

Outil d'aide à la décision – Réduire les pertes d'azote en choisissant le meilleur moment pour épandre son lisier

Fiche descriptive

Dans le cadre du projet « Développement des connaissances sur la fonction de l'agrométéorologie sur l'épandage du fumier et la réduction des émissions de GES », un outil d'aide à la décision (OAD) a été développé pour accompagner les producteurs et les conseillers agricoles dans la planification des épandages de lisier. Cet OAD, disponible dans un fichier Excel, permet d'estimer les pertes d'azote ammoniacal (N-NH_4^+) sous forme d'ammoniac (NH_3) lors de la période critique de 12 heures après l'épandage, en fonction des conditions météorologiques, de la technique d'épandage et des propriétés du lisier. L'outil permet également d'estimer la quantité et le coût de fertilisant minéral nécessaire pour compenser ces pertes. Cette fiche décrit les onglets du fichier et présente un exemple d'application de l'OAD.

Il convient de souligner que les valeurs fournies par l'outil doivent être interprétées comme des estimations, et non comme des valeurs exactes. Elles s'appuient sur des données expérimentales et des résultats de simulation générées avec le modèle ALFAM2, Version 3.10 (Hafner et al., 2019), et peuvent être influencées par certaines variables non prises en compte ou encore insuffisamment documentées. Néanmoins, ces estimations offrent un ordre de grandeur pertinent des bénéfices économiques potentiels associés aux différentes pratiques, constituant ainsi un appui utile à la prise de décision pour le producteur.

1. L'OAD (onglet « OAD »)

L'OAD prend la forme d'un tableau interactif dans lequel l'utilisateur peut sélectionner, au moyen de menus déroulants, les conditions d'épandage, les propriétés du lisier et la dose de lisier appliquée à l'hectare.

Les paramètres d'entrée à saisir sont les suivants :

- **Type de lisier** : vache ou porc;
- **Teneur en matière sèche (%)** : 3,5 ou 7,0. Ces valeurs, tirées du Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2011), représentent des teneurs typiques observées dans les élevages au Québec; l'utilisateur doit retenir celle qui se rapproche le plus de la teneur réelle du lisier;
- **Méthode d'épandage** : aspersion basse ou pendillards;
- **Incorporation** : sans, 0h, 3h ou 6h. L'utilisateur définit le délai entre l'épandage et l'incorporation; 0 h signifie une incorporation immédiate;
- **Température (°C)** : 10, 20 ou 30. L'utilisateur sélectionne la valeur la plus près de la température moyenne observée lors des 12 heures suivant l'épandage;
- **Vitesse du vent (km/h)** : 5, 10, 15 ou 25. L'utilisateur choisit la valeur la plus proche de la vitesse moyenne du vent observée lors des 12 h suivant l'épandage;
- **Teneur en azote ammoniacal (N-NH_4^+) du lisier** : l'utilisateur peut saisir la valeur mesurée ou utiliser une valeur moyenne issue du Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2011);
- **Dose d'application de lisier (t/ha)** : définie par l'utilisateur selon l'épandage prévu.

Les paramètres de sortie sont les suivants :

- **Azote ammoniacal appliqué (N-NH_4^+ , kg/ha)** : calculé à partir de la dose et de la teneur en N-NH_4^+ du lisier;
- **Perte d'azote sous forme de NH_3 (%) sur 12 heures** : proportion du N-NH_4^+ appliqué, calculé par le modèle ALFAM2;
- **Émission cumulative de NH_3 (kg N-NH_3 /ha)** : quantité perdue, obtenue en multipliant le N-NH_4^+ appliqué par le pourcentage de perte.

Tableau « Fertilisant minéral »

Dans cette section, l'utilisateur sélectionne l'urée ou l'azote ammoniacal calcique (CAN) pour compenser les pertes d'azote. Les sorties sont :

- **Masse de fertilisant requise (kg/ha)** pour compenser l'azote volatilisé;
- **Valeur monétaire du fertilisant (\$/ha)**, avec possibilité d'ajuster le coût des fertilisants selon la valeur du marché dans le tableau « Prix 2025 », situé à droite de l'OAD.

2. Onglets « Lisier de vache » et « Lisier de porc »

Ces onglets offrent une vue d'ensemble détaillée de l'effet combiné de la température, de la vitesse du vent et du délai d'incorporation sur les pertes d'azote sous forme d'ammoniac lors de l'épandage de lisier de vaches et de lisier de porcs, en fonction de leur teneur en matière sèche (3,5 ou 7,0%) et la méthode d'application (aspersion basse et pendillards).

