

## Technique d'épandage : l'incorporation (enfouissement)

### Exploitations cibles

Les exploitations sur lisier ou fumier de bovins, porcins et volailles.  
L'utilisation peut se faire sur les terres arables nues ou en chaume.

### 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.** Un lisier laissé à la surface du sol perdra en moyenne 50 % de son azote ammoniacal par volatilisation. **L'incorporation post-épandage des effluents permet de minimiser le contact avec l'air, et donc de diminuer la volatilisation de l'ammoniac.** C'est durant les premières heures suivant l'épandage que la volatilisation est la plus significative. En effet, plus de la moitié de cette volatilisation se fera dans les 4 heures suivant l'application. Il est donc important d'incorporer l'effluent le plus rapidement possible après l'épandage.

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

La technique consiste à faire entrer dans le sol le fumier ou le lisier épandu sur la surface. À la différence de l'injection où le lisier est introduit directement sous la surface du sol, l'incorporation nécessite une seconde opération, annexe à l'épandage, pour faire pénétrer l'effluent dans le sol. Plusieurs outils de travail du sol peuvent être utilisés pour incorporer l'effluent : outils à dent comme le chisel, outils à disques comme les cover crop. L'utilisation de charrue, de disque ou de sarclouse est également possible selon le type et les conditions du sol.



Source : BREF 2017

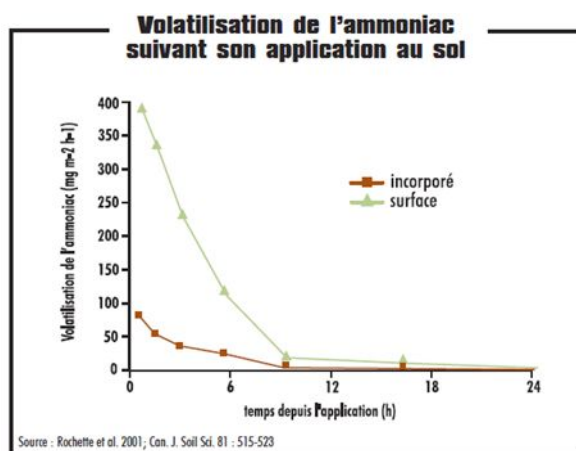
Cette technique est applicable sur sol nu labouré ou sur sols en chaume (CORPEN, 2006), sur des terres arables. Elle ne s'applique pas sur les prairies ni pour l'agriculture de conservation, sauf en cas de conversion en terres arables, lors du réensemencement ou de travail superficiel du sol. Elle n'est pas applicable sur les terres occupées par des cultures susceptibles d'être endommagées par l'incorporation des effluents.

La réduction de la volatilisation de  $\text{NH}_3$  dépend des procédures d'incorporation, en particulier du délai entre l'épandage et l'incorporation, ainsi que des conditions météorologiques entre l'application et

1 Données Citepa 2015

2 Données Atmo Normandie 2014

l'incorporation, et du degré d'enfouissement dans le sol. Des réductions d'émissions élevées peuvent être obtenues avec une incorporation immédiate (dès que possible après l'épandage); en revanche, une grande partie de l'émission d'ammoniac s'est déjà produite lorsque l'incorporation est effectuée après 4, 6, 12 ou 24 heures. [BREF 2017]



L'incorporation immédiate permet de réduire le temps de chantier et les émissions d'ammoniac, mais nécessite un second tracteur et un second UTH pour la machine d'incorporation qui doit suivre très étroitement l'épandeur.

Habituellement, l'incorporation est effectuée par une deuxième personne utilisant une charrue, ou un autre outil, en fonction du type et des conditions du sol. Il est théoriquement possible de le réaliser avec une seule personne, auquel cas l'effluent épandu sur le champ (une charge de réservoir) est incorporé avant de recharger le réservoir, mais en pratique cela conduit à une perte de temps importante. Il est également possible de combiner l'équipement d'incorporation avec une tonne à lisier par exemple, de façon à réaliser l'incorporation du lisier épandu en une seule manipulation.

Le degré de réduction des émissions d'ammoniac dépend également de la méthode d'incorporation. L'incorporation directe de l'effluent par une charrue à soc entraîne une réduction d'émissions plus importante que l'incorporation par un système à dents fixe ou une herse à disques, en raison de la plus grande profondeur de travail obtenue par labourage (Webb et al., 2006) et l'enfouissement de la totalité du lisier / fumier. Cependant, pour le lisier, l'incorporation par labour est une opération lente et, dans de nombreux cas, l'utilisation d'un outil à dents ou à disque peut être aussi efficace car il permet de travailler plus rapidement et le lisier restera donc moins longtemps exposé à la surface avant d'être bien mélangé au sol.

