

Agriculture & Environnement

Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie



ADEME

Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Mieux valoriser les déjections animales

POUR FERTILISER ET PRODUIRE DE L'ÉNERGIE

- Bilan technique et environnemental
- État des lieux en France
- Principaux impacts environnementaux
- Le choix des agriculteurs

■ L'ESSENTIEL

Les déjections animales maîtrisables constitueraient en France une ressource de près de 180 millions de tonnes (Mt) de matière brute riche en azote (0,9 Mt) et autres nutriments (phosphore...). L'amélioration de leur gestion est aujourd'hui un enjeu environnemental et économique majeur des élevages. Des techniques existent pour que cette gestion s'accompagne d'une meilleure valorisation des effluents dans la fertilisation des cultures et la production d'énergie renouvelable.

Les filières bovines, porcines et avicoles produisent la quasi-totalité des déjections à l'échelle nationale. Elles représentent près de 19 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur agricole français en 2010, émises sous forme de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O). Outre les pertes vers l'eau de nitrate (NO_3^-), en moyenne 25 % de l'azote excrété par les animaux au bâtiment se volatilise sous forme d'ammoniac (NH_3), engendrant pollution atmosphérique et pertes pour la fertilisation des cultures. Le principal enjeu de l'optimisation de la gestion des effluents d'élevage est de limiter

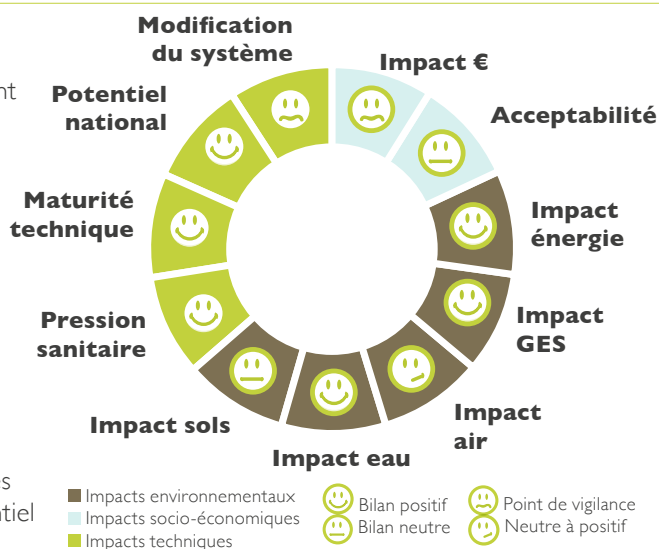
les pertes vers l'environnement, de manière à optimiser le retour au sol des éléments nutritifs et ainsi préserver la qualité biologique et physique des sols. Ce document présente une sélection non exhaustive de leviers d'actions tout au long de la chaîne de gestion des effluents, du bâtiment à l'épandage. Un focus est fait sur la méthanisation agricole et la technique de compostage des effluents d'élevage, pratiques soutenues par l'ADEME. Les actions présentées portent sur la gestion des effluents produits, mais il est aussi judicieux pour l'environnement de contrôler les quantités excrétées au bâtiment¹.

¹ Voir documents, « Optimisation de l'alimentation » et « Prairies ».

■ BILAN TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

□ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

- 😊 **Énergie:** La méthanisation agricole représenterait un gisement énergétique estimé à 6 Mtep primaires en 2030, dont 30 % produits par les effluents, avec l'hypothèse de 600 à 680 unités installées/an. Une meilleure valorisation des effluents d'élevage dans la fertilisation des cultures peut s'accompagner d'économie en engrais azotés de synthèse dont la production est consommatrice d'énergie fossile.
- 😊 **Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France:** Les effluents d'élevage sont à l'origine d'émissions de CH₄ et de N₂O. D'après l'Inra, leur méthanisation, associée à une évacuation rapide du bâtiment, permettrait une atténuation de l'ordre de 5,8 Mt CO₂ éq./an à l'horizon 2030. Les connaissances insuffisantes sur le niveau des fuites de méthane générées par l'installation rendent ce potentiel encore incertain.
- 😊 **Qualité de l'eau:** La méthanisation ainsi que le compostage peuvent faciliter la valorisation agronomique des effluents et réduire les fuites d'éléments (phosphore et nitrate), sous réserve d'une gestion appropriée. Avec d'autres traitements comme la séparation de phase et le séchage, ces pratiques peuvent aussi faciliter l'exportation des effluents hors des zones en excédent.
- 😊 **Qualité de l'air:** Les effluents d'élevage sont à l'origine de près de 75 % des émissions nationales d'NH₃. La méthanisation rend l'azote des effluents plus sensible à la volatilisation. Des pertes d'azote importantes ont lieu au compostage, notamment sous forme d'ammoniac. Des techniques de réduction des émissions sont efficaces au bâtiment (ex. : traitement de l'air, évacuation rapide), mais elles supposent la mise en œuvre de bonnes pratiques au stockage et à l'épandage pour limiter les transferts de pollution. Le bâchage des tas de fumier et la couverture des fosses à lisier ainsi que des pratiques d'épandage adaptées peuvent **réduire les émissions d'ammoniac de 30 à 90 %** sur les postes considérés.
- 😊 **Qualité des sols:** Le compostage accroît la valeur amendante des effluents. Méthanisation et compostage dégradent une partie des contaminants organiques pouvant se trouver dans les effluents. Les impacts des produits de dégradation sont encore peu connus. Les effluents sont une des principales sources de cuivre et de zinc dans les sols agricoles. La réduction des flux passe par le raisonnement de l'alimentation animale et du plan de fumure.



□ IMPACTS TECHNIQUES

- 😊 **Modification du système :** Méthanisation et compostage à la ferme constituent de nouvelles activités de l'exploitation. À la ferme, cela demande de nouvelles compétences aux éleveurs. La méthanisation nécessite une réflexion approfondie sur son intégration dans l'exploitation. Les différentes mesures modifient la composition des effluents à épandre. Cela doit être pris en compte dans la gestion de la fertilisation des cultures et dans le plan d'épandage.
- 😊 **Pression sanitaire:** Méthanisation et compostage hygiénisent en partie les effluents traités.

□ IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

- 😊 **Impact économique:** Les investissements sont souvent importants, en particulier pour la méthanisation. Les produits et services fournis par la méthanisation et le compostage sont valorisables. La composition des digestats de méthanisation est très variable selon les substrats utilisés. Des études sont en cours pour mieux les caractériser, en vue de les faire passer du statut de déchets à celui de produits.
- 😊 **Acceptabilité:** Le premier frein à l'adoption de ces mesures est le niveau d'investissement et la charge de travail. L'accompagnement technique est par ailleurs crucial en méthanisation. La plupart des techniques présentées réduisent les odeurs.

□ POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT ET LIMITES

- 😊 **Potentiel de développement national:** Tout élevage bovin, porcin ou avicole peut mettre en place tout ou partie de ces mesures. Les chiffres proposés par Pellerin et al. (2013) pour la méthanisation correspondent à 25 % des élevages bovins et porcins de plus de 140 unités de gros bétail (UGB) équipés en 2030, soit 12 200 exploitations.
- 😊 **Maturité technique:** Bonne. Existence de nombreux guides pratiques, voir les références en fin de document.
C'est l'ensemble de la chaîne alimentation-bâtiment-collecte-stockage-épandage qu'il faut maîtriser, les risques de transfert d'azote entre postes et entre molécules (ammoniac, nitrate, protoxyde d'azote) étant importants.

■ ÉTAT DES LIEUX EN FRANCE

La gestion des effluents doit être considérée comme une chaîne d'étapes successives, depuis l'alimentation des animaux jusqu'à l'épandage (voir schéma ci-dessous). De nombreux procédés de traitement des effluents existent. Selon les études, la méthanisation et le compostage ressortent comme particulièrement intéressants du point de vue de l'énergie, de la qualité des sols et/ou de la réduction des émissions de GES.

① Au bâtiment, lieu de production des déjections

Afin de limiter les pertes d'azote sous forme ammoniacale, différentes techniques existent selon le mode de logement des animaux, par exemple l'évacuation rapide des déjections vers les ouvrages de stockage adaptés (réduit les échanges gazeux dans le bâtiment) ou encore le piégeage de l'ammoniac (*stripping*, lavage d'air).

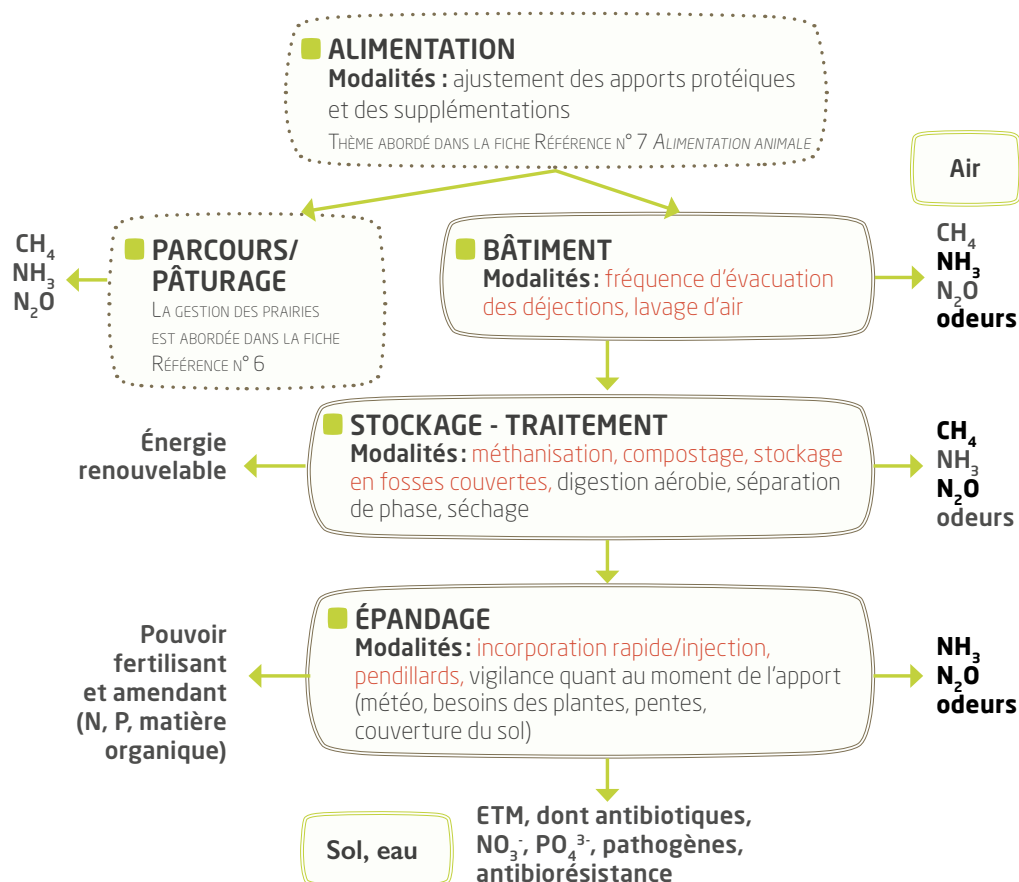


Du quart à la moitié des émissions d'ammoniac sont générées au bâtiment, toutes espèces confondues.

Enjeu : Les techniques applicables au bâtiment sont pour l'heure très peu mises en œuvre : en 2008, de l'ordre de 5 % des bâtiments d'élevage porcin étaient équipés pour

traiter l'air, et très peu le sont pour évacuer les déjections quotidiennement (procédés mécaniques et hydrauliques).

