

## Technique d'épandage : l'injection

### Exploitations cibles

Les exploitations sur lisier de bovins, porcins et volailles (canards et oies).  
L'utilisation peut se faire sur prairies ou sur terres arables (sous conditions).

### Enjeux

La volatilisation de l'ammoniac est une des principales pertes d'azote des effluents d'élevage. **Plus les effluents restent au contact de l'air libre ou plus la surface exposée à l'air est importante, plus la volatilisation sera importante.**

**L'injection des effluents à l'épandage permet de minimiser le contact avec l'air, et donc de diminuer la volatilisation de l'ammoniac.**

L'ammoniac, gaz irritant, est de plus un précurseur de particules secondaires. L'élevage, à travers les postes bâtiments, stockage et épandage des déjections, est responsable de 64 % des émissions d'ammoniac en France<sup>1</sup> (le reste étant dû aux engrais azotés). L'épandage des effluents génère à lui seul près de 40 % de ces émissions.

En Normandie, en 2014, l'agriculture génère 98 % des émissions régionales d'ammoniac. L'élevage représente 42 % de ces émissions<sup>2</sup>.

### Description de l'action et modalités de la mise en œuvre

L'injection vise à déposer le lisier dans une cavité formée sous la surface du sol. Le principe de la technique est de réduire le contact lisier/atmosphère en introduisant le lisier dans le sol.



Système à disques en prairie    Système à socs en cultures  
Source : Chambre agriculture

Cette technique peut être utilisée sur sol nu, chaumes ou prairies.

L'injecteur ouvre des sillons verticaux plus ou moins profonds dans le sol, dans lesquels le lisier est déposé. Ces sillons peuvent être ensuite refermés, ce qui permet de réduire la volatilisation de l'ammoniac. Il existe différents types d'injecteurs mais qui ne peuvent appartenir qu'à quatre catégories :

- Injection à sillons ouverts peu profonde (jusqu'à 5 cm de profondeur),
- Injection à sillons ouverts profonde (à plus de 15 cm de profondeur),
- Injection à sillons fermés peu profonde (de 5 à 10 cm de profondeur),
- Injection à sillons fermés profonde (de 15 à 20 cm de profondeur)

(IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).

- L'injection à sillons ouverts : L'injecteur à sillons ouverts utilise des dents d'injection de formes différentes ou des disques pour ouvrir des sillons verticaux plus ou moins profonds dans le sol, dans lesquels le lisier est enfoui. L'espacement entre les sillons est habituellement de 20 à 40 cm avec une largeur de travail de 6 m (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).

1 Données Citepa 2015

2 Données Atmo Normandie 2014

Le taux d'épandage doit être ajusté de façon à ce que l'excès de lisier ne déborde pas des sillons ouverts, vers la surface.

- L'injection à sillons fermés : le lisier est entièrement recouvert après injection en fermant les sillons à l'aide de roues plombeuses ou de rouleaux fixés derrière les dents d'injection (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).
- Les injecteurs profonds : ils comprennent habituellement une série de dents fixées sur des ailettes latérales ou de socs sarcleurs pour favoriser la dispersion latérale du lisier dans le sol. L'espacement des dents est habituellement de 25 à 50 cm avec une largeur de travail de 2 à 3 m (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).

Sur prairie, l'injection peut être mise en œuvre avec deux modalités :

- Incorporation avec une herse à disque : un disque étroit ou en V coupe le tapis végétal et l'écarte, permettant l'injection du lisier dans la saignée ainsi formée (5 à 8 cm de profondeur). La plus grande partie du lisier injecté est valorisée directement par la plante (CORPEN, 2006).
- Incorporation avec des patins tranchants : il s'agit d'écarter le sol et de déposer le lisier dans la saignée à faible profondeur (0 à 5 cm). Ce dispositif peut trouver ses limites dans le cas d'une parcelle en pente ou avec du lisier très liquide (risques de ruissellement) : il est donc recommandé d'épandre dans le sens des courbes de niveaux. (CORPEN, 2006)

