

## Focus

# La co-digestion anaérobie des boues d'épuration et de déchets organiques d'origine périurbaine

**En France, et ce principalement pour des raisons économiques, la méthanisation des boues d'épuration est encore peu appliquée dans les stations de petite et moyenne capacité.**

**Pour améliorer le bilan économique de la digestion anaérobie des boues d'épuration dans ce type de station, il est possible de compléter les alimentations du digesteur par d'autres substrats organiques à plus fort potentiel énergétique et déjà présents sur le territoire.**

**Quels sont les impacts de tels procédés et comment optimiser leur intégration dans la filière de traitement des eaux ?**

**L**a digestion anaérobie des boues de station d'épuration (STEP) est largement appliquée sur les stations de grandes capacités (> 50 000 EH) mais reste marginale pour les stations de plus faible capacité. En effet, dans ce cas, la rentabilité économique du procédé de méthanisation est souvent insuffisante par rapport à d'autres techniques de traitement des boues. Ce problème est accentué lorsque la station ne produit que des boues secondaires dont la biodégradabilité, et donc la production de méthane, est significativement plus faible que celle des boues primaires ou mixtes. Pour autant, dans un contexte de développement de la production d'énergie renouvelable et locale et de prise en compte du développement durable dans les politiques publiques au niveau des territoires, la question de la méthanisation se pose également pour les territoires urbains et périurbains de tailles intermédiaires munis de station d'épuration de 15 000 à 30 000 EH. Pour ces « petites » stations, l'ajout de co-substrats organiques est une alternative intéressante afin de lever les freins économiques.

Toutefois, l'ajout de co-substrats organiques avec les boues de STEP engendre différentes questions techniques concernant :

- les co-substrats disponibles au niveau du territoire et les plus adaptés pour cette filière,
- l'impact sur le dimensionnement et l'exploitation du procédé de méthanisation et plus largement de la filière globale.

Il apparaît alors nécessaire de mieux connaître les caractéristiques des différents co-substrats, notamment en termes de comportement dans le réacteur, et de méthane produit, mais également vis-à-vis des apports en éléments majeurs (N, P, K). L'ajout de ces co-substrats peut modifier significativement les quantités de nutriments (N, P, K) gérés sur la STEP et ainsi impacter les plans d'épandage des boues et/ou les flux entrant sur la filière eaux (retour en tête de station de la fraction liquide du digestat).

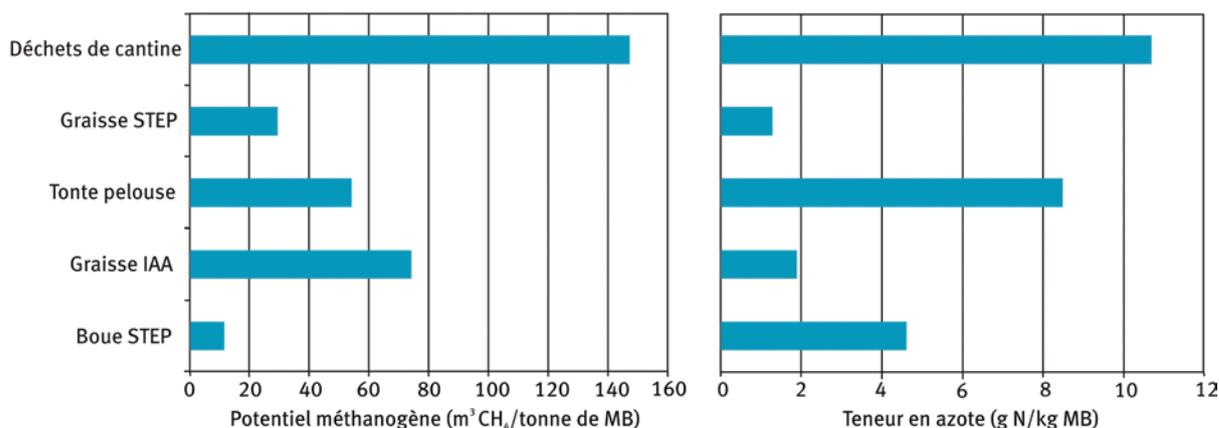
Dans ce cadre, SAUR et Irstea ont développé un programme de recherche commun basé sur l'étude d'un cas concret : Mordelles (35, Ille et Vilaine), ville d'environ 7 000 habitants située à 15 km de Rennes et équipée d'une station d'épuration de type boues activées en aération prolongée d'environ 15 000 EH. Cette réflexion nous a amenés à caractériser la boue de la station d'épuration ainsi que différents co-substrats disponibles autour de la commune, en vue d'un traitement par méthanisation. Par la suite, des expérimentations de co-digestion ont été réalisées avec les boues de la station et une graisse d'industrie agro-alimentaire (graisse IAA).

