

L'utilisation des digestats en agriculture

Les bonnes pratiques à mettre en œuvre



Ce guide a bénéficié de la collaboration de plusieurs acteurs.

Nous remercions vivement les membres du comité de pilotage pour leur contribution dans les orientations et la construction du contenu de cette brochure :

Laureline Bes de Berc, Florian Christ (Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France), Cyril Flamin (Engie), Florent Levavasseur (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement), Marion Mélix (Association Technique Énergie Environnement), Dominique Tristant (AgroParisTech), Grégory Vrignaud (ACE méthanisation).

Rédaction : Sophie Carton et Quentin Bulcke (AgroParisTech).

Relecture, coordination de la mise en page : Juliette Talpin (Agence Watts-New)

Création graphique, mise en page : Virginie Bourry

Crédits photos : AgroParisTech, FRCUMA Ouest



Photo de couverture : Épandage de digestat liquide avec rampe d'épandage à patins
Crédit : AgroParisTech

La filière méthanisation connaît un développement rapide en France depuis une dizaine d'années.

Cette filière répond à des besoins de traitement des déchets, d'augmentation de l'autonomie énergétique et de décarbonation de l'énergie. En outre, elle fournit des externalités positives, en particulier agronomiques.

En effet, le processus de méthanisation produit de la matière organique digérée, le digestat, qui est un formidable engrais vert. Il permet à la fois de fertiliser les plantes et de nourrir les bactéries du sol avec la matière organique.

Pour le monde agricole, le digestat est aujourd'hui considéré comme un véritable produit. Il apporte aux agriculteurs qui l'utilisent un réel bénéfice technique et économique, avec des impacts positifs sur la croissance et la santé des plantes et sur l'augmentation de la teneur en matière organique des sols. Il représente également un potentiel considérable d'économies d'engrais azotés de synthèse. Mais il soulève également des enjeux environnementaux majeurs, tout particulièrement autour de la maîtrise de l'azote ammoniacal, très volatile et présent en grandes quantités dans le digestat.

C'est pourquoi de nombreux acteurs de la filière méthanisation, dans le cadre notamment de l'association France Gaz Renouvelable et du groupe de travail méthanisation du Comité stratégique de filière « Nouveaux Systèmes Énergétiques », se mobilisent, aux côtés de la recherche, pour approfondir les connaissances sur le fonctionnement et les impacts du digestat. En outre, le monde agricole travaille à l'amélioration continue de toutes les activités en lien avec la méthanisation, y compris la gestion de l'épandage. Cette démarche qualité a conduit à la mise en œuvre par l'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France (AAMF) d'une Charte des Bonnes Pratiques de la Méthanisation Agricole, dont les signataires s'engagent, entre autres, à se former, à partager leur expérience et à optimiser la valorisation agronomique du digestat, gage de la santé des sols.

Le présent guide aborde quant à lui les bonnes pratiques d'épandage de digestat.

Il s'inscrit donc pleinement dans toutes les démarches en cours et les complète utilement. Il est à la fois un outil d'information qui dresse un état des lieux des connaissances sur les intérêts et impacts du digestat, et un outil de formation des agriculteurs qui doit les aider à valoriser au maximum le digestat, dans le respect de la réglementation, et pour le bénéfice de tous.



Servane LECOLLINET

Administratrice de l'Association
des agriculteurs méthaniseurs de France (AAMF)

Pilote du groupe de travail AAMF
Agronomie et retour au sol du digestat

Introduction

Avec le développement de la méthanisation en France, les ressources documentaires sur le sujet se sont multipliées, provenant de nombreux acteurs différents tels que l'ADEME, les chambres d'agriculture, les instituts techniques, les organismes de recherche, les fédérations de CUMA, les bureaux d'études, etc. Les problématiques traitées dans ces documents sont nombreuses et complexes. Elles ont trait notamment à l'approvisionnement, au procédé de méthanisation, au post-traitement du digestat et à l'épandage. Elles sont d'ordre technique, technologique, économique, agronomique, sécuritaire, sanitaire, réglementaire ou encore environnemental.

Dans ce foisonnement de ressources et de thématiques, l'utilisateur peut avoir du mal à trouver des réponses à une problématique spécifique.

Ce guide vise donc à fournir des réponses à des agriculteurs, conseillers, bureaux d'études, et plus largement à l'ensemble de la filière agricole et de la filière méthanisation, qui ont des questions spécifiques sur l'épandage du digestat en milieu agricole. Il vise également à les sensibiliser aux enjeux de l'utilisation des digestats et à les informer sur les bonnes pratiques à déployer pour mieux maîtriser les impacts et optimiser les intérêts agronomiques et économiques.

Il s'appuie sur le tri, la sélection et l'analyse de la documentation technique existante récente, et regroupe les informations les plus pertinentes sous 5 grands thèmes, constituant autant de fiches de synthèse : (1) les caractéristiques et les propriétés des digestats de méthanisation agricole, (2) le contexte réglementaire en lien avec l'épandage de digestat, (3) les enjeux techniques, économiques et environnementaux, (4) les principes d'une bonne gestion des apports de digestat et (5) les types de matériels avec leurs avantages et inconvénients.

En espérant que ce guide répondra à vos attentes, nous vous en souhaitons une bonne lecture !

Sommaire



L'utilisation des digestats en agriculture **Les grands principes et enjeux**

Fiche n°1

Les digestats de méthanisation et leurs intérêts agronomiques 8

Fiche n°2

Le contexte réglementaire 14

Fiche n°3

Enjeux environnementaux et technico-économiques
liés à l'épandage de digestat 23



L'utilisation des digestats en agriculture **Les bonnes pratiques d'utilisation**

Fiche n°4

Piloter les apports de digestat 31

Fiche n°5

Utiliser le matériel adéquat 39





L'utilisation
des digestats
en agriculture

Les grands principes et enjeux

Fiche n°1

Les digestats de méthanisation
et leurs intérêts agronomiques

8

Fiche n°2

Le contexte réglementaire

14

Fiche n°3

Enjeux environnementaux et
technico-économiques
liés à l'épandage de digestat

23



Fiche n°1

Les digestats de méthanisation et leurs intérêts agronomiques

Cette fiche présente le principe général de la méthanisation aboutissant à la formation du digestat et les propriétés générales des digestats bruts ou après séparation de phase.

PRINCIPES DE LA FORMATION DU DIGESTAT ET PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

La méthanisation est un procédé de traitement biologique des déchets organiques, en l'absence d'oxygène, qui conduit à la production d'énergie renouvelable (biogaz) et d'un résidu liquide ou pâteux appelé digestat.

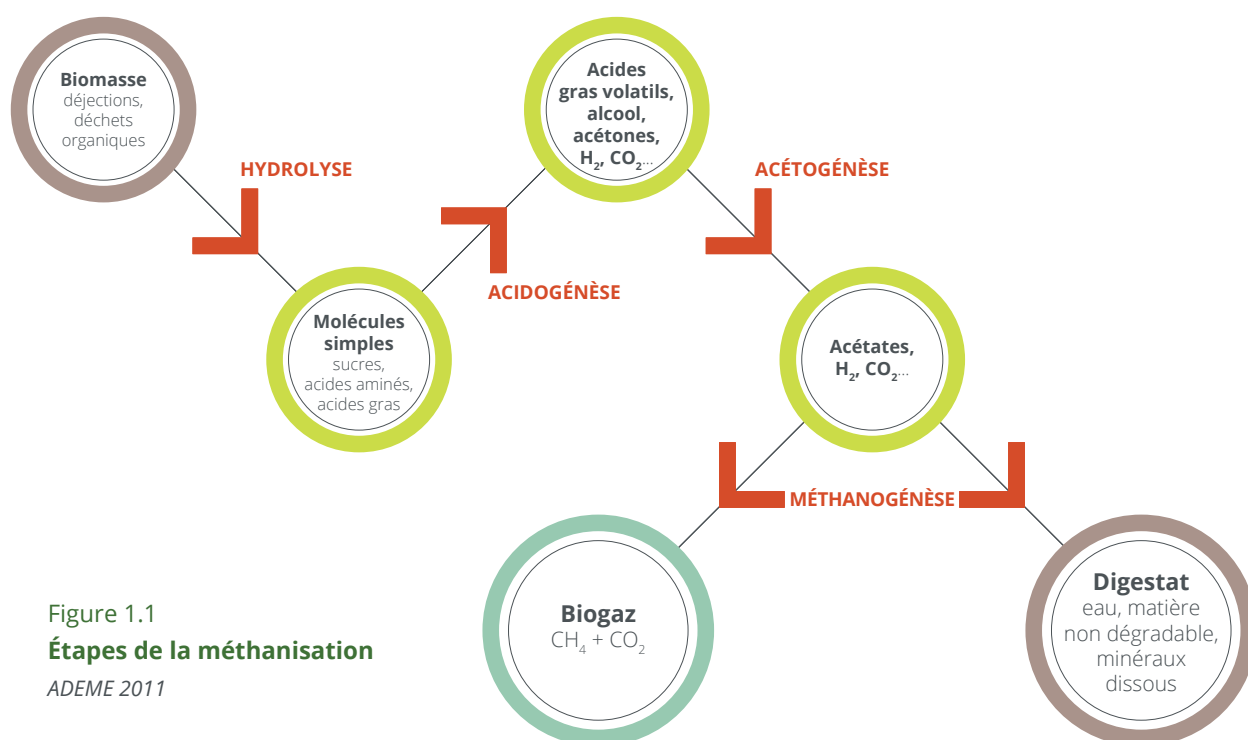


Figure 1.1
Étapes de la méthanisation
ADEME 2011

Dans le digesteur de méthanisation sont incorporés des substrats, composés de matières organiques plus ou moins biodégradables, de matières minérales et d'eau.

Au cours de la méthanisation, différentes familles de bactéries anaérobies dégradent des chaînes organiques complexes en éléments simples. Les quatre étapes de cette dégradation - l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse (voir Figure 1.1), se déroulent en même temps dans le digesteur, la plupart du temps en conditions mésophiles (35-40°C) et avec un temps de séjour du substrat de 40 à 60 jours.

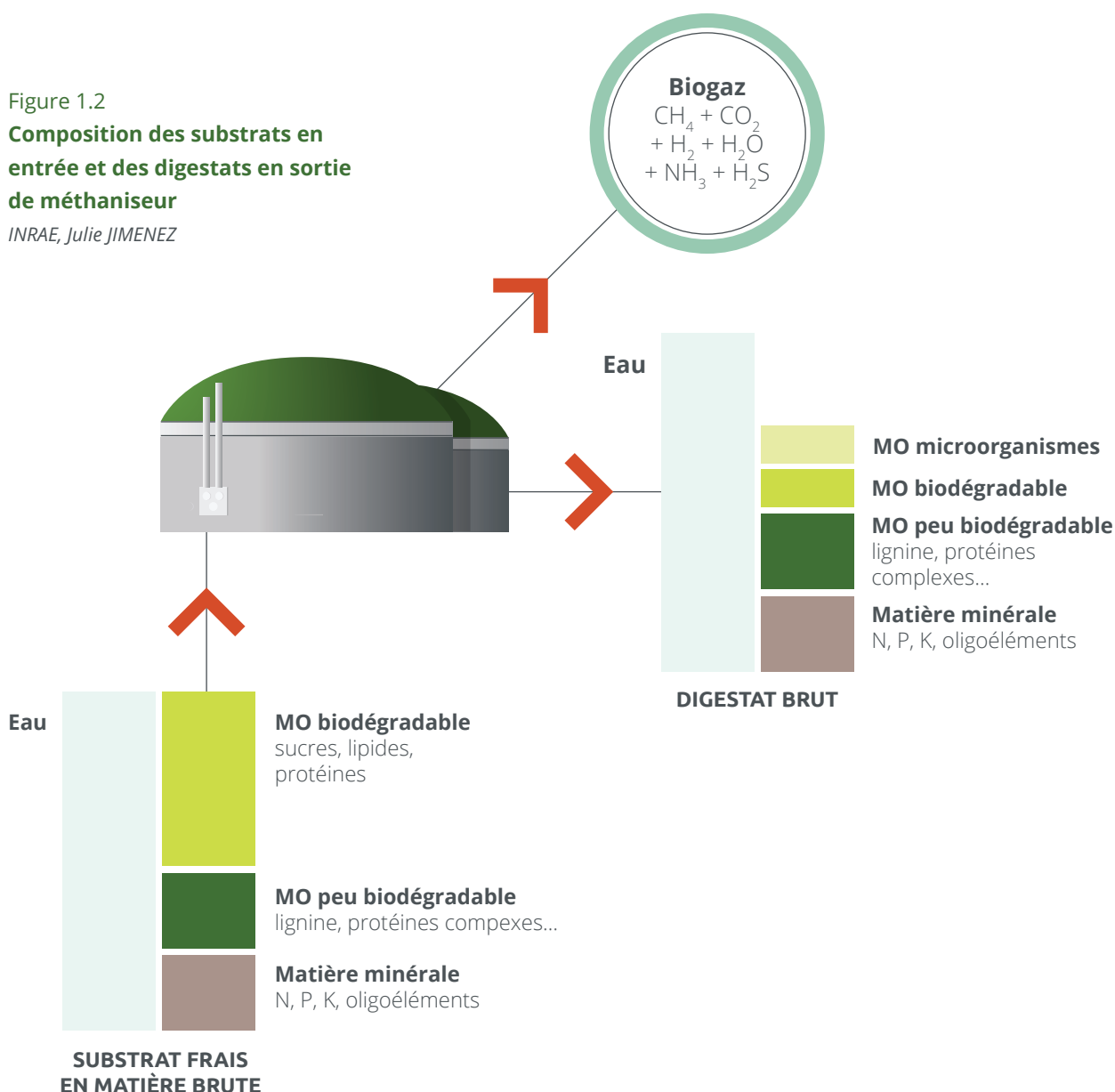
Au cours de la digestion, environ deux tiers de la matière organique biodégradable sont transformés en biogaz (composé de CH_4 et de CO_2).

Au terme de ce processus, les matières organiques résiduelles, les minéraux dissous et l'eau constituent le digestat (voir Figure 1.2). Il est stocké dans une fosse, directement reliée au digesteur.

Figure 1.2

Composition des substrats en entrée et des digestats en sortie de méthaniseur

INRAE, Julie JIMENEZ



La composition du digestat dépend des matières entrantes et des procédés de digestion ainsi que de la présence éventuelle de post-traitements.



LES PROPRIÉTÉS AGRONOMIQUES DES DIGESTATS

LES DIGESTATS BRUTS

Caractéristiques générales

Par rapport au substrat dont il est issu, un digestat a les propriétés suivantes :

- le pH est plus élevé (basique) ;
- le taux d'azote minéralisé (sous forme NH_4^+) par rapport au N total est plus élevé ;
- le rapport C/N est plus faible ;
- le taux de matière sèche est plus faible.

Composition en matière organique et valeur amendante

Dans le digestat, la matière organique se trouve sous trois formes (voir Figure 1.2) :

- une matière organique biodégradable (ou labile), fortement minéralisable, constituée de sucres solubles et d'une partie de l'hémicellulose. Cette fraction de matière organique sert d'énergie et de sources d'éléments nutritifs pour les bactéries et vers de terre du sol ;
- une matière organique peu biodégradable (ou stable), constituée de lignine et de cellulose. Cette fraction de matière organique est décomposée principalement par les champignons. Elle est un précurseur de matière humifère et améliore ainsi le complexe argilo-humique ;
- la matière organique vivante constituée de microorganismes qui transforment et stockent les éléments organiques en éléments minéraux accessibles pour les plantes (minéralisation).

La valeur agronomique d'un produit organique peut s'évaluer par des critères d'efficacité (impacts sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols, et effets fertilisants) et des critères d'innocuité (risques potentiels du retour au sol des éléments traces métalliques, composés organiques, agents microbiologiques).

Seule une partie de la matière organique fraîche des substrats (environ 2/3) est transformée en biogaz. Le taux de dégradation de cette matière organique fraîche dépend de la nature des intrants, du temps de séjour et de la technologie employée.

La fraction ligneuse (stable) n'est pas attaquée par les bactéries du digestat. Le potentiel d'humification du digestat est donc inchangé par rapport aux substrats dont il est issu. Lorsque le digestat est épandu, cette matière organique stable peut s'associer à l'argile des sols et renforcer ainsi le complexe argilo-humique du sol, essentiel pour la rétention de l'eau et de nombreux éléments nutritifs. Par ailleurs l'activité biologique du sol serait améliorée, ainsi que la porosité du sol.

Valeur fertilisante

La méthanisation est un procédé qui conserve les éléments n'entrant pas dans la composition du biogaz. Les quantités totales en éléments fertilisants N, P, K et des oligo-éléments du substrat sont donc conservées dans le digestat obtenu et sont très variables en fonction des intrants.

En revanche, la méthanisation transforme certains de ces éléments. L'azote organique du substrat (protéines et urée principalement) se minéralise en partie sous forme ammoniacale, qui est une forme plus facilement assimilable par les plantes (voir Figure 1.3). La proportion en azote ammoniacal peut ainsi représenter jusqu'à 65 % de l'azote total des digestats bruts ou de la fraction liquide des digestats.

Le digestat contient également de l'azote sous forme organique, qui n'a pas été dégradé lors de la méthanisation. Une partie de cet azote se minéralise au cours de l'année suivant l'apport, sous l'action des organismes vivants du sol. L'autre partie est stockée, associée à du carbone, dans la matière organique du sol (humification). La fraction humifiée minéralisera ensuite à la même vitesse que la matière organique du sol.

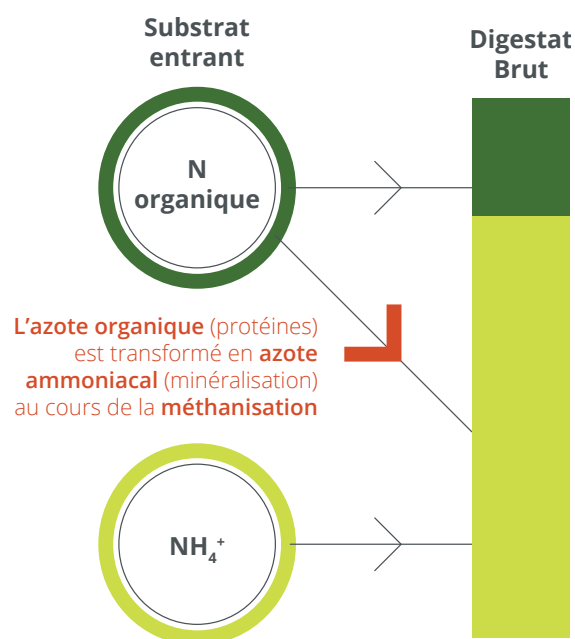
Par conséquent, on peut considérer deux types d'effets du digestat pour l'alimentation azotée des cultures :

- un effet à court terme lié à l'absorption par la culture réceptrice (et éventuellement par la culture suivante) d'une partie de l'azote minéral et de l'azote organique minéralisé ;
- un effet à long terme lié à la modification du stock d'azote organique du sol et à sa vitesse de minéralisation.

En moyenne, le digestat brut a une teneur en azote assimilable plus élevée qu'un fumier ou un lisier, du fait des apports d'azote par les éventuels substrats extérieurs (azote total accru) et de la minéralisation de l'azote organique par la digestion (% d'azote ammoniacal élevé).

Figure 1.3
Devenir de l'azote lors de la méthanisation

ADEME 2011



La question de la biodisponibilité à court terme du phosphore dans les digestats par rapport aux substrats n'est pas tranchée. Pendant la méthanisation, une partie du phosphore est solubilisée dans la fraction liquide et forme ensuite des substances minérales insolubles qui précipitent au fond et sur les parois des digesteurs. Ce phénomène conduit à des biodisponibilités immédiates du phosphore dans le digestat très variables en fonction des études. Dans certains cas elles sont améliorées alors que dans d'autres, elles sont diminuées par rapport aux substrats de départ. Dans tous les cas, la biodisponibilité à long terme du phosphore du digestat serait équivalente à celle d'une forme minérale de phosphore soluble.

Pour le potassium, présent sous forme majoritairement soluble dans le digestat, la méthanisation ne modifierait pas sa biodisponibilité pour les plantes.



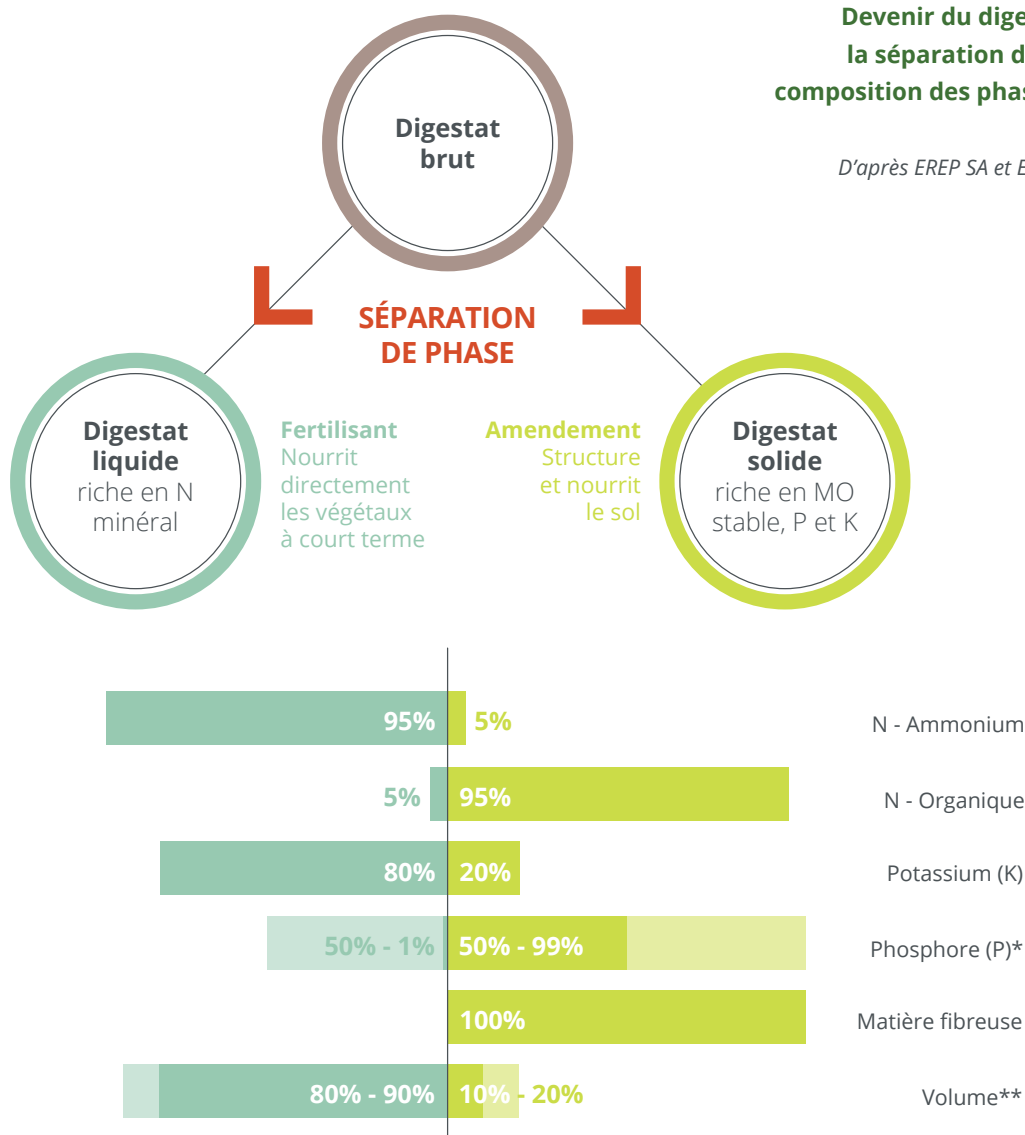
Qualité sanitaire

Globalement, la digestion mésophile classique (autour de 37°C) permet d'éliminer environ 99 % des germes pathogènes (facteur de réduction de 100) et la digestion thermophile (autour de 55°C) 99,99 % de ceux-ci (facteur de réduction de 10 000). La digestion thermophile est donc considérée comme un traitement hygiénisant des produits à haute concentration en agents pathogènes. La digestion mésophile convient pour des produits peu contaminés, mais elle peut être complétée par des traitements hygiénisants (pasteurisation, post-compostage...) si nécessaire.

Pour ce qui concerne les micropolluants, la méthanisation permet d'obtenir des taux élevés d'élimination des polluants organiques et des germes pathogènes. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont partiellement dégradés, les quantités résiduelles sont fixées à la matière solide, avec une très faible sortie vers la phase liquide. Les micropolluants métalliques ne sont pas éliminés mais fixés dans la fraction solide sous une forme non biodisponible.

Figure 1.4
**Devenir du digestat après
la séparation de phase et
composition des phases liquide
et solide**

D'après EREP SA et EAWAG (2009)



* Dépend de l'utilisation des coagulants / flocculants pour la séparation de la phase solide

** Dépend de la technique utilisée

Odeurs

Plusieurs études font état de la réduction d'odeurs permise par la méthanisation, du fait de l'abattement de la matière organique facilement dégradable, qui est également responsable des mauvaises odeurs. Cette dégradation ayant lieu dans l'espace clos du digesteur, les nuisances olfactives liées au stockage et à l'épandage des matières organiques sont considérablement réduites. Cependant, ces résultats sont souvent obtenus « à dire d'expert » et nécessitent d'être validés par des mesures olfactométriques.

Fluidité

La dégradation de la matière organique des substrats par la méthanisation a pour conséquence une diminution de la siccité et donc une amélioration de la fluidité du digestat par rapport au substrat. Ceci peut avoir des conséquences agronomiques positives en facilitant l'infiltration dans le sol des lisiers digérés par exemple.

LA SÉPARATION DE PHASE

Certains digestats subissent un traitement dit de "séparation de phase", par exemple par centrifugation ou utilisation d'une presse à vis, qui permet d'isoler :

- une fraction solide concentrée en matière organique et en éléments phosphatés, utilisable comme amendement de fond ;
- une fraction liquide concentrée en azote, sous forme ammoniacale principalement, et en potassium (Figure 1.4).

La séparation de phase engendre une gestion différenciée du digestat en fonction de critères techniques (mode d'épandage, distance des parcelles, etc.), économiques (coût d'épandage) et agronomiques (besoins des parcelles et des cultures en termes d'amendement ou de fertilisation) (voir aussi Fiche 4 : Piloter les apports de digestat).

RÉFÉRENCES > POUR ALLER PLUS LOIN

ADEME, AILE, Solagro, Trame. **La Méthanisation à la ferme - Guide pratique**. Septembre 2011

Solagro, IRSTEA. **État de l'art des digestats et de leurs procédés de post-traitement - Projet ANR-10-BIOE_007 DIVA - Rapport Final**. Juin 2015

ADEME. **Réaliser une unité de méthanisation à la ferme**. Janvier 2019

RITMO Agroenvironnement, Uteam, FIBL, INERIS, LDAR. **Qualité agronomique et sanitaire des digestats - Rapport final**. Octobre 2011

Sylvain Doublet, Blaise Leclerc, Christian Couture, Sylvaine Berger. **Qualité agronomique et sanitaire des digestats issus de méthanisation - Rapport final**. Décembre 2004



Fiche n°2

Le contexte réglementaire

Cette fiche établit un état des lieux, valable en mai 2021, des principales dispositions réglementaires auxquelles est soumis l'épandage de digestat en agriculture.

CADRE GÉNÉRAL

Le digestat de méthanisation, en fonction de sa composition et de sa teneur en matière sèche, peut être considéré à la fois comme une matière « amendante » (qui modifie ou améliore les propriétés physiques, chimiques ou biologiques des sols) ou « fertilisante » ayant un rôle d'engrais (qui apporte aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition). Dans tous les cas, c'est une matière qui a vocation à être épandue sur les sols agricoles.

Ainsi, la gestion de ces digestats de méthanisation est encadrée par deux types de réglementations (voir Tableau 2.1) :

- une réglementation visant à encadrer la qualité agronomique et l'innocuité sanitaire du digestat, et qui s'adresse au producteur du digestat ;
- une réglementation qui vise le milieu « récepteur » de ces digestats (exploitations agricoles), en introduisant des exigences supplémentaires pour l'épandage des digestats dans certaines zones.

PRODUCTION DES DIGESTATS

Textes réglementaires

Contenu

Législation sur les installations classées : relevant de la rubrique ICPE 2781-1 et 2781-2 et des régimes d'autorisation*, enregistrement ou déclaration.

Dispositions sur :

- le stockage des digestats ;
- l'enregistrement des sorties de digestats ;
- les règles d'épandage des digestats et la constitution d'un plan d'épandage ;
- la caractérisation de la valeur agronomique des digestats.

Règlement (UE) N°142/2011 portant application du règlement n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et l'arrêté du 9 avril 2018 fixant les dispositions techniques nationales relatives à l'utilisation de sous-produits animaux et de produits qui en sont dérivés, dans une usine de production de biogaz, une usine de compostage ou en « compostage de proximité », et à l'utilisation du lisier.

Dispositions sur :

- la vérification de critères biologiques pour les digestats ;
- les conditions de transport et l'encadrement des échanges transfrontaliers de digestats.

UTILISATION DES DIGESTATS

Zone vulnérable (ZVN)	Zone non vulnérable
-----------------------	---------------------

Directive Nitrates 91/676/CEE (en révision) :	Code de bonnes pratiques agricoles
---	------------------------------------

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ texte applicable à tous les digestats ; ■ les programmes régionaux d'action renforcent les prescriptions prévues dans les autres textes réglementaires. | |
|--|--|

Toute zone

Pour un exploitant recevant du digestat, la réglementation ICPE précise que ce dernier souscrit un contrat écrit avec le producteur de digestat, précisant notamment les engagements et responsabilités réciproques. Les règles d'épandage établies dans les arrêtés ICPE s'appliquent.

** Les exploitations en autorisation relevant de la rubrique ICPE 2781-2 doivent se conformer aux prescriptions des articles 36 à 42 de l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux émissions de toute nature des ICPE.*

Tableau 2.1
**Textes réglementaires s'appliquant
 aux producteurs de digestat et aux exploitants
 agricoles, en lien avec l'épandage de digestat
 (publiés et en application à la date du 08/02/2021)**

adapté de Gaillot et Lavarde (2015)



**Épandage de digestat liquide avec automoteur
 et enfouisseur**

(Crédit : AgroParisTech)



INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

Les installations de méthanisation sont soumises à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. La rubrique ICPE n°2781 est spécifique à la méthanisation. Elle définit un régime de déclaration avec contrôle périodique (DC), un régime d'enregistrement (E) et un régime d'autorisation (A). À l'heure actuelle (janvier 2021), les régimes sont définis selon le Tableau 2.2 :

Tableau 2.2
Définitions des régimes ICPE relatifs à la méthanisation
(Décret n° 2018-458 du 6 juin 2018)

RUBRIQUE ICPE N°2781 RELATIVE À LA MÉTHANISATION

2781-1		2781-2	
Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires :		Méthanisation d'autres déchets non dangereux :	
La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 100 t/j	A	La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 100 t/j	A
La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j, mais inférieure à 100 t/j	E	La quantité de matières traitées étant inférieure à 100 t/j	E
La quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j	DC		

Le régime de l'installation (autorisation, enregistrement ou déclaration) définit notamment les mesures à respecter sur le site de méthanisation et en terme d'épandage, avec des précisions sur les substrats et les digestats. Une refonte de la réglementation ICPE est en cours (2021) et pourra modifier les dispositions présentées dans ce document.

DIRECTIVE NITRATES

L'épandage de digestat est également soumis à la Directive Nitrates (Directive 91/676/CEE), qui vise à réduire la pollution des eaux provoquée par la lixiviation de nitrates générée par les pratiques agricoles. Les programmes d'action définis dans le cadre de cette Directive contiennent un ensemble de mesures dont la mise en œuvre est obligatoire dans les zones vulnérables aux nitrates (ZVN) désignées ou sur l'ensemble du territoire.

Dans ce cadre, le digestat de méthanisation est classé dans la catégorie « fertilisants azotés de type II ». Il s'agit des « fertilisants azotés à C/N bas » (c'est-à-dire inférieur ou égal à 8), contenant de l'azote organique et une proportion d'azote minéral variable.

Les règles applicables aux zones vulnérables portent sur :

- l'équilibre de la fertilisation azotée et l'établissement de documents d'enregistrement (plan prévisionnel de fumure et cahier d'enregistrement des pratiques) ;
- les périodes d'application des engrais organiques et minéraux et leur utilisation près des cours d'eau et dans les terrains en pente. (voir Tableau 2.4 p.21)
- l'interdiction d'épandage sur sol enneigé, gelé, inondé ;
- la couverture végétale des sols en interculture et l'obligation de bandes enherbées ou boisées non fertilisées de 5 mètres le long des cours d'eau et plans d'eau de plus de 10 ha ;
- le respect de durées minimales de stockage des effluents d'élevage et la quantité maximale d'azote des effluents d'élevage épandue annuellement .

RÈGLES D'ÉPANDAGE DU DIGESTAT

PRINCIPE GÉNÉRAL

Tout comme pour les autres produits résiduels organiques, l'épandage du digestat est possible en agriculture s'il présente un intérêt agronomique et si l'usage dans les conditions préconisées ne représente pas un danger pour l'Homme, les végétaux, les animaux et l'environnement.

PLAN D'ÉPANDAGE

Une étude préalable, dont le contenu est défini par le régime ICPE (voir Tableau 2.2), doit être réalisée pour analyser la valeur agronomique des matières à épandre et pour obtenir une caractérisation des sols. Cette étude débouche sur un plan d'épandage qui identifie les parcelles d'épandage, les localise sur une carte, renseigne sur l'exploitant et les prêteurs de terres impliqués dans l'épandage, et fait figurer les quantités d'azote qui seront épandues par surface. Les ICPE soumises à autorisation et à enregistrement doivent en plus indiquer dans le programme prévisionnel annuel le système de culture, la nature et les teneurs d'azote, les doses maximales admissibles par effluent, par sol et par culture et un calendrier prévisionnel d'épandage. Un cahier d'épandage enregistrant les pratiques de fertilisation azotée réalisées pour chaque parcelle ou îlot cultural doit être tenu par l'exploitant pour retracer les opérations effectivement mises en place. Pour les installations soumises à autorisation, un bilan agronomique annuel doit présenter un état des lieux quantitatif et qualitatif des matières épandues et synthétiser les éléments contenus dans le plan d'épandage. Ces installations doivent également respecter des seuils en termes d'innocuité d'après l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux émissions de toute nature des ICPE.



DISTANCE D'ÉPANDAGE

Le tableau 2.3 précise les distances imposées pour l'épandage des digestats, selon le régime et la rubrique de l'installation de méthanisation ainsi que les règles d'épandage sur les terrains pentus, applicables en mai 2021.

	Déclaration et enregistrement 2781-1	Autorisation et enregistrement 2781-2	Autorisation 2781-1	Autorisation 2781-2
	Enregistrement 2781-2 (sans boues urbaines)	(avec boues urbaines)		(sans boues urbaines)
Habitation	50 m 15 m enfouissement immédiat	100 m 0 m enfouissement immédiat	100 m effluent odorant 50 m effluent non odorant 15 m enfouissement immédiat	100 m effluent odorant 50 m effluent non odorant
Points de prélèvement d'eau potable ⁽¹⁾	50 m	35 m pente < 7% 100 m pente > 7%		
Lieux de baignade	200 m	200 m		
Zones piscicoles et conchyloles	500 m en amont	500 m		
Cours d'eau et plans d'eau	35 m 10 m bande de 10 m enherbée ou boisée en bordure des cours d'eau interdit pente > 7% ⁽³⁾	5 m pente < 7%, déchets non fermentescibles et enfouis immédiatement ⁽²⁾ 35 m pente < 7 %, déchets fermentescibles 100 m pente > 7%, déchets solides et stabilisés 200 m pente > 7%, déchets non solides ou non stabilisés		

⁽¹⁾ voir les dispositions particulières à chaque captage d'eau potable protégé par un périmètre de protection

⁽²⁾ Attention, en zones vulnérables, il convient de suivre les préconisations spécifiques qui sont plus strictes

⁽³⁾ si pente > 7% : interdit pour les digestats liquides en enregistrement, sauf s'il est mis en place des dispositifs prévenant tout risque d'écoulement et de ruissellement vers les cours d'eau (bande enherbée, boisée, ...)

Tableau 2.3
Distances d'épandage du digestat selon le régime et la rubrique de l'ICPE de l'unité de méthanisation

(CPE Artois Picardie, 2020)



Attention, en zones vulnérables, il convient de suivre les préconisations spécifiques lorsqu'elles sont plus strictes.

L'épandage doit être effectué par un dispositif permettant de limiter les émissions atmosphériques d'ammoniac (pendillards, enfouissement direct, enfouissement rapide après l'épandage,...). Dans ce contexte l'usage de la buse palette est proscrite.

Par ailleurs, conformément à la Directive Nitrates, l'épandage est interdit :

- sur les sols pris en masse par le gel ou enneigés, sur les sols inondés ou détrempés, sur les sols non utilisés en vue d'une production agricole ;
- pendant les périodes de forte pluviosité.



Épandage de digestat liquide sans tonne avec système Duaferti ®

(Crédit : Watts-New)

DISPOSITIFS DE STOCKAGE : CAPACITÉ ET EMLACEMENT

Les ouvrages de stockage du digestat doivent avoir une capacité suffisante pour permettre le stockage de la quantité de digestat (brut ou liquide et solide en cas de séparation de phase) produite sur une période correspondant à la plus longue période pendant laquelle son épandage est soit impossible, soit interdit ; sauf si l'exploitant ou un prestataire dispose de capacités de stockage sur un autre site et qu'il est en mesure d'en justifier en permanence la disponibilité. En régime ICPE de déclaration et d'enregistrement, cette période ne peut être inférieure à quatre mois. Compte tenu des contextes climatiques, des calendriers d'épandage en zones vulnérables, des assolements et des pratiques d'épandage, il est souvent préconisé de disposer, au moins pour les digestats liquides, d'une capacité de stockage de 6 mois.

Les aires de stockage des digestats :

- doivent être distantes d'au moins 35 m des puits et forages de captage d'eau extérieurs au site, des sources, des aqueducs en écoulement libre, des rivages et des berges des cours d'eau, de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, à des industries agroalimentaires, ou à l'arrosage des cultures maraîchères ou hydroponiques. La distance de 35 m des rivages et des berges des cours d'eau peut toutefois être réduite en cas de transport par voie d'eau ;
- ne peuvent pas être situées dans le périmètre de protection rapproché d'un captage d'eau destiné à la consommation humaine.