■ LA CHAÎNE DE GESTION DES DÉJECTIONS ANIMALES ET DES IMPACTS ASSOCIÉS



En rouge figurent les mesures traitées dans le présent document. En regard de chaque poste, se trouvent les impacts agronomiques et environnementaux associés. Les impacts figurés en gras à droite du schéma correspondent aux étapes les plus émettrices, en lien avec la durée de séjour des effluents.

Ce schéma permet de souligner un point de vigilance : agir seulement sur un poste amont tel que le bâtiment induira partiellement des reports à un stade ultérieur (stockage ou épandage), en particulier pour les émissions d'azote gazeux. À moyens limités et efficacité comparable entre plusieurs actions, on préférera donc les mesures mises en place à l'épandage. Elles induisent un abattement des émissions sur le bilan d'ensemble de la chaîne.



Les lisiers pailleux en élevage de bovins forment naturellement une croûte limitant la volatilisation de l'ammoniac au stockage.

② Au stockage-traitement

L'essentiel est de maintenir, voire d'accroître la valeur amendante et/ou fertilisante des effluents en vue de leur épandage. Selon les produits disponibles, différentes options sont possibles : les fosses à lisier peuvent être couvertes et les tas de fumier bâchés, afin de limiter les pertes gazeuses et la dilution par les eaux de pluie. Les effluents solides peuvent être compostés afin d'améliorer leur valeur amendante. Des traitements comme la méthanisation permettent de transformer l'azote sous forme ammoniacale, rapidement disponible pour les cultures, tout en produisant de l'énergie. La séparation des effluents bruts entre phases solide et liquide facilite leur valorisation agricole et/ou leur export vers d'autres zones agricoles.

Enjeu : Le compostage est encore peu pratiqué (moins de 1 % des élevages bovins en 2008). Fin 2014, environ 200 unités de méthanisation à la ferme étaient en fonctionnement. Le bâchage des tas d'effluents solides est également très peu pratiqué, mis à part pour les élevages de volaille à statut d'ICPE. Le taux de couverture des fosses à lisier (croûte naturelle ou couverture artificielle) est mal connu, mais serait de l'ordre de 20 % en porcins, 40 % en volailles et 45 % en bovins, majoritairement par croûte naturelle à efficacité plus faible.

③ À l'épandage

L'apport des effluents dans des conditions minimisant la volatilisation de l'ammoniac maximise l'efficacité fertilisante pour les plantes. Les principales techniques sont l'incorporation rapide, voire immédiate des effluents solides, l'injection des effluents liquides ou leur apport *via* des pendillards, notamment sous couvert. L'intégration des apports organiques au raisonnement de la fertilisation des cultures et des prairies est un préalable pour éviter la contamination des eaux par l'azote et le phosphore, d'autant plus que les techniques mises en œuvre ont permis de conserver l'azote des effluents.

Enjeu : L'épandage par pendillards ou par injection des lisiers est pratiqué à un taux maximum de 33 % en 2008 pour les porcins et de 7 % pour les bovins. On estime que l'incorporation des effluents solides en moins de 24 heures concerne près de 25 % des fumiers et lisiers bovins. 20 à 25 % des fumiers et fientes de volailles seraient incorporés en moins de 4 heures.



L'utilisation de pendillards permet d'apporter des effluents sous couvert tout en limitant la volatilisation de l'ammoniac.

■ Perspectives de développement en climat changeant

Les effets du changement climatique sur la conduite des élevages concernent principalement les ressources alimentaires disponibles, les performances des animaux et leur santé. C'est sur ce dernier point que certaines des mesures envisagées ici peuvent jouer un rôle. En effet, l'exposition des troupeaux aux agents pathogènes (virus, bactéries, parasites...), dont l'aire d'activité dépend en grande partie des conditions climatiques, sera probablement amenée à

changer; or, traiter les effluents d'élevage par compostage ou méthanisation permet d'abattre significativement leur teneur en pathogènes avant leur épandage dans l'environnement. Par ailleurs, l'augmentation tendancielle des températures moyennes est susceptible d'accentuer les processus biologiques et chimiques à l'origine de la volatilisation d'ammoniac, de méthane et de protoxyde d'azote, et donc d'en accroître les émissions.

■ PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Si les effluents d'élevage permettent d'enrichir le sol en matière organique et apportent de l'azote, nombre de précautions sont à prendre pour éviter les émissions d'ammoniac dans l'air ou la lixiviation de l'azote dans le sol. Orientés vers la méthanisation, ils produisent de l'énergie renouvelable. À noter, l'impact du retour au sol des digestats de méthanisation sur le stockage de carbone dans les sols est partiellement connu.

□ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POSITIFS

😊 **Énergie: Production d'énergie renouvelable et économie de fertilisants de synthèse**

- Avec l'hypothèse d'au moins 600 méthaniseurs installés par an, le gisement accessible est de 6 Mtep primaires en 2030. En termes d'énergie, les effluents d'élevage représentent 31 % des gisements actuels identifiés par l'ADEME, les Cive¹ et résidus de culture 54 %.
- Limiter les pertes d'azote tout au long de la chaîne de gestion des déjections augmente la restitution des éléments nutritifs au sol et permet de réduire la consommation d'engrais minéraux.
- Couvrir les ouvrages de stockage et composter les effluents réduit le volume de produits à épandre, et facilite leur exportation éventuelle hors de l'exploitation.

😊 **Gaz à effet de serre: Les émissions sont essentiellement réduites par la méthanisation.** Ce processus permettrait une amélioration du bilan d'émissions de la gestion des effluents de 0,55 à 1,44 t éq. CO₂/bovin/an et de 0,37 t éq. CO₂/porc/an sur une durée de 20 ans.

- Pour la méthanisation du lisier, les réductions de GES sont principalement réalisées sur le méthane (CH₄).
- Les émissions de N₂O des fumiers sont réduites d'environ 0,63 t éq. CO₂/animal/an (ordre de grandeur pour une vache laitière (VL)).
- Les effets indirects de substitution de chaleur et d'électricité jouent relativement peu dans ce bilan: de 0,03 t éq. CO₂/porc/an à 0,12 t éq. CO₂/VL/an.
- Les émissions de N₂O à l'épandage sont réduites si le raisonnement de la fertilisation tient compte des moindres pertes d'azote des effluents tout au long de leur chaîne de gestion.

