



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION

*Liberté
Égalité
Fraternité*

*Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques
(PREPA) - Volet agricole*

Plan matériels d'épandage moins émissifs – Diagnostic



Septembre 2020

SOMMAIRE

1. Introduction et contexte	5
1.1. Azote et agriculture	5
1.2. Un polluant atmosphérique d'origine agricole : l'ammoniac (NH ₃)	5
1.3. Réduire les pertes d'azote par épandage	5
1.4. Plan matériels d'épandage moins émissifs développé dans le cadre du PREPA	6
2. Principes directeurs liés à l'épandage d'effluents	7
2.1. Principes généraux pour réduire les pertes d'azote	7
2.2. Principes agronomiques liés à l'épandage de nutriments	7
3. Diagnostic de la situation française en matière d'épandage d'effluents et de qualité de l'air	8
3.1. Effluents d'élevage : variétés et caractéristiques	8
3.2. Estimation des gisements d'effluents d'élevage en France	10
3.2.1. Part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage	10
3.2.2. Répartition de la production des différents types d'effluents par région	12
3.2.3. Type de surfaces agricoles où sont épandus les effluents organiques	15
3.2.4. Taille des exploitations d'élevage en France et revenus	16
3.3. Etat des lieux concernant les matériels d'épandages en France	19
3.3.1. Epandage des effluents organiques « liquides »	19
3.3.2. Epandage des effluents organiques « solides »	32
3.4. Aspects économiques et financiers	44
4. Analyse des menaces – opportunités – forces – faiblesses	47
4.1 Tableau bilan du diagnostic « pratiques d'épandages effluents moins émissives » (cf. tableau 9)	47
4.2 Analyse des besoins	49
Annexe	50

1. Introduction et contexte

1.1. Azote et agriculture

L'azote (N) est le principal élément puisé dans le sol par les cultures agricoles et sa disponibilité agronomique a un impact majeur sur les rendements des cultures et leur qualité nutritionnelle et, donc, la capacité des exploitations agricoles à produire des aliments¹.

La gestion des différents engrais azotés au niveau des sols agricoles influence l'ensemble du cycle de l'azote, l'utilisation de N par les cultures et les pertes de N par diverses voies et sous différentes formes dans l'environnement. Depuis de nombreuses années, l'accent a été mis sur le contrôle des différents compartiments du cycle de l'azote², par exemple, via la lixiviation des nitrates (NO₃⁻) (directive nitrates) et l'émission dans l'air d'ammoniac (NH₃) (Protocole de Göteborg, Directive sur les plafonds d'émission nationaux (NEC), Directive sur les émissions industrielles (IED et son outil d'application aux élevages : BREF IRPP), règlement PRTR et la directive Habitats) et de protoxyde d'azote (N₂O) (Convention Cadre des Nations unies sur les changements climatiques).

1.2. Un polluant atmosphérique d'origine agricole : l'ammoniac (NH₃)

L'ammoniac (NH₃) est un polluant atmosphérique. En France, 94% des émissions d'ammoniac émises dans l'atmosphère en 2017 (données CITEPA³) proviennent de l'agriculture. Les émissions issues des pratiques d'épandage représentent 59% de ces émissions (29% liées à l'application des engrais minéraux, 21% à l'application d'engrais organiques et 9% à la pâture), et 41% sont liées à l'élevage (bâtiments d'élevage et stockage des déjections).

Selon les dernières connaissances scientifiques en la matière⁴, l'ammoniac et les molécules azotées résultant de sa transformation chimique sont susceptibles de dégrader la qualité de l'air, de l'eau, des sols, d'affecter le bilan des gaz à effet de serre, ainsi que d'impacter les écosystèmes et la biodiversité. L'ammoniac joue notamment un rôle important dans les processus d'acidification et d'eutrophisation, et contribue à la dégradation de la biodiversité végétale et, en tant que précurseur d'azote, à la formation de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), dangereuses pour la santé humaine.

1.3. Réduire les pertes d'azote par épandage

Au niveau européen, la directive « NEC » (National Emission Ceilings), révisée en décembre 2016, fixe des objectifs de réduction d'émissions de certains polluants atmosphériques pour chaque État membre. Pour la France, les objectifs de réduction des émissions d'ammoniac sont de -4% entre 2005 et 2020 et -13% entre 2005 et 2030. Selon le dernier inventaire national, les émissions d'ammoniac ont diminué de 1 % entre 2005 et 2018.

Au niveau national, le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) a été adopté en mai 2017 afin d'atteindre les objectifs fixés par la directive NEC. Il est composé d'un décret (reprise des objectifs quantifiés prévus par la directive NEC) et d'un arrêté (définition par secteur des actions à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs).