Il est recommandé que la distance d'implantation de l'entreposage vis-à-vis des tiers soit au moins égale à 50 m.



Épandage de digestat liquide sans tonne avec système Duaferti ® (Crédit : Watts-New)

QUALITÉ DES MATIÈRES ÉPANDUES

L'arrêté ministériel qui régit les activités des sites en déclaration précise que l'exploitant doit disposer d'analyses des digestats sans en préciser la nature ni la fréquence. Pour les sites en enregistrement (2781-1), au moins une analyse par an a minima doit être réalisée sur les teneurs en azote global et azote minéralisable.

Il est recommandé néanmoins que l'exploitant réalise au minimum une analyse des paramètres agronomiques à chaque période d'épandage (matière sèche (%), matière organique (%), pH, azote global, azote ammoniacal (en NH_4), rapport C/N, phosphore total (en P_2O_5), potassium total (en K_2O)).

Les digestats ne font l'objet d'analyses en termes d'innocuité que si les installations sont classées en autorisation. L'arrêté d'autorisation précise alors la nature et la périodicité des analyses à effectuer.

On peut rappeler que pour les activités de méthanisation, toute utilisation de sous-produits animaux (lisier endogène inclus) nécessite un agrément sanitaire. Le règlement n°142/2011 fixe les exigences concernant les normes de transformation des sous-produits animaux traités ainsi que les conditions d'utilisation des digestats qui en résultent. Il définit également des limites en matière microbiologiques pour les digestats des installations classées en autorisation :

Pour *Escherichia coli* et pour *Enterococcaceae* :

- sur 5 échantillons de 1 g chacun, au moins 4 échantillons doivent contenir au maximum 1 000 bactéries et un échantillon maximum peut contenir entre 1 000 et 5 000 bactéries ;
- en cas de non-conformité, une nouvelle conversion est demandée.

Pour *Salmonella* :

- sur 5 échantillons de 25 g chacun, aucun ne doit présenter de bactéries ;
- en cas de non-conformité, les digestats doivent être manipulés (compostés) ou éliminés conformément aux instructions de l'autorité compétente.

PLAFONDS D'APPORT

DE DIGESTAT ET D'AZOTE

Pour les unités traitant des boues urbaines et soumises à enregistrement ou à autorisation, les apports de digestats ne doivent pas dépasser 30 tMS/ha/10 ans. Pour les autres unités soumises à autorisation, les apports de digestats pâteux ou solides ne doivent pas dépasser 30 tMS/ha/10 ans.

En accord avec la Directive Nitrates, les quantités d'azote épandues ne doivent pas dépasser 170 kg d'azote organique provenant des effluents d'élevage par hectare et par an.

Le respect de l'équilibre de la fertilisation azotée à la parcelle peut toutefois conduire à limiter les quantités pouvant être épandues à des niveaux inférieurs à 170 kg N/ha.

PÉRIODE D'ÉPANDAGE

En accord avec la Directive Nitrates, le tableau 2.4 fixe les périodes minimales pendant lesquelles l'épandage des fertilisants de type II est interdit. Ces périodes diffèrent selon l'occupation du sol pendant ou suivant l'épandage et s'appliquent en zone vulnérable.

Ces périodes d'interdictions peuvent être renforcées au niveau régional.

Tableau 2.4

Périodes minimales pendant lesquelles l'épandage des fertilisants de type II est interdit

(arrêté du 19/12/2011)

Occupation du sol pendant ou suivant l'épandage (culture principale)	Périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants de type II
Sols non cultivés	Toute l'année
Cultures implantées à l'automne ou en fin d'été (autres que colza)	du 1 ^{er} octobre au 31 janvier ⁽¹⁾
Colza implanté à l'automne	du 15 octobre au 31 janvier ⁽¹⁾
Cultures implantées au printemps non précédées par une CIPAN ou une culture dérobée ou un couvert végétal en interculture	du 1 ^{er} juillet au 31 janvier ⁽²⁾
Cultures implantées au printemps précédées par une CIPAN ou une culture dérobée ou un couvert végétal en interculture	du 1 ^{er} juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN du couvert végétal en interculture ou la récolte de la dérobée jusqu'au 31 janvier ⁽²⁾ Le total des apports avant et sur la CIPAN ou la dérobée ou le couvert végétal en interculture est limité à 70 kg d'azote efficace/ha
Prairies implantées depuis plus de six mois dont prairies permanentes, luzerne	du 15 novembre au 15 janvier ⁽³⁾
Autres cultures (cultures pérennes, cultures maraîchères et cultures porte-graines)	du 15 décembre au 15 janvier

⁽¹⁾ Dans certaines régions, l'épandage est autorisé à partir du 15 janvier.

⁽²⁾ En présence d'une culture, l'épandage d'effluents peu chargés en fertirrigation est autorisé jusqu'au 31 août dans la limite de 50 kg d'azote efficace/ha. L'azote efficace est défini comme la somme de l'azote présent dans l'effluent peu chargé sous forme minérale et sous forme organique minéralisable entre le 1^{er} juillet et le 31 août.

⁽³⁾ L'épandage des effluents peu chargés est autorisé dans cette période dans la limite de 20 kg d'azote efficace/ha. L'azote efficace est défini comme la somme de l'azote présent dans l'effluent peu chargé sous forme minérale et sous forme organique minéralisable entre le 15 novembre et le 15 janvier.



RÉFÉRENCES > POUR ALLER PLUS LOIN

Bertrand Gaillot et Patrick Lavarde (coordonnateur). **Les épandages sur terres agricoles des matières fertilisantes d'origine résiduaire** - Mission prospective sur les modalités d'encadrement et de suivi réglementaire - Rapport CGEDD n° 009801-01, CGAAER n° 14074. Juillet 2015

Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025001662/2021-01-27/>

Décret n° 2018-458 du 6 juin 2018 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037032088/>

APESA (coordinateur), Biomasse Normandie, RITTMO. **Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage** (étude réalisée pour le compte de l'ADEME). Janvier 2015

Règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?qid=1435061718468&uri=CELEX:02011R0142-20150223>

CPE Artois Picardie. **Unités de méthanisation : épandage des digestats, guide méthodologique**, édition 2020.

? DÉFINITIONS

Rapport C/N de la matière organique : désigne le rapport massique carbone sur azote de la matière organique. C'est un indicateur qui permet de juger l'aptitude de la matière organique à être dégradée plus ou moins rapidement par les microorganismes dans le sol. Ces microorganismes utilisent le C comme source d'énergie et pour leur constitution, et le N pour leur constitution seulement. Si le C/N est supérieur à 25, il y a trop de carbone par rapport à l'azote. Les microorganismes vont puiser dans les réserves d'azote du sol pour constituer leur matière. C'est le phénomène de faim d'azote. À l'inverse, si le C/N est inférieur à 25, les microorganismes vont libérer l'azote en dégradant la matière organique et le laisser à disposition des plantes.

Zone vulnérable nitrates (ZVN) : désigne une partie du territoire où la pollution des eaux par le rejet direct ou indirect des nitrates d'origine agricole et d'autres composés azotés susceptibles de se transformer en nitrates, menace à court terme la qualité des milieux aquatiques et plus particulièrement l'alimentation en eau potable. La directive Nitrates prévoit de réactualiser les zones vulnérables au minimum tous les quatre ans. La publication du nouvel arrêté de désignation et de délimitation de ces nouvelles ZVN est prévue pour l'été 2021.

Déchets dangereux : désigne tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à l'annexe III de la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives. Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets mentionnée à l'article R. 541-7.

Déchets non dangereux : tout déchet qui ne présente aucune des propriétés rendant un déchet dangereux.

Enjeux environnementaux et technico-économiques liés à l'épandage de digestat

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX LIÉS AUX ÉMISSIONS D'AZOTE VERS L'AIR ET L'EAU

CYCLE DE L'AZOTE

Dans un sol cultivé, quelle que soit sa provenance (engrais chimique, organique, résidus de culture ou azote atmosphérique), l'azote subit une cascade de transformations présentées dans la Figure 3.1. Une partie de l'azote est absorbée par la plante, une partie est fixée dans le sol (et est potentiellement libérée plus tard), et une partie part dans l'eau ou dans l'air. On estime que seulement 43 % de tout l'azote apporté au sol cultivé est exporté dans les cultures. Les pertes du système proviendraient en premier lieu de la **lixiviation** de nitrates (45 % des pertes d'azote), suivie des pertes vers l'atmosphère sous forme de diazote N_2 (36 %), d'ammoniac NH_3 (13 %) et de protoxyde d'azote N_2O (3 %).

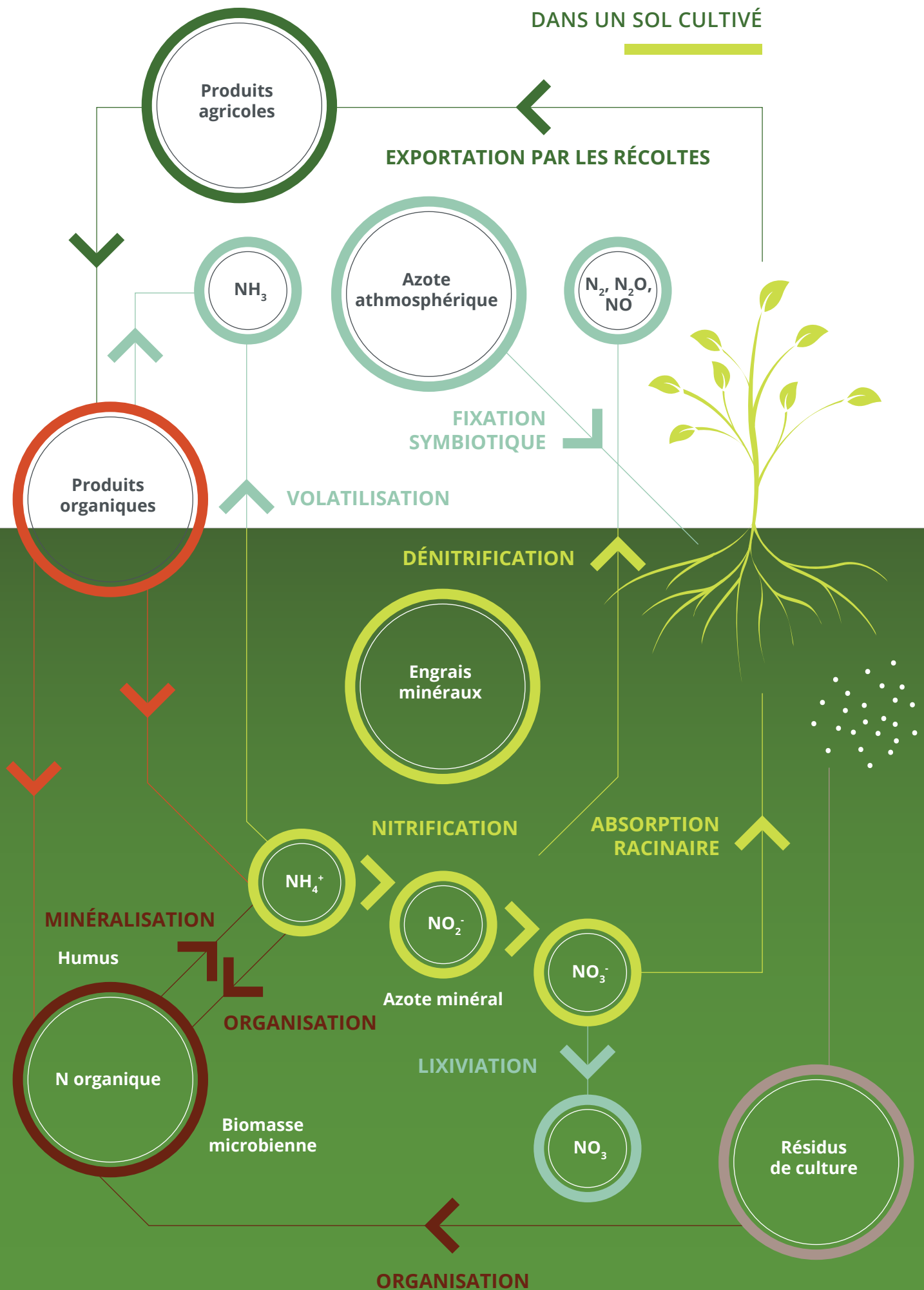
Les nitrates ont un impact sur la qualité de l'eau, l'ammoniac sur la qualité de l'air et le protoxyde d'azote sur le changement climatique. Le diazote est le principal constituant de l'air.

Cette fiche présente le cycle de l'azote et les principaux enjeux environnementaux, techniques et économiques liés à la maîtrise des flux azotés ainsi qu'aux méthodes et matériels d'épandage du digestat.

La composition et les propriétés du digestat sont exposées dans la **Fiche 1 : Les digestats de méthanisation et leurs intérêts agronomiques.**

Page suivante : Figure 3.1
Cycle de l'azote dans un sol cultivé
(Comifer, 2013)

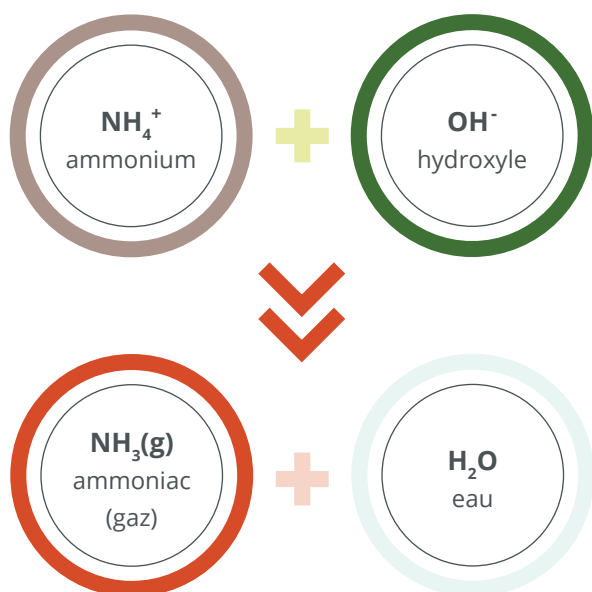
CYCLE SIMPLIFIÉ DE L'AZOTE DANS UN SOL CULTIVÉ



VOLATILISATION DE L'AZOTE AMMONIACAL

L'ammoniac émis dans l'atmosphère est un précurseur de particules fines reconnues pour leurs effets négatifs sur la santé.

Le digestat est riche en azote ammoniacal (sous forme d'ammonium). De l'ammoniac (NH_3) est émis par le digestat à partir de l'ammonium (NH_4^+), en contact avec l'air.



La concentration en NH_3 de l'air ambiant étant beaucoup plus faible que celle du digestat, il y a transfert d'ammoniac du digestat vers l'air, et ce d'autant plus que la concentration en azote ammoniacal du digestat est élevée. Ce phénomène est immédiat dès l'épandage et s'estompe rapidement avec la diminution de la concentration en NH_4^+ du digestat. La volatilisation est très variable mais peut atteindre plus de 50 % de l'azote ammoniacal épandu. Il est favorisé par :

- les températures chaudes ;
- le vent ;
- l'absence de pluies dans les 24h suivant l'épandage (la pluie permettant l'infiltration de l'ammonium dans le sol) ;
- le pH du sol et/ou le pH du digestat élevés.

L'enfouissement des digestats permet de réduire drastiquement la volatilisation, même s'il est superficiel ; en revanche, il doit être pratiqué le plus rapidement possible après l'épandage car la majorité des émissions ont lieu durant les premières heures après l'épandage. Pour un enfouissement immédiat la réduction des émissions d'ammoniac est de 90 %. Pour un enfouissement dans les 4 heures suivant l'épandage, elle tombe à 45-65 %. Au-delà et dans les 24 heures elle tombe encore à 30 %.

ÉMISSIONS DE PROTOXYDE D'AZOTE

Le N_2O est un gaz à effet de serre qui a un très fort impact sur le changement climatique (près de 300 fois supérieur à celui du CO_2).

Nitrification

La nitrification est l'oxydation de l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-). Elle s'effectue en conditions aérobies dans un délai pouvant aller de quelques jours à quelques semaines. Le processus libère de l'azote gazeux sous forme de N_2O et de NO par un processus non complètement identifié actuellement.

Dénitrification

La dénitrification est le processus de transformation de l'azote nitrique (NO_3^-) en azote gazeux N_2 sous l'action de certaines bactéries. Dans des conditions spécifiques (faibles valeurs de pH du sol par exemple), l'enchaînement des réactions chimiques est incomplet et conduit à la production de formes intermédiaires d'oxyde d'azote dont le protoxyde d'azote N_2O . Faibles dans les sols bien drainés, les pertes d'azote par dénitrification peuvent être beaucoup plus importantes lorsque les conditions du sol sont favorables à ce processus : anoxie liée à un excès d'eau temporaire, abondance d'azote sous forme nitrique et présence de matières organiques labiles.

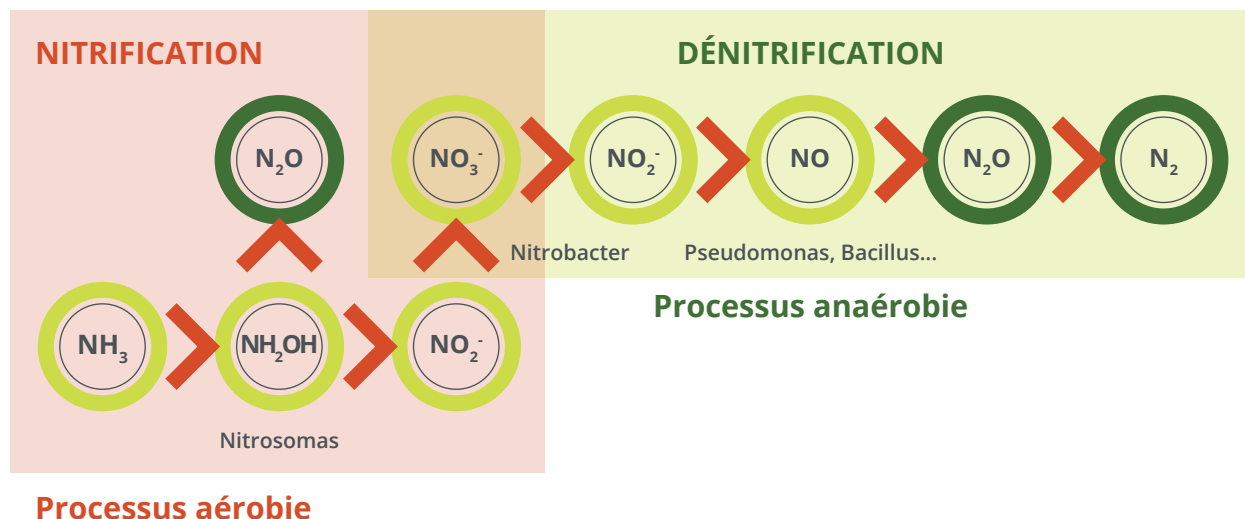
Les réactions de nitrification et de dénitrification peuvent être schématisées selon la Figure 3.2.



Figure 3.2

Réaction de transformation de l'azote dans le sol donnant lieu à des émissions de N_2O

(Cellier et al., 2012)



Les pertes directes de N sous forme de N_2O par nitrification et dénitrification sont généralement estimées à 1 % de l'azote apporté en moyenne.

Émissions indirectes

En plus des émissions dites « directes », c'est-à-dire des émissions issues des processus de production de N_2O dans les sols, il existe aussi des voies de production du N_2O dites « indirectes » : il s'agit d'émissions de N_2O à partir de :

- nitrate ou nitrite dissous dans les eaux et entraînés vers les nappes phréatiques ou vers les eaux superficielles par ruissellement ;
- dépôt d'ammoniac ou de NO_x qui, dissout dans l'eau, se transforme en NH_4^+ et alimente ainsi à nouveau les processus de nitrification et dénitrification ; il peut aussi être transformé en nitrate, lixivié, et contribuer aux émissions indirectes de N_2O selon le processus décrit dans la Figure 3.3.

LIXIVIATION DES NITRATES

La lixiviation des nitrates contribue à la contamination nitrique des eaux, à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques et aux émissions de N_2O indirectes comme décrit ci-avant.

La lixiviation est l'entraînement d'éléments minéraux dissous (principalement des nitrates NO_3^-) par la percolation de l'eau vers la profondeur. La quantité de nitrates entraînée au-delà de la zone accessible aux racines dépend :

- de la lame d'eau drainante ;
- de la quantité d'azote nitrique présente (et donc du stock d'azote minéral restant dans le sol après la récolte des cultures) et de sa répartition dans le profil de sol ;
- du type et de la profondeur du sol ;
- de la couverture du sol et de la capacité du couvert à valoriser l'azote résiduel.

Le taux de lixiviation annuel varie de 0-5% de l'azote apporté (situation d'intercultures courtes ou d'intercultures longues avec culture intermédiaire, en sols non filtrants de type limons profonds) à 30 % (intercultures longues sans culture intermédiaire, sols filtrants de type sable), avec des situations intermédiaires à 10 ou 20 % de lixiviation moyen annuel (par exemple sols argilo-calcaires moyens, avec alternances cultures d'hiver et de printemps sans culture intermédiaire). Pour un apport de 150 kg d'azote par ha, ce sont donc entre 0 et 45 kg d'azote qui peuvent être perdus par lixiviation.

ENJEUX TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES DE LA MAÎTRISE DES FLUX AZOTE

MAÎTRISE DES APPORTS, LIMITATION DES PERTES

Dans le cadre de la conduite d'une culture, on cherche à optimiser les apports d'azote par rapport aux besoins des plantes. Pour cela il faut tenir compte des objectifs de rendement pour la culture, des sources et puits d'azote du système et des pertes éventuelles dans l'eau ou l'air.

Pour l'apport de digestat, la détermination de la quantité d'azote apportée, réellement disponible pour la plante, nécessite analyses et calculs. En effet dans le digestat, l'azote est présent sous une forme minérale (ammoniacale) et sous une forme organique. L'azote du digestat disponible pour la plante est la somme de l'azote ammoniacal non perdu dans l'eau ou l'air et de la fraction de l'azote organique minéralisé (Figure 3.3).

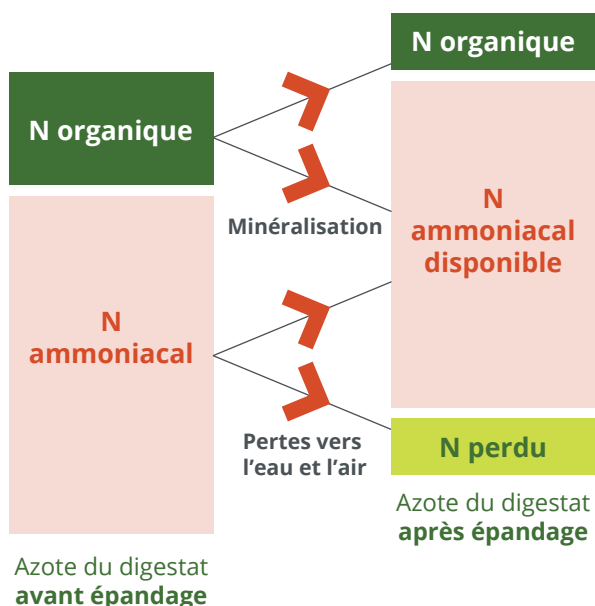


Figure 3.3
Composition du digestat en azote avant et après épandage

Cet azote disponible est très variable selon les digestats (substrat d'origine et mode de traitement). **C'est pourquoi une analyse agronomique du digestat doit être faite avant chaque période d'épandage.** Par ailleurs le calcul de la dose d'azote fournie par le digestat nécessite l'utilisation de coefficients Kéq de référence (voir Fiche 4. Piloter les apports de digestat).

Pour ce qui concerne les pertes d'azote vers l'eau et l'air provenant de digestats, certaines peuvent être limitées par les pratiques d'épandage : quantités épandues, conditions, matériel (voir Fiches 4. Piloter les apports de digestat et 5. Utiliser le matériel adéquat).

CÔÛT D'ÉPANDAGE

Il existe divers équipements pour l'épandage du digestat (voir aussi Fiche 5. Utiliser le matériel adéquat).

Le coût d'un chantier d'épandage de digestat brut ou liquide avec une tonne à lisier est très variable (voir Tableau 3.1). Il est dilué par l'augmentation du volume d'activité de la tonne. Il augmente en fonction de l'éloignement, et surtout la part du coût lié au transport devient de plus en plus significative avec l'éloignement.

L'épandage sans tonne peut aussi être une option intéressante pour le digestat brut ou liquide. L'intérêt est de réduire le poids des machines épandant sur le champ et donc de mieux préserver le sol. Le coût de la mise en œuvre est très variable et souvent supérieur à celui d'une tonne à lisier, en particulier s'il ne repose pas sur des édifices d'acheminement préexistants (par exemple réseau d'irrigation). Dans ce cas il nécessite un ravitaillement par camion ou tonne à lisier, avec une lagune, un caisson ou une tonne à lisier, pour stocker temporairement le digestat à proximité des parcelles à épandre. Par ailleurs, la manipulation de la pompe et du tuyau sur le champ nécessite un peu plus de manutention que l'épandage par tonne à lisier seule.



Tableau 3.1

Exemples de coûts de chantiers d'épandage de digestat liquide ou lisier avec tonne à lisier (Rayons X d'Entraid). Hypothèses principales : tracteur 180 ch, tonne 16 000 litres, main d'œuvre 20 €/h.

Nombre de voyages par an	600	800	1000	600	600
Distance parcelles (km)	2	2	2	5	8
Débit chantier (voyages/heure)	2,73	2,73	2,73	1,5	1
Coût chantier (€/m ³)	2,17	1,82	1,7	2,96	3,76



Dans le cadre du projet TepLis (Transport et Epandage de LISier), l'Ifip et le réseau des Cuma Ouest ont élaboré un calculateur permettant de déterminer les coûts et la durée des chantiers d'épandages alternatifs à la tonne à lisier et son tracteur. Ce calculateur est en téléchargement sur le site de Cuma Ouest après inscription (QR code ci-contre).

