restent toutefois à démontrer, notamment à l'échelle d'une ou de quelques exploitations. Le développement de systèmes de traitement collectifs peut aider à lever des contraintes techniques et économiques du fait des économies d'échelle. Cependant, ces projets collectifs se retrouvent face à d'autres difficultés, notamment en termes d'acceptabilité et de pérennité des partenariats nécessaires.

Fabrice Béline, chargé de recherche au Cemagref de Rennes, a assuré l'animation de l'équipe « EPURE : épuration biologique des effluents d'élevage et émissions gazeuses » (env. 15 personnes) de l'unité GERE de 2000 à 2007. Au cours de ces années, il a également coordonné le travail de l'équipe EPURE dans le cadre du projet Européen « MIDAIR » (2000-2002) et a géré et coordonné plusieurs projets dans le cadre du programme national « Porcherie Verte » (2000-2005). Au niveau scientifique, il a assuré le co-encadrement de 4 thèses sur le traitement biologique aérobie des lisiers de porcs (Boursier, 2003), la dégradation anaérobie des effluents d'élevage (Vedrenne, 2007), le

recyclage du phosphore des effluents d'élevage (Daumer, 2007) et le couplage de la méthanisation et du traitement de l'azote des lisiers de porcs (Rousseau, 2009).
Récemment, Fabrice Béline a coordonné le projet DIGESTAERO « Couplage de la digestion anaérobie et d'un procédé aérobie pour le traitement des déjections animales » du programme ANR PRECODD (2005-2008). Actuellement, il coordonne un projet sur la méthanisation à l'échelle des territoires, financé dans le cadre du PSDR GO.
Suite à sa thèse sur les transformations de l'azote au cours du traitement biologique du lisier de porcs et ses travaux de recherche dans le domaine de la gestion des effluents d'élevage, il a obtenu récemment son Habilitation à Diriger des Recherches en génie des procédés (Etude et maîtrise des réactions de dégradation de la matière organique et des composés azotés en milieux biologiques complexes, Université de Montpellier 2). D'autre part, il est auteur/co-auteur d'une trentaine d'articles scientifiques dans des revues internationales et de nombreuses communications à des colloques nationaux et internationaux.