



Produits issus de la méthanisation des installations de biogaz agricole

Fertiliser de manière efficace et durable
avec le lisier et le fumier méthanisé

Mentions légales

Auteur

Ökostrom Schweiz
info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch

Bureau Winterthur

Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

Bureau Berne

Milchstrasse 9
3072 Ostermundigen

Bureau Suisse Romande

Route de Grangeneuve 31
1725 Posieux

Avec le soutien de



Auteurs

Deborah Scharfy
Albert Meier
Victor Anspach
Simon Bolli

Suggestion de citation:

Ökostrom Schweiz (2020): Produits issus de la méthanisation des installations de biogaz agricole – Fertiliser de manière efficace et durable avec le lisier méthanisé et le fumier méthanisé. Ökostrom Schweiz, association faîtière du biogaz agricole, Winterthur, Suisse.

Rédaction

Nadine Baumgartner

Graphisme

Bruno Kreis, Winterthur

Impression

Vögeli AG, Langnau im Emmental



Norme la plus élevée en matière d'éco-efficacité
Cradle to Cradle Certified™. Produits imprimés fabriqués
par Vögeli AG, reliure exclue

Cradle to Cradle Certified™ is a certification mark licensed by
the Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

Sommaire

Avant-propos 4

Voici comment fonctionne une installation de biogaz agricole 5

Le biogaz en chiffres 6

Les produits méthanisés 7

Bonnes raisons pour l'utilisation de produits méthanisés 8

Effet sur les éléments nutritifs et le rendement 12

Portrait de pratique 1: Axé sur utilisation à long terme 15

Utilisation dans l'agriculture biologique 17

Portrait de pratique 2: Axé sur l'agriculture biologique 18

Conditions-cadres juridiques - Ce que je dois savoir 20

Ce à quoi je dois veiller lors de l'épandage 23

Portrait de pratique 3: Axé sur la commercialisation 27

Bibliographie 28

Liste des figures 30

Glossaire 31

Avant-propos



Figure 1 : Les avantages des produits méthanisés sont scientifiquement prouvés. (Photo : Ökostrom Schweiz)

Les installations de biogaz agricole apportent une multitude de prestations d'intérêt général. Outre la production de gaz renouvelable (biogaz), qui peut être utilisé comme combustible (chaleur), carburant (mobilité) ou pour la production d'électricité, elles apportent une contribution importante à la protection du climat ainsi qu'à la fourniture d'énergie en fonction des besoins grâce à leur flexibilité de production temporelle et saisonnière.

Cependant, les installations de biogaz apportent également une contribution importante à l'économie circulaire. Les cycles des nutriments sont fermés, des engrais organiques précieux sont fournis et des engrais minéraux sont économisés. Par conséquent, les produits issus de la méthanisation ouvrent la voie d'une agriculture durable et fertile. Qu'elle soit conventionnelle ou biologique, l'agriculture peut bénéficier des avantages des produits issus de la méthanisation.

Les installations de biogaz génèrent une valeur ajoutée considérable en Suisse et l'agriculture moderne serait inconcevable sans elles. En Suisse, cela fait près d'un demi-siècle que les engrais de ferme sont méthanisés dans les installations de biogaz agricole, mais il y a peu d'écrits

sur la qualité et les avantages des produits issus de la méthanisation et beaucoup de demi-vérités et d'ignorance circulent. C'est ce qui a incité Ökostrom Schweiz, l'association faîtière du biogaz agricole, à mettre en avant les produits issus de la méthanisation au moyen d'une publication spécialisée. Le présent guide est destiné à prêter une plus grande attention aux produits issus de la méthanisation des installations de biogaz agricole. Les nombreuses propriétés positives des produits issus de la méthanisation, leurs effets remarquables dans la fertilisation ainsi que leur application dans la pratique agricole ont fait l'objet de recherches scientifiques très poussées et doivent être rendus accessibles à un large public d'intéressés sous une forme condensée.

Ce guide s'adresse principalement aux utilisateurs de produits issus de la méthanisation agricole ainsi qu'aux conseillers agricoles. Il a pour but de présenter les nombreux avantages, la manipulation correcte ainsi que les domaines d'application possibles à l'aide de faits scientifiques et de montrer le cadre juridique de l'utilisation des produits issus de la méthanisation. En outre, il aborde l'aspect pratique et permet de transmettre des expériences pratiques.

Voici comment fonctionne une installation de biogaz agricole

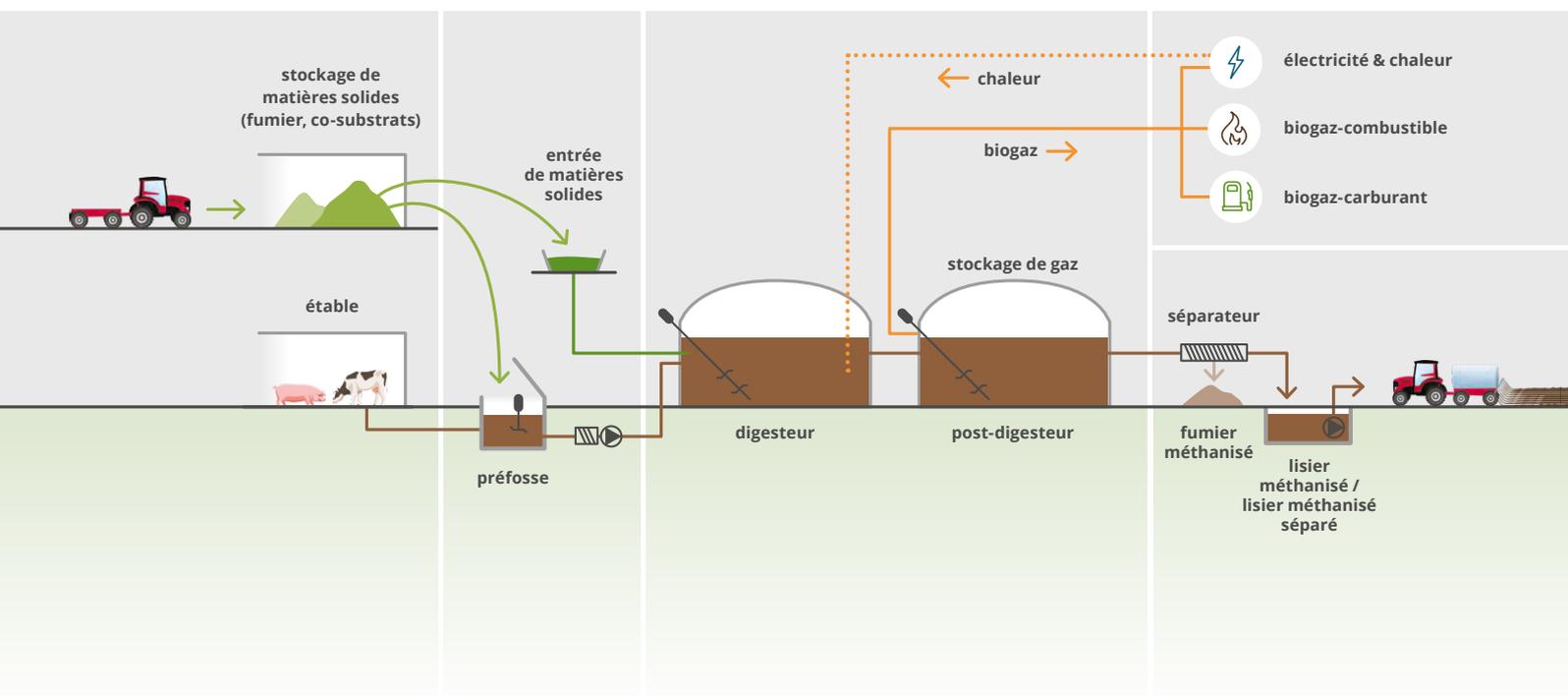
Durant le processus de production, les matières organiques telles que les engrais de ferme (lisier et fumier), les résidus de récolte ou les co-substrats sont introduits dans un conteneur (digesteur) chauffé (40 à 55°C) et étanche aux gaz via une préfosse ou une entrée de matières solides, selon leur consistance. Dans le digesteur, certaines substances organiques sont transformées en biogaz dans un processus de dégradation et de conversion biologique à plusieurs étapes, sans apport d'oxygène. Le biogaz est constitué essentiellement de méthane (55 à 65% en volume) et de dioxyde de carbone (45 à 35% en volume).

Selon le concept technologique de l'installation de biogaz, la première étape de fermentation peut être suivie d'une seconde (procédé de méthanisation à plusieurs étapes). Un procédé d'écoulement en continu permet à la matière organique de passer de la première étape à la seconde étape de méthanisation dans le post-digesteur, qui est également étanche aux gaz et chauffé. Une fois

le processus de conversion biologique terminé, les produits issus de la méthanisation sont stockés dans une fosse à lisier méthanisé avant d'être épandus comme engrais organique de haute qualité.

Le biogaz produit (produit énergétique brut) est collecté dans un stockage de gaz puis utilisé à des fins énergétiques. Le biogaz brut peut être transformé en gaz naturel par un processus de traitement du gaz et être injecté dans le réseau de gaz ou utilisé comme carburant pour les véhicules. Le biogaz brut peut également être brûlé dans une installation de couplage chaleur-force (CCF) et converti en électricité et en chaleur renouvelables.

Figure 2: Schéma d'une installation de biogaz agricole. (Source: Ökostrom Schweiz)



Le biogaz en chiffres

En Suisse, près de 110 installations de biogaz agricole étaient en service à la fin de l'année 2019. Environ 50 autres installations de biogaz sont en phase de planification ou de construction.

En 2018, les installations de biogaz agricole représentaient (estimation basée sur l'OFEN 2019¹):

- 140 GWh de puissance nette d'injection d'électricité
- environ 50 GWh de puissance d'utilisation de la chaleur (en plus des besoins du digesteur)
- environ 10 GWh d'injection de gaz dans le réseau gazier suisse
- première station-service 100% biogaz installée (d'autres sont à l'étude)