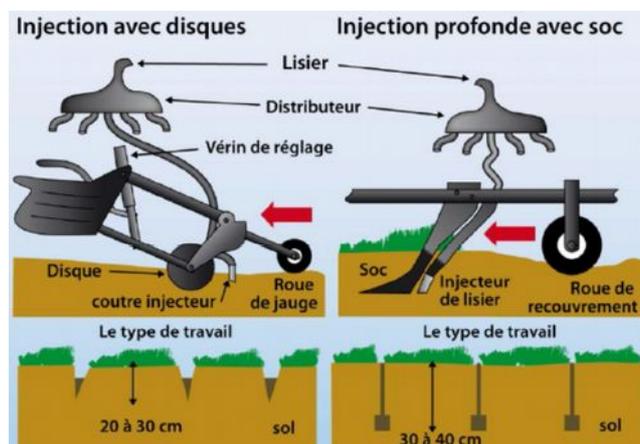


Schéma de fonctionnement de 2 types d'injecteurs. Source : France Agricole

L'efficacité de la réduction des émissions augmente avec le volume des sillons, et la profondeur de l'injection est le principal paramètre influant sur ce volume (Webb et al., 2010). L'injection est significativement efficace à partir d'une profondeur de 5 cm (PACAUD & PRADEL, 2010).

L'injection dans des sillons fermés peu profonds est plus efficace que l'injection dans des sillons ouverts en termes de diminution des émissions d'ammoniac. Pour bénéficier de cet avantage, le type de sols et les conditions doivent permettre une fermeture effective des sillons. L'applicabilité de la technique est essentiellement réservée à l'application pré-semis de terres arables et cultures en rangs largement espacés, comme par exemple le maïs.

Les injecteurs profonds sont les plus adaptés pour une utilisation sur terres arables en raison du risque de dommages mécaniques aux pelouses. Les injecteurs peu profonds sont plus généralement utilisés sur prairies (UNECE).

#### **Synthèse des conditions d'applicabilité :**

Technique	Injection peu profonde	Injection profonde
Utilisation du sol	Prairies et terres arables. Possible sur céréales en croissance.	Terre arable, terre nue
Réduction d'émission	56-80 % (d'après UNECE : sillon ouvert : 70 % ; sillon fermé : 80 % à 10 cm de profondeur)	80-90%

<b>Restriction d'applicabilité</b>	<p>Selon la pente du terrain, sa taille et sa forme.  Pas de lisier trop visqueux.  Pas pour sols très secs, pierreux ou très compactés.  Besoin de tracteur puissant.  Ne convient pas aux sols peu profonds, aux sols riches en argile (&gt;35%) dans des conditions très sèches, aux sols tourbeux (&gt;25 % de matière organique) et aux sols drainés en tuiles perforées qui sont susceptibles d'être lessivés</p>
------------------------------------	---

## Facteurs influençant les émissions des polluants

Les facteurs influençant les émissions d'ammoniac sont :

- la teneur en matière sèche du lisier (un lisier dilué ou faible en matière sèche s'infiltrera mieux dans le sol et entraînera moins d'émissions d'ammoniac)
- le type du sol ;
- les conditions de cultures.

## Faisabilité technique

### FORTE

Le matériel existe et la pratique est déjà utilisée en France.

Il s'agit d'une MTD pour les volailles et les porcins.