😊 **Qualité des sols: Effluents bruts, composts et digestats de méthanisation concentrent des nutriments et de la matière organique, mais aussi des micropolluants.**

- Le compostage accroît la valeur amendante des effluents.
- L'apport régulier de matière organique favorise la stabilité structurale et la vie microbienne des sols.
- Le compostage permet de dégrader une fraction des composants traces organiques (CTO) et de concentrer les éléments stables (P, K) pour en faciliter l'exportation.

□ LIMITES ET PRÉCAUTIONS

- À l'épandage, incorporation et injection nécessitent plus de puissance, donc de fioul.
- Dans la pratique, la rentabilité d'une installation de méthanisation suppose de compléter en continu les effluents par des substrats plus méthanogènes, agricoles ou non. Ces apports extérieurs augmentent les volumes à épandre et la quantité d'azote disponible.
- L'effet des techniques d'épandage n'est pas encore intégré à tous les outils d'aide à la décision (OAD), empêchant la pleine valorisation de l'azote non volatilisé.
- Les fuites possibles de CH₄ dans les méthaniseurs sont aujourd'hui estimées de l'ordre de 1,5 à 3 %. Des fuites plus élevées peuvent remettre en cause le bilan GES de l'installation.
- Les chiffres avancés comparent deux situations : stockage essentiellement à l'air libre sans méthanisation d'une part, et stockage à l'air libre avant le traitement, puis stockage couvert du digestat de l'autre.
- Ces calculs portent sur la méthanisation d'effluents seuls; les impacts de l'ajout de cultures dérobées (Cive) ne sont pas encore connus (ex. : émissions de N₂O et stockage de C dans les sols).
- L'effet du retour au sol des effluents sur le stockage de carbone est variable. Il dépend de l'équilibre entre apports de matières organiques et pertes par la respiration des sols. À l'échelle nationale, le potentiel d'accroissement des stocks est généralement considéré comme négligeable. L'impact du processus de méthanisation est encore peu référencé.

- Méthanisation et compostage concentrent la majeure partie des micropolluants organiques et métalliques dans la phase solide du digestat.

¹ Cultures intermédiaires à vocation énergétique, ou cultures dérobées.

□ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POSITIFS

😊 **Qualité de l'air : Des actions pour réduire les émissions d'ammoniac existent pour chacune des étapes de la chaîne de gestion des déjections.**

- En bâtiment porcin, laver l'air permet d'abattre les émissions de NH_3 de 50 à 90 % selon la technique employée, tout en agissant sur les poussières et les odeurs. Les systèmes d'évacuation rapide des effluents présentent des efficacités généralement plus faibles et variables selon les techniques et leur mode d'application.
- La couverture des structures de stockage de lisiers (y compris dans le cas d'un digesteur) et le bâchage des tas de fumier réduisent les émissions de 50 à 90 %.
- Les pertes à l'épandage sont d'autant plus réduites que les effluents sont rapidement incorporés au sol et l'azote valorisé par le couvert végétal.

Abatement des émissions d'ammoniac et catégories de déjections concernées pour trois techniques d'épandage, comparées aux buses palettes (situation de référence)

Pendillards	Injection	Incorporation immédiate
Env. 40 %	Env. 80 %	Env. 90 %
Lisiers	Lisiers	Lisiers, fumiers

😊 **Qualité de l'eau : Recyclage des éléments et limitation des fuites.**

- Les procédés de traitement des effluents comme la méthanisation et le compostage peuvent faciliter la valorisation agronomique des effluents et réduire les fuites d'éléments,
- Avec d'autres traitements comme la séparation de phase ou le séchage, ils peuvent aussi faciliter l'exportation des effluents hors des zones en excédent.

😊 **Pression sanitaire : Des solutions existent pour assainir les composts.**

- Le compostage ainsi que la méthanisation thermophile (fonctionnement à 50-55 °C, utilisé par un petit nombre d'installations) abattent le nombre de germes pathogènes de l'ordre de 10000 fois, la méthanisation mésophile (fonctionnement à 32-38 °C, le procédé le plus répandu) de 10 à 100 fois.
- Diminution du potentiel de germination des graines de certaines adventices présentes dans les déjections sous l'effet de la chaleur, en particulier les graines non dormantes.
- Les traitements aérobies (dont le compostage) semblent efficaces pour abattre les concentrations en antibiotiques et en hormones stéroïdes, au contraire des traitements anaérobies.

□ LIMITES ET PRÉCAUTIONS

- L'épandage est l'étape déterminante, car en bout de chaîne.
- La volatilité accrue de NH_3 après méthanisation doit être compensée par des mesures au stockage, au traitement et à l'épandage du digestat. Les besoins d'alimentation du digesteur en continu peuvent inciter à réduire le temps de pâturage, levier important pour limiter les pertes d'azote vers l'environnement et maintenir des prairies stockant du carbone.
- Au compostage, 10 à 55 % de l'azote initial peuvent être perdus. Ces pertes peuvent être limitées par une couverture des tas adaptée.

- Les effets bénéfiques sur la qualité de l'eau supposent le respect de la réglementation à l'épandage et une gestion appropriée des produits issus des traitements, notamment la couverture des ouvrages de stockage des digestats de méthanisation et la prise en compte des caractéristiques des produits dans le raisonnement de la fertilisation.

- Pour parfaire l'hygiénisation des produits, la méthanisation en phase mésophile peut être précédée d'une phase de pasteurisation ou suivie d'un compostage. En cas de forte contamination initiale, même un procédé thermophile « classique » n'offre pas une garantie totale.
- Les bactéries sporulées résistent à la méthanisation, même thermophile.
- Les impacts des modes de gestion des effluents sur le devenir des résidus médicamenteux et l'acquisition de l'antibiorésistance par les bactéries du sol doivent être documentés davantage.