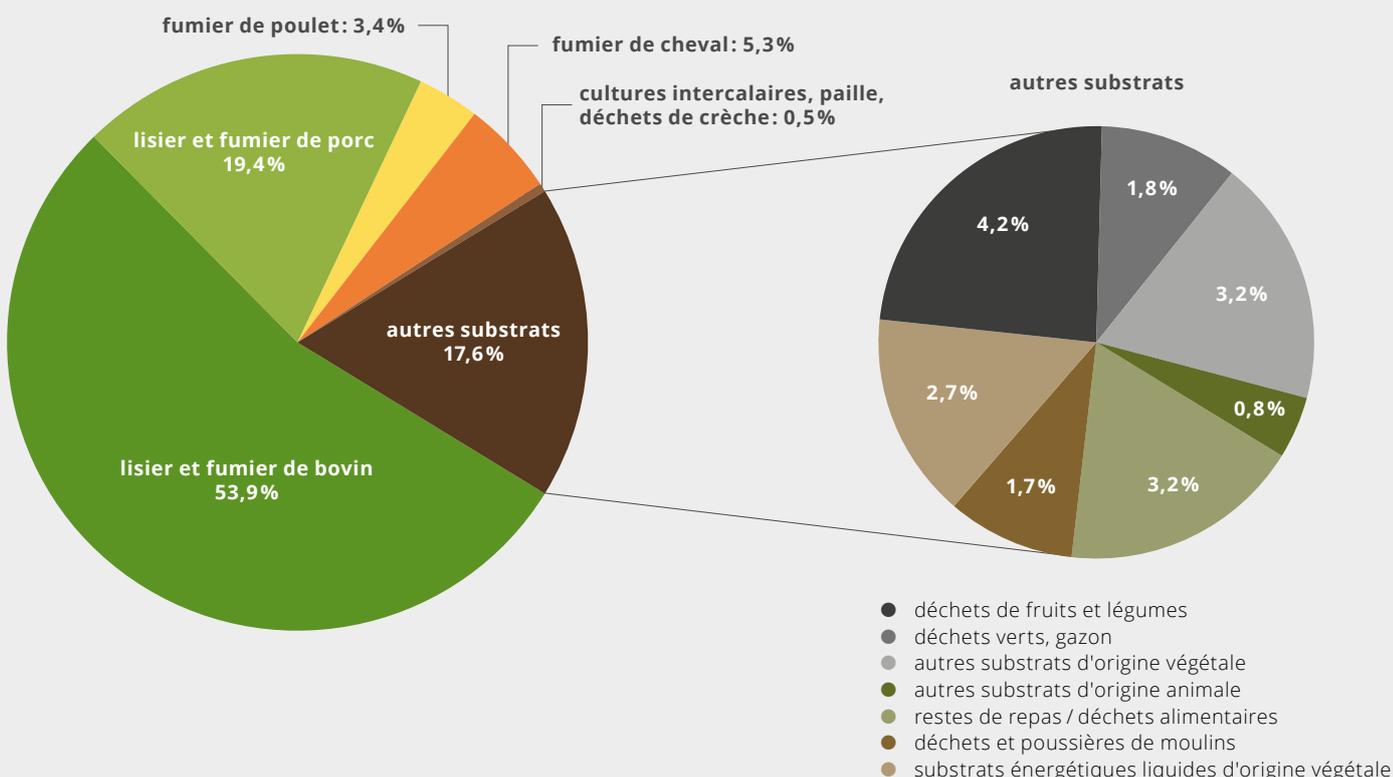
En 2018, environ 1,05 million de tonnes d'engrais de ferme ont été utilisées pour produire de l'énergie. Cela correspond à environ 4,6% du total des engrais de ferme produits en Suisse. Les engrais de ferme représentent la plus grande proportion du mélange de substrat typique

pour la méthanisation avec 82%. De plus, des co-substrats sont également utilisés. Il s'agit de résidus organiques d'origine agricole (par ex. les résidus de récolte ou les cultures intermédiaires) et d'origine non agricole (par ex. les déchets verts ou les résidus de la transformation agroalimentaire).

En 2018, la réduction totale de CO₂ des installations de biogaz agricole s'élevait à plus de 82'000 tonnes (sans prendre en compte l'injection de biogaz dans le réseau de gaz). Les prestations en matière de réduction de CO₂ comprennent ...

- ... environ 54'000 t provenant de la réduction de méthane (stockage d'engrais de ferme étanche aux gaz)
- ... environ 20'000 t provenant de la production de courant (substitution de l'électricité fossile)
- ... environ 8'000 t provenant de l'utilisation de la chaleur (substitution du mazout et du gaz naturel)

Figure 3: Composition moyenne du substrat d'une installation de biogaz agricole – état 2019.
(Source: Ökostrom Schweiz)



Les produits méthanisés

Outre le produit énergétique gazeux «biogaz», une installation de biogaz agricole façonne des produits matériels issus de la méthanisation qui conviennent parfaitement comme engrais organiques. Le produit de départ liquide, appelé lisier méthanisé, peut être séparé en une phase liquide et une phase solide. La fraction liquide est appelée lisier méthanisé séparé. La fraction solide est le fumier méthanisé. Si plus de 20% de co-substrats

d'origine non agricole sont utilisés, le produit issu de la méthanisation n'est plus considéré comme un engrais de ferme mais comme un engrais de recyclage. Les engrais de recyclage provenant des installations de biogaz agricole jouent un rôle secondaire quantitativement et par conséquent ne seront pas examinés dans la suite de ce guide.

Lisier méthanisé

Le produit issu des installations de biogaz, le plus fréquemment utilisé dans la pratique, est le lisier méthanisé. Il est liquide, mais contient aussi des proportions de matières organiques solides. Le lisier méthanisé peut être utilisé de la même manière que le lisier traditionnel (cf. chapitre sur l'épandage). Avec une rampe d'épandage à tuyaux souples (pendillard) ou à socs ou encore un système d'injection, il peut être épandu directement sur les surfaces herbagères (prairies et pâturages) ou sur les terres cultivables (y compris dans les cultures existantes).



Lisier méthanisé séparé

En raison de l'infiltration rapide et de la grande disponibilité de l'azote, le lisier méthanisé séparé convient particulièrement pour une livraison d'azote rapide et un emploi ciblé dans une population végétale croissante (cf. chapitre «*Ce à quoi je dois veiller lors de l'épandage*»). Par conséquent, le lisier méthanisé séparé se prête bien aux grandes cultures et aux cultures maraîchères. Dans la pratique, on utilise souvent un mélange de lisier méthanisé et de lisier méthanisé séparé. Seule une partie du lisier méthanisé est alors séparée.



Fumier méthanisé

Le fumier méthanisé peut être épandu, comme le fumier traditionnel, au moyen d'une épandeuse à fumier. Le fumier méthanisé issu de la séparation contient une part importante de nutriments à liaison organique (azote, phosphore). Il est particulièrement adapté à une utilisation avant la culture des plantes ou pour les cultures à longue durée de végétation car la libération des éléments nutritifs prend plus de temps qu'avec le lisier méthanisé ou le lisier méthanisé séparé.



Bonnes raisons pour l'utilisation de produits méthanisés

Moins d'émissions d'odeurs	8	Réduction de la pression des mauvaises herbes et des agents pathogènes	9
Meilleure fluidité et moins de brûlures	8	Bon effet humus	10
Meilleure calculabilité dans la gestion de la fertilisation	8	Contribution positive à la protection du climat	10
Effet amélioré de l'azote et du rendement	9	Sol vivant	11
Réduction du lessivage des nitrates	9		

Moins d'émissions d'odeurs

Par rapport à une matière de départ non méthanisée, les émissions d'odeurs des produits issus de la méthanisation sont nettement inférieures.^{2,3} Le processus de méthanisation permet de dégrader les composés organiques volatils et les composants odorants (comme par ex. l'hydrogène sulfuré, le benzaldéhyde et l'acide propionique) des engrais de ferme et de réduire les émissions d'odeurs.⁴⁻⁶ Comme le compost fini, le lisier méthanisé ne dégage plus d'odeurs fortes. Et puisque le lisier méthanisé s'infiltre plus rapidement dans le sol, les émissions d'odeurs sont également réduites lors de l'épandage.

Meilleure fluidité et moins de brûlures

La méthanisation réduit la teneur en matière sèche des lisiers d'origine animale jusqu'à 50%⁷ et le lisier méthanisé est nettement plus fluide et homogène que le lisier traditionnel. Cela vaut aussi pour les lisiers méthanisés avec emploi de co-substrats. Les lisiers méthanisés suisses ont en moyenne une teneur en matière sèche se situant autour de 5,3% (banque de données CVIS). De plus, l'homogénéité des produits liquides issus de la méthanisation présente aussi des avantages du point de vue agronomique. Cela facilite en principe l'épandage et particulièrement avec le pendillard, le risque d'obstruction et de formation de tapis de paille dans les cultures fourragères est plus faible. Ainsi, il n'y a pas de contamination du fourrage lors de l'épandage sur les surfaces herbagères. Le processus de méthanisation permet de dégrader les acides organiques à chaîne courte et de réduire au minimum les brûlures de feuilles.⁴ La fluidité améliorée des produits liquides issus de la méthanisation apporte un certain nombre d'avantages. Le lisier méthanisé s'égoutte plus rapidement des plantes, ce qui permet de lutter contre les brûlures.⁸ En même temps, il s'écoule plus rapidement dans le sol et réduit ainsi le risque de perte d'ammoniac.



Figure 4: Le lisier méthanisé est simple d'utilisation. (Photo: Ökostrom Schweiz)

Meilleure calculabilité dans la gestion de la fertilisation

Les producteurs de produits issus de la méthanisation agricole doivent effectuer une analyse des éléments nutritifs plusieurs fois par an et une analyse des métaux lourds de leurs produits au moins une fois par an (voir également chapitre «Conditions-cadres juridiques – Ce que je dois savoir»). Les acheteurs de produits méthanisés obtiennent ainsi des données très précises sur les teneurs en éléments nutritifs. Cela facilite la gestion des engrais par rapport aux engrais de ferme non méthanisés pour lesquels des valeurs de référence sont utilisés dans la plupart des cas (cf. PRIF¹²).

Effet amélioré de l'azote et du rendement

Le lisier méthanisé contient beaucoup moins de substances azotées organiques car celles-ci sont converties en composés inorganiques comme l'azote ammoniacal par la dégradation microbienne lors du processus de méthanisation. L'azote ammoniacal peut être absorbé plus facilement par les plantes, ce qui améliore la phytodisponibilité de l'azote. Le lisier méthanisé permet d'atteindre des rendements plus élevés dans la production végétale qu'avec du lisier non méthanisé car les plantes peuvent être nourries davantage en fonction de leurs besoins.^{7,9-11}

Réduction du lessivage des nitrates

La meilleure disponibilité de l'azote dans les produits issus de la méthanisation peut réduire le risque de lessivage des nitrates par rapport au lisier non méthanisé. Par rapport aux engrais minéraux (NPK), le lisier méthanisé entraîne des teneurs en nitrates beaucoup plus faibles dans les eaux d'infiltration.¹³ Les composés azotés qui sont plus facilement disponibles pour les plantes sont absorbés et ne sont pas transformés en nitrates, lesquels peuvent facilement être lessivés. Cela a également été démontré dans de nombreuses expériences en pots. Dans des études de terrain, il s'est avéré néanmoins que le niveau du lessivage de tous les engrais de ferme dépend très fortement du système de culture et de la date d'épandage. Dans les Principes de la fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF), on ne fait donc pas de distinction entre le lisier et le lisier méthanisé ou entre le fumier et le fumier méthanisé en ce qui concerne le potentiel de pollution des eaux souterraines et de surface.¹²

Réduction de la pression des mauvaises herbes et des agents pathogènes

Les graines de mauvaises herbes qui arrivent dans les installations de biogaz sont endommagées dans leur pouvoir de germination par le processus de fermentation ou complètement détruites. Cet effet est renforcé par une augmentation du temps de séjour dans les digesteurs et une hausse de la température.⁸ C'est ce qu'ont également confirmé les études de laboratoire pour lesquelles une grande partie des graines de différentes espèces de mauvaises herbes ont survécu un jour dans un procédé de méthanisation à température mésophile de 37 °C et ont été majoritairement détruites après 7 jours dans le digesteur. En revanche, pour des températures allant jusqu'à 50 °C (thermophile), on a pu constater après un jour seulement qu'il n'y avait plus de graines ayant conservé leur pouvoir de germination.¹⁴ Grâce au long temps de séjour en moyenne des substrats méthanisés dans une installation mésophile, une propagation de graines de mauvaises herbes par l'épandage de lisier méthanisé ne pose logiquement pas de problème dans la pratique. La propriété de la destruction des graines de mauvaises herbes est également très précieuse dans le contexte de la problématique croissante des néophytes invasifs. Par exemple, les graines et les rhizomes de la renouée du Japon et du souchet comestible sont complètement détruits dans une installation de biogaz dans le cadre d'une méthanisation selon les règles de l'art.¹⁵