Chaque onglet comporte :

- Un tableau décrivant les propriétés du lisier, avec les teneurs en N total et N-NH_4^+ basées sur le Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2011);
- Des tableaux spécifiques à chaque méthode d'épandage (aspersion basse ou pendillards), présentant les pertes d'ammoniac en fonction de la température (10, 20, 30 °C), de la vitesse du vent (5, 10, 15, 25 km/h) et du délai d'incorporation (0 h, 3 h, 6 h ou absence d'incorporation).

Pour chaque scénario, les résultats comprennent :

- Le pourcentage d'azote ammoniacal (N-NH_4^+) volatilisé sous forme de NH_3 pendant les 12 heures suivant l'épandage, tel que calculé par le modèle ALFAM2;
- L'émission cumulative de NH_3 (kg/t de lisier épandu);
- La quantité de nitrate d'ammonium calcique (CAN) ou d'urée nécessaire pour compenser les pertes d'azote (kg/t de lisier épandu), ainsi que le coût associé (\$/t de lisier épandu), calculé selon le prix du marché des engrais.

De manière générale, pour les deux types de lisier considérés, l'application à l'aide de pendillards entraîne des pertes par volatilisation plus faibles que l'épandage par aspersion basse, tandis qu'une teneur élevée en matière sèche tend à accentuer ces pertes en limitant la pénétration du lisier dans le sol.

L'incorporation immédiate demeure l'un des moyens les plus efficaces pour les réduire de façon importante les émissions. Il est à noter que jusqu'à 98 % des pertes peuvent survenir dans les 12 premières heures suivant l'épandage et qu'une incorporation effectuée au-delà de ce délai a souvent peu d'effet sur la réduction des émissions.

Les conditions météorologiques influencent également les pertes d'azote par volatilisation; des températures élevées et des vitesses de vent importantes accentuent les émissions.

Les tableaux présentés permettent d'observer l'effet combiné de ces paramètres sur les pertes d'azote, ainsi que sur la quantité et le coût des fertilisants de synthèse nécessaires pour compenser ces pertes.

Exemple d'application de l'OAD

Sur une exploitation agricole de 75 hectares destinée à des cultures fourragères et céréalières, le producteur souhaite gérer la fertilisation azotée en utilisant son **lisier de vache** comme source d'azote. Celui-ci a un pourcentage de matière sèche (**MS**) moyen de **3,5 %**.

Conditions d'application 1

Le scénario suppose les conditions météorologiques suivantes : température moyenne de **17°C** avec des vents moyens à **12 km/h** lors des 12 heures suivant l'épandage. Le producteur possède un épandeur avec une **rampe d'aspersion basse** et lorsque la culture et le moment d'épandage le permettent, il **incorpore toujours immédiatement** son lisier. Cette fois-ci, il va fertiliser son champ de maïs de **6,5 ha** avant de le semer. Il va donc appliquer une dose de **40 t/ha**.

Variables d'entrée	Valeurs d'entrée
Type de lisier	Vache
Matière sèche (%)	3,5
Méthode d'épandage	Aspersion basse
Incorporation	0h
Température (°C)	20
Vitesse du vent (km/h)	10
Connaissez-vous la teneur en azote ammoniacal (N-NH_4^+) de votre lisier?	Non
Valeur personnalisée de N-NH_4^+ saisie par l'utilisateur (kg/t)	
Valeur de référence azote ammoniacal (N-NH_4^+) (kg/t)	1,4
Dose d'application (t/ha)	40

Variables de sortie	Valeur
Azote ammoniacal (N-NH_4^+) appliqué (kg/ha)	56
Perte d'azote sous forme de NH_3 après 12 h (% du N-NH_4^+ appliqué)	6,9%
Émission cumulative de N-NH_3 après 12 h (kg/ha)	3,9

Fertilisant minéral	Nitrate d'ammonium calcique (CAN)
Masse de fertilisant requise pour compenser l'azote perdu (kg/ha)	14,31
Valeur monétaire de fertilisant minéral pour compenser l'azote perdu (\$/ha)	14,48

Dans ce premier scénario, le modèle estime que 6,9 % de l'azote est volatilisé pendant les 12 premières heures, ce qui correspond à une perte économique de 14,48 \$/ha ou 94,12 \$ pour le champ, en équivalent d'engrais azoté (CAN).

Conditions d'application 2

Le jour de l'épandage, il fait exceptionnellement chaud. Le producteur épand son lisier en avant-midi et la température moyenne au cours des 12 heures suivant l'épandage est de **28°C**.