### Caractérisation des co-substrats

En lien avec les acteurs du territoire (municipalité, exploitant de la station d'épuration, industriels...), les principaux substrats de cette zone périurbaine ont été inventoriés et caractérisés en vue d'un traitement par digestion anaérobie. Il s'agit des boues de la station d'épuration de Mordelles (boue STEP), des graisses de flottation issues d'une industrie de transformation de la viande (grasses IAA), des déchets de restauration générés par les différents services de restauration collective (écoles, hôpitaux...), des tontes de pelouse générées et/ou gérées par la collectivité et des graisses primaires issues du prétraitement des eaux usées (graisse STEP). Les résultats de caractérisation de ces déchets organiques concernant le potentiel méthanogène et la teneur en azote sont présentés sur la figure 1.

Ces résultats confirment le faible potentiel méthanogène des boues de STEP comparativement aux autres substrats étudiés. Étant donné que les coûts d'investissement d'une filière de méthanisation sont, en grande partie, proportionnels aux volumes de déchets à traiter alors que les recettes sont proportionnelles au méthane produit, ces données montrent la limite économique de la digestion des boues de STEP lorsque la rentabilité est basée principalement sur la valorisation énergétique. Par

❶ Résultats de caractérisation des principaux substrats organiques (MB : matière brute).



contre, l'ajout de co-substrats à potentiel méthanogène élevé peut permettre d'améliorer significativement cette rentabilité (augmentation de la production de méthane sans augmentation importante des coûts d'investissement et baisse des coûts de traitement de ces déchets et/ou perception d'une redevance traitement). Toutefois, d'autres critères entrent en jeu dans les choix possibles. En effet, les flux d'azote supplémentaires liés à l'apport de co-substrats riches en azote peuvent générer de fortes contraintes au niveau de la gestion des boues et des retours en tête de station. On cherchera donc à utiliser les substrats apportant le moins d'azote possible par rapport à leur capacité à produire du méthane.

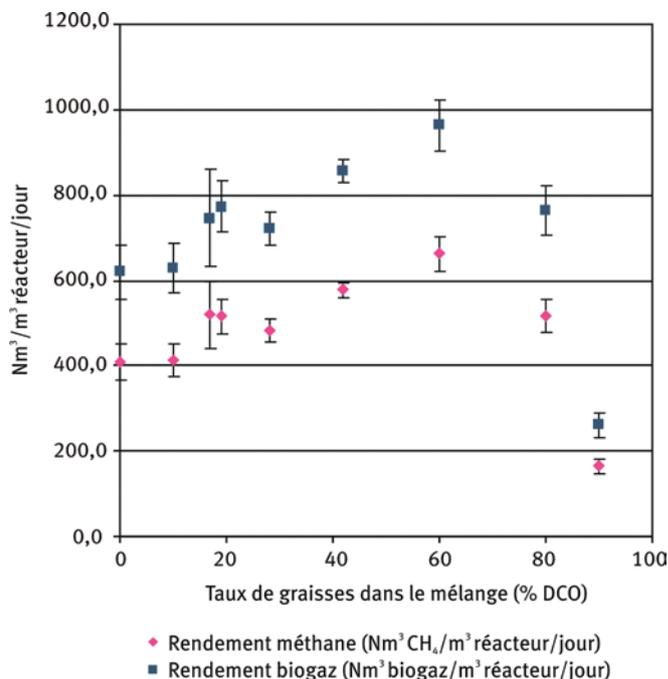
Ainsi, le substrat potentiellement le plus intéressant est la graisse industrielle du fait de son potentiel méthanogène élevé et de sa faible teneur en azote. Les déchets de cantine présentent un potentiel méthanogène élevé mais leur teneur en azote est aussi importante, ce qui peut limiter leur utilisation. Au-delà des caractéristiques des substrats, il convient également de prendre en compte les flux disponibles sur le territoire considéré et les quantités potentielles de méthane associées. Ainsi, à partir des estimations de flux sur le territoire et des caractéristiques précédemment présentées, les quantités potentielles de méthane qu'il est envisageable de produire annuellement à partir de ces substrats ont été estimées et sont de 2 200, 1 500, 5 400, 22 200 et 33 900 m³CH₄/an pour les déchets de cantine, les graisses de STEP, les tontes de pelouse, les graisses d'IAA et les boues de STEP, respectivement.

**Cas spécifique de la co-digestion de boues de STEP avec une graisse industrielle**

Au vu des résultats précédents, les graisses d'IAA apparaissent clairement comme le co-substrat le plus pertinent pour une utilisation en co-digestion avec les boues de STEP et des travaux spécifiques sur ce mélange ont donc été effectués. Ces expérimentations ont ainsi permis de préciser le taux d'incorporation envisageable pour des digesteurs réels appliquant le principe de la co-digestion

boue de STEP et graisse industrielle (figure ❷). Au vu des résultats, dans un contexte de co-digestion mésophile d'un mélange de boues biologiques et de graisses de flottation, un taux de graisses de 60% DCO (52% MV) dans l'alimentation peut être retenu comme ratio de mélange maximal. En effet, pour des taux de graisses inférieurs, les graisses ont un effet positif sur la digestion en augmentant significativement les rendements. Pour des taux de graisses supérieurs, dans les conditions opératoires considérées, des chutes de rendement sont observées.

❷ Évolution du rendement du réacteur en fonction du taux de graisses dans le mélange d'alimentation.



▶ Ces chutes de rendement s'accompagnent d'une accumulation significative de certains acides gras longues chaînes (AGLC) et d'une accumulation d'acétate. Les AGLCs (et plus généralement les composés gras) étant des composés fortement hydrophobes, ceux-ci peuvent s'accumuler sur les agrégats de biomasses dans le digesteur en les encapsulant. Ils forment ainsi une couche hydrophobe très peu perméable et réduisent ainsi l'accessibilité des substrats pour les biomasses anaérobies. À l'échelle de la bactérie, les AGLCs sont également capables de s'adsorber sur les parois bactériennes en détériorant ces fonctions d'échange et de protection. La conjugaison de ces phénomènes réduirait donc considérablement les cinétiques de dégradation des substrats dans le digesteur du fait d'une limitation physique des possibilités de transfert entre les bactéries anaérobies et le milieu réactionnel du digesteur.

### Conclusions

Les résultats des travaux de recherche obtenus au cours de ce projet de recherche SAUR/Irstea ont été utilisés pour déterminer le taux de graisse admissible sur la STEP de Mordelles en cas de construction d'un digesteur des boues ainsi que la production de méthane associée et les flux d'azote générés. Ces données ont ainsi permis un calcul précis des coûts de fonctionnement et des recettes attendues pour cette installation, ce qui a abouti à une proposition commerciale portée par STEREAU/SAUR auprès de la collectivité. Toutefois, malgré les recettes

supplémentaires générées par le traitement des graisses industrielles (production de méthane et redevance traitement), la collectivité n'a pas souhaité s'engager sur ce projet dont le temps de retour sur investissement était élevé (> 20 ans).

En effet, trois éléments ont joué en défaveur du projet :

- la faible taille de l'installation,
- l'absence de valorisation de l'énergie thermique pour la chaleur produite sur l'installation,
- la filière de gestion des boues (épandage sur terres agricoles) avait peu de contraintes et ne nécessitait pas de traitement. La réduction significative de la quantité de boue apportée par le projet de méthanisation n'engendrait donc, excepté la valorisation du biogaz, aucun intérêt économique.

Toutefois, les idées et les résultats générés lors de cette étude ont permis de faire émerger d'autres projets du même type, avec notamment la construction d'une unité de co-digestion des boues de STEP et de déchets d'industrie d'IAA sur la commune de Liffré située à proximité de Mordelles. Les principaux facteurs de réussite de ce projet, par rapport à celui de Mordelles, sont :

- une taille sensiblement plus élevée,
- une reconstruction globale de la station d'épuration permettant une économie d'échelle par rapport à Mordelles, où il s'agissait juste de construire un méthaniseur sur la station existante,
- des contraintes beaucoup plus fortes sur la gestion des boues (une partie des boues sont incinérées). ■

### Les auteurs

#### Fabrice BÉLINE et Romain GIRAULT

Irstea, centre de Rennes, UR GERE  
Gestion environnementale et traitement biologique des déchets  
17 Avenue de Cucillé – CS 64427 – 35044 Rennes

✉ [fabrice.beline@irstea.fr](mailto:fabrice.beline@irstea.fr)

✉ [romain.girault@irstea.fr](mailto:romain.girault@irstea.fr)

#### Fabrice NAULEAU et Gilbert BRIDOUX

SAUR, Recherche innovation développement  
1 avenue Eugène Freyssinet – 78280 Guyancourt

✉ [fnau@saur.fr](mailto:fnau@saur.fr)

✉ [gbridoux@saur.fr](mailto:gbridoux@saur.fr)



*La méthanisation des boues d'épuration, une voie de valorisation encore peu exploitée...*