Néanmoins, la technique de l'épandage par injection ne s'applique pas à tous les systèmes :

- l'injection, qui distribue le lisier dans des conduits étroits, n'est pas adaptée à des lisiers trop visqueux (Oudot, 2003) ou contenant de grande quantité de matériaux fibreux bien que la plupart des machines comprennent un dispositif pour le broyage et l'homogénéisation du lisier (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010) ;
- l'injection ne s'applique ni aux sols pierreux ni aux sols compactés ou peu profonds où il est impossible d'accomplir une pénétration uniforme des dents injectrices ou des disques selon la profondeur de labour requise (Webb et al., 2010) (Webb et al., 2006) ;
- l'injection peut ne pas être adaptée aux sols en pente (en particulier les sillons ouverts), ou à des exploitants n'ayant pas accès à des tracteurs suffisamment puissants (Webb et al., 2010) ;
- l'injection profonde par sillons fermés est limitée principalement aux terres arables car les dégâts causés par les roues des machines (largeur de travail plus réduite) peuvent réduire les rendements des prairies (Webb et al., 2010) ;
- les injecteurs à sillons ouverts sont plus adaptés à une plus grande variété de types et de conditions de sol que les injecteurs à sillons fermés.

## Potentiel de réduction des émissions

Selon l'UNECE et le BREF Elevage 2017, par rapport à un système d'épandage par buse palette, l'injection peu profonde (sillon ouvert) entraîne des réductions d'émissions de 60-80 %, et l'injection profonde (sillon fermé) des réductions d'émissions de 80-90 %.

### Estimation des réductions d'émissions :

Le taux d'abattement retenu est de 70 % pour l'injection peu profonde et de 85 % pour l'injection profonde.

Pour 100 kgTAN d'azote ammoniacal épandu (lisier) :

	Vaches laitières	Autres bovins	Porcs à l'engrais	Truies
<b>Quantité d'azote ammoniacal épandu (kgTAN/an)</b>	100	100	100	100
<b>Facteur d'émission du lisier<sup>3</sup></b>	0,55	0,55	0,4	0,29

<b>Facteur de conversion</b>		17/14			
<b>Émissions NH<sub>3</sub> (kg/an)</b>		66,8	66,8	48,6	35,2
<b>Taux d'abattement</b>	<b>Injection peu profonde</b>	70%			
	<b>Injection profonde</b>	85%			
<b>Réduction d'émissions (kg/an)</b>	<b>Injection peu profonde</b>	46,75	46,75	34	24,65
	<b>Injection profonde</b>	56,8	56,8	41,3	30

Si tout le lisier épandu en Eure et Seine-Maritime (périmètre du Plan de Protection de l'Atmosphère) l'était par injection, le potentiel de réduction des émissions serait :

Polluant	Modalité	Bovins	Porcins	TOTAL
NH <sub>3</sub>	Injection peu profonde	2217,5	132,5	2350
	Injection profonde	2693	160	2853

Tonnes de NH<sub>3</sub> non émises pour un an – Année de référence : 2013

**Cela correspondrait à une réduction de 9 à 11 % des émissions 2014 de NH<sub>3</sub> sur le territoire du PPA.**

### Impact de l'action sur les autres enjeux environnementaux

Consommation d'énergie : il est possible que l'injection nécessite une force de traction supérieure et donc que des tracteurs plus puissants soient nécessaires (Newell Price JP, 2011).

Émissions de gaz à effet de serre (GES) : une étude a montré une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> due à la force de traction supérieure nécessaire à l'injection : l'estimation est de +0,3 à 0,7 % d'une émission de CO<sub>2</sub> d'un travail du sol (Webb et al., 2010).

Une augmentation d'émissions de N<sub>2</sub>O peut être observée dans de rares cas. La dénitrification et les émissions directes de N<sub>2</sub>O sont corrélées à la teneur en C soluble dans l'eau. Or le lisier contient du C rapidement métabolisable. L'injection de lisier, et l'apport de C rapidement métabolisable sans une aération significative du sol augmenterait le phénomène de dénitrification et expliquerait la hausse des émissions directes de N<sub>2</sub>O. De plus, l'activité microbienne conduirait à une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> et une consommation d'O<sub>2</sub>, favorisant la dénitrification. La dénitrification est cependant relativement faible après injection : elle serait limitée par la disponibilité d'N sous forme de nitrates dans un premier temps, puis par la baisse de la teneur en C rapidement métabolisable dans un second temps (3-4 semaines) (Webb et al., 2010).