■ Questions-réponses

▷ Comment évolue le bilan énergétique ?

Les mesures présentées dans cette fiche peuvent impacter positivement le statut énergétique de l'exploitation agricole à double titre :

❶ **Par la production d'énergie avec la méthanisation.** Les déjections d'environ 80 UGB enrichies de 700 t de déchets organiques extérieurs permettent d'alimenter une installation de 100 kW électrique produisant 800 MWh/an, soit la consommation électrique annuelle de 50 foyers moyens (chauffage inclus). Une quantité équivalente de chaleur peut être produite de manière concomitante, et servir en partie à chauffer le digesteur ou à d'autres valorisations à la ferme (ex. : chauffage des bâtiments d'élevage).

❷ **En favorisant l'économie d'énergies fossiles liée à la production d'engrais azotés minéraux.** Les mesures comme la méthanisation rendent l'azote plus disponible pour les cultures. Il faut toutefois s'assurer que cet azote minéralisé soit fixé rapidement par les plantes, car il peut aussi être très vite lixivillé vers les eaux de surface ou volatilisé dans l'air. Une gestion agronomique fine est donc nécessaire pour en tirer le meilleur parti.

▷ Quels impacts des modes de gestion sur les émissions de gaz à effet de serre ?

Les émissions de GES liées aux effluents d'élevage se font principalement sous forme de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O) :

- La majorité des émissions de CH_4 ont lieu au bâti-

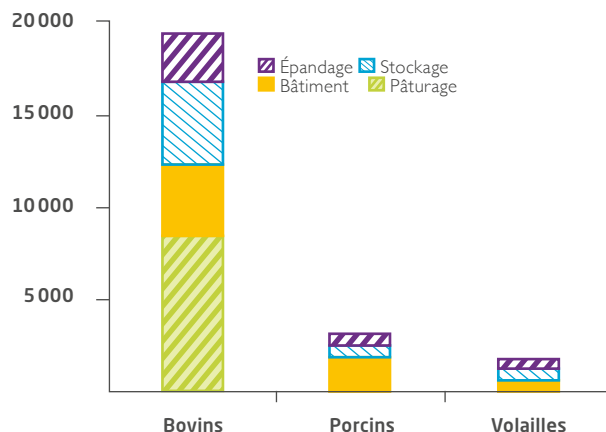
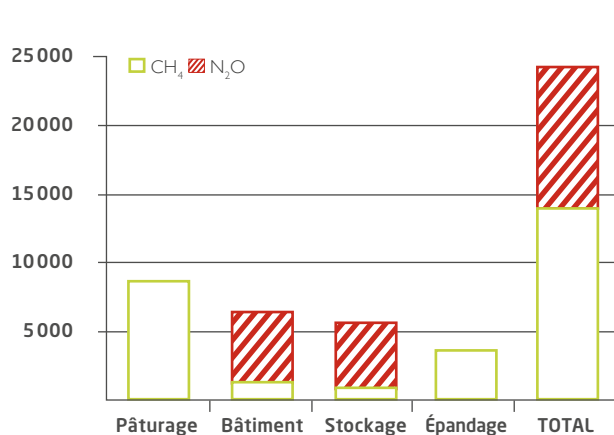


Le niveau d'émission d'ammoniac dépend de l'importance de la surface de contact entre les déjections et l'air, de la température élevée ainsi que de la faible activité des organismes assimilant l'azote minéral dans la matière organique.

ment et au stockage, lorsque les effluents sont placés en conditions anaérobies. Au bâtiment, c'est le cas des systèmes lisier sur caillebotis ou de ceux à litières accumulées, lorsqu'elles sont humides et tassées. Le stockage des lisiers représente également une source d'émission d'autant plus importante que le stockage est long et la température élevée.

- À l'échelle nationale, les émissions de N_2O liées aux déjections animales ont principalement lieu à l'épandage et au pâturage. Elles résultent des processus microbiens de nitrification et de dénitrification, qui sont favorisés par des conditions partiellement anaérobies.

□ RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (MÉTHANE ET PROTOXYDE D'AZOTE) DUES AUX DÉJECTIONS ANIMALES EN 2003, TOUTES FILIÈRES CONFONDUES (EN KT CO_2 ÉQ.).

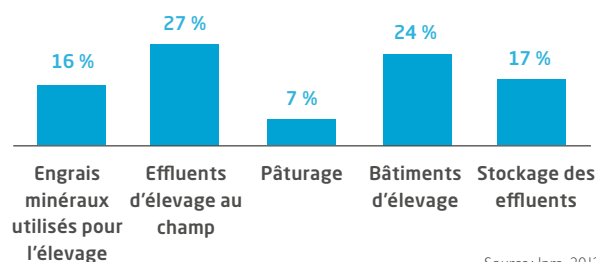


Source: Cemagref (Irstea)

La méthanisation est le principal levier de gestion des déjections identifié pour agir sur les émissions. D'autres leviers importants existent au niveau du système d'élevage comme l'alimentation, la gestion du pâturage et des prairies. Par rapport à une situation de référence où la méthanisation n'est pas appliquée, son usage induit une baisse des émissions directes de méthane, puisqu'il est capté, mais aussi de protoxyde d'azote dans le cas des fumiers, car ils sont placés en conditions complètement anaérobies pour être digérés.

À ce phénomène biologique, s'ajoute la substitution de l'énergie produite à d'autres sources fossiles (ex. : gaz naturel). L'hypothèse d'un accroissement des émissions de N_2O à l'épandage par rapport aux effluents non traités ne fait pas consensus à ce jour. Le bilan GES d'une installation de méthanisation sera sensible à l'importance des fuites de méthane au niveau du digesteur, estimées aujourd'hui de l'ordre de quelques pourcentages du méthane produit.

CONTRIBUTION DE L'ÉLEVAGE AUX ÉMISSIONS NATIONALES D'AMMONIAC



de l'urée et de l'azote organique des fèces. Ce processus est favorisé par l'importance de la surface de contact entre les déjections et l'air, une température élevée ainsi que par une faible activité des organismes assimilant l'azote minéral dans la matière organique (microbes ou végétaux).

Les techniques de réduction des émissions jouent notamment sur ces facteurs :

- 1 La couverture des effluents au stockage, l'incorporation rapide et l'injection à l'épandage limitent le contact entre les déjections et l'atmosphère.
- 2 L'épandage par pendillards sous couvert, dans des conditions météorologiques adéquates (ex. : avant une pluie) et aux stades phénologiques où les plantes en ont besoin favorise l'absorption rapide de l'azote par le couvert.
- 3 La séparation de l'urine et des fèces limite le contact entre l'urée, contenue dans l'urine, et les uréases, enzymes bactériennes ou fongiques présentes dans les fèces et à l'origine de sa métabolisation. Des techniques de séparation de phase peuvent être ainsi mises en œuvre au bâtiment (raclage en V...). Au pâturage, la séparation de phase se fait naturellement.

Quel impact sur la qualité des sols ?

Le retour au sol des effluents bruts, des composts et des digestats de méthanisation stimule généralement l'activité biologique des sols en apportant des nutriments aux populations microbiennes. Il s'accompagne d'effets positifs sur la structure du sol et la prévention de l'érosion. Les composts ont une valeur amendante supérieure aux effluents bruts ou aux digestats de méthanisation.

Les effluents sont l'une des principales sources des micropolluants métalliques (ETM) retrouvés dans les sols, notamment le cuivre et le zinc. Leur absorption par les plantes est déterminée par le pH du sol, sa teneur en composés susceptibles de fixer les ETM (argiles, matière organique, oxydes ferro-manganiques...) et l'espèce végétale.

Des efforts ont été accomplis au niveau de l'alimentation animale pour en réduire les teneurs. Ainsi, avec les recommandations actuelles pour l'alimentation des porcs, les teneurs en cuivre et zinc des effluents (respectivement 350 et 1 250 mg/kg de



En élevage porcin, le raclage en V, installé sous le caillebotis, peut permettre de réduire jusqu'à 50 % la volatilisation d'ammoniac en séparant les phases solides et liquides du lisier directement au bâtiment (chambre régionale d'agriculture de Bretagne).

Comment réduire les émissions d'ammoniac vers l'air ?

La volatilisation de NH_3 est une des principales pertes d'azote des effluents d'élevage. Les pertes ont lieu à tous les postes de la gestion des déjections (voir graphique ci-dessus). Le NH_3 est issu de la volatilisation de l'ion ammonium (NH_4^+) présent en solution dans les déjections suite à la minéralisation

matière sèche) sont dorénavant inférieures aux teneurs autorisées en France pour les boues, mais supérieures à celles autorisées pour les fertilisants organiques (Dourmad et Jondreville, 2008).

▷ Quels effets sur la charge pathogène des effluents ?

Les effluents d'élevage, comme les boues des stations d'épuration qui contiennent des matières fécales, sont vecteurs d'agents pathogènes, bactéries mais aussi virus, parasites... Leur épandage favorise aussi la sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques. Le traitement par méthanisation ou compostage permet l'hygiénisation partielle des effluents d'élevage vis-à-vis des agents pathogènes et des adventices présents à l'état de graines.

Dans les deux cas, l'efficacité du traitement dépend principalement du couple « durée-température » auquel sont soumises les déjections. L'effet hygiénisant du compostage est légalement reconnu en France à partir d'un traitement minimum à 55 °C pendant 15 jours ou à 50 °C pendant 6 semaines, accompagné de deux retournements ou d'une aération forcée du compost. L'objectif est de favoriser le compostage et d'éviter que subsistent des poches de matières contaminées. De manière générale, ces procédés seuls sont insuffisants en cas de présence de germes thermorésistants ou d'effluents fortement contaminés.

À l'épandage, des pratiques réglementaires ou non existent pour contrôler les transferts vers l'homme et les milieux. Par exemple, l'enfouissement des produits après épandage permet de limiter la contamination des parties aériennes des plantes et met les pathogènes en compétition avec les micro-organismes du sol. À ce jour, aucune contamination microbienne d'origine fertilisante n'a cependant été identifiée en tant que source d'un problème de santé publique.

▷ Comment méthanisation et compostage peuvent-ils contribuer à préserver la qualité des eaux ?

Azote (N), phosphore (P) et potassium (K) sont trois nutriments minéraux essentiels à la croissance des plantes, mais sont aussi sources de préoccupations sanitaires et environnementales lorsque les excédents sont transférés par ruissellement et érosion vers les eaux superficielles, ou par percolation vers les eaux souterraines. Les deux procédés de traitement des



La méthanisation par voie sèche peut accepter des teneurs en matière sèche de l'ordre de 30 à 40 %. Elle est bien adaptée pour traiter le fumier en élevage bovin.

effluents principalement décrits dans le document affectent différemment le cycle de ces minéraux.

- **La méthanisation** conserve les éléments n'entrant pas dans la composition du biogaz, dont les éléments N, P, K. L'azote change de forme chimique durant le processus. La fraction minérale augmente jusqu'à atteindre 45 à 75 % de l'azote total, présent sous forme ammoniacale. Cet azote est par conséquent à la fois très assimilable par les végétaux, mais augmente les risques de lixiviation et de volatilisation. La méthanisation ne permet donc pas directement de réduire les pertes vers l'eau, mais elle peut s'intégrer dans une démarche d'optimisation de la valorisation de l'azote des déjections par les cultures (hors zone d'excédent structurel).
- **Le compostage** peut occasionner des pertes d'azote vers l'air plus ou moins conséquentes, allant de 10 à 55 % en moyenne. Ces pertes se répartissent entre le diazote (N_2), l'ammoniac (NH_3) et le protoxyde d'azote (N_2O) dans des proportions variables selon la composition initiale du substrat, notamment sa teneur en ammonium (NH_4^+), et les paramètres du compostage. L'azote restant s'intègre à des complexes organiques stables, ce qui retarde sa minéralisation après épandage et les risques de lixiviation. Les autres minéraux (P, K) sont conservés et concentrés lors du compostage, du fait des pertes importantes de carbone et d'eau. Cette concentration peut faciliter leur exportation en cas d'excédent structurel, à l'échelle de l'élevage ou du territoire.

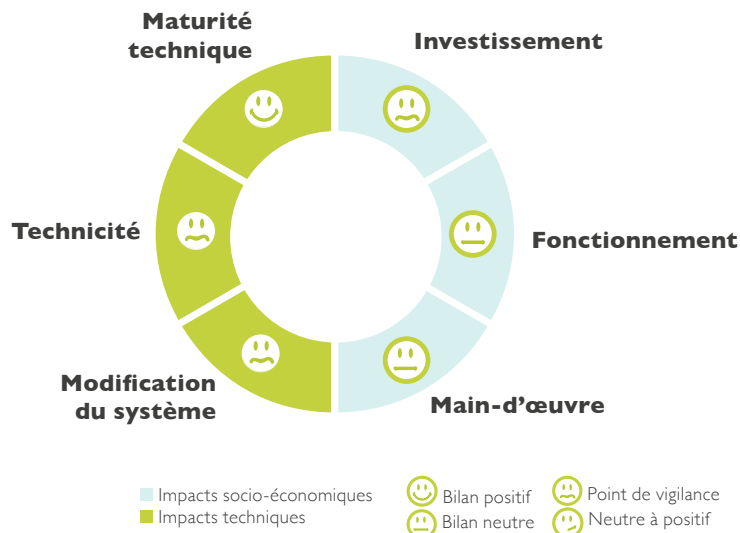
■ LE CHOIX DES AGRICULTEURS

■ Bilan socio-économique de modes de valorisation des effluents d'élevage



Investissement:

- **Couverture artificielle de fosses à lisier:** De l'ordre de 1 à 2 €/m³ de lisier stocké/an sur 10 à 20 ans selon la technique. L'imperméabilité à la pluie augmente la capacité de stockage.
- **Bâchage des fumières:** Env. 2 €/m² pour une bâche géotextile, 0,2 à 1 €/m² pour d'autres types.
- **Méthanisation:** 6 000 à 8 000 €/kWe pour une unité moyenne (4 000 à 5 000 t d'effluents). Aides à l'investissement de l'ordre de 15 % (ADEME et collectivités locales).
- **Compostage et mesures à l'épandage:** Achat éventuel de matériel, pouvant être réalisé en Cuma. Investissement possible dans une plate-forme de compostage.



Fonctionnement:

- **Méthanisation:** Temps moyen de retour sur investissement brut de 6 à 8 ans, taux de rentabilité interne de 9 à 12 %.
- **Compostage:** Coût du chantier légèrement accru par rapport à un fumier classique (ex. : consommation de fioul pour le retournement de l'andain).
- **Incorporation des effluents, épandage par pendillards ou injection des lisiers:** Consommation de fioul pouvant être accrue de manière variable selon le type de sol et la technique par rapport à un épandage par buses palettes.



Main-d'œuvre:

- **Couverture de fosses à lisier:** Réduction du volume à épandre de 20 à 30 %, car non-dilution par les eaux de pluie.
- **Méthanisation:** 1 h (30 kWe, petite installation individuelle) à 3 h 30 (500 kWe, installation individuelle importante)/j.
- **Compostage:** Réduction du volume à épandre de 50 % en bovins et porcins, contrebalançant les interventions supplémentaires du chantier de compostage (une mise en andain et deux retournements par campagne).
- **Incorporation des déjections:** un passage supplémentaire.



Modification du système:

- **Méthanisation et co-compostage à la ferme:** Ajout d'une nouvelle activité à l'exploitation, pour au moins 10 ans. Modification de la gestion de la fertilisation.



Technicité:

- **Méthanisation:** Besoin d'accompagnement technique et économique.
- **Toutes mesures:** Les différentes mesures modifient la composition des effluents à épandre. Cela doit être pris en compte dans la gestion de la fertilisation des cultures et dans le plan d'épandage.



Maturité technique:

- **Méthanisation:** Existence de solutions techniques adaptées à une diversité de tailles d'installation de méthanisation et de bases d'approvisionnement.
- **Autres mesures:** Des solutions commerciales existent.

■ Retour d'expérience, Gaec de l'Aurore (25)

Une unité de méthanisation pour gagner en autonomie

C'est en 2008 que l'idée a germé chez les cinq associés du Gaec de l'Aurore localisé dans le Doubs. Leurs objectifs : mieux valoriser les effluents de leurs 240 bovins, diversifier leurs activités et réduire la dépendance de l'exploitation vis-à-vis des aides européennes et des fournisseurs d'énergie. Trois ans plus tard, grâce à l'engagement total d'un des associés dans le projet et au soutien financier, technique et juridique d'acteurs locaux (chambre d'agriculture du Doubs, délégation régionale de l'ADEME, conseil régional, associations Trame et Ajena), la station est mise en fonctionnement. L'investissement initial s'élevait à 1 350 000 € environ, en partie financé par

le Plan de performance énergétique (16,3 %) ainsi que par l'ADEME et la région Franche-Comté (11 %). Les résultats sont à la hauteur des efforts consentis : substitution totale de l'ammonitrate par le digestat de méthanisation, financement d'un temps plein pour gérer tous les aspects de la méthanisation, fourniture de la chaleur nécessaire au séchage de foin et à une nouvelle activité de maraîchage, et, enfin, réduction de la part des aides européennes dans le chiffre d'affaires de 15 % au départ à 8,5 % à terme.

Pour en savoir plus : gaec.aurore@terre-net.fr



Élise Lorinquer,
service
environnement
-bâtiment
Idele - Institut de
l'élevage.

AVIS D'EXPERT

Engrais de ferme : du statut de déchet à celui de matière première, à condition de bien gérer les étapes de stockage et d'épandage

Les effluents d'élevage encore appelés engrais de ferme sont reconnus depuis des millénaires pour améliorer la qualité et la fertilité des sols.

L'arrivée des engrais de synthèse a modifié leur statut conduisant à négliger la valeur fertilisante des effluents d'élevage. Ces 20-25 dernières années, on assiste à un nouvel intérêt pour leur valorisation agronomique. Outre le fait d'être une ressource précieuse en éléments fertilisants complets (apport de matière organique, activation de l'activité microbienne, fourniture d'azote...), ils sont une source d'économie d'intrants pour l'exploitation.

En élevage bovin, il n'existe pas un, mais des engrais de ferme dépendant du type d'animaux, du type d'alimentation des animaux, de la litière utilisée et de son niveau d'apport, du temps de stockage, des techniques de traitement... Pour les gérer au mieux, les produits doivent être bien typés, et il convient

d'éviter la production de produits intermédiaires de types fumiers mous, lisiers très pailleux... difficiles à stocker et à épandre. La gestion des engrais de ferme doit s'appréhender à tous les postes, c'est-à-dire du bâtiment à l'épandage en passant par le stockage. Sur ces différents segments, il convient par ailleurs de limiter les pertes, notamment gazeuses, vers l'air et vers l'eau. La gestion maîtrisée doit ainsi être menée tout au long de la chaîne de gestion des engrais de ferme, afin d'optimiser leur valorisation et ainsi réduire le recours aux engrais de synthèse. Aujourd'hui, la méthanisation renforce l'intérêt pour les effluents en diversifiant leur valorisation par la production énergétique. De nombreuses exploitations sont aujourd'hui équipées et des adaptations et avancées techniques sont néanmoins nécessaires pour que la méthanisation puisse s'adapter plus largement à la diversité des élevages français (taille d'unités, techniques éprouvées, valorisation de la chaleur...).

■ POUR ALLER PLUS LOIN

Lien avec d'autres fiches références

Gestion des prairies : Accroître le temps passé au pâturage permet de réduire le volume de déjections à traiter ainsi que les émissions de NH_3 . De plus, le recours au compostage est considéré comme intéressant pour mieux gérer et répartir les fumiers sur l'exploitation.

Techniques culturales simplifiées : L'enrichissement du sol en matière organique permis par l'épandage de fumiers/digestats/composts est particulièrement précieux en itinéraires de travail du sol simplifiés. Par ailleurs, des outils à disques ou à dents permettent d'incorporer les déjections épandues, avec des résultats en termes d'émissions de NH_3 légèrement moins bons que dans le cas d'une charrue.

Optimisation de la fertilisation azotée et meilleure valorisation des engrais organiques : Divers outils existent pour intégrer les effluents d'élevage traités ou non au raisonnement de la fertilisation globale, et réduire ainsi les apports excédentaires. La diminution des pertes d'azote, notamment ammoniacal, tout au long de la chaîne de gestion des déjections permet en outre d'augmenter la quantité d'azote disponible

pour l'absorption par l'herbe et les cultures, mais aussi pour le transfert vers l'eau. Des précautions s'imposent donc à cet égard.

Cultures intermédiaires : Les cultures intermédiaires permettent de mieux gérer l'azote, et notamment celui issu des effluents. Elles fixent la fraction d'azote libérée pendant l'interculture. Ces cultures peuvent être récoltées pour approvisionner le méthaniseur, avec des impacts environnementaux variables et à préciser selon les pratiques culturales associées.

Études clefs

- Pellerin S. et al., 2013, *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques*, synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 92 p., www6.paris.inra.fr/depe/Publications/Rapports-et-syntheses.
- ADEME, 2011, *Qualité agronomique et sanitaire des digestats*, 250 p.
- ADEME, 2013, *Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030*, 242 p.
- Idele, Ifip, Itavi (RMT Élevages et environnement), 2010, *Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage*, 305 p.

- ADEME, 2011, *La méthanisation à la ferme. Guide pratique pour les projets d'une puissance électrique inférieure à 500 kWe*, 20 p.
- Houot S. et al., 2014, *Valorisation agricole des effluents, boues et déchets organiques*, expertise scientifique collective, Inra-CNRS-Irstea.

Documents techniques

- Institut de l'élevage, ITCF, Itavi, Ifip, 2001, *Fertiliser avec les engrais de ferme*, livre, 104 p.
- Cemagref (Irstea), 2009, *Diges 2: Application pour le calcul du bilan des émissions de gaz à effet de serre des installations de digestion anaérobie*, version 2.0.
- Arvalis-Institut du végétal, 2013, *Fertiliser avec les produits organiques : outil de calcul des valeurs fertilisantes des produits organiques*.
- Coop de France, FNCuma, 2011, *Réussir un projet de méthanisation territoriale multi-partenaire, Guide pratique*, 237 p.

Quelques organismes de référence

- Institut de l'élevage, Institut du porc (Ifip), Institut technique de l'aviculture (Itavi), Arvalis-Institut du végétal; ADEME pour la méthanisation et le compostage; Irstea, Inra, chambres d'agriculture, association Aile, coopératives...

L'AVIS DE L'ADEME SUR LA MÉTHANISATION AGRICOLE
www.ademe.fr/methanisation-agricole

Légendes : Atténuation des émissions de GES Économie et substitution d'énergie fossile Qualité de l'air Qualité de l'eau

Ce document a été édité par l'ADEME

Coordination technique :

Thomas Eglin, Audrey Trévisiol,
ingénieurs en agronomie et environnement

Rédaction : Sophie Debarge et Alexia Tenaud

Service communication : Sylvie Cogneau

Révision et conception graphique :
Terre-Écos

Illustrations : Gana Castagnon

Autres fiches Références téléchargeables sur
www.ADEME.fr/mediatheque

ADEME - Grésillé - BP 90406 49004 Angers Cedex 01