

# PLUS D'ÉNERGIE À PARTIR DU LISIER DE BOVINS

Le lisier qu'un bovin produit en un an contient une quantité d'énergie qui, d'un point de vue purement mathématique, correspond aux besoins en électricité d'un foyer de quatre personnes. Le lisier de bovins dispose donc d'un grand potentiel énergétique. Toutefois, ce potentiel n'est exploité qu'en petite partie dans les installations de biogaz suisses et exploité avec une efficacité relativement mauvaise. Une analyse réalisée sur mandat de l'OFEN montre désormais : si le lisier liquide et les matières solides du lisier brut sont séparés avant la fermentation et si le prétraitement est réalisé de la manière appropriée, le rendement de biogaz peut se voir considérablement augmenté.

La biomasse pourrait apporter une contribution nettement plus grande à l'alimentation énergétique en Suisse qu'elle ne le fait actuellement. La source énergétique la plus significative dans le domaine de la biomasse est le bois, suivie des engrais. Selon l'estimation des experts, le lisier généré



Le lisier liquide et les matières solides (photo) du lisier brut peuvent être séparés avec une vis sans fin de compression. Les vis sans fin de compression ont de faibles besoins en énergie et peuvent être utilisées dans différentes exploitations en tant qu'installations mobiles. Photo : Rapport final LEVER

chaque année sur le plan national contient environ huit térawattheures (TWh) d'énergie. D'un point de vue purement mathématique, cela correspond à une part significative de la consommation électrique en Suisse. Seule une petite partie de ce potentiel a été exploitée jusqu'à présent. Le lisier de bovins produit du méthane dans environ 100 installations de biogaz. Ce méthane est ensuite utilisé pour la production d'électricité et de chaleur. Ce faisant, le lisier ne fermente pas seul dans les installations mais avec des co-substrats comme des graisses (de la gastronomie), de la glycérine (de l'industrie) ou du compost (des ménages). L'ajout de co-substrats est indispensable pour rassembler suffisamment de matières afin d'assurer l'exploitation économique d'une installation de biogaz.

En principe, la quantité de lisier devrait maintenant être suffisante pour l'exploitation des installations de biogaz avec du lisier uniquement. Pour une installation de ce type, il faudrait rassembler un total de 1000 bovins de dix grandes fermes (unités de gros bétail / UGB). Il faudrait rassembler au moins 20 000 t de lisier de bovins par an pour rentabiliser l'exploitation de l'installation. Il y a deux raisons pour lesquelles de telles installations n'aient été construites que dans des cas exceptionnels jusqu'à présent : l'investissement est trop élevé pour transporter le lisier des différentes fermes vers une installation de biogaz pour y fermenter et pour le restituer dans les fermes respectives. De plus, les technologies actuellement appliquées permettent de produire relativement peu de méthane à partir du lisier de bovins et ce manque doit être compensé par l'ajout de co-substrats énergétiques.

### Séparation du lisier et de la matière solide avant la fermentation

Le lisier de bovins cache un grand potentiel énergétique. « Sur la voie d'une alimentation énergétique durable, la Suisse doit exploiter tous les potentiels disponibles, même si le courant issu du biogaz est actuellement relativement onéreux avec un prix de revient de 42 Rp./kWh », affirme Jean-Louis Hersener. Hersener est agronome de formation à l'EPF et ingénieur agro-environnemental et exploite un bureau de conseil spécialisé dans la bioénergie à Wiesendangen (ZH) depuis 20 ans. Dans le cadre du projet de recherche LEVER (voir la zone p.3), l'expert en biogaz a analysé la possibilité d'améliorer la production de méthane par le prétraitement du lisier. Le centre spécialisé dans la technologie environnementale de l'Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW), la Haute École supérieure bernoise (Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires / HAFL) de même



Le lisier brut est un mélange d'excréments, d'urine, d'eau, de restes de nourriture et de litière (à gauche). Si les matières solides sont séparées avec un séparateur, il reste le lisier liquide (à droite). Photo : Rapport final LEVER

que les entreprises de conseil et technologiques MERITEC GmbH, Methanofix GmbH et COMET AG ont participé au projet. L'Office fédéral de l'énergie a apporté son soutien financier.