## Facteurs influençant les émissions des polluants

Les facteurs influençant les émissions d'ammoniac sont :

- le délai entre l'épandage et l'incorporation ;
- les propriétés du sol ;
- les conditions météorologiques ;
- la composition des déjections.

## Faisabilité technique

### INTERMÉDIAIRE

L'incorporation post épandage crée un besoin supplémentaire de main d'oeuvre, d'autant plus élevé que le délai est court entre l'épandage et l'incorporation. De plus, la nécessité de disposer du matériel est une limite économique à l'utilisation de ces techniques.

La technique possède un niveau de maturité faible à intermédiaire : les pratiques d'incorporation post-épandage sont peu connues en France. Il apparaît nécessaire de mener une réflexion sur l'organisation des chantiers d'épandage.

Néanmoins, l'incorporation dans les 4h est une MTD pour les volailles et les porcins.

## Potentiel de réduction des émissions

### Taux d'abattement :

La technique de référence est un épandage par buse palette sans incorporation.

Le tableau suivant indique les taux d'abattelements identifiés par l'ADEME :

Taux d'abattement en %		Bovins et porcins/lisier	Bovins et porcins/fumier	Volailles fientes
Charrue	Immédiate	90	90	95
	< 4h	ND	70	85
	< 6h	60	ND	ND
	< 12h	45	50	70
Herse à disques	Immédiate	80	70	80
	< 4h	ND	55	70
	< 6h	55	ND	ND
	< 12h	40	35	60
Déchaumeur	Immédiate	70	30	70
	< 4h	ND	25	58
	< 6h	50	ND	ND
	< 12h	35	15	50

Taux d'abattelements retenus pour l'incorporation  
(d'après (Webb, 2006), (Webb, 2010), (Faburé et al., 2011), (TFRN, 2012) et (IFIP, IDELE, ITAVI, 2010))

Par ailleurs, selon l'UNECE :

- pour le lisier, l'incorporation immédiate entraîne des réductions d'émissions de 70-90 %, et l'incorporation dans les 4h entraîne des réductions d'émissions de 45-65 %;
- pour le fumier, l'incorporation immédiate entraîne des réductions d'émissions de 60-90 %, l'incorporation dans les 4h de 45-65 % et l'incorporation dans les 12h de 50 %.

### Estimation des réductions d'émissions :

Les taux d'abattement retenu pour cette étude sont :

- pour le lisier : 80 % pour une incorporation immédiate, 60 % pour une incorporation dans les 4 heures et 40 % pour une incorporation dans les 12 heures ;
- pour le fumier : 70 % pour une incorporation immédiate, 50 % pour une incorporation dans les 4 heures et 40 % pour une incorporation dans les 12 heures.

Pour le lisier, pour 100 kgTAN d'azote ammoniacal épandu :

LISIERS		Bovins	Porcs à l'engrais	Truies
Quantité d'azote ammoniacal épandu (kgTAN/an)		100	100	100
Facteur d'émission du lisier <sup>3</sup>		0,55	0,4	0,29
Facteur de conversion		17/14		
Émissions NH <sub>3</sub> (kg/an)		66,8	48,6	35,2
Taux d'abattement	Incorporation immédiate	80%		
	Incorporation <4h	60%		
	Incorporation <12h	40%		

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

Réduction d'émissions (kg/an)	Incorporation immédiate	53,4	38,9	28,2
	Incorporation <4h	40,1	29,2	21,1
	Incorporation <12h	26,7	19,4	14,1

Pour le fumier, pour 100 kgTAN d'azote ammoniacal épandu :

FUMIER		Bovins	Porcins	Poules	Poulets	Autre volaille
Quantité d'azote ammoniacal épandu (kgTAN/an)		100	100	100	100	100
Facteur d'émission du fumier		0,79	0,81	0,69	0,66	0,54
Facteur de conversion		17/14				
Émissions NH <sub>3</sub> (kg/an)		95,9	98,4	83,8	80,1	65,6
Taux d'abattement	Incorporation immédiate	70%				
	Incorporation <4h	50%				
	Incorporation <12h	40%				
Réduction d'émissions (kg/an)	Incorporation immédiate	67,2	68,9	58,7	56,1	45,9
	Incorporation <4h	48	49,2	41,9	40,1	32,8
	Incorporation <12h	38,4	39,4	33,5	32	26,2