La température régnant dans le digesteur joue un rôle important pour la destruction des agents pathogènes. Des études ont montré que les produits issus de la méthanisation ne présentent pas plus de germes de *Clostridium* pathogènes pour les humains et pour les animaux que le lisier non méthanisé.¹⁶ En ce qui concerne les phytopathogènes, on a même constaté que les produits issus de la méthanisation sont exempts de champignons nocifs *Fusarium*, sclérotés ou *Rhizoctonia*.¹⁶ Pour les installations thermophiles, les taux de réduction des agents pathogènes sont généralement suffisamment élevés et les produits sont sans risques sanitaires.¹⁷ Ils sont donc recommandés pour une utilisation dans toutes les cultures.¹⁸ Les teneurs en germes ne sont pas augmentées non plus dans un processus de méthanisation mésophile si bien que les produits issus de la méthanisation provenant d'installations mésophiles sont de qualité hygiénique comparable à celle des produits de base, donc les engrais de ferme.¹⁹

Figure 5: Les rhizomes du souchet comestible sont complètement détruits dans les installations de biogaz. (Photo: Agroscope)

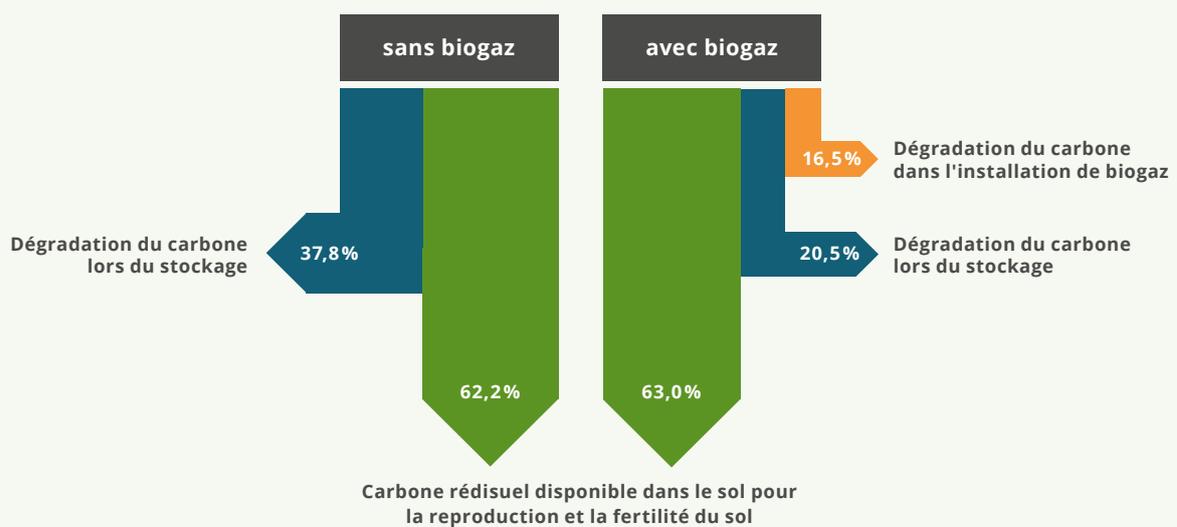


Bon effet humus

Outre les facteurs de production naturels et ceux liés au site et aux pratiques agricoles, la fertilisation a également une influence déterminante sur la formation de l'humus. Les engrais organiques ont également un impact direct et positif sur la teneur en humus car ils fournissent des substances organiques aux organismes du sol, contrairement aux engrais minéraux, et préviennent ainsi les «pénuries de nourriture» dans les sols.²⁰

Comme la teneur en matière sèche joue un rôle important dans l'effet humique, les engrais liquides tels que le lisier méthanisé ou le lisier non méthanisé ont naturellement un effet direct moins important sur la formation de l'humus que les engrais solides tels que le fumier méthanisé ou le fumier. Avec le développement des installations de biogaz et l'épandage accru de produits méthanisés, leur effet humus bénéfique a également gagné en importance. Contrairement à certaines objections – le lisier méthanisé aurait un effet humus plus faible que les produits non méthanisés en raison de sa faible teneur en C – les instituts de recherche agricoles en Allemagne (VDLUFA) par exemple supposent des coefficients de formation d'humus similaires d'environ 6 – 12 kg de C/t de produit méthanisé.²¹ La raison de la formation d'humus comparativement bonne malgré une teneur en C plus faible réside dans le fait que la teneur en carbone restante est stabilisée pendant le processus de méthanisation. Le carbone stabilisé a lui aussi un effet bénéfique considérable sur la formation de l'humus.²² Par exemple, l'effet humus du fumier méthanisé est bien meilleur que celui du fumier.²⁰ De plus, la stabilisation du carbone entraîne une dégradation plus faible du carbone pendant le stockage, voir également la figure 6. Par conséquent, la même quantité de carbone est mise à la disposition des sols. Au final, les produits méthanisés liquides et solides ne sont en aucun cas inférieurs au lisier et au fumier non méthanisé en matière d'effet sur l'humus et contribuent de manière importante à un soutien durable de la formation d'humus et de la fertilité des sols.

Figure 6: Bilan carbone des engrais de ferme avec et sans méthanisation. (Graphique: Ökostrom Schweiz selon Reinhold 1988)



Contribution positive à la protection du climat

L'emploi de lisier méthanisé présente non seulement de nombreux avantages agronomiques directs, mais également des plus-values écologiques qui vont dans le sens d'une agriculture durable. Les produits issus de la méthanisation agricole contribuent activement à la protection du climat.

Dans la pratique agricole courante, le stockage des engrais de ferme a lieu dans des systèmes ouverts ou couverts mais non étanches aux gaz (sites de stockage), dans lesquels des conditions de stockage aérobies prévalent. Le stockage aérobique de lisier et de fumier occasionne des émissions de méthane qui s'échappent librement dans l'atmosphère. Le méthane est 28 fois plus nocif pour le climat que le CO₂. Dans une installation de biogaz, les engrais de ferme sont introduits dans des systèmes de stockage fermés et étanches aux gaz, dans lesquels un processus contrôlé de méthanisation par voie anaérobie a lieu. Le méthane qui en résulte est collecté et valorisé énergétiquement. Par unité de gros bétail (UGB), il est possible d'atteindre une tonne de réduction de CO₂e par an, selon la proportion de lisier et fumier.

Sol vivant

Pour un sol sain et fertile, il est indispensable que la vie du sol soit intacte. Les organismes du sol tels que les vers de terre favorisent une bonne structure et une bonne aération du sol, tandis que d'autres organismes tels que les collemboles et les nématodes ont un effet hygiénique sur les sols en décimant efficacement les champignons nuisibles de type *Fusarium* et leurs toxines.²³ La fertilisation organique augmente l'activité microbienne et assure des ressources alimentaires accrues pour la faune du sol. Cela favorise généralement les animaux du sol par la stimulation de leurs cycles de matières et contribue ainsi à une bonne fertilité des sols.²⁴ Des études réalisées en Allemagne ont montré que la présence de collemboles, d'acariens et de vers de terre, tant au niveau des individus que des espèces, était plus élevée dans les sols fertilisés avec des produits issus de la méthanisation que dans les parcelles avec fertilisation minérale. Par rapport à celles fertilisées au lisier de bovins non traité, les parcelles de biogaz n'ont montré pratiquement aucune différence concernant la vie du sol, ce qui permet de conclure que le lisier méthanisé a un effet aussi attractif sur les organismes présents dans le sol que d'autres engrais organiques.²⁵

Figure 7: Il est prouvé que les produits issus de la méthanisation favorisent d'importants organismes du sol tels que le ver de terre. (Photo: G. Brändle, Agroscope)



Effet sur les éléments nutritifs et le rendement

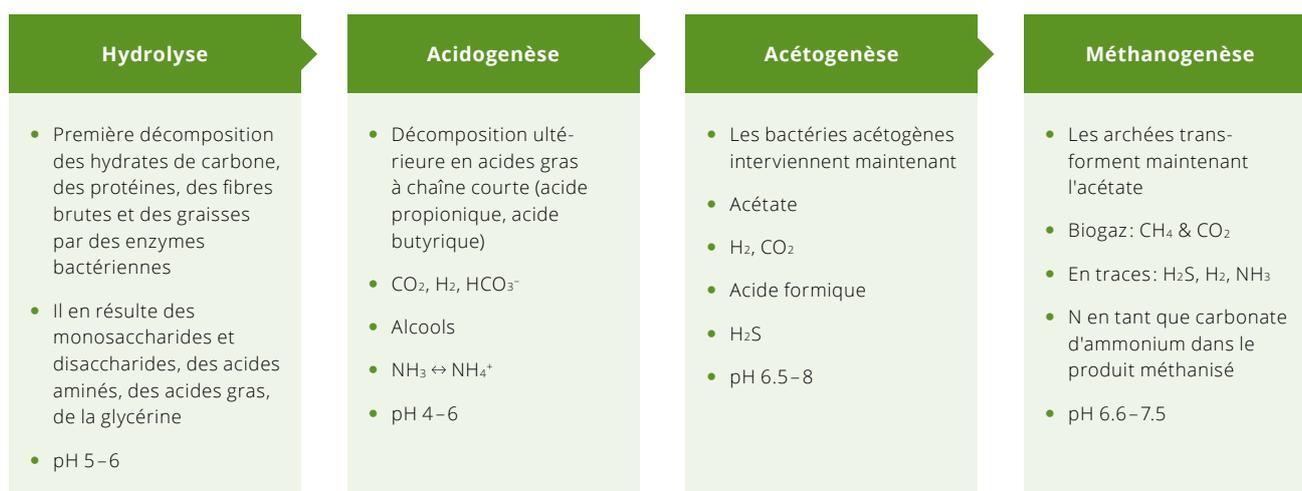
L'effet des éléments nutritifs des produits méthanisés est une question centrale dans la méthanisation des engrais de ferme et leur utilisation. Il a bien été étudié d'un point de vue scientifique.

Effet des éléments nutritifs

Pour le commun des mortels, il n'est pas du tout évident de comprendre pourquoi l'effet des éléments nutritifs des engrais de ferme méthanisés devrait être différent de celui des engrais non méthanisés. Finalement, «seuls» des composés carbonés sont valorisés et éliminés de la biomasse par la récupération de méthane. Que se passe-t-il donc avec les autres nutriments lors de la méthanisation? La figure 8 présente les processus de fermentation de la digestion anaérobie et les principaux métabolites qui en résultent. Il en ressort que la méthanisation donne lieu avant tout à des changements dans les composés azotés. Les composés organiques sont décomposés et l'azote est «libéré».

Dans les deux premiers processus de fermentation anaérobies, l'hydrolyse et l'acidogénèse, les acides aminés sont libérés des composés organiques et décomposés par les bactéries.²⁶ Cela libère l'ammoniac qui réagit avec l'eau et le CO₂ pour former l'ammonium et l'hydrogénocarbonate.²⁷ L'azote ammoniacal est facile à transformer pour les plantes, donc à absorber, et entraîne ainsi un effet rapide de l'azote. La part d'azote ammoniacal dans le produit issu de la méthanisation est un bon indicateur de la disponibilité immédiate de l'azote dans la production végétale. La teneur en azote ammoniacal (NH₄-N) des lisiers méthanisés a été déterminée en Suisse pour les années 2013–2016 avec une médiane de 57%.²⁸ Le lisier méthanisé convient donc comme source d'azote rapidement efficace pour les grandes cultures ou les pâturages ou encore dans la culture de légumes bio où il y a des besoins en engrais organiques à effet rapide.¹⁰ Après la méthanisation, le produit méthanisé contient toujours d'importantes quantités d'azote organique, qui ne sont toutefois minéralisées que très lentement, estimées à 1–3 % par an.⁹

Figure 8: Les quatre processus de la digestion anaérobie et les métabolites importants qui en résultent.
Légende: HCO₃⁻ = hydrogénocarbonate. (Source: Ökostrom Schweiz)



Les produits issus de la méthanisation des installations de biogaz agricole présentent des teneurs moyennes en nutriments comme indiqués dans le figure 9:

Figure 9: Teneurs moyennes en éléments nutritifs des produits issus de la méthanisation provenant d'installations de biogaz agricole en Suisse. Les teneurs en nutriments proviennent d'analyses d'exploitation de la banque de données CVIS de l'Inspectorat suisse du compostage et de la méthanisation (2013 & 2017). MF = matière fraîche

Type de produit		N total	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Lisier méthanisé	kg par t MF	3.8-4.0	1.7-2.4	1.5-1.6	3.8-4.3	0.38-0.40	0.32-0.37
Fumier méthanisé	kg par t MF	6.2	1.1	4.8	5.1	1.2	1.1

La teneur finale en éléments nutritifs des produits issus de la méthanisation dépend naturellement de la composition initiale des substrats. Au total, seules de très faibles quantités d'éléments nutritifs se perdent pendant le processus de méthanisation.⁷ Par exemple, lors d'une étude menée sur presque 60 installations de biogaz, une «perte d'azote» de 12% en moyenne⁷ a été déterminée. Les pertes d'azote peuvent s'expliquer par les pertes d'ammoniac, la sédimentation de particules dans le digesteur, la formation de struvite ainsi que les précipitations.^{7,29} Pour le phosphore et les autres éléments nutritifs, la méthanisation n'a pas un grand impact. La disponibilité de phosphore reste inchangée. Les pertes de phosphore se produisent à une échelle minime (<10%) comme pour l'azote et peuvent également s'expliquer ici par les processus de précipitation ou une sédimentation dans le digesteur.¹⁰ Toutefois, il est important pour la production végétale de savoir ce que contiennent exactement le lisier méthanisé ou le fumier méthanisé. C'est pourquoi les produits issus de la méthanisation sont également soumis à des analyses régulières des éléments nutritifs (voir également chapitre «Conditions-cadres juridiques – Ce que je dois savoir»).

Nutrition des plantes et effet sur le rendement

La disponibilité de l'azote dans le lisier méthanisé est relativement élevée. Le fait que ce soit perceptible dans la croissance des plantes peut être exprimé en équivalents d'engrais minéraux. L'absorption de l'azote par les plantes cultivées par rapport à l'apport d'azote provenant du lisier méthanisé est comparée au taux d'absorption d'azote de la variante avec l'engrais minéral. Un essai sur le terrain a montré que les valeurs d'équivalents d'engrais

minéraux pour le lisier méthanisé (bovin) étaient de 30 à 47%.⁹ Le lisier de bovin non méthanisé présentait des valeurs d'équivalents d'engrais minéraux de 26 à 37%. Trois cultures ont été étudiées: le blé d'automne, le triticale d'automne et le maïs d'ensilage. Le maïs d'ensilage a pu atteindre le taux d'utilisation de l'azote le plus élevé grâce à sa longue période de végétation. Les valeurs ne semblent pas élevées à première vue mais doivent être interprétées comme suit: Pour l'azote issu de la fertilisation minérale un taux d'absorption de près de 100% peut être atteint si le besoin en éléments nutritifs correspond à la quantité apportée. Cependant, sur la quantité totale d'azote fourni par le lisier méthanisé, une partie est organique et une partie inorganique. La majeure partie de l'azote inorganique peut être absorbé par les plantes, mais très peu de l'azote lié organiquement peut être absorbé lors de la période d'apport. Si la plupart des 57% d'ammonium-N est absorbé par exemple, alors l'équivalent d'engrais minéraux est inférieur à 57%. Sur les sols qui ont été fertilisés organiquement pendant de nombreuses années, un apport supplémentaire de N provenant du sol peut être ajouté. D'autres études montrent également un effet de fertilisation azotée amélioré ou équivalent (mesuré en équivalent d'engrais minéraux) pour le lisier méthanisé que le lisier non méthanisé.^{16,30}

En revanche, l'effet de fertilisation est moins rapide pour le fumier méthanisé, similaire à celui du fumier non méthanisé. Bien que le fumier méthanisé contienne beaucoup d'azote ammoniacal, il est moins efficace pour la croissance des plantes l'année de l'épandage que la fraction liquide. Premièrement, le fumier a un pH élevé (9 et plus), ce qui signifie que le risque de pertes d'ammoniac

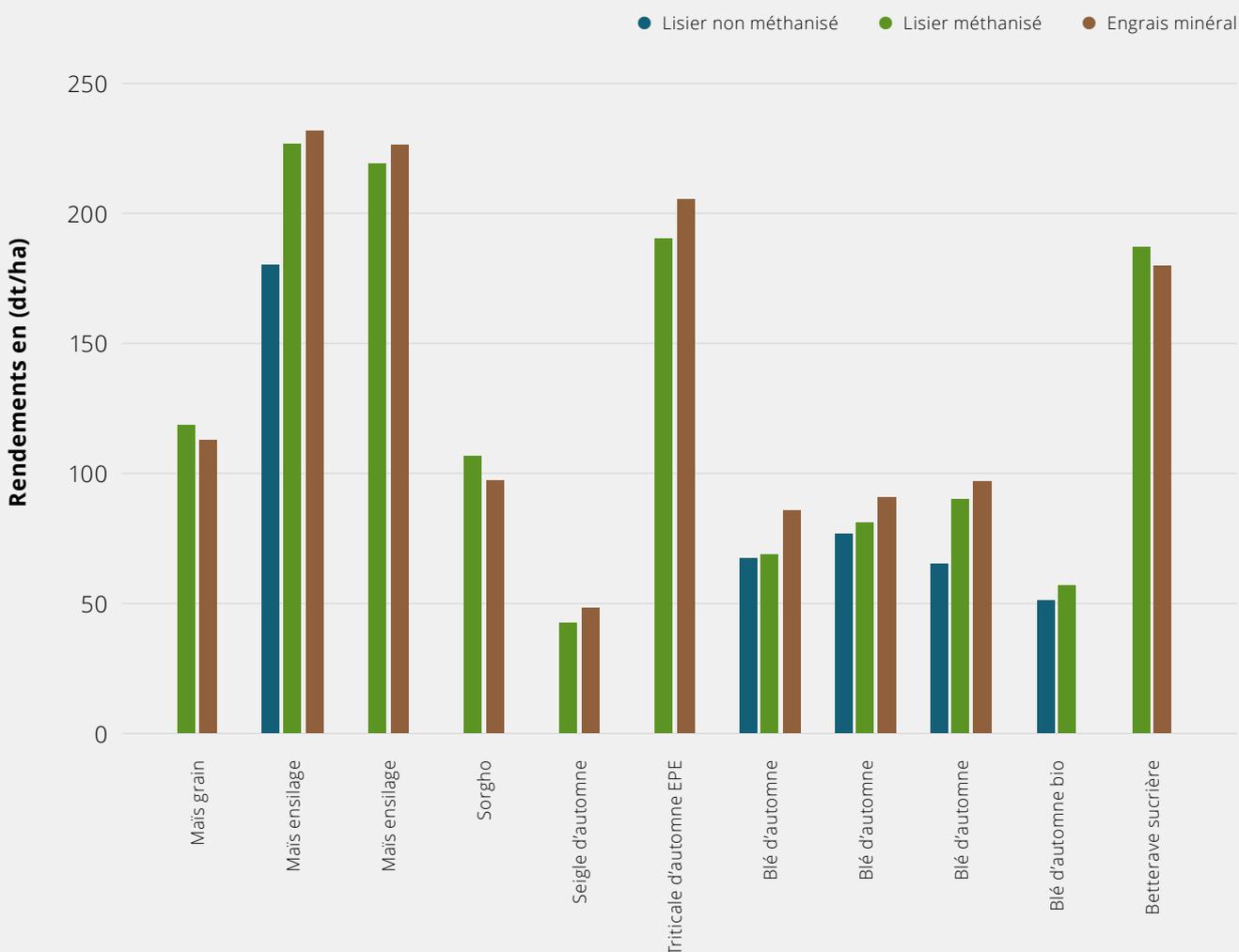
est élevé. En outre, l'immobilisation de l'azote dans le sol peut se produire si la décomposition de la matière organique progresse lentement³¹, c'est pourquoi des recommandations spéciales pour le stockage et l'épandage s'appliquent au fumier (voir le chapitre sur l'épandage). Cependant, le fumier méthanisé a une teneur en phosphore plus élevée que le lisier méthanisé. Il est donc important pour l'apport de matière organique au sol.

En termes de rendement, les essais en plein champ montrent des résultats encourageants:

Avec du lisier méthanisé, de meilleurs rendements peuvent être atteints qu'avec le lisier non méthanisé. Des augmentations de rendements ont été documentées lors d'essais en plein champ avec du blé d'automne^{7,32,33} et du maïs d'ensilage³⁰ (voir figure 10). Dans l'agriculture biologique, des augmentations de rendement de 15 à

28% ont été constatés¹⁰, lorsque les résidus de récoltes et les cultures dérobées étaient incorporés à la méthanisation et donc au pool d'engrais. Par rapport à la fertilisation minérale, le lisier méthanisé peut produire un rendement de 80 à 100%. Des essais en plein champ ont été réalisés principalement pour les céréales d'automne, le maïs d'ensilage et les betteraves sucrières.^{7,30,32,34,35} Les résultats permettent de dire qu'une grande partie du rendement et de la fertilisation minérale peut être couverte par les produits méthanisés. Ainsi, les équivalents d'engrais minéraux et les tests de rendement effectués indiquent que la fertilisation avec les produits méthanisés peut être effectuée selon les besoins. Les résultats des essais sur le terrain montrent qu'une application au printemps de produits méthanisés avec incorporation directe est la solution la plus avantageuse pour leur effet fertilisant.³⁵

Figure 10: Effet sur le rendement avec le lisier méthanisé en comparaison avec le lisier non méthanisé et/ou la fertilisation minérale, étudiée dans divers essais en plein champ (Allemagne, Italie). Les données de rendements sur issues de plusieurs sources.^{7,10,30,32-35} Lorsqu'une culture est mentionnée à plusieurs reprises, le lieu ou la source de l'information est différent. MS = matière sèche; EPE = ensilage plante entière. Lors des essais, des quantités comparables d'azote apporté (N_{tot} et N_{disp}) ont été utilisées.



Portrait de pratique 1: Axé sur utilisation à long terme

«J'ai la preuve noir sur blanc des effets positifs»

L'installation de biogaz sur l'exploitation de Thomas Schnyder à Bösinggen a été construite dans les années 70 et revêt donc d'un caractère pionnier. Depuis lors, l'agriculteur dynamique a toujours fertilisé ses cultures en grande partie avec du lisier méthanisé.

«Avec le lisier méthanisé, nous utilisons un engrais complet qui est très pratique pour la production végétale en raison de ses nombreuses propriétés positives et qui est de plus en plus apprécié et demandé par les agriculteurs», affirme Thomas Schnyder avec conviction. Cet agriculteur, qui est aussi éleveur et engraisseur de porcs, et surtout exploitant passionné d'une installation de biogaz, parle par expérience lorsqu'il décrit les caractéristiques positives des produits méthanisés.

Tout commence déjà par un épandage sans problème. La fluidité du lisier méthanisé est bien meilleure que celle des engrais de ferme traditionnels. De plus, il n'y a pratiquement pas de séparation. La teneur élevée en ammonium assure une meilleure disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes et a donc des effets positifs sur les rendements. Par ailleurs, le lisier méthanisé possède toutes les propriétés des engrais organiques qui augmentent la fertilité des sols. «Contrairement au lisier non méthanisé, la teneur plus élevée en composés carbonés, avec une résistance à la dégradation nettement meilleure, est particulièrement remarquable. Cela signifie que le carbone résiduel du lisier méthanisé n'est pas converti trop rapidement et peut donc avoir un effet sur le plus long terme sur les sols», remarque Thomas Schnyder. «Cela valorise le lisier méthanisé en ce qui concerne son effet humique. En général, on ne peut pas attendre des engrais liquides qu'ils augmentent considérablement la teneur en humus en les utilisant seuls. La teneur en substances organiques est tout simplement trop faible pour cela».