Variables d'entrée	Valeurs d'entrée
Type de lisier	Vache
Matière sèche (%)	3,5
Méthode d'épandage	Aspersion basse
Incorporation	0h
Température (°C)	30
Vitesse du vent (km/h)	10
Connaissez-vous la teneur en azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) de votre lisier?	Non
Valeur personnalisée de N-NH ₄ ⁺ saisie par l'utilisateur (kg/t)	
Valeur de référence azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) (kg/t)	1,4
Dose d'application (t/ha)	40

Variables de sortie	Valeur
Azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) appliqué (kg/ha)	56
Perte d'azote sous forme de NH ₃ après 12 h (% du N-NH ₄ ⁺ appliqué)	7,4%
Émission cumulative de N-NH ₃ après 12 h (kg/ha)	4,1

Fertilisant minéral	Nitrate d'ammonium calcique (CAN)
Masse de fertilisant requise pour compenser l'azote perdu (kg/ha)	15,35
Valeur monétaire de fertilisant minéral pour compenser l'azote perdu (\$/ha)	15,53

Avec le simple fait de l'augmentation de la température, les pertes par volatilisation augmentent de 0,5%, ce qui représente pour ce champ, une perte de 100,95 \$ en équivalent d'engrais azoté (CAN).

Conditions d'application 3

La température moyenne est de 17°C comme anticipé, mais la vitesse moyenne des vents au cours des 12 heures suivant l'épandage est de **24 km/h**.

Variables d'entrée	Valeurs d'entrée
Type de lisier	Vache
Matière sèche (%)	3,5
Méthode d'épandage	Aspersion basse
Incorporation	0h
Température (°C)	20
Vitesse du vent (km/h)	25
Connaissez-vous la teneur en azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) de votre lisier?	Non
Valeur personnalisée de N-NH ₄ ⁺ saisie par l'utilisateur (kg/t)	
Valeur de référence azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) (kg/t)	1,4
Dose d'application (t/ha)	40

Variables de sortie	Valeur
Azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) appliqué (kg/ha)	56
Perte d'azote sous forme de NH ₃ après 12 h (% du N-NH ₄ ⁺ appliqué)	7,5%
Émission cumulative de N-NH ₃ après 12 h (kg/ha)	4,2

Fertilisant minéral	Nitrate d'ammonium calcique (CAN)
Masse de fertilisant requise pour compenser l'azote perdu (kg/ha)	15,56
Valeur monétaire de fertilisant minéral pour compenser l'azote perdu (\$/ha)	15,74

En condition venteuse, mais à température moyenne, les émissions cumulatives de NH₃ sont passées à 7,5 % de la dose de N-NH₄⁺ appliqué. Cette perte représente 102,31 \$ pour ce champ.

Conditions d'application 4

Les conditions météorologiques sont telles que prévues, mais un bris d'équipement **a empêché le producteur d'incorporer son lisier**.

Variables d'entrée	Valeurs d'entrée
Type de lisier	Vache
Matière sèche (%)	3,5
Méthode d'épandage	Aspersion basse
Incorporation	Sans
Température (°C)	20
Vitesse du vent (km/h)	10
Connaissez-vous la teneur en azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) de votre lisier?	Non
Valeur personnalisée de N-NH ₄ ⁺ saisie par l'utilisateur (kg/t)	
Valeur de référence azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) (kg/t)	1,4
Dose d'application (t/ha)	40

Variables de sortie	Valeur
Azote ammoniacal (N-NH ₄ ⁺) appliqué (kg/ha)	56
Perte d'azote sous forme de NH ₃ après 12 h (% du N-NH ₄ ⁺ appliqué)	26,7%
Émission cumulative de N-NH ₃ après 12 h (kg/ha)	15,0

Fertilisant minéral	Nitrate d'ammonium calcique (CAN)
Masse de fertilisant requise pour compenser l'azote perdu (kg/ha)	55,38
Valeur monétaire de fertilisant minéral pour compenser l'azote perdu (\$/ha)	56,04

Le pourcentage de pertes d'azote par volatilisation a plus que triplé, passant de 6,9% à 26,7% de la dose de N-NH₄⁺ appliquée. De telles pertes représentent un montant de 56,04 \$/ha ou 364,26\$ pour le champ.

Références

Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Carozzi, M., Chantigny, M., Géniermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Kupper, T., Misselbrook, T., Neftel, A., Nyord, T., Sommer, S.G., 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmospheric Environment* 199, 474–484. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.034>

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 2011. Guide de référence en fertilisation 2^e édition actualisée.

Partenaire financier

Développement des connaissances sur la fonction de l'agrométéorologie sur l'épandage du fumier et la réduction des émissions de GES est réalisé grâce au soutien financier du gouvernement du Québec dans le cadre du Programme d'appui à la lutte contre les changements climatiques dans le secteur bioalimentaire, qui découle du Plan pour une économie verte 2030. »

Une réalisation de

Patrick Brassard, chercheur
Laura Daniela Mila Saavedra,
professionnelle de recherche
Joanie St-Gelas,
professionnelle de recherche

Des questions?

418 643-2380 p. 601
Patrick.brassard@irda.qc.ca

Février, 2026.