Les chercheurs impliqués souhaitent mettre en pratique l'idée de l'utilisation à grande échelle du lisier de bovins pour la production d'énergie qui ne s'est pas encore concrétisé mais dont l'application devient de plus en plus réaliste en vue des innovations techniques. L'idée de base : elle consiste à séparer le lisier liquide (composants liquides) des matières solides (résidus de nourriture et de litière) avec une vis sans fin de compression avant la fermentation. Nous avons ainsi une base pour une nouvelle manière plus efficace de produire de l'énergie comme l'explique Jean-Louis Hersener : « À la ferme, le lisier liquide est transporté dans une installation de biogaz ou utilisé comme engrais liquide. Les matières solides quant à elles, sont transportées dans une installation centrale pour y fermenter. Le biométhane généré est ensuite utilisé. » Certes, la séparation du lisier brut représente une dépense supplémentaire mais cette dépense est compensée par les avantages obtenus avec un traitement séparé du lisier liquide et des matières solides.

### Augmentation de 30% du rendement de méthane à partir des matières solides

Les avantages sont particulièrement clairs lors de la fermentation des matières solides. L'élevage d'animaux tel qu'il est réalisé aujourd'hui produit une grande quantité de matières

solides. Elles représentent seulement 15% du poids du lisier brut mais environ la moitié du pouvoir calorifique. Les matières solides présentent une haute teneur en biomolécules

réfractaires qui ne fermentent que très lentement dans les installations de biogaz traditionnelles et qui, par conséquent, sont difficilement utilisables pour la production d'énergie. La

## DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE PRÉTRAITEMENT

Le lisier liquide est plus facilement biodégradable que le lisier brut. C'est pourquoi il est tentant de séparer le lisier liquide et les matières solides du lisier brut avant la fermentation. Cette séparation permet de prétraiter la matière solide avant la fermentation. Ce prétraitement a pour objectif de modifier les fibres composées de biomolécules complexes et difficilement biodégradables (lignine, hémicellulose, cellulose) contenues dans les matières solides de telle sorte que les bactéries de ces matières se décomposent plus facilement pour permettre une plus haute production de gaz.

Lors du projet de recherche de l'OFEN «Augmentation du rendement de biogaz par la fermentation du lisier de bovins avec le prétraitement innovant et les nouveaux systèmes de réacteurs» (LEVER), différents procédés de prétraitement ont été analysés en laboratoire.

**Procédé physique-mécanique** : macération et séchage ou lyophilisation des matières solides.

*Conclusion* : *inadapté pour un prétraitement dans la mesure où le procédé produit des sous-produits difficilement biodégradables et réduit même le rendement de production de méthane.*

**Procédé électrochimique** : traitement des matières solides déshydratées ou fraîches par irradiation d'électrons. Lors de ce procédé utilisé dans diverses applications industrielles, des électrons accélérés entrent en contact avec les biomolécules complexes et les divisent - pour le formuler simplement - pour former des produits plus facilement biodégradables.

*Conclusion* : *des études plus approfondies sont nécessaires pour une estimation.*

**Procédé thermochimique** : traitement des matières solides par l'explosion de vapeur («Steam explosion»). Ce faisant, les matières solides sont exposées à une température élevée (160 - 170 °C) et une haute pression dans un réacteur puis la pression est relâchée rapidement ; cela permet le traitement initial des fibres végétales ou des molécules qu'elles contiennent (biopolymères). Le procédé pour l'explosion de vapeur a déjà fait l'objet de recherches précédemment dans le cadre de la fabrication de biocarburants (bioéthanol à partir du foin).

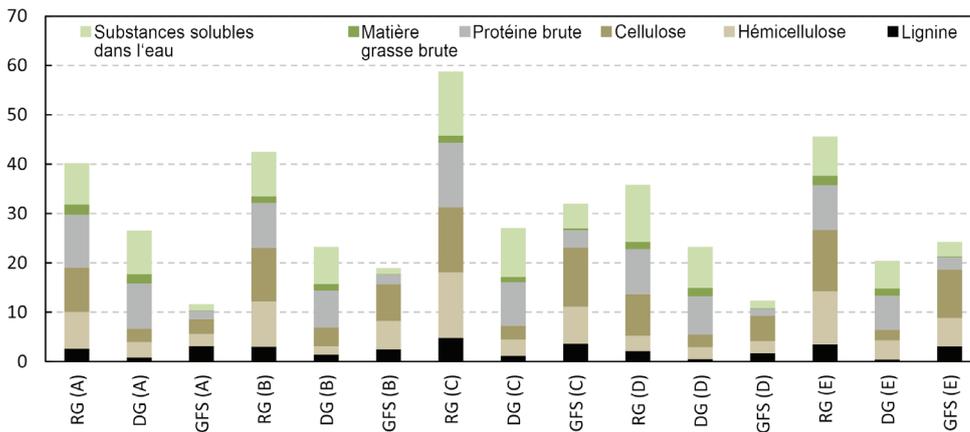
*Conclusion* : *Ce procédé permet une augmentation du rendement de production de méthane d'environ 10%. Si ce procédé est complété par une hydrolyse enzymatique, il en résulte un rendement supplémentaire de 20%. L'augmentation totale est ainsi de 30%. Le rapport final du projet LEVER affirme que « les essais en laboratoire ont démontré le potentiel fondamental. La question quant à la méthode la plus efficace reste ouverte. (...) Le prétraitement des matières solides avec de la vapeur haute température est une méthode prometteuse qu'il serait judicieux de suivre plus en détail. »*

**Procédé biochimique** : traitement de matières solides fraîches et traitées avec différents enzymes.

*Conclusion* : *à elle seule, l'application d'enzymes pour le prétraitement de matières solides n'a qu'une influence minime sur le rendement de méthane. En revanche, la combinaison avec d'autres prétraitements (par ex. l'explosion de vapeur) peuvent apporter des effets positifs.*

**Procédé microbiologique** : prétraitement par champignons aérobies comme, par ex., ceux qui font pourrir le bois dans la forêt. Plus l'ensilage des matières solides avec des bactéries lactiques comme elles sont utilisées pour la conservation de la nourriture pour animaux.

*Conclusion* : *la culture de champignons aérobies augmente le rendement de la production de méthane d'environ 10%. Seules des recherches approfondies pourraient montrer si l'ensilage a un effet positif sur le traitement des matières solides. BV*



Les composants des échantillons de lisier (en kg par t de lisier brut) de cinq exploitations agricoles de Suisse orientale (A, B, C, D, E) qui séparent déjà le lisier liquide (DG) des matières solides (GFS) dans le lisier brut (RG) produit parce que l'épandage du lisier liquide est plus facile et que les matières solides peuvent être utilisées comme litière dans les boxes. Le lisier liquide contient principalement des matières facilement biodégradables (substances solubles, matière grasse brute, protéine brute), tandis que les matières solides se composent avant tout de substances microbiologiques difficilement biodégradables (cellulose, hémicellulose, lignine). Graphique : Rapport final LEVER 2016

séparation des matières solides permet de les prétraiter, elles s'ouvrent ainsi plus facilement lors de la fermentation dans l'installation de biogaz, ce qui permet une exploitation optimale du potentiel énergétique.

Dans le cadre du projet de recherche LEVER, les scientifiques impliqués ont étudié en laboratoire cinq procédés de prétraitement des matières solides du lisier (cf. zone texte p.3). Ils ont ainsi démontré que l'association d'une méthode

thermochimique (processus à explosion de vapeur) et d'un procédé biochimique (hydrolyse enzymatique) permet de prétraiter les matières solides de telle sorte que le rendement de méthane augmente d'environ 30% lors de la fermentation (cf. zone texte ci-dessous).

### Séparer pour plus d'efficacité

Il s'agit toutefois seulement d'une amélioration possible par la séparation des matières liquides et solides du lisier brut. En

## UTILISATION OPTIMALE DU LISIER DE BOVINS

Un bovin produit chaque année environ 22 t de lisier pur avec une teneur énergétique (pouvoir calorifique) de 5500 kWh. La fermentation de ce lisier dans une installation de biogaz traditionnelle équipée d'un mélangeur permet de produire 2500 kWh de biométhane, ce qui correspond à un niveau d'efficacité de 45%. Si ce biométhane est utilisé pour la production d'énergie électrique avec le niveau d'efficacité habituel (40%), le rendement électrique produit s'élève à 1000 kWh. Pour comparer : Un foyer de quatre personnes consomme environ 3000 à 5000 kWh de courant par an.