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles l'injection pourrait ne pas conduire à des émissions de N<sub>2</sub>O supérieures : en augmentant la taille du chenal de diffusion du site de dénitrification à la surface, elle pourrait augmenter les émissions de N<sub>2</sub>, l'aération et l'humidité du sol pourraient ne pas être favorables aux émissions de N<sub>2</sub>O, dans les sols déjà riches en C rapidement métabolisable et N minéral, l'apport de lisier n'aurait pas d'effet significatif sur les émissions de N<sub>2</sub>O. (Webb et al., 2010).

Émissions d'odeurs : une réduction simultanée des odeurs (les bouffées surtout) est notée (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010) (Webb et al., 2010).

Qualité des eaux : bonne compatibilité mais avec quelques précautions. En empêchant la volatilisation de l'azote sous forme ammoniac, il est possible que cette technique d'épandage conduise à une hausse du lessivage des nitrates, si la pluviométrie est forte ou en fonction de la profondeur d'injection. Cependant, aucune publication montrant cet effet n'a été trouvée.

3 Les facteurs d'émission sont issus du guide EMEP et de documents fournis par le CORPEN

## Interactions éventuelles de l'action avec les autres mesures proposées

Couvertures des structures de stockage : réduction de la quantité d'effluent à épandre. Cependant la formation d'une croûte naturelle sur les lisiers induit la formation d'un effluent plus fibreux qui peut être incompatible avec l'utilisation d'un système à injection.

Optimisation de la fertilisation azotée : possibilité de diminuer les apports des engrais minéraux si l'épandage des engrais organiques est plus efficace.

## Impact de l'action sur le système de production agricole

Pas d'impacts directs.

Une substitution d'une partie de la fertilisation minérale par de la fertilisation organique peut avoir lieu.

## Aspects économiques

### Investissement :

Le surcoût lié à l'achat d'un injecteur est estimé à 30 000 €.

### Utilisation :

L'ADEME estime le coût de revient additionnel (par rapport à un épandage par buse palette) à :

- 2,03 €/UGB/an pour les bovins,
- 1,7 € HT/place de porc,
- 0,02 €/place/an pour les canards.

Ces prix comprennent les charges fixes, les charges variables (frais d'entretien et de réparation, consommables, carburant) et la main d'oeuvre.

D'après le BREF 2017 sur l'élevage intensif de volailles et porcins, les surcoûts d'exploitation pour l'utilisation d'un injecteur, par rapport à un système buse-palette, pour l'application de lisier sont estimés à :

- en Allemagne : selon la taille des exploitations, entre 0,4 et 3,36 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu pour les injecteurs à sillon ouvert, et entre 0,55 et 3,77 €/m<sup>3</sup> pour les injecteurs à sillon fermé ;
- au Danemark : de 0,9 à 1,1 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu avec injection peu profonde sur terre cultivée avec culture en croissance, de 0,7 à 1 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu par injection peu profonde sur prairie, et 0,66 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu par injection profonde sur terre nue ;
- en Espagne : de 1,01 à 1,41 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu.

### Gains :

La réduction des pertes d'ammoniac par l'injection augmente la quantité d'azote disponible pour l'absorption par l'herbe et les cultures. Néanmoins, ces gains n'ont pas pu être évalués.

**L'utilisation d'injecteur entraîne un surcoût pour l'agriculteur, tant à l'achat qu'à l'utilisation. Il peut être plus intéressant de privilégier le recours au matériel en CUMA.**

## Coût / Efficacité

L'ADEME estime que le rapport coût/efficacité est de 0,4 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'injection sur terres cultivées, et de 1,3 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'injection sur prairies.

Dans le BREF Elevages, en Allemagne, selon la taille de l'exploitation, ce rapport est estimé de 0,55 à 4,6 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour les sillons ouverts, et de 0,5 à 3,43 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour les sillons fermés.