Les effets positifs à long terme du lisier méthanisé sur les sols peuvent être prouvés sur le papier. Thomas Schnyder fait faire des analyses de sol tous les cinq ans pour vérifier la teneur en humus et en éléments nutritifs de



Figure 11 : Thomas Schnyder exploite une installation de biogaz pionnière et peut s'appuyer sur plus de 40 ans d'expérience dans l'utilisation de produits méthanisés. (Photo : Charlotte Walker, wapico.ch)



Figure 12: Thomas Schnyder récupère le fumier de poulet de 14 exploitations et fournit du lisier méthanisé en échange. Non seulement le processus de méthanisation améliore l'effet de fertilisation, mais en plus il contribue à résoudre le problème des odeurs. (Photo: Ökostrom Schweiz)

ses sols. La teneur en humus a toujours été maintenue dans une plage satisfaisante depuis des décennies. Ce fait est très frappant car l'exploitation de Thomas Schnyder est axée sur les grandes cultures depuis les années septante et depuis lors, pratiquement pas d'engrais organiques solides tels que le fumier ont été employés. Ce sont des conditions plutôt exigeantes en humus qui peuvent être contrecarrées par des produits issus de la méthanisation. Les sols présentent par ailleurs de très bons enrichissements en phosphore, potassium et magnésium. «Les valeurs P et K élevées n'ont pas grand-chose à voir avec l'IBA, mais plutôt avec le fait que des porcs sont élevés dans notre ferme depuis longtemps», ajoute Thomas Schnyder.

Thomas Schnyder constate que les exploitations aux alentours apprécient de plus en plus l'effet du lisier méthanisé. Il compte aujourd'hui parmi ses clients de nombreuses exploitations sans animaux, ainsi qu'un nombre croissant d'exploitations biologiques qui apprécient particulièrement les propriétés hygiénisantes du processus de méthanisation, qui s'attaque à la problématique des mauvaises herbes. La demande augmente, ce qui fait du lisier méthanisé un engrais extrêmement recherché aujourd'hui, qui se raréfie, surtout au printemps. «Dans un avenir proche, cela pourrait augmenter énormément la valeur des produits issus de la méthanisation», affirme Thomas Schnyder, qui ne vend pas son lisier méthanisé actuellement et facture principalement les services d'épandage et de transport à partir de 5 km.

Utilisation dans l'agriculture biologique

L'utilisation du lisier méthanisé dans l'agriculture biologique suisse est de plus en plus répandue et appréciée. Cela est notamment dû au fait que les lisiers méthanisés présentent des avantages majeurs par rapport aux engrais de ferme traditionnels, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre «*Bonnes raisons pour l'utilisation de produits méthanisés*».

Produits issus de la méthanisation en agriculture biologique – un sujet controversé

Malgré les nombreux avantages que les produits méthanisés apportent à l'agriculture biologique, leur utilisation suscite la controverse. Un point délicat largement répandu est, par exemple, le changement des pratiques de fertilisation sous prétexte que les engrais de ferme méthanisés soient similaires aux engrais minéraux. La fumure indirecte des cultures par les engrais de ferme non méthanisés passerait ainsi de plus en plus à l'arrière-plan, ce qui serait contraire au principe de l'agriculture biologique. Alors que l'ordonnance suisse sur l'agriculture biologique ne limite en principe pas directement l'utilisation des lisiers méthanisés, l'association Bio Suisse restreint l'emploi des lisiers méthanisés, de même que celui des engrais de recyclage.

Ce guide vise à fournir une contribution à une discussion objective sur la base de fondements scientifiques.

Restrictions et exigences de l'association Bio Suisse

Les «critères pour céder des engrais de ferme et de recyclage à des exploitations Bio Suisse» sont applicables de manière générale. Cela comprend, entre autres, des restrictions sur les points suivants:

- Au 01.01.2021, les exploitations Bio Suisse ne pourront utiliser que des produits issus de la méthanisation agricole figurant sur la liste des intrants du FiBL.
- Limitation de l'apport d'éléments nutritifs sur les exploitations Bio Suisse par des lisiers méthanisés à un maximum de 50% de leurs besoins en éléments nutritifs selon le Suisse-Bilanz
- Limitation des distances pour la livraison de lisier (ferme bio → installation de biogaz) et la livraison de lisier méthanisé (installation de biogaz → ferme bio) à au maximum 20 km à vol d'oiseau
- Limitation des distances pour la livraison de fumier (ferme bio → installation de biogaz) et la livraison de fumier méthanisé (installation de biogaz → ferme bio) à au maximum 40 km à vol d'oiseau

Les produits issus de la méthanisation doivent répondre aux exigences suivantes:

- Lors de la méthanisation, aucune denrée alimentaire ou fourrage ne peut être utilisé
- Il est interdit d'utiliser des excréments d'animaux nourris avec des OGM pour la méthanisation
- La teneur en matières étrangères doit être réduite à un minimum. Pour le plastique, les valeurs maximales suivantes sont applicables (rapportées à la MS du produit final):
 - Dès le 01.01.2021 : 0,1 %
 - Dès le 01.01.2024 : 0,05 %

Le respect de ces valeurs limites doit être prouvé chaque année au moyen des résultats d'analyse.

Portrait de pratique 2: Axé sur l'agriculture biologique

«Nous n'achetons plus d'engrais du commerce»

Alexandre Peiry exploite une installation de biogaz à Ferpicloz (FR) et s'est également spécialisé dans l'élevage de vaches laitières sur sa ferme bio. Cela fait 8 ans qu'Alexandre Peiry utilise des produits issus de la méthanisation provenant de son installation de biogaz afin de garantir une fertilisation efficace, notamment sur ses surfaces herbagères.

«Chaque année, nous épandons environ 2'800 tonnes de lisier méthanisé non séparé sur nos terres, ce qui représente environ 85 % de la fertilisation totale», selon les calculs d'Alexandre Peiry. La quantité restante est garantie par le lisier non méthanisé, ou le fumier. Cela s'explique notamment par le fait que la capacité de l'installation de biogaz a atteint par moments son maximum.

L'installation de biogaz d'Alexandre Peiry à Ferpicloz produit environ 24'000 tonnes de lisier méthanisé par an. Cela signifie que la grande majorité est renvoyée dans d'autres exploitations agricoles. Rien qu'en 2019, 52 exploitations ont été livrées. Le transport et l'épandage sont effectués par une entreprise de travaux agricoles spécialement mandatée. «L'appréciation du lisier méthanisé est excellente, les agriculteurs sont satisfaits. Globalement, la demande en engrais de ferme augmente», constate Alexandre Peiry.

Pour l'agriculteur bio, les principales caractéristiques positives sont les suivantes: le lisier méthanisé liquide laisse peu de résidus de paille ou de longs brins. Cette «propreté» facilite l'épandage, se réjouit Alexandre Peiry. La grande disponibilité de l'azote signifie qu'il doit épandre moins de lisier au total. Enfin, le voisinage apprécie le fait que les odeurs désagréables soient réduites. «Nous sommes très satisfaits de l'effet des éléments nutritifs, qui nous permet d'éviter d'avoir à acheter de l'engrais du commerce. Pour moi en tant qu'agriculteur bio, c'est un grand avantage car l'engrais biologique du commerce est très cher. Mon exploitation produit selon les directives écologiques de Bio-Suisse depuis 3 ans. Ce qui est

important pour moi en tant qu'agriculteur biologique, c'est l'assimilation rapide de l'azote par les plantes et la destruction des graines de mauvaises herbes pendant la fermentation». Mais pour que les propriétés positives soient pleinement appréciées, l'idéal est de ne pas épandre de grandes quantités de produits méthanisés en une fois et de privilégier des quantités partielles plus petites. «Nous épandons tout avec une rampe à pendilards. Naturellement, nous devons nous méfier de l'humidité et du vent: il s'agit de bonnes pratiques agricoles, comme pour les engrais de ferme non méthanisés», résume Alexandre Peiry.

L'exploitation d'Alexandre Peiry, avec son pourcentage élevé de surfaces herbagères, prouve qu'une fertilisation par le lisier méthanisé est également un excellent choix pour la culture fourragère. Les produits méthanisés auraient un effet positif sur la réduction des plantes à problèmes dans les surfaces herbagères car le lisier méthanisé favorise la densité des zones herbagères et il reste donc moins d'espace pour la croissance des mauvaises herbes. C'est pourquoi l'utilisation de prairies intensives est préférée à celle de prairies extensives. Interrogé au sujet de l'impact sur la qualité du fourrage et sur le rendement, Alexandre Peiry répond: «Dans notre système, nous utilisons principalement de l'ensilage d'herbe. Notre lisier méthanisé est très liquide (environ 5 % de matière sèche) et exempt de paille et de matières solides. Ainsi, il y a moins de résidus de matières sur les plantes qu'avec les engrais de ferme conventionnels. Cela pourrait expliquer la meilleure qualité des fourrages et le nombre plus faible de bactéries d'acide butyrique. De plus, les effets sur les rendements sont positifs, car l'azote des produits issus de la méthanisation est assimilé rapidement, ce qui permet une croissance plus rapide des plantes».

Comme conseil utile, Alexandre Peiry ajoute: «L'expérience a montré qu'il est préférable d'attendre quelques jours après la fauche au lieu d'appliquer directement après la fauche. Ainsi le lisier est bien déposé sous la plante et ne salit pas l'herbe depuis le haut.»



Figure 13: Même en prairie, l'utilisation de lisier méthanisé comme fertilisant est idéale et a un effet positif sur la qualité du fourrage et sur le rendement. (Photo: Ökostrom Schweiz)

Conditions-cadres juridiques - Ce que je dois savoir

Les produits issus de la méthanisation agricole sont soumis à des conditions strictes concernant la manipulation et la distribution. Les principales directives du module 8 du Suisse-Bilanz sont résumées ci-dessous. Dans la première partie, celles qui s'appliquent de la même manière aux utilisateurs et aux exploitants, et dans une deuxième partie, les informations importantes destinées exclusivement aux exploitants d'installations.

Pour les utilisateurs et les exploitants, les règles suivantes s'appliquent:

Analyses régulières portant sur les éléments nutritifs

- Pour les produits liquides issus de la méthanisation (lisier méthanisé, lisier méthanisé séparé): au moins six analyses des éléments nutritifs par an et par produit distribué.
- Pour les produits solides issus de la méthanisation (fumier méthanisé): au moins quatre analyses des éléments nutritifs par an et par produit distribué (trimestriel).

L'organe de contrôle cantonal peut réduire ou augmenter le nombre d'analyses requises.

Détermination de la teneur moyenne en éléments nutritifs

Analyses des éléments nutritifs à prendre en compte pour l'inscription des produits méthanisés dans le bilan entrées et sorties du Suisse-Bilanz:

- Pour les produits liquides issus de la méthanisation (lisier méthanisé, lisier méthanisé séparé): moyenne des six dernières analyses au moins
- Pour les produits solides issus de la méthanisation (fumier méthanisé): moyenne des quatre dernières analyses

Report des produits issus de la méthanisation dans Suisse-Bilanz

Une installation de biogaz agricole fait l'objet d'un bilan d'entrées et de sorties en tant que système autonome au sein de l'exploitation agricole en ce qui concerne le flux d'éléments nutritifs et de matières. L'exploitant inscrit ses propres engrais de ferme placés dans le digesteur comme «cession d'engrais de ferme» dans son Suisse-Bilanz (partie A3). Les produits issus de la méthanisation sont ensuite enregistrés comme des «Apports

par les produits issus de la méthanisation» sur le «Formulaire E pour le calcul des apports par les produits issus de la méthanisation».

Reprise d'engrais de ferme d'installations de biogaz agricole

Dans le Suisse-Bilanz, il est défini que pour la prise en compte correcte des quantités d'azote disponibles dans l'exploitation, la quantité épandue de lisier méthanisé et de lisier méthanisé séparé doit être revue à la hausse avec un facteur de disponibilité de 65% sur la base de la teneur en azote total (voir tableau). Cela représente 5% de plus que pour le lisier non méthanisé. Pour le fumier méthanisé, ce facteur s'élève à 20% de l'azote total. Ce calcul de N_{disp} prend également en compte les apports annuels provenant des composés azotés organiques.

Produit issu de la méthanisation	Formulaire Suisse Bilanz	Disponibilité de l'azote
Reprise de lisier méthanisé	E	$N_{disp} = N_{stock}$ Selon HODUFLU multiplié par 0.65 et corrigé selon la part de terres ouvertes (% TO/SAU) $\times 0.15$
Reprise de lisier méthanisé séparé	E	$N_{disp} = N_{stock}$ Selon HODUFLU multiplié par 0.65 et corrigé selon la part de terres ouvertes (% TO/SAU) $\times 0.15$
Reprise de fumier méthanisé	E	$N_{disp} = N_{stock}$ Selon HODUFLU multiplié par 0.2

Figure 14: Calcul des quantités d'azote disponible dans les produits méthanisés agricoles. (Source: OFAG 2018)

N_{org} Azote organique (N_{org}) = $N_{stock} - N_{soluble}$

N_{stock} Azote total en stock après déduction des pertes d'azote inévitables dans les bâtiments d'élevage et lors du stockage des engrais de ferme

N_{disp} Azote disponible. Pourcentage de l'azote total présent des résidus de récolte, des engrais de ferme, des engrais de recyclage ou des engrais verts qui est disponible à court et moyen terme lorsque le mode d'exploitation est optimal.

Réduction de la prise en compte de l'azote

Pour la prise en compte de l'azote disponible, des corrections pour les repreneurs sont possibles. La correction s'effectue via HODUFLU, car les livraisons sont incluses dans celui-ci.

Le procédé suivant s'applique:

- L'exploitant peut demander une écriture de correction dans HODUFLU auprès du canton pour le lisier méthanisé ou pour le lisier méthanisé séparé des installations de biogaz agricole.
- Le canton effectue une livraison de données corrigées dans HODUFLU: pour le lisier méthanisé et le lisier méthanisé séparé de moins 7,2% max. pour N_{stock}

Cette écriture de correction permet de réduire le solde dans HODUFLU, qui est ensuite reporté dans le Suisse-Bilanz du repreneur.

Pour les exploitants, les informations suivantes sont également importantes

Bilan input/output

Les installations de biogaz sont en principe considérées comme un système indépendant en ce qui concerne les flux d'éléments nutritifs et de matière. Tous les produits et matières importés et exportés (sans oublier les engrais de ferme de l'exploitation) doivent être comptabilisés comme input ou output par un bilan de masse (rapporté à la matière fraîche). Le bilan input/output doit en principe être effectué par toutes les installations de biogaz agricole.

Exception: les installations de biogaz qui importent moins de 20% de matériel d'origine non agricole et qui n'exportent pas de produits issus de la méthanisation ne sont pas obligées d'effectuer un bilan input/output. Il est possible d'enregistrer directement l'ensemble des matières et des produits dans Suisse-Bilanz, formulaire A3 «Reprise et cession d'engrais de ferme».

Obligation d'enregistrement

Tous les exploitants d'installations de biogaz agricole sont tenus de procéder régulièrement aux enregistrements suivants:

- Input: date et quantité de matériel d'origine agricole ou non agricole de sa propre exploitation et importé d'autres exploitations agricoles ou non agricoles.
- Output: date et quantité de produits issus de la méthanisation (y compris les produits issus de la méthanisation utilisés dans sa propre installation).

Exception: les installations de biogaz qui importent moins de 20% de matériel d'origine non agricole et qui n'exportent pas de produits issus de la méthanisation doivent seulement enregistrer les matières importées.

Utilisation de HODUFLU

Il faut au moins saisir dans HODUFLU les quantités des reprises et cessions des produits suivants (selon les exigences dans HODUFLU):

- Toutes les matières importées d'origine agricole, y compris le fumier et le lisier provenant de l'élevage d'animaux de rente d'exploitations non agricoles.
 - Exportation de produits issus de la méthanisation remis directement ou indirectement (par l'intermédiaire de tiers ou du commerce) dans l'agriculture.
- La reprise et la cession des produits restants peuvent être saisies au moyen d'un outil séparé (par ex. liste Excel) et enregistrées en tant que total dans HODUFLU.

Obligation de bilan

Tous les exploitants d'installations de biogaz agricole sont tenus de dresser une fois par an le bilan de N_{stock} et de P_2O_5 ainsi que des quantités de matières et de produits importés et exportés. Le bilan d'autres éléments nutritifs est facultatif.

Exception: les installations de biogaz qui n'exportent pas de produits issus de la méthanisation ne sont pas obligées d'effectuer un bilan.

Les livraisons enregistrées et confirmées dans HODU-FLU sont reportées dans la période correspondante de Suisse-Bilanz. Un déséquilibre qui se produirait éventuellement dans le bilan d'éléments nutritifs de l'installation de biogaz n'est pas reporté dans le Suisse-Bilanz de l'exploitation agricole auquel il se rapporte.

Analyse des produits issus de la méthanisation

Tous les exploitants d'installations de biogaz agricole sont tenus, indépendamment de la quantité, de l'origine et de l'épandage des matières méthanisées, de faire analyser plusieurs fois par an par un laboratoire reconnu au moins la teneur en matière sèche, la matière organique, le pH, N, P_2O_5 , K_2O , Mg, Ca ainsi que la conductibilité électrique.

Exception: cette disposition ne s'applique pas aux installations de biogaz qui n'exportent pas de produits issus de la méthanisation.

Pour les produits issus de la méthanisation, une analyse portant sur les métaux lourds est régulièrement effectuée selon ORRChim.

En raison du débat public actuel, les analyses de matières étrangères deviennent également de plus en plus importantes pour les produits issus de la méthanisation agricole. Comme décrit dans le chapitre «*Utilisation dans l'agriculture biologique*», les analyses de matières étrangères deviendront obligatoires pour les produits issus de la méthanisation auprès de Bio Suisse à partir de 2021. Ökostrom Schweiz effectue des campagnes d'analyse annuelles pour ses membres dans ce domaine depuis 2019.

Ce à quoi je dois veiller lors de l'épandage

Principes juridiques

L'ordonnance révisée sur la protection de l'air (OPair), entrée en vigueur le 12.02.2020, prévoit que les engrais de ferme liquides doivent être épandus sur des surfaces dont la pente ne dépasse pas 18% par des procédés limitant les émissions si ces surfaces sur l'exploitation totalisent 3 hectares ou plus.³⁶

Sont considérés comme des procédés appropriés:

- l'épandage en bande par distributeur avec rampe d'épandage à tuyaux souples ou pendillards, ou encore à tuyaux semi-rigides avec socs ou sabots traînés;
- l'épandage par enfouissement dans des sillons ouverts ou fermés;
- l'épandage avec un déflecteur ou par aspersion sur des surfaces arables, dans la mesure où les engrais de ferme liquides épandus sont incorporés dans le sol en l'espace de quelques heures.

Dans le cadre de la politique agricole 22+, le Conseil fédéral a énoncé dans son message que l'obligation de la rampe d'épandage à tuyaux souples selon Opair devrait être nouvellement intégrée dans les PER. Par conséquent, le système d'incitation appliqué jusqu'à présent deviendra une obligation. Pour les exploitants, il sera donc très important de prendre en compte ces nouvelles circonstances en cas de nouvelle acquisition de tonnes à lisier ainsi que pour le plan de fumure général.

En outre, les bases légales de la fertilisation en Suisse sont réglementées dans l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim). Selon cette ordonnance, aucun engrais contenant de l'azote ne peut en principe être épandu durant la période de repos végétatif (mi-novembre – mi-mars). Sauf si des circonstances particulières de la production végétale l'exigent. Mais même dans ce cas, l'épandage d'engrais liquides est possible uniquement sur des sols aptes à les absorber et à les retenir.³⁷

Figure 15: Epandage avec rampe à socs. (Photo: Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz)



Risques possibles de pertes d'azote

En général, lors de l'épandage de lisier méthanisé, des principes similaires à celui de lisier non méthanisé s'appliquent. Il existe toutefois un certain nombre de particularités à prendre en considération lors de l'utilisation de lisier méthanisé. Pendant le processus de méthanisation des engrais de ferme et des co-substrats, la part d'azote ammoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$), qui est directement disponible pour les plantes, augmente. En même temps, cela entraîne une augmentation de la valeur du pH dans une plage proche de 8.²⁸

Des teneurs en ammonium plus élevées associées à des valeurs de pH autour de 8 peuvent augmenter consi-

dérablement le risque de pertes gazeuses d'azote sous la forme d'ammoniac en cas d'épandage inadéquat. En principe, les pertes d'éléments nutritifs peuvent en grande partie être évitées par une bonne pratique agricole.

Technique d'épandage et incorporation

Moins les pertes d'azote passent par l'air et le sol, plus l'effet des éléments nutritifs des produits méthanisés est important. Lors de l'épandage de lisier méthanisé, il peut y avoir plus d'émissions d'ammoniac que pour le lisier non traité en cas d'imprudence. Pour éviter cela, la technique d'épandage et la durée entre l'épandage et l'incorporation³⁸ jouent un rôle impor-

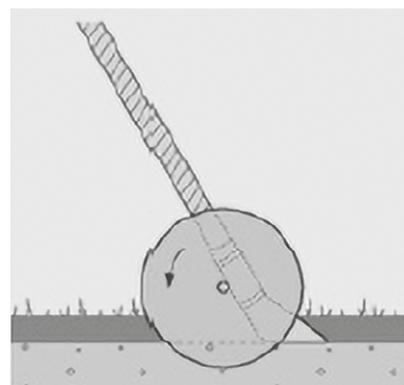
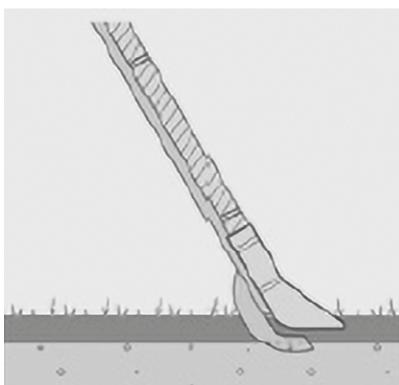
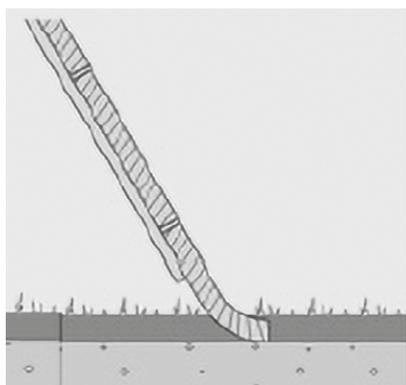
Rampe d'épandage à tuyaux souples ou pendillards

Contrairement aux techniques d'épandage mentionnées précédemment, l'épandage à tuyaux souples permet d'appliquer les engrais liquides sur la surface du sol. Par rapport aux distributeurs larges (déflecteurs), les rampes d'épandage à tuyaux souples peuvent réduire les émissions d'ammoniac de 50%.³⁹ Compte tenu des risques de pertes d'azote mentionnés au début, le lisier méthanisé doit toutefois être incorporé mécaniquement sur des sols non recouverts après l'épandage au moyen de tuyaux souples. Dans le meilleur des cas, l'incorporation a lieu immédiatement après l'épandage. Des études sur la culture du maïs ensilage ont démontré que jusqu'à 50 kg d'azote total par hectare sous la forme de lisier méthanisé étaient nécessaires pour compenser les baisses de rendement qui se produisent en cas d'incorporation après 24 h par rapport à une incorporation après 1 h.⁹ Pour l'incorporation, les outils suivants conviennent : matériels de déchaumage, déchaumeurs, diverses herse et fraiseuses ainsi que des dispositifs combinés.