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

Polluant	Modalité	Bovins	Porcins	Volaille	TOTAL
NH <sub>3</sub>	Incorporation immédiate	4076	155	192	4423
	Incorporation < 4h	3002	250	137	3389
	Incorporation < 12h	2148	78	109,5	2335,5

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

**Cela correspondrait à une réduction de 9% (incorporation dans les 12h) à 18 % (incorporation immédiate) 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 : l'incorporation augmente le temps de chantier et peut nécessiter l'utilisation d'un second tracteur. Les dépenses d'énergie sont donc plus importantes.

Émissions de gaz à effet de serre (GES) : les techniques d'abattement des émissions d'ammoniac à l'épandage, conduisant à l'augmentation de la quantité de N disponible dans le sol, pourraient a priori augmenter les émissions de N<sub>2</sub>O.

L'incorporation du lisier semble entraîner soit une augmentation, soit un maintien des émissions

directes de N<sub>2</sub>O. 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.

Cependant, l'incorporation de fumier semble ne pas avoir d'effet ou diminuer les émissions de N<sub>2</sub>O. Le C rapidement métabolisable est partiellement consommé par les micro-organismes lors du stockage. L'incorporation de fumier ne stimulerait pas la dénitrification (Webb et al., 2010).

Émissions d'odeurs : une réduction simultanée des odeurs (bouffées d'odeurs mais aussi rémanence) est notée (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).

Qualité des eaux et compatibilité avec la directive nitrates : 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'incorporation. Cependant, aucune publication montrant cet effet n'a été trouvée.

Si aucune culture n'est présente pour absorber l'azote facilement disponible, l'incorporation du fumier augmente le risque de perte d'azote par lixiviation, avec un éventuel déplacement de la pollution de l'air vers l'eau, mais réduit les risques d'écoulement de surface. Pour cette raison, le moment de l'application du lisier et du fumier solide doit équilibrer tous ces aspects (BREF 2017).

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

Couvertures des structures de stockage : réduction de la quantité d'effluent à épandre.

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

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

L'action présente un impact direct sur le système de production agricole en augmentant le temps de travail alloué à l'épandage, en ajoutant une étape de travail du sol et/ou en doublant le nombre de personnes travaillant sur le chantier d'épandage dans le cas d'une incorporation immédiate.

L'incorporation dans les 4 heures peut être difficile à organiser, car les agriculteurs ne possèdent généralement pas toutes les machines nécessaires et n'ont pas assez de personnel.

Pour une incorporation immédiate sur de petits champs (environ 2 ha), si une seule personne est disponible pour épandre et incorporer le fumier, il y a un net avantage à incorporer le fumier dès que chaque passage de l'épandeur est terminé. Cela n'augmente le temps passé pour l'opération que de 15 %.

Le passage simultané de deux personnes (une qui épand et une qui incorpore) permet de réduire le temps du chantier mais n'implique pas de réduction supplémentaire des émissions d'ammoniac, en comparaison avec une seule personne effectuant les 2 tâches. En effet, la vitesse de travail de l'incorporeur est généralement inférieure à celle de l'applicateur. Néanmoins, l'utilisation de deux opérateurs permet de gagner du temps, allant de 36% sur un champ de 2 ha à 51% sur un champ de 20 ha. Sur un champ de 2 ha, une réduction du temps passé de 3,5h à un peu plus de 2h peut avoir peu d'importance dans la gestion globale de l'exploitation; cependant, sur un champ de 10 ha, une réduction du temps d'environ 20h à 10h permettrait de terminer le travail en 1 jour [Webb J. et al 2006]. En conclusion, la stratégie d'incorporation doit être bien conçue, en fonction de la taille du terrain, du taux d'efficacité du matériel d'incorporation et de la main-d'œuvre disponible.

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

### Aspects économiques

Utilisation :

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

- 12,13 et 6,27 €/UGB/an pour les bovins, respectivement pour les systèmes fumier et lisier,
- 1,02 et 0,89 € HT/place de porc, respectivement pour les systèmes fumier et lisier,
- 0,02 et 0,08 € /place/an pour les volailles, respectivement pour les systèmes fumier et lisier.