La comparaison des deux scénarios décrits dans les tableaux 3.2 et 3.3 ci-dessous (quantité de digestat à épandre : 2000 m³, dose de digestat : 25 m³/ha, distance moyenne des parcelles : 4 km aller/retour) donne un coût du chantier A (épandage y compris traction, main d'œuvre à l'épandage et au transport, transport y compris traction) de 2,01 €/m³, et un coût du chantier B de 2,77 €/m³. Le débit de chantier est de 48 m³/h pour le scénario A et 107 m³/h pour le scénario B. Certains agriculteurs qui peuvent acheminer le digestat par réseau d'irrigation préexistant témoignent d'un coût d'épandage sans tonne à lisier qui peut descendre à 2 €/m³.

A. Épandage tonne à lisier

Volume cuve (m ³)	18
Difficultés dépliage/repliage	Facile
Dispositif d'aspersion	Rampe à pendillards
Largeur d'épandage (m)	15
Mode de transport	Même tonne à lisier

B. Épandage sans tonne à lisier tractée

Volume cuve (m ³)	18
Difficultés dépliage/repliage	Facile
Dispositif d'aspersion	Rampe à pendillards
Largeur d'épandage (m)	15
Mode de transport	Camion-citerne
Volume transport (m ³)	28

Tableau 3.2

Données du scénario A épandage tonne à lisier tractée

Tableau 3.3

Données du scénario B épandage sans tonne à lisier

TASSEMENT DU SOL

Les apports de digestats liquides à l'aide d'une tonne à lisier peuvent provoquer le tassement des sols. Le tassement, ou compaction du sol, réduit l'aération du sol et l'infiltration de l'eau. Ces altérations pénalisent globalement le fonctionnement pédologique. Le système racinaire devient inefficace à cause d'une moindre exploitation du sol, à la fois en volume et en profondeur. D'autres facteurs biologiques, tels que la faune lombricienne, peuvent être perturbés, voire bloqués dans leur activité, avec une réduction des effectifs. Or, les galeries de vers de terre notamment sont importantes pour

le cheminement des racines dans les horizons profonds, sources d'alimentation hydrique entre autres. L'importance du tassement **dépend du volume à épandre, du type de matériel (épandage avec/sans tonne, taille du tracteur, largeur des pneus), de la période d'intervention (portance du sol), de la nature du sol et de la topographie, qui permet le passage plus ou moins facile du matériel.**

La Fiche 5. Utiliser le matériel adéquat traite de l'utilisation de matériel d'épandage (sans tonne à lisier) permettant de réduire le tassement du sol.

RÉFÉRENCES > POUR ALLER PLUS LOIN

<https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-epandage-de-digestat-rayonsx>

Chambre Régionale d'Agriculture Lorraine. **Digestats de méthanisation : Optimiser le retour au sol pour profiter des bénéfices agronomiques et économiques - Résultats d'essais et suivis d'exploitations - Bilan de 4 années.** 2019.

Arvalis. **Guide GES'TIM+.** 2020

J.-L. Peyraud, P. Cellier, C. Donnars, O. Réchauchère (éditeurs). **Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres - Expertise scientifique collective, synthèse du rapport.** INRA (France), 68 p. 2012

P. Cellier, P. Rochette, P. Faverdin, 2012. **Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective. Partie I Origines et état des lieux des flux d'azote liés aux élevages.**

Comifer - groupe azote. **Calcul de la fertilisation azotée - Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies.** 2013



L'utilisation
des digestats
en agriculture

Les bonnes pratiques d'utilisation

Fiche n°4

Piloter les apports de digestat 31



Fiche n°5

Utiliser le matériel adéquat 39



Piloter les apports de digestat azote, phosphore et matière organique

Cette fiche vise à rappeler les propriétés des digestats et à donner les principales clefs d'une bonne gestion des apports (calcul de dose, périodes d'apport pour l'azote, gestion de la matière organique).

PRINCIPE GÉNÉRAL GÉRER LE DIGESTAT EN FONCTION DE SES PROPRIÉTÉS

La Fiche 1. Les digestats de méthanisation et leurs intérêts agronomiques traite des propriétés du digestat plus en détails. Ces informations sont résumées ci-dessous.

Les digestats de méthanisation, qu'ils soient sous forme brute, liquide ou solide après séparation de phase, contiennent des éléments minéraux en quantités variables qui sont fonction de la composition du substrat digéré et du mode de traitement. Lorsque les digestats sont épandus, ces éléments contribuent à entretenir ou améliorer la fertilité chimique du sol.

Par ailleurs, les digestats contiennent également des matières organiques plus ou moins dégradées. Les matières organiques stables modifient les propriétés physiques du sol. Les matières organiques fraîches alimentent les microorganismes du sol, qui minéralisent la matière organique et rendent les éléments nutritifs disponibles pour les plantes, améliorant ainsi les fertilités biologique, chimique et physique.

Le pilotage de l'utilisation de ces digestats a pour objectif de maximiser la valorisation des éléments minéraux qu'ils contiennent et d'optimiser la gestion de la matière organique (avec une distinction entre la partie stable et la partie fraîche). Un bon pilotage a des effets positifs sur les fertilités chimique, biologique et physique des sols et minimise les effets négatifs, en particulier les pertes d'éléments nutritifs (en particulier azote) vers l'eau et l'air.

Outre le principe du raisonnement de la dose de digestat à apporter comme fertilisant, détaillé dans la prochaine partie, la bonne réalisation de ce pilotage s'appuie sur plusieurs aspects, tels que :

- la bonne connaissance des propriétés du digestat, via la réalisation d'analyses régulières ;
- la bonne connaissance des sols (via des analyses également) et des besoins des cultures ;
- le dimensionnement approprié des capacités de stockage par rapport aux besoins ;
- le recours à des machines qui permettent d'épandre dans les bonnes conditions.



CALCULER

LA FOURNITURE D'AZOTE

Selon les règles de la Directive Nitrates (voir aussi Fiche 2. Le contexte réglementaire), il faut établir un Plan Prévisionnel de Fumure (PPF) pour toutes les surfaces de l'exploitation (y compris les parcelles non fertilisées). Celui-ci doit être :

- **établi à l'ouverture du bilan (semis ou sortie d'hiver pour les cultures d'automne) ;**
- **terminé au plus tard avant le 1^{er} apport réalisé en sortie d'hiver ou avant le 2^e apport en cas de fractionnement. Il est exigible au 15 avril.**

Pour déterminer la dose d'azote prévisionnelle, il faut se référer à l'arrêté régional du GREN (Groupe Régional d'Experts Nitrates) qui encadre les méthodes de calcul des doses d'azote.

Par exemple, pour la région Île-de-France, le calcul des doses d'azote prévisionnelles à apporter aux céréales d'hiver et de printemps, au colza, tournesol, maïs, sorgho, betteraves sucrière et fourragère, oignons et pommes de terre, se fait par la méthode du bilan avec l'équation ci-dessous (arrêté n°2015-DRIEE-056) :

$$X = \frac{(Pf+Rf)}{\text{Besoins en azote}} - \frac{(Pi+Ri+Mh+Mhp+Mr+MrCi+Xa+Nirr)}{\text{Fournitures en azote}}$$

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Pf = Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

Rf = Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pi = Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

Ri = Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

Mh = Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp = Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr = Minéralisation nette de résidus de récolte

MrCi = Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire

Xa = Équivalent engrais minéral efficace

Nirr = Azote apporté par l'eau d'irrigation

La valeur fertilisante d'un digestat l'année de son apport correspond à la quantité d'éléments fertilisants du digestat qui est absorbée par la culture. Il ne s'agit jamais de la totalité des éléments fertilisants du digestat. En particulier, la disponibilité de l'azote et du soufre dépend de nombreux facteurs. Pour le potassium et le magnésium, sous forme soluble dans les digestats, l'efficacité est proche de l'engrais de référence de valeur fertilisante équivalente, et pour le phosphore cette efficacité dépend de l'origine et du traitement du produit.

Plus précisément pour ce qui concerne l'azote, sa part minérale, constituée essentiellement d'azote ammoniacal, est immédiatement disponible pour les cultures ou perdue par volatilisation ou lixiviation. L'azote organique du digestat, quant à lui, se libère progressivement par minéralisation (voir Figure 4.1). Cette minéralisation est plus ou moins rapide et importante selon les digestats.

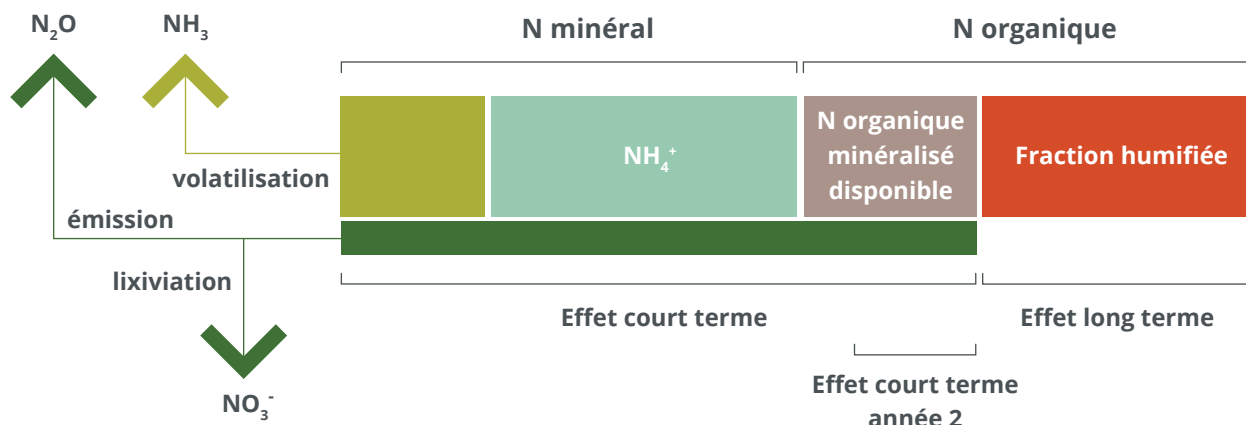


Figure 4.1

Devenir de l'azote d'un digestat après épandage

(Comifer, 2013)

Dans le calcul de la dose d'azote à apporter sur les cultures, la contribution du digestat, prise en compte dans le paramètre X_a , est déterminée grâce à sa composition et à un coefficient K_{eq} , tel que :

$$X_a (\text{digestat}) = \%N_{\text{digestat}} \times K_{eq} \times Q_{\text{digestat}}$$

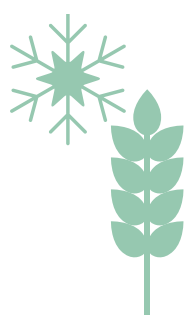
Avec :

- **$\%N_{\text{digestat}}$** : teneur en azote total du digestat (% par unité de volume ou de masse)
- **K_{eq}** : coefficient d'équivalence engrais minéral efficace
- **Q** : volume ou masse de digestat épandue par hectare

Pour connaître la teneur en azote total du digestat, il convient de réaliser des analyses au plus proche de la date d'épandage pour prendre en compte les éventuelles transformations au stockage.

Le K_{eq} sert à estimer la part d'azote du digestat disponible l'année n , prenant en considération l'azote minéral présent dans le digestat au moment de l'épandage et l'azote organique minéralisable dans l'année, ainsi que les pertes (volatilisation, lixiviation). Il est donc lié à la culture et à la période d'apport (conditions d'épandage et climat après apport).

Pour le K_{eq} on peut se baser sur des valeurs de référence dépendant de la culture et de la période d'apport (Tableau 4.1) :



CÉRÉALES D'HIVER

		0,2
		0,4



CÉRÉALES DE PRINTEMPS

		0,1
		0,4



COLZA

		0,5
		0,4



MAÏS

		0,1
		0,6



PRAIRIE

		0,35
		0,5

Coefficients d'équivalence du digestat (Keq)

Été - automne

Hiver - printemps

Favorable

Moins favorable

Tableau 4.1

Coefficients d'équivalence du digestat brut par culture par période d'apport

(Chambre d'agriculture de Lorraine, 2019)

Mais le comportement des digestats, et donc le Keq, sont liés à leur composition, au type de biomasse méthanisée, et aux variations interannuelles du climat (température, pluviométrie), d'où une certaine variabilité annuelle de la disponibilité réelle de l'azote. Cette variabilité peut être prise en compte dans une certaine mesure dans la gestion de la fertilisation azotée par l'utilisation d'outils de pilotage pour le dernier apport sur des céréales d'hiver.

En pratique, la quantité de digestat à apporter est limitée, dans les zones vulnérables, par le plafond de 170 kg d'azote organique d'origine animale par ha de SAU par an. Elle est aussi limitée pour les apports sur CIPAN et CIVE (voir Fiche 2. Le contexte réglementaire). Enfin elle peut être limitée par les besoins en autres éléments nutritionnels, tels que P ou K.

APPORTER AU MEILLEUR MOMENT

Les coefficients d'équivalence diffèrent selon la période à laquelle le digestat est épandu et selon les besoins des cultures, liés à leur développement. Ils mettent en évidence les cultures et les périodes qui valorisent le mieux les apports de digestats bruts. On peut en tirer les recommandations exposées dans le tableau 4.2 et schématisées dans la Figure 4.3.

	  ÉTÉ - AUTOMNE	  HIVER - PRINTEMPS
TRÈS RECOMMANDÉ	Épandages sur colza (avant implantation, avec enfouissement). Le colza a en effet des besoins importants à l'automne et valorise bien l'azote disponible, s'il est épandu dans des conditions qui permettent de limiter les fuites vers l'eau ou l'air (épandage au pendillard, enfouissement, pluviométrie faible). Attention cependant à ne pas trop en apporter pour limiter les risques d'élongation automnale des colzas.	Épandages sur céréales (sortie d'hiver) et sur prairies (sortie d'hiver ou après première coupe). Les céréales et l'herbe sont alors en demande d'azote, le sol et la température sont froids et moins propices aux pertes d'azote vers l'air, et enfin la pluviométrie est en baisse, réduisant les risques de pertes vers l'eau. Épandages sur maïs (juste avant implantation et avec enfouissement) ou, si le matériel le permet, entre 6 et 8 feuilles (stade où la plante est en demande d'azote).  Attention ! Plus on apporte tard en saison, plus les conditions sont favorables à la volatilisation, il faut alors privilégier des modes d'épandage limitant ces pertes (enfouissement).
POSSIBLE	Épandages sur prairies. Les apports sont possibles si la croissance de l'herbe reprend avec des pluies en début d'automne. Selon réglementation, épandages sur CIPAN (sur végétation), si celle-ci lève correctement.	Épandages sur colza. Les apports sont possibles si la tonne passe dans les traces du pulvérisateur, sinon on risque la destruction de la culture par écrasement de la tige.
À ÉVITER	Épandages sur céréales. Les besoins en azote des céréales à l'automne sont très limités et le sol est à même de fournir ces besoins, sans apport supplémentaire. La valorisation de l'azote à cette période pour ces cultures est donc faible, ce qui favorise les pertes vers l'eau ou l'air.	Apports sur orge de printemps. La gestion des protéines risque d'être mal maîtrisée.

Tableau 4.2
Recommandations sur les apports de digestats bruts selon la période et la culture
(Adapté de plusieurs sources)

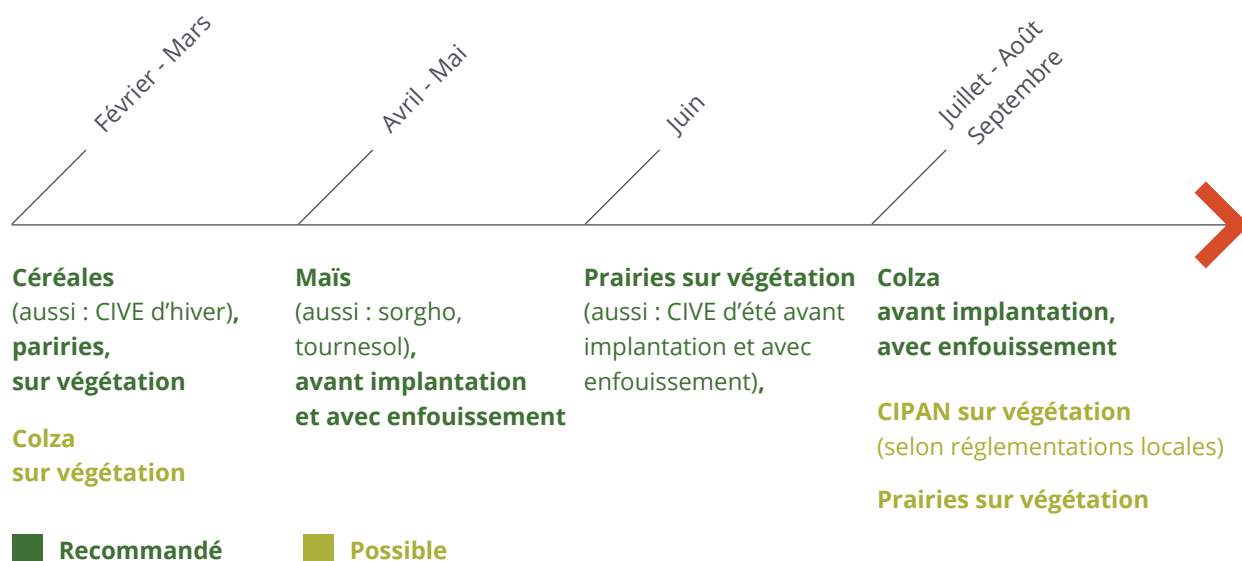


Figure 4.3
Calendrier des apports de digestat brut ou liquide sur les principales cultures

(Adapté de Chambre d'agriculture de Lorraine, 2019)

Pour du digestat solide, il est conseillé de favoriser l'enfouissement avant l'implantation d'une culture pour permettre une meilleure valorisation du phosphore. Attention, car il perd de la masse au stockage. C'est pourquoi, si les conditions météo et la période sont adaptées, il est conseillé d'épandre régulièrement et de limiter la durée de stockage.

Pour du digestat brut ou liquide, les capacités de stockage sont déterminantes. Plus elles sont importantes, plus l'agriculteur est libre de d'épandre au moment le plus opportun en fonction des besoins des cultures et de la météorologie. C'est pourquoi il est conseillé de bien dimensionner le stockage pour l'hiver (6 mois minimum).



Lagune de stockage
(Crédit : FRCUMA Ouest)

GÉRER LA MATIÈRE ORGANIQUE

On pourra se référer pour plus de détails à la [Fiche 1. Les digestats de méthanisation et leurs intérêts agronomiques](#), où sont décrites les caractéristiques des digestats bruts et des fractions liquide et solide issues de la séparation de phase.

GÉRER LA MATIÈRE ORGANIQUE FRAÎCHE

Lors du processus de digestion, les microorganismes se nourrissent de la matière organique fraîche et la minéralisent. Celle-ci est donc fortement réduite dans le digestat par rapport aux matières premières entrantes dans l'unité de méthanisation. Or l'apport de matière organique fraîche est essentiel pour le maintien ou l'amélioration de l'activité microbiologique des sols (fertilité biologique). Ainsi il est conseillé de compléter les apports de digestat avec un engrais vert. Les CIVE (Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique) qui laissent en place un système racinaire conséquent après récolte jouent en partie ce rôle d'apport de matière organique fraîche.

GÉRER LES POUVOIRS FERTILISANT ET AMENDANT DU DIGESTAT

Le digestat brut peut être géré comme un engrais complet, avec un pouvoir fertilisant et un pouvoir amendant.

La séparation de phase en revanche produit une fraction solide et une fraction liquide avec des propriétés très différentes. La fraction solide concentre la matière organique et le phosphore, et avec eux le pouvoir amendant. La fraction liquide concentre l'azote sous forme ammoniacale et le potassium, et avec eux le pouvoir fertilisant.

La séparation de phase permet ainsi une gestion agronomique différente selon les besoins des parcelles avec notamment une séparation temporelle des épandages pour l'amendement (fraction solide) ou la fertilisation (fraction liquide) (voir aussi [Fiche 1. Les digestats de méthanisation](#)).



Épandage de lisier avec automoteur et enfouisseur à disques

(Crédit : Watts-New)



RÉFÉRENCES > POUR ALLER PLUS LOIN

Comifer. **Calcul de la fertilisation azotée - Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales.** Mai 2013

Levasseur P., Soulier A., Lagrange H., Trochard R., Foray S., Charpiot A., Ponchant P. et Blazy V. **Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins.** RMT Elevage et Environnement, Paris, 83 pages.

Chambre d'agriculture de Lorraine. **Guide pratique pour les porteurs de projet et les conseillers - Digestats de méthanisation : Optimiser le retour au sol pour profiter des bénéfices agronomiques et économiques.** Octobre 2019

EREP SA et EAWAG. **État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne - Rapport final.** 24 septembre 2009

Arrêté n°2015-DRIEE-056 définissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Île-de-France

? DÉFINITIONS

Le coefficient d'équivalence (K_{eq}) : représente le rapport entre la quantité d'azote apporté par un engrais minéral de synthèse de type ammonitrate et la quantité d'azote total apporté par le digestat (ou le produit résiduaire organique) qui permet la même absorption d'azote par la culture.

Utiliser le matériel adéquat

Cette fiche présente les principaux matériels disponibles pour l'épandage de digestats liquides ou solides et leurs principaux avantages et inconvénients.

UTILISER LE BON MATÉRIEL POUR UNE MEILLEURE RÉGULARITÉ DE L'ÉPANDAGE

La régularité de l'épandage, caractérisée par une bonne répartition transversale (régularité sur la largeur de travail) et longitudinale (répartition dans le sens de l'avancée du tracteur) du digestat sur la parcelle, est essentielle pour obtenir des rendements homogènes sur la parcelle.

Pour les digestats solides, une bonne répartition longitudinale repose sur l'alimentation régulière des moulins ou hérissos. Pour cela plusieurs équipements sont possibles, avec a minima un fond mouvant à barrette, auquel on peut ajouter un système de réglage de la vitesse d'avancement, ou encore une porte guillotine. Des équipements plus coûteux permettent de gagner en précision : fond poussant, système de débit proportionnel à l'avancement (DPA), équipement de pesée continue.

Les différents matériels d'épandage offrent des performances contrastées en matière de répartition transversale du digestat, explicitées ci-dessous :

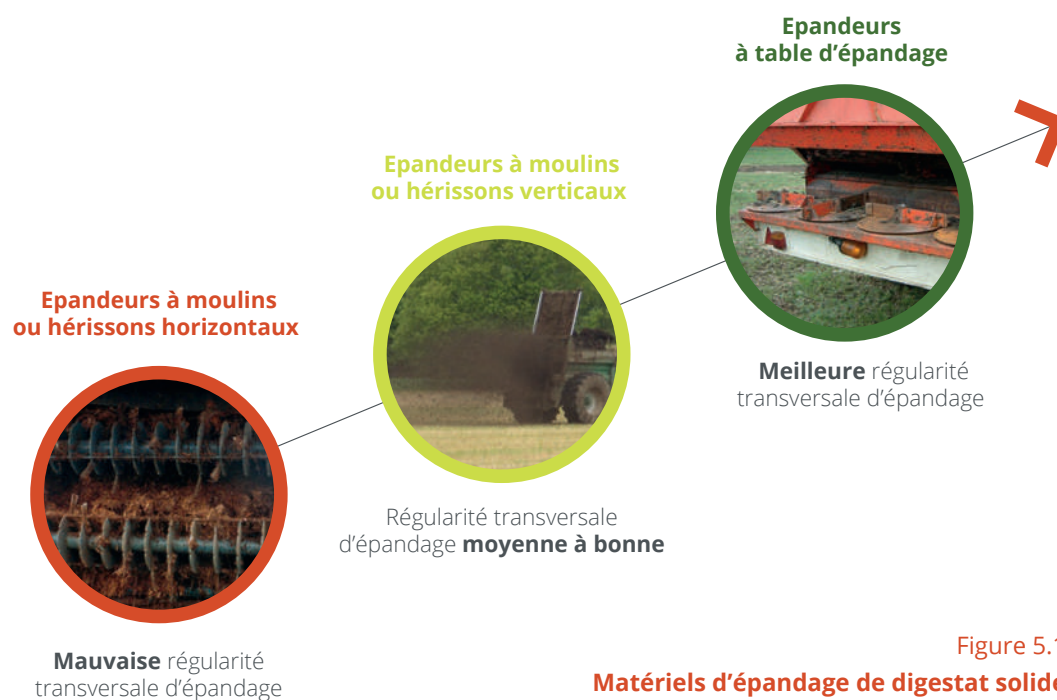


Figure 5.1
Matériels d'épandage de digestat solide
en fonction de la régularité transversale d'épandage
(Adapté des données du projet SUN et de la FRCUMA Ouest)



Pour les digestats bruts ou liquides, la régularité de l'épandage passe d'abord par une bonne homogénéisation avant épandage, pour bien répartir les éléments fertilisants. La répartition longitudinale de l'épandage est assez bonne et plus précise que pour des digestats solides. Pour une répartition longitudinale et transversale optimale, il faut que l'alimentation de l'équipement d'épandage soit régulier, notamment grâce à un broyeur/répartiteur. Deux broyeurs/répartiteurs sont nécessaires pour des rampes d'épandage de grande largeur (à partir de 15m). Le fonctionnement est encore amélioré avec des équipements complémentaires tels que le débit proportionnel à l'avancement ou DPA, le guidage satellite, la coupure de tronçon et la mesure instantanée de la teneur en azote du digestat.



Épandage de digestat liquide au pendillard

(Crédit : FRCUMA Ouest)

UTILISER LE BON MATÉRIEL POUR ÉVITER LES PERTES PAR VOLATILISATION

La part ammoniacale des digestats bruts ou liquides est conséquente, causant des risques importants de volatilisation de l'azote (voir aussi Fiche 3 : Les enjeux techniques et environnementaux liés à l'épandage de digestat). Ainsi, avec un épandage à la buse palette, 40 à 90 % de l'azote ammoniacal est perdu dans les 6 heures suivant l'épandage. Afin de limiter ces pertes et pour maximiser la valorisation du digestat, l'utilisation de buses palette est fortement déconseillée. Des solutions alternatives existent et sont présentées dans le Tableau 5.1 ci-après.

Tableau 5.1
Caractéristiques de différents matériels d'épandage de digestat brut ou liquide

(D'après D. Laisney, 2020)

	Enfouisseurs de cultures, à dents ou à disques Réalisation simultanée de l'incorporation du digestat et du travail du sol	S'utilisent généralement en l'absence de culture Force de traction importante	Pertes par volatilisation (en % de l'azote ammoniacal) < 5%	➔
	Epandeurs avec éléments d'injection à disques espacés de 20 cm. Créent un sillon étroit de 4 à 6 cm de profondeur où est injecté le digestat	Spécifique aux prairies Largeur de travail limitée (6 à 9 m) - Débit de chantier assez faible	5-10%	➔
	Rampes à patin avec des sabots plaqués au sol qui écartent la végétation pour placer le digestat (ou le lisier) au sol	Sur cultures ou prairies Envergure de de 7,5 à 30 m Bon débit de chantier Peu de puissance de traction supplémentaire par rapport aux modèles à pendillard	10-15%	➔
	Rampes à pendillards	Apports sur cultures Grande envergure, jusqu'à 36 m Débit de chantier élevé	15-20%	➔

Ces matériels spécifiques ont un coût non négligeable : 35 à 50 000 euros pour une rampe à pendillards 12-15 m ou un enfouisseur 6 m avec système de modulation de débit (DPA). Cependant, lorsqu'on intègre l'économie d'engrais générée par la réduction des pertes d'azote ammoniacal, les coûts d'épandage deviennent similaires à ceux d'une buse palette (voir tableau 5.2).



Hypothèse : tonne de 15,5 m³, qui épand 10 000 m³/an

Coût épandage buse palette	Coût épandage rampe à pendillards	Coût épandage enfouisseur
3,30 €/m ³	2,97 €/m ³	3,15 €/m ³

Tableau 5.2

Comparaison des coûts d'épandage avec 3 systèmes d'épandage intégrant le coût du matériel et l'économie d'engrais générée par la réduction des pertes d'azote ammoniacal

(estimations de la FDCUMA de Mayenne)

Enfin, du matériel d'acidification des digestats peut également être utilisé pour limiter la volatilisation (voir encadré ci-dessous).

L'acidification des digestats bruts ou liquides (ou des lisiers) vise à déplacer l'équilibre du couple $\text{NH}_3^- / \text{NH}_4^+$ vers la fraction NH_4^+ par un abaissement du pH du digestat à un niveau stable d'environ 6. Le processus de volatilisation se trouve alors bloqué, ce qui permet de réduire les émissions gazeuses de NH_3 d'environ 50 % et même plus. L'acidification des lisiers est une technique couramment utilisée dans des pays européens comme le Danemark ou l'Espagne. On peut utiliser un acide organique (acide lactique) ou inorganique (acides nitrique, sulfurique ou phosphorique) ou encore ajouter des microorganismes qui produisent un acide (bactéries lactiques par exemple).

L'acidification peut être réalisée au stockage ou lors de l'épandage :

- Le digestat peut être pompé vers une cuve de traitement où une dose d'acide est ajoutée
- L'acide peut être ajouté directement dans l'ouvrage de stockage (où il doit y avoir un système d'agitation) juste avant la reprise du digestat pour son épandage
- Le digestat peut être acidifié en continu dans un système directement monté sur l'épandeur. Dans ce cas le digestat est épandu de manière standard et un réservoir d'acide supplémentaire est placé devant le tracteur. Le dispositif est équipé d'un mélangeur statique et d'un dispositif de dosage de l'acide.

Plusieurs points de vigilance sont à souligner concernant cette pratique : la manipulation de l'acide est dangereuse, des modifications qualitatives des odeurs peuvent être générées, la technique entraîne des dépenses énergétiques supplémentaires et peut entraîner une acidification marginale du sol (à corriger par un chaulage).

Quelle que soit la solution matérielle envisagée, il faut bien veiller aux conditions d'épandage. L'épandage par pendillard devra se faire en conditions optimales (sortie d'hiver pour les céréales d'hiver par exemple) pour minimiser la volatilisation de l'ammoniac (voir aussi [Fiche 4 : Piloter les apports de digestat \(azote, phosphore et matière organique\)](#)).

UTILISER LE BON MATÉRIEL POUR ÉVITER LE TASSEMENT

Les apports à l'aide d'une tonne à lisier sont souvent assez préjudiciables pour les sols (voir aussi [Fiche 3 : Les enjeux techniques et environnementaux liés à l'épandage de digestat](#)). Il est conseillé de :

- **choisir un montage de pneus tenant compte du poids total de la tonne ;**
- **surveiller le poids total de la tonne afin d'éviter des surcharges ;**
- **utiliser un système de télégonflage, qui permet l'adaptation de la pression de l'air à l'intérieur des pneumatiques d'un véhicule afin d'améliorer ses performances en fonction du type de surface rencontré.**

L'épandage sans tonne est une solution qui permet un trafic moins impactant sur la parcelle et un besoin en traction moindre (100-120 chevaux) :

- **il peut être réalisé à l'aide d'un automoteur ou d'un tracteur muni d'un pendillard ;**
- **comme il préserve la structure du sol, il permet de valoriser le digestat sur céréales en sortie d'hiver ;**
- **il permet un débit de chantier important allant de 50 à 130 m³/h.**



Épandage de digestat liquide sans tonne avec système Duaferti ®

(Crédit : AgroParisTech)



En revanche, il nécessite un parcellaire proche du point de pompage (fosse de stockage, camion, tonne ou caisson en bord de champ) et un réseau d'alimentation (tuyaux) et une pompe. Pour ces raisons, il est peu adapté aux parcellaires petits et éclatés et le chantier peut être rendu difficile par l'existence d'obstacles (arbres, poteaux).

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTS MATÉRIELS D'ÉPANDAGE

Critères	Buse	Pendil.	Pendil. ss tonne	Sabot	Injection*	Pendil. + déchau	Acidif. en ligne
Répartition du digestat							
Risque de volatilité NH_4							
Risq. salissement culture							
Domage sur les cultures							
Sensibilité au vent							
Risque d'odeur							
Débit de chantier							
Largeur de travail	6 à 12 m	12 à 30 m	12 à 30 m	4 à 8 m	4 à 6 m	12 à 30 m	12 à 30 m
Coût d'application							
Puissance tracteur							
Perturbation du sol							

* Disque ou dent

Tableau 5.3
Tableau récapitulatif des systèmes d'épandage de digestat brut ou liquide
(ACE Méthanisation)

RÉFÉRENCES > POUR ALLER PLUS LOIN

Nitrawal asbl, Chambre d'agriculture de l'Aisne, Chambre d'agriculture de région du Nord-Pas de Calais. **Choisir son matériel d'épandage d'engrais organique.** Fiche réalisée dans le cadre du projet SUN (Sustainable Use of Nitrogen).

RMT Élevage et Environnement. **Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. Fiche PVBXX : Acidification des lisiers.** 5 pages. 2019.

Fédération régionale des CUMA de l'Ouest. **Bien épandre ses digestats issus de méthanisation -** Fiche technique réalisée dans le cadre du projet TEpLis. 2018

Le Guellec Rozenn, Fédération Régionale des CUMA de l'Ouest. **Loi PREPA : comment vont évoluer les épandages ?** 27 mars 2020. <http://www.ouest.cuma.fr/actualites/loi-prepa-comment-vont-evoluer-les-epandages>

David Laisney. Réussir Machinisme. **Les équipements de la tonne à lisier pour stopper les pertes d'azote ammoniacal à l'épandage.** 25 février 2020. <https://www.reussir.fr/machinisme/stopper-les-pertes-dazote-ammoniacal-lepandage>

Références bibliographiques

Rapports scientifiques et techniques et guides pratiques

ADEME, AILE, Solagro, Trame ; **La Méthanisation à la ferme - Guide pratique** ; septembre 2011

ADEME ; **Réaliser une unité de méthanisation à la ferme** ; janvier 2019

APESA (coordinateur), BIOMASSE NORMANDIE, RITMO ; **Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage**, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME ; Janvier 2015

Arvalis (coordinateur), ADEME, CTIFL, Terres Inovia, IFV, ITAVI, IDELE, IFIP ; **Guide GES'TIM+** ; 2020

Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine ; **Fiche Technique Digestats de méthanisation : Optimiser le retour au sol pour profiter des bénéfices agronomiques et économiques - Résultats d'essais et suivis d'exploitations - Bilan de 4 années** ; mai 2019

Chambre d'agriculture de Lorraine ; **Guide pratique pour les porteurs de projet et les conseillers - Digestats de méthanisation : Optimiser le retour au sol pour profiter des bénéfices agronomiques et économiques** ; octobre 2019

Comifer ; **Calcul de la fertilisation azotée, Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales** ; mai 2013

CPE Artois Picardie ; **Unités de méthanisation : Épandage des digestats, Guide méthodologique** ; édition 2020

Doublet S., Leclerc B., Couture C. et Berger S. ; **Qualité agronomique et sanitaire des digestats issus de méthanisation - Rapport final** ; Décembre 2004

EREP SA et EAWAG ; **État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne - Rapport final** ; 24/09/2009

Fédération régionale des CUMA de l'Ouest, **Bien épandre ses digestats issus de méthanisation**, Fiche technique réalisée dans le cadre du projet TEpLis ; 2018

Gaillot B. et Lavarde P. (coordonnateur) ; **Les épandages sur terres agricoles des matières fertilisantes d'origine résiduaire - Mission prospective sur les modalités d'encadrement et de suivi réglementaire - Rapport CGEDD n°009801-01, CGAAER n°14074** ; Juillet 2015

Levasseur P., Soulier A., Lagrange H., Trochard R., Foray S., Charpiot A., Ponchant P. et Blazy V. **Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins**. RMT Elevage et Environnement, Paris, 83 pages ; 2019

Nitrawal asbl, Chambre d'agriculture de l'Aisne, Chambre d'agriculture de région du Nord-Pas de Calais. **Choisir son matériel d'épandage d'engrais organique**. Fiche réalisée dans le cadre du projet SUN (Sustainable Use of Nitrogen)

Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C., Réchauchère O. (éditeurs) ; **Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres**. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 68 pages ; 2012

RITMO Agroenvironnement, Uteam, FIBL, INERIS, LDAR ; **Qualité agronomique et sanitaire des digestats** - Rapport final ; Octobre 2011

RMT Élevage et Environnement ; **Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. Fiche PVBXX : Acidification des lisiers**. 5 pages ; 2019

Solagro, IRSTEA ; **État de l'art des digestats et de leurs procédés de post-traitement** - Projet ANR-10-BIOE_007 DIVA - Rapport Final ; Juin 2015

Textes réglementaires

Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025001662/2021-01-27/>

Arrêté n°2015-DRIEE-056 - Arrêté définissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Ile-de-France https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2134_arrete_regional_GREN_2015_cle01f685_cle0f52cb.pdf

Décret n°2018-458 du 6 juin 2018 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037032088/>

Règlement (UE) n°142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?qid=1435061718468&uri=CELEX:02011R0142-20150223>

Articles et communiqués de presse

<https://www.entraid.com/articles/cout-de-chantier-epandage-de-digestat-rayonsx>

Le Guellec R. ; Fédération Régionale des CUMA de l'Ouest ; **Loi PREPA : comment vont évoluer les épandages ?** Communication du 27/03/2020. <http://www.ouest.cuma.fr/actualites/loi-prepa-comment-vont-evoluer-les-epandages>

Laisney D. ; **Les équipements de la tonne à lisier pour stopper les pertes d'azote ammoniacal à l'épandage** ; 25 février 2020. <https://www.reussir.fr/machinisme/stopper-les-pertes-dazote-ammoniacal-lepandage>

POUR ALLER PLUS LOIN ➤ En vidéos

La rédaction de ce guide de bonnes pratiques à mettre en œuvre pour l'utilisation des digestats en agriculture s'est accompagnée de la réalisation de 4 vidéos illustrant différentes modalités et périodes d'épandage.



Cette vidéo décrit un épandage de digestat solide sur chaume à l'automne, avec un épandeur à table.



Cette vidéo présente un épandage de digestat liquide sur céréale en sortie d'hiver avec un système Duaferti (épandeur de lisier sans tonne équipé de son propre enrouleur) et une rampe à pendillards.



Cette vidéo détaille un épandage de digestat brut derrière couvert, avant semis de maïs, réalisé avec un enfouisseur à disques.



Cette vidéo explique un épandage de digestat brut sur prairie après première coupe, réalisé à la tonne à lisier avec rampe d'épandage à patins.