Rampe d'épandage à socs et enfouisseur à lisier

Pour une fertilisation des cultures en ligne ou sur des surfaces herbagères, la rampe d'épandage à socs ou l'enfouisseur à lisier sont particulièrement adaptés. Concernant l'épandage à socs, une pression est exercée sur le sol par un ressort en acier. Les patins sur la partie inférieure des sabots permettent de briser légèrement le sol, ce qui favorise l'infiltration du lisier méthanisé.⁹ Concernant l'injection du lisier, une paire de disques incurvés pratique un sillon de 5 cm de profondeur dans le sol, dans lequel le produit méthanisé liquide est ensuite incorporé par des orifices spécialement formés. C'est pourquoi on l'appelle aussi « épandage par enfouissement ».

Figure 16: De gauche à droite: rampe d'épandage à pendillards, rampe d'épandage à socs, enfouisseur à lisier. (Source: recherche agronomique 2017)



tant. Les techniques qui apportent l'azote issu du lisier méthanisé dans le sol en fonction des besoins sont déterminantes.

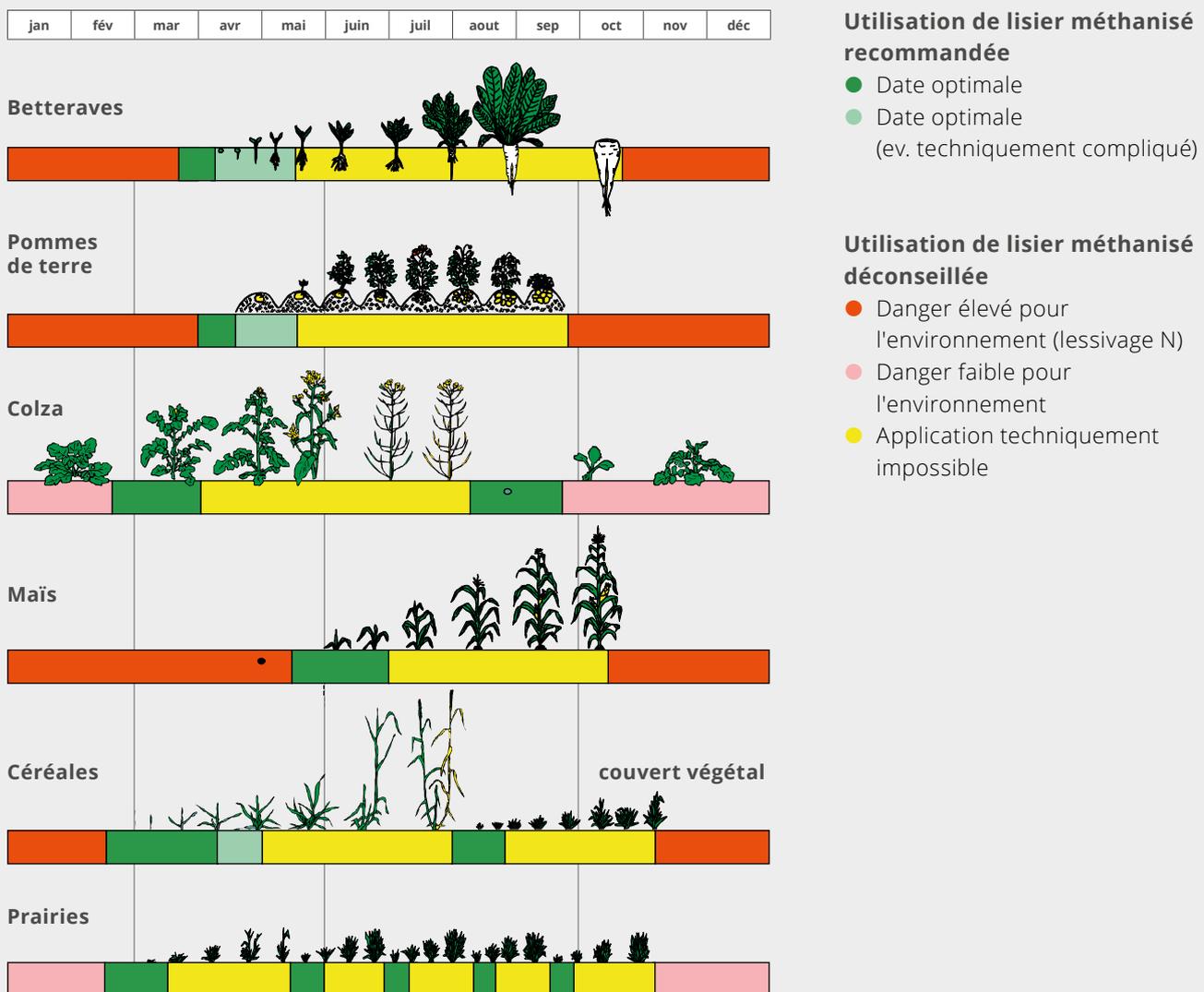
Le moment idéal

Le lisier méthanisé liquide se caractérise par un très bon effet fertilisant et une très bonne phytodisponibilité grâce aux teneurs en ammonium élevées.⁸ Il est donc crucial d'adapter l'épandage du lisier méthanisé aux besoins des plantes. Plus les teneurs en éléments

nutritifs du substrat méthanisé sont élevées, plus le lisier méthanisé est adapté à un épandage de printemps. À cette époque, les plantes cultivées, par exemple les céréales d'hiver, ont des besoins en éléments nutritifs relativement élevés.⁴⁰

L'efficacité de l'utilisation d'engrais avec le lisier méthanisé dépend donc non seulement de la technique d'épandage, mais aussi dans une large mesure de l'adaptation aux besoins en éléments nutritifs d'une plante cultivée.

Figure 17: Périodes d'épandage du lisier méthanisé (Graphique: Recherche agronomique 16/2009, principes de la fertilisation des cultures agricole en Suisse, Agroscope)



Aspects météorologiques et protection des sols

Outre les possibilités agronomiques qui empêchent les pertes d'azote et maximisent l'effet fertilisant des produits issus de la méthanisation, les conditions météorologiques favorables constituent un aspect important à prendre en compte lors de l'épandage. Ainsi, des températures fraîches associées à une humidité élevée peuvent réduire considérablement les pertes d'ammoniac, jusqu'à 50%. Des conditions sans vent font en sorte qu'il n'y ait pas de transport de neige par l'air. Les précipitations ultérieures réduisent également les pertes gazeuses d'ammoniac. Mais cela doit inciter à la prudence car de fortes précipitations augmentent le risque de ruissellement des engrais organiques dans les eaux de surface ainsi que le lessivage.⁴¹

Étant donné que des machines plus lourdes sont généralement utilisées par les techniques d'épandage diminuant les émissions polluantes, il faut veiller davantage à une protection durable des sols. Il est possible de contrer le danger dû au tassement par diverses mesures techniques :

- baisse de la pression des pneus
- bon choix de pneus → si possible roues jumelées
- voies de passage permanentes (Controlled Traffic Farming)
- tuyaux provenant d'un récipient sous pression en bordure de champ

Au-delà des possibilités techniques, le choix du bon moment est déterminant concernant la praticabilité. Le programme en ligne Terranimo est une bonne aide à la décision, il est disponible gratuitement et calcule le risque actuel de tassement du sol par une simulation.

Figure 18: Le passage de tuyaux provenant d'un récipient sous pression en bordure de champ agit contre le tassement du sol. (Photo: Thomas Schnyder)



Portrait de pratique 3: Axé sur la commercialisation

Commercialisation de produits méthanisés

Peter Wyss, agriculteur et propriétaire de l'entreprise de travaux agricoles «Wyss-Ittigen», exploite une installation de biogaz depuis 2005 et commercialise depuis cette date les produits méthanisés qui en résultent de manière extrêmement innovante en tant qu'engrais organiques de haute qualité.

«L'innovation commence dans la tête», déclare Peter Wyss et fait référence au travail de persuasion à mener pour convaincre les acheteurs de produits méthanisés que ceux-ci ont une valeur en tant qu'engrais complets de haute qualité et qu'ils doivent donc représenter un coût. «Le lisier méthanisé est un produit fertilisant naturel de haute qualité, contenant tous les macronutriments/micronutriments et oligoéléments importants ainsi que de la matière organique. Son action est très rapide car l'azote est présent sous forme d'ammonium et n'est donc pratiquement pas lessivé. De plus, les teneurs en éléments nutritifs du lisier méthanisé peuvent très bien être complétées selon les besoins».

Mais le marketing à lui seul ne suffit pas pour pouvoir commercialiser des produits méthanisés au juste prix. «Mon service comprend la livraison, des conseils concernant la bonne méthode d'épandage, l'épandage et le produit adapté à la demande du client – le lisier méthanisé», explique Peter Wyss en décrivant l'ensemble de son offre. L'élément central est une offre de produits fertilisants organiques, propres et de haute qualité, dans la mesure du possible exempts de microplastiques. Selon lui, c'est le seul moyen de fixer le prix des produits méthanisés. En ce qui concerne l'épandage, nous avons une offre complète, notamment des rampes d'épandage à pendillards, des cultivateurs à lisier ou des enfouisseurs. De plus, le lisier méthanisé est séparé et valorisé si besoin avec des additifs de soufre, de l'ammonium ou des inhibiteurs de nitrification. L'objectif est donc de pouvoir proposer aux exploitations agricoles une sélection de produits et de services aussi diversifiée que possible. L'année dernière, l'entrepreneur a effectué 1'080 notifications et transferts d'engrais de ferme via HODUFLU.



Figure 19: Peter Wyss propose à ses clients une large gamme de fertilisants organiques de haute qualité, combinés à des techniques d'épandage innovantes. (Photo: EWB)

Peter Wyss fixe le prix de ses produits méthanisés en fonction des teneurs en éléments nutritifs correspondantes. Le prix de l'engrais du commerce contenant la même quantité d'éléments nutritifs est utilisé comme point de départ. Mais le client n'est facturé qu'à moitié. «En principe, 50% du prix reste chez le fournisseur (l'exploitant d'installation) et l'agriculteur reçoit les 50% restants. Un système gagnant-gagnant». Les teneurs en éléments nutritifs correspondantes et les prix actuels des produits méthanisés sont notamment indiqués de manière transparente dans des brochures.

Peter Wyss est convaincu: «Le potentiel du marché futur est énorme et le prix va augmenter. Il sera donc d'autant plus important pour la branche de se professionnaliser davantage concernant la commercialisation et la promotion des produits méthanisés».