Technique	Modalité	Coût/efficacité
Injection	Peu profonde (sillon ouvert)	0,4 à 4,6
	Profonde (sillon fermé)	0,5 à 3,43

Coût/efficacité en €/kg NH<sub>3</sub> non émis

## Préconisation / Recommandation

Les apports azotés sur les terres faisant l'objet d'un épandage, doivent tenir compte de la nature particulière des terrains (pente, type de sol...) et de la rotation des cultures.

Dans le cadre de la DEP (Déclaration des émissions polluantes), l'utilisation d'un injecteur pour l'épandage permet de bénéficier d'un coefficient d'abattement sur la quantité d'ammoniac déclarée par l'installation.

## Analyse AFOM (Atout/Force/Opportunité/Menace)

**L'injection du lisier épandu présente un très bon potentiel de réduction.**

**Les principaux freins au développement de l'injection sont le coût (d'investissement et d'utilisation) et le fait que la technique ne soit pas utilisable sur tous les types de terrains (pierreux, terrains en pente). Cette technique permet également de réduire les émissions d'odeurs à l'épandage. Elle améliore la valorisation de l'azote organique et peut ainsi diminuer le recours aux engrais minéraux. Il s'agit d'une MTD pour les élevages intensifs de volailles et de porcs.**

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Il s'agit d'une technique très efficace pour réduire les émissions d'ammoniac (taux d'abattement de 60 à 90 %).</li> <li>▶ Cette technique permet de réduire les odeurs lors de l'épandage.</li> <li>▶ Le lisier est appliqué de façon plus uniforme qu'avec une buse palette, qui peut être affectée par le vent.</li> <li>▶ L'utilisation d'un injecteur augmente l'appétence des cultures par rapport à un système par buse palette, car le lisier ne souille pas la végétation (BPR Groupe-conseil, 2002).</li> <li>▶ Cette technique peut être utilisée sur prairie. Elle est compatible avec les préconisations de la directive nitrates, sous réserve de quelques précautions concernant les conditions d'application (conditions météorologiques et profondeur d'injection).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ La technique n'est pas applicable si le lisier est trop visqueux ou contient une trop grande quantité de matériaux fibreux (mais la plupart des machines comprennent un dispositif pour le broyage et l'homogénéisation du lisier).</li> <li>▶ L'injection profonde par sillons fermés est limitée principalement aux terres arables car les dégâts causés par les machines peuvent réduire les rendements des prairies (Webb et al., 2010).</li> <li>▶ L'injection nécessite des tracteurs plus puissants.</li> </ul>
Opportunités	Menace
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Il s'agit d'une technique considérée comme MTD à l'épandage par le BREF Elevages (2017).</li> <li>▶ L'utilisation d'injecteur permet une réduction des odeurs lors de l'épandage, ce qui peut apporter une solution aux éleveurs confrontés à des pressions de la part du voisinage.</li> <li>▶ Un bon épandage permet une utilisation optimale des éléments fertilisants présents dans les lisiers produits, ce qui permet de réaliser des économies sur les achats d'engrais minéraux (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Le prix d'achat du matériel est élevé.</li> <li>▶ La technique génère un surcoût à l'utilisation par rapport à la buse palette.</li> <li>▶ L'utilisation de cette technique pourrait augmenter la consommation de carburant à cause du poids des systèmes d'injection.</li> <li>▶ L'injection ne s'applique pas aux sols pierreux, compactés ou peu profonds, où il est impossible d'accomplir une pénétration uniforme des dents injectrices.</li> </ul>

## Références bibliographiques

- [1] ADEME – Agriculture & Environnement. Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie.
- [2] ADEME – Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de 10 actions techniques.
- [3] ADEME – Les émissions agricoles de particules dans l'air : état des lieux et leviers d'action.
- [4] UNECE Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions.
- [5] IDELE, IFIP, ITAVI - RMT Élevage et Environnement - Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevages.
- [6] IRPP BAT Reference Document for Intensive Rearing of Poultry and Pigs 2017.