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

- en Allemagne, pour le lisier : quelle que soit la taille des exploitations, 0,82 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu pour l'incorporation immédiate, et 0,49 €/m<sup>3</sup> pour l'incorporation dans les 4h ;
- en Espagne : pour le lisier, de 0,23 à 0,26 €/m<sup>3</sup> de lisier épandu pour une incorporation avec un cultivateur, de 0,53 à 0,61 €/m<sup>3</sup> avec une charrue à versoir.

#### Gains :

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

### Coût / Efficacité

L'ADEME estime que le rapport coût/efficacité est de 1,3 à 1,9 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'incorporation immédiate, de 1,7 à 2,5 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'incorporation dans les 4h et de 2,3 à 3,5 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'incorporation dans les 12h.

Dans le BREF Elevages :

- en Allemagne, quelle que soit la taille de l'exploitation, ce rapport est estimé à 0,75 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'incorporation immédiate, et à 0,81 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour l'incorporation dans les 4h.
- en Espagne, ce rapport est estimé entre 3,2 et 3,7 €/kgNH<sub>3</sub> non émis pour une incorporation avec une charrue à versoir (réduction d'émission d'ammoniac de 30%).

Technique	Modalité	Coût/efficacité
Incorporation	immédiate	0,75 à 1,9
	< 4h	0,81 à 2,5
	< 12h	2,3 à 3,5

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

Plus le délai de temps entre l'épandage et l'incorporation est réduit, plus le rapport coût/efficacité est intéressant.

### Préconisation / Recommandation

Plus le délai entre l'épandage et l'incorporation est court, plus les émissions d'ammoniac sont réduites. Quand cela est techniquement possible, l'incorporation est à réaliser le plus rapidement possible, l'optimum étant de ne pas dépasser 12 heures.

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

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

**L'incorporation post-épandage des effluents présente un très bon potentiel de réduction, d'autant plus intéressant que le délai entre l'épandage et l'incorporation est court.**

**La mesure engendre un surcoût à l'épandage (besoin supplémentaire en main d'oeuvre, matériel et temps de travail), mais permet de réduire les émissions d'odeur et d'améliorer la valorisation de l'azote organique.**

**Il s'agit d'une MTD pour les élevages intensifs de volailles et de porcs.**

#### Atouts

► Il s'agit d'une technique très efficace pour réduire les émissions d'ammoniac (taux

#### Faiblesses

► L'incorporation demande de réaliser un deuxième passage dans la parcelle, ce qui

d'abattement de 40 à 80 %).

► Cette technique permet de réduire les odeurs lors de l'épandage.

► Cette technique est compatible avec les préconisations de la directive nitrates, sous réserve de quelques précautions concernant les conditions d'application (conditions météorologiques et profondeur d'incorporation).

### Opportunités

► Il s'agit d'une technique considérée comme MTD à l'épandage par le BREF Elevages (2017).

► L'incorporation permet une réduction des odeurs suite à l'épandage, ce qui peut apporter une solution aux éleveurs confrontés à des pressions de la part du voisinage.

► L'incorporation superficielle (5-10 cm) permet d'obtenir une bonne efficacité fertilisante en évitant de placer l'azote sous la zone de croissance des racines, ce qui permet de réaliser des économies sur les achats d'engrais minéraux.

► La technique est utilisable pour des sols pierreux ou en pente.

► C'est la seule technique applicable pour le fumier.

► Il est possible d'augmenter les surfaces d'épandage en réduisant la distance limite d'épandage par rapport aux tiers à 15 mètres au lieu de 100 m (lisiers) ou 50 m (fumiers) (IDELE, IFIP, ITAVI, 2010).

entraîne un surcoût à l'épandage.

► L'incorporation immédiate peut poser des problèmes de disponibilité de main d'œuvre et de matériel, surtout pour les exploitations de petite taille, car elle crée un besoin supplémentaire (2<sup>e</sup> UTH et 2<sup>e</sup> tracteur).

► L'incorporation augmente le temps de chantier et par conséquent les consommations d'énergie.

► L'incorporation n'est pas applicable sur les prairies ou les cultures en croissance.

### Menace

► La technique génère un surcoût à l'utilisation par rapport à la buse palette.

► L'utilisation de cette technique augmente la consommation de carburant.

► Une incorporation directe à une profondeur plus importante peut avoir comme effet négatif le lessivage des nitrates vers la nappe phréatique.

► Une incorporation trop profonde peut favoriser l'apparition de nitrates sous la zone des racines et augmenter les risques de pertes par lessivage.

## 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.

[7] AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA - Gestion de l'azote des fumiers : comment réduire les pertes ?