Bibliographie

- 1 Kaufmann U. Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Ausgabe 2018. Bern, Schweiz: Eicher + Pauli AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie; 2019.
- 2 Bayerisches Landesamt für Umwelt. Bestimmung von Geruchsemissionen an Biogasanlagen. Emissionen von Silagen und Biogasmotoren. Augsburg, Deutschland; 2014.
- 3 DLG. Gärreste im Ackerbau effizient nutzen. Frankfurt am Main, Deutschland: Fachzentrum Landwirtschaft; 2017. DLG-Merkblatt 397.
- 4 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Deutsches BiomasseForschungsZentrum, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, und Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (eds.). Leitfaden Biogas: von der Gewinnung zur Nutzung. 7. Auflage. Rostock: Druckerei Weidner; 2016.
- 5 Hjorth M, Nielsen AM, Nyord T, Hansen MN, Nissen P, and Sommer SG. Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agron Sustain Dev* 29:329–338 (2009).
- 6 St-Pierre B and Wright A-DG. Implications from distinct sulfate-reducing bacteria populations between cattle manure and digestate in the elucidation of H₂S production during anaerobic digestion of animal slurry. *Appl Microbiol Biotechnol* 101:5543–5556 (2017).
- 7 Reinhold G and Zorn W. Eigenschaften von Gärresten und deren Wirkung auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Berlin, Deutschland; 2015.
- 8 Reinhold G, Riedel R, Zorn W, and König V. Eigenschaften von Biogasgülle. Jena, Deutschland: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 9 LfL Bayern. Biogasgärreste. Einsatz von Gärresten aus der Biogasproduktion als Düngemittel. Freising-Weißenstephan, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2013.
- 10 Möller K and Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: a review. *Eng Life Sci* 12:242–257 (2012).
- 11 Nkoa R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agron Sustain Dev* Springer; 34:473–492 (2014).
- 12 Richner W. and Sinaj S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Agroscope; 2017. Agrarforschung Schweiz 8(6).
- 13 Pötsch EM, Pfundtner E, Resch R, and Much P. Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärückständen aus Biogasanlagen. *Biogasproduktion – alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft* Irdning, Österreich; 2004.
- 14 Gansberger M, Weinhappel, Ma, and Brandstetter A. Unkrautsamen werden in Biogasanlagen abgetötet. *Landwirtschaft* :14 (2009).
- 15 Fuchs J. Studie zur Persistenz von Erdmandelgras (*Cyperus esculentus*) und Japanknöterich (*Reynoutria japonica*) in Kompostierungs- und Vergärungsprozessen. Frick, Schweiz: FiBL; 2017.
- 16 Mokry M. Gärreste nachhaltig in der Pflanzenproduktion nutzen. 4. Wintertagung Ökologischer Landbau Ba-Wü. landinfo 1/2011.
- 17 Philipp W. Seuchen- und umwelthygienische Aspekte von Biogasanlagen und Gärresten. Thüringer Referentennachmittag. 2012.
- 18 Fuchs J. Abschätzung des hygienischen Risikos im Zusammenhang mit der Anwendung von flüssigem Gärgut in der Schweiz. Frick, Schweiz: FiBL; 2014.
- 19 Fuchs J. Hygienische Qualität von schweizerischem flüssigem Gärgut und daraus abgeleitete Anwendungsempfehlungen. *compostmagazine* 1 (2015).
- 20 Zihlmann U, Weisskopf P, Chervet A, and Seitz B. Humus in Ackerböden – vermehren statt verzehren. Lindau, Schweiz: Agridea; 2019.

- 21 VDLUFA. Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Bonn, Deutschland: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; 2004.
- 22 Nielsen K. Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beim Einsatz von Gärprodukten aus Biogasanlagen. Berlin, Deutschland: Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP); 2018.
- 23 Schrader S, Wolfarth F, Oldenburg E, and Brunotte J. Förderung der Bodengesundheit. Bodentiere dezimieren Schadpilze und ihre Toxine. Braunschweig, Deutschland: Julius Kühn-Institut; Johann Heinrich von Thünen-Institut; 2014.
- 24 Butz-Strazny F and Ehrensberger R. Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Mesostigmata (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze) im Ackerboden. *Bodenmesofauna Naturschutz* :220–249 (1993).
- 25 Burmeister J, Walter R, and Fritz M. Auswirkung der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere. Freising, Deutschland: ALB Bayern e.V.; 2014.
- 26 Fachverband Biogas e.V. Düngen mit Gärprodukten. 2018.
- 27 Hecht M. Die Bedeutung des Carbonat-Puffersystems für die Stabilität des Gärprozesses landwirtschaftlicher Biogasanlagen. [Bonn, Deutschland]: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität; 2008.
- 28 Jarosch K, Richner W, and Mayer J. Stickstoffausnutzungseffizienz von Biogasgülle. *Agrarforschung Schweiz* 9:76–81 (2018).
- 29 Möller K. Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agron Sustain Dev* 35:1021–1041 (2015).
- 30 Cavalli D, Cabassi G, Borrelli L, Fucella R, Degano L, Bechini L, and Marino P. Nitrogen fertiliser value of digested dairy cow slurry, its liquid and solid fractions, and of dairy cow slurry. *Ital J Agron* 9 (2014).
- 31 Abächerli F, Baier U, Berner F, Bosshard C, Fuchs J, Galli U, Gfeller H, Leuenberger R, Mayer J, Pfaffen P, Schleiss K, Trachsel D, and Wellinger A. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz; 2010.
- 32 Wendland M, Aigner K, Offenberger K, and Lichti F. Biogasdüngungsversuch zu Winterweizen mit Kornnutzung (Versuch 549). Freising, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 33 Haag J and Fritz M. Optimierter Gärrest-Einsatz in Energiepflanzenfruchtfolgen – Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben EVA. Berlin, Deutschland; 2015.
- 34 Matuschek D, Knieke J, and Hoffmann A. Düngung mit Gärresten zu Wintergetreide, Winterraps und Zuckerrüben. Landwirtschaftskammer Niedersachsen; 2012.
- 35 Möller K. Düngewirkung von Gärresten – Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Northeim, Deutschland; 2014.
- 36 Conseil fédéral suisse. Ordonnance sur la protection de l'air. OPair 2020.
- 37 Amt für Landwirtschaft und Natur. *Ausbringung von Gülle und Mist im Winter. Checkliste.*; AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; ALN Amt für Landschaft und Natur; Staatsanwaltschaften des Kantons Zürich; Kantonspolizei Zürich; Zürcher Bauernverband; 2015.
- 38 Möller K and Stinner W. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *Eur J Agron Elsevier*; 30:1–16 (2009).
- 39 Häni C, Sintermann J, Kupper T, Jocher M, and Neftel A. Ammonia emission after slurry application to grassland in Switzerland. *Atmos Environ Elsevier*; 125:92–99 (2016).
- 40 LfL. Düngung mit Biogasgärresten. Effektiv – umweltfreundlich – bodenschonend. Weichering, Deutschland: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; 2012.
- 41 Schoop J and Fischler M. Emissionsmindernde Ausbringverfahren. Lindau, Schweiz: Agridea; 2020.

Liste des figures

Figure 1	Les avantages des produits méthanisés sont scientifiquement prouvés. (Photo: Ökostrom Schweiz)	4
Figure 2	Schéma d'une installation de biogaz agricole. (Source: Ökostrom Schweiz)	5
Figure 3	Composition moyenne du substrat d'une installation de biogaz agricole – état 2019. (Source: Ökostrom Schweiz)	6
Figure 4	Le lisier méthanisé est simple d'utilisation. (Photo: Ökostrom Schweiz)	8
Figure 5	Les rhizomes du souchet comestible sont complètement détruits dans les installations de biogaz. (Photo: Agroscope)	9
Figure 6	Bilan carbone des engrais de ferme avec et sans méthanisation. (Graphique: Ökostrom Schweiz selon Reinhold 1988)	10
Figure 7	Il est prouvé que les produits issus de la méthanisation favorisent d'importants organismes du sol tels que le ver de terre. (Photo: G. Brändle, Agroscope)	11
Figure 8	Les quatre processus de la digestion anaérobie et les métabolites importants qui en résultent. (Source: Ökostrom Schweiz)	12
Figure 9	Teneurs moyennes en éléments nutritifs des produits issus de la méthanisation provenant d'installations de biogaz agricole en Suisse. (plusieurs sources)	13
Figure 10	Effets sur le rendements du lisier méthanisé comparé au lisier non méthanisé et/ou la fertilisation minérale dans plusieurs cultures, étudié lors d'essais en plein champ (Allemagne, Italie). (Plusieurs sources)	14
Figure 11	Thomas Schnyder exploite une installation de biogaz pionnière et peut s'appuyer sur plus de 40 ans d'expérience dans l'utilisation de produits méthanisés. (Photo: Charlotte Walker, wapico.ch)	15
Figure 12	Thomas Schnyder récupère le fumier de poulet de 14 exploitations et fournit du lisier méthanisé en échange. Non seulement le processus de méthanisation améliore l'effet de fertilisation, mais en plus il contribue à résoudre le problème des odeurs. (Photo: Ökostrom Schweiz)	16
Figure 13	Même en prairie, l'utilisation de lisier méthanisé comme fertilisant est idéale et a un effet positif sur la qualité du fourrage et sur le rendement. (Photo: Ökostrom Schweiz)	19
Figure 14	Calcul des quantités d'azote disponible dans les produits méthanisés agricoles (Source: Module complémentaire 8 du Suisse-Bilanz, version 1.3 décembre 2018)	20
Figure 15	Epandage avec rampe à socs. (Photo: Thomas Schnyder, Ökostrom Schweiz)	23
Figure 16	Rampe d'épandage à pendillards, rampe d'épandage à socs, enfouisseur à lisier. (Source: recherche agronomique 2017)	24
Figure 17	Périodes d'épandage du lisier méthanisé (Graphique: Recherche agronomique 16/2009, principes de la fertilisation des cultures agricole en Suisse, Agroscope)	25
Figure 18	Le passage de tuyaux provenant d'un récipient sous pression en bordure de champ agit contre le tassement du sol. (Photo: Thomas Schnyder)	26
Figure 19	Peter Wyss propose à ses clients une large gamme de fertilisants organiques de haute qualité, combinés à des techniques d'épandage innovantes. (Photo: EWB)	27

Glossaire

Ca	Calcium
CCF	Couplage chaleur-force
CH₄	Méthane
CO₂	Dioxyde de carbone
dt	Décitonne, quintal
EEM	Équivalent engrais minéral
EPE	Ensilage de plante entière
GWh	Gigawatt-heure(s)
H₂	Hydrogène
H₂S	Sulfure d'hydrogène
ha	Hectare(s)
HODUFLU	«Flux d'engrais de ferme» → Programme internet de l'Office fédéral de l'agriculture
K	Potassium
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-heure
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Office bavarois de l'agriculture)
MF	Matière fraîche
MS	Matière sèche
N_{disp}	Azote disponible (moyen terme)
NH₃	Ammoniac
NH₄⁺-N	Azote ammoniacal
N_{org}	Substances azotées organiques
N_{soluble}	Azote soluble ≙ azote immédiatement disponible pour les plantes (nitrate (NO ₃ ⁻))
N_{stock}	Azote total au stock
OEng	Ordonnance sur les engrais
OFAG	Office fédéral de l'agriculture
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OPair	Ordonnance sur la protection de l'air
ORRChim	Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques
P₂O₅	Pentoxyde de phosphore
PER	Prestations écologiques requises
pH	Valeur de pH (<i>pondus Hydrogenii</i> ≙ mesure de la concentration d'hydrogène)
PRIF	Principes de la fertilisation des cultures agricoles en Suisse



Ökostrom Schweiz

Fachverband landwirtschaftliches Biogas
Association faitière des biogaz agricoles

Ökostrom Schweiz
Technoparkstrasse 2
8406 Winterthur

info@oekostromschweiz.ch
www.oekostromschweiz.ch