Le rendement électrique du lisier peut être nettement augmenté par la séparation du lisier liquide et des matières solides. Environ la moitié du pouvoir calorifique, c'est-à-dire 2750 kWh, se trouve dans le lisier liquide et les matières solides. Un bioréacteur à membrane moderne (MBR) permet de produire du biométhane avec 1700 kWh à partir du lisier liquide et 1600 kWh à partir des matières solides, selon les conclusions du dernier projet de recherche de l'OFEN. La séparation et le traitement approprié (MBR et prétraitement des matières solides) donnent ainsi un résultat total de 3300 kWh et de 1300 kWh après la production d'énergie. ce résultat est de 30% supérieur à celui d'une installation de biogaz courante.

Si on synthétise le processus de transformation complet du lisier en électricité, on obtient l'image suivante : avec une installation de biogaz traditionnelle, environ 18% du pouvoir calorifique contenu dans le lisier brut peuvent être transformés en électricité tandis qu'avec une installation qui sépare le lisier liquide et les matières solides, il s'agirait de 24%. Si la totalité du lisier de bovins produit dans toute la Suisse chaque année était utilisé pour la production d'électricité, on obtiendrait un rendement de tout juste 2 TWh, ce qui correspond à 3,5% de la consommation électrique de toute la Suisse. BV



Matières solides de lisier non traitées (à gauche) et après un traitement avec le procédé d'explosion de vapeur à 150 °C et une durée de 15 minutes (à droite).  
Photo : Rapport final LEVER

effet, l'équipe de Jean-Louis Hersener est convaincu que le traitement ultérieur du lisier solide présente ses propres avantages. Une partie des exploitants agricoles (sans installations de biogaz) est déjà passé à la séparation du lisier car cela leur permet de réaliser l'épandage du lisier liquide sans risque de boucher la rampe d'épandage et sans fauchage. Ainsi, le lisier s'infiltré mieux dans le sol et salit moins les plantes. La séparation est également avantageuse si le lisier liquide est utilisé pour la production de méthane. La technologie du bioréacteur à membrane (MBR) conçue au cours des dernières années mais dont la rentabilité n'est pas encore assurée en raison des faibles coûts de l'énergie, permet en effet bel et bien de doubler le rendement de méthane à partir du lisier liquide.

La séparation permet donc de produire du méthane aussi bien à partir du lisier liquide que des matières solides. Pour illustrer ce fait sur l'exemple d'une seule vache : À partir des 5500 kWh d'énergie que le lisier d'une vache produit chaque année, une installation de biogaz traditionnelle produira du méthane avec une valeur énergétique de 2500 kWh. Si en revanche, le lisier est séparé, les bioréacteurs à membrane produiront 1700 kWh à partir du lisier liquide et, par un procédé optimisé, au moins 1600 kWh à partir des matières solides. Le rendement total serait donc de 3300 kWh. Cela correspond à une augmentation du rendement de méthane d'environ 30% (cf. zone texte p.4).

### Planification d'une installation pilote et de démonstration

Les résultats du projet de recherche LEVER promettent donc une augmentation importante de l'efficacité lors de la pro-

duction de méthane à partir du lisier de bovins. Toutefois, les résultats de recherche du laboratoire («proof of concept») doivent maintenant être confirmés par un essai sur le terrain. A cette fin, les chercheurs souhaitent construire et exploiter une installation pilote de démonstration d'une puissance pouvant atteindre 100 kW au cours des deux prochaines années. Cette installation est supposée montrer l'intégralité du processus avec le prétraitement, la fermentation, le traitement ultérieur et le stockage des matières solides du lisier à l'échelle industrielle.

- Vous trouverez le **rapport final** du projet sur : <http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de>
- Vous trouverez le rapport final du projet de l'OFEN sur la technologie du **bioréacteur à membrane** sur : [http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de&dossier\\_id=05852](http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de&dossier_id=05852)
- Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), directrice du programme de recherche de l'OFEN sur la bioénergie, communique des **informations supplémentaires** concernant ce projet.
- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et les démonstrations dans le domaine de la bioénergie sur : [www.bfe.admin.ch/CT/biomasse](http://www.bfe.admin.ch/CT/biomasse).