Etant donné que 21% des émissions agricoles ont lieu au stade de l'épandage des engrais organiques et 29% à l'épandage des engrais minéraux, identifier et promouvoir les meilleures pratiques agricoles visant à réduire les pertes en N résultant de l'épandage d'engrais organiques et minéraux constitue une étape importante dans la perspective de résorber les pollutions d'origine agricole. Ceci est d'autant plus important que les agriculteurs peuvent bénéficier directement, sur le terrain, des avantages d'une meilleure utilisation des nutriments⁵. En effet, l'utilisation efficace de N au champ se traduira par une plus grande efficacité de N à l'échelle de l'exploitation. De plus, le recyclage efficace des nutriments signifie que les agriculteurs sont moins dépendants des engrais importés et moins exposés aux variations de prix ou aux problèmes d'approvisionnement⁶.

¹ Robertson, G. P., & Vitousek, P. M. (2009). Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annual review of environment and resources*, 34, 97-125.

² Oenema, O., Bleeker, A., Braathen, N. A., & Winiwarter, W. (2011). Nitrogen in current European policies.

³ Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique : <https://www.citepa.org/fr/> (inventaire SECTEN 2019).

⁴ Bedos, C., Castell, J. F., Cellier, P., & Générumont, S. (2019). Agriculture et qualité de l'air: Comprendre, évaluer, agir. Quae.

⁵ Mathias, E., & Martin, E. (2013). Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030. CITEPA, Paris.

⁶ EIP-Agri Focus Group Nutrient recycling. Final Report. November 2017: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_fg_nutrients_recycling_final_report_2017_en.pdf

Par conséquent, les mesures visant à réduire les pertes globales de N par épandage ont un double objectif, celui d'améliorer l'efficacité des ressources (permettant une réduction des quantités d'engrais achetées et d'autres ressources nutritives), et celui de réduire la pollution de l'air et de l'eau, avec de multiples avantages environnementaux.

Toutefois, il convient de préciser que l'impact sur l'environnement des pertes de N issu des sols agricoles dépend également de facteurs naturels, tels que les conditions pédoclimatiques. Enfin, cet impact peut aussi être fonction de la variation de facteurs sous-jacents qui influencent les pertes en N, tels que la localisation spatiale des apports de N⁷, de la période de l'année à laquelle les apports de N sont réalisés, les conditions météorologiques associées.... Ces facteurs comprennent aussi la densité du bétail, culture en place, ainsi que des caractéristiques inhérentes aux exploitations agricoles (mode de gouvernance, distribution spatiale des exploitations et des parcelles, types d'élevage...).

1.4. Plan matériels d'épandage moins émissifs développé dans le cadre du PREPA

En France, au vu des différents enjeux en matière de qualité de l'air et, afin d'atteindre les objectifs fixés par la directive européenne « NEC »⁸, le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA)⁹ définit par secteur un certain nombre d'actions à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Concernant l'agriculture, l'arrêté du 10 mai 2017 prévoit notamment un guide de bonnes pratiques pour l'amélioration de la qualité de l'air, qui a été finalisé en juillet 2019¹⁰ et « la mise en place d'un plan d'actions pour assurer l'utilisation de matériels moins émissifs (pendillards, injecteurs) ou l'enfouissement des effluents, dans des délais adaptés, en distinguant les différents types d'effluents et leurs caractéristiques, ainsi que la nature et la taille des élevages, dans la perspective de supprimer l'utilisation des matériels les plus émissifs d'ici 2025 ».

Ce premier chapitre du plan matériel, vise à présenter le diagnostic de la situation : état des lieux du parc matériel d'épandage existant et des pratiques associées au regard de la qualité de l'air, opportunités et contraintes à la diffusion de matériel moins émissif.

Ce plan matériel se positionne dans la continuité des guides de bonnes pratiques agricoles existants aux échelles internationale (« Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions » publié en 2015, « Guidance Document on Integrated Sustainable Nitrogen Management » en cours de finalisation, etc.) et française.

Ce diagnostic a été établi en s'appuyant sur les connaissances et les avis de nombreux experts agricoles. Les pratiques actuelles, ainsi que les techniques les plus efficaces, sont présentées ci-après en détaillant, le cas échéant, leurs potentiels de réduction en termes de pollution atmosphérique, et les critères agronomiques et économiques associés. De même, des informations portant sur la diffusion des matériels d'épandage cités, en France métropolitaine, sont fournies dans ce chapitre. Au total, 13 pratiques sont identifiées et décrites.

Il est important de souligner que ce plan matériel générera, en plus des réductions d'émissions visées, des co-bénéfices au niveau de l'exploitation agricole, notamment en termes de réduction globale des intrants et d'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'azote. En effet, chacune de ces pratiques favorables à la limitation des émissions d'ammoniac, favorise aussi les approches écosystémiques en entraînant des synergies entre enjeux (eau, sol...).

Sur la base de ce diagnostic partagé, une proposition de plan d'action a été élaborée.

⁷ Bittman, S., Dedina, M., Howard, C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. (eds.) 2014. Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre of Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.

⁸ National Emission Ceilings (2001/81/CE) : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2001/81/2018-07-01>

⁹ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair>

¹⁰ <https://www.ademe.fr/guide-bonnes-pratiques-agricoles-lamelioration-qualite-lair>

2. Principes directeurs liés à l'épandage d'effluents

2.1. Principes généraux pour réduire les pertes d'azote

L'azote - sous forme d'effluents organiques et d'engrais azotés minéraux - est appliqué sur les terres agricoles pour répondre aux besoins des cultures. Les effluents organiques, tels que les lisiers, les fumiers, les boues et les composts sont des sources d'azote, qui améliorent la fertilité du sol et facilitent la croissance des plantes. Ils peuvent être complétés avec des engrais azotés minéraux si nécessaire. Cependant, toutes les applications azotées doivent être réalisées conformément aux exigences du programme d'actions sur les nitrates (PAN) dans les zones où il s'applique (zones classées en zones vulnérables) et ses déclinaisons régionales (PAR). Le but est de s'assurer que les nutriments soient appliqués au sol dans des conditions favorables, maximisant leur absorption par la plante, ce qui permet ainsi de réduire les pertes (émissions d'ammoniac, protoxyde d'azote et nitrates). La réduction des pertes azotées se réfléchit sur toute la chaîne de production ou de gestion, c'est-à-dire de la fabrication des engrais minéraux, jusqu'à l'épandage ou encore sur toute la chaîne de gestion des effluents (alimentation, bâtiment, stockage, traitement et épandage). Ceci dans l'objectif de limiter les transferts de pollution d'une étape à la suivante et risquer de perdre autant ou d'avantage d'azote aux étapes suivantes.

Lors de l'épandage, les pertes gazeuses azotées, dont les émissions d'ammoniac, se produisent lorsque les effluents organiques, contenant une part d'azote ammoniacal conséquente, sont en contact avec l'air et dans des conditions d'humidité et de température suffisantes. Par conséquent, il convient d'adopter des pratiques agricoles qui placent ces effluents, à forte concentration en azote ammoniacal, directement sur ou dans le sol, afin d'en tirer le meilleur parti agronomique et réduire les émissions azotées. En complément, la planification de l'application des effluents organiques et des engrais azotés minéraux, en fonction du type de sol, de l'état des nutriments et des besoins des cultures, permettra d'optimiser les avantages agronomiques et économiques de ces épandages. Des analyses sur les effluents organiques peuvent être utilisés parallèlement à ces plans de gestion des nutriments (PPF) pour déterminer une dose d'application appropriée, ainsi que des périodes et des méthodes d'application appropriées.

2.2. Principes agronomiques liés à l'épandage de nutriments

Un des objectifs d'un chantier d'épandage de matière organique est d'apporter uniformément et au bon moment sur une parcelle une dose de produit dont la valeur fertilisante correspond au plus près aux besoins agronomiques de la culture, tout en respectant l'environnement, et avec des techniques accessibles et adaptées à l'utilisateur du matériel d'épandage. Il s'agit du concept sous-jacent d'application de N au taux le plus économique et durable, au moment le plus efficient, sous la forme la plus appropriée et en plaçant le N au plus près des racines des plantes. Ces concepts sont résumés dans l'approche suivante¹¹ :

- Taux - la quantité de N minéral appliquée doit correspondre étroitement à la quantité qui sera requise et absorbée par la culture ;
- Temps - le N minéral appliqué doit être facilement disponible au moment où la culture l'exige avec le moins de risques pour l'environnement ;
- Forme - le N appliqué doit correspondre (ou être rapidement transformé) à la forme sous laquelle la culture peut facilement l'absorber pendant sa période de croissance, tout en minimisant le risque de pertes vers l'environnement (eau, air...);
- Lieu - le N minéral doit être facilement accessible par les racines des cultures, sans les endommager, peu de temps après l'application.

A noter que pour certaines exploitations agricoles, en particulier les élevages, les enjeux de la nutrition végétale sont également liés à la question des épandages de produits résiduels organiques (PRO), des matières fertilisantes d'origine résiduelle (Mafor, qui regroupent les PRO et les matières minérales), mais aussi à la gestion des effluents organiques. Ainsi, le processus décisionnel d'un éleveur en matière de fertilisation, en lien avec les principes agro-écologiques, y est primordial.

¹¹ Johnston, A. M., & Bruulsema, T. W. (2014). 4R nutrient stewardship for improved nutrient use efficiency. *Procedia Engineering*, 83, 365-370.

3. Diagnostic de la situation française en matière d'épandage d'effluents et de qualité de l'air

3.1. Effluents d'élevage : variétés et caractéristiques

D'après le guide pratiques d'élevage et environnement¹², publié en 2019, les effluents d'élevage représentent l'immense majorité des produits organiques épandus sur les sols français, tant dans les régions d'élevage que dans les régions de grandes cultures, où ils représentent un intérêt croissant pour les professionnels agricoles. « Les effluents d'élevage sont définis principalement à ce stade par leur origine (espèce animale, urbain, industriel) et leur consistance (solide, liquide ou pâteuse) ». On distingue ainsi généralement les principales catégories suivantes :

- Les effluents organiques solides, dont les « fumiers », sont le résultat du mélange des déjections animales et de la litière (paille, sciure, copeaux...). Les fumiers proviennent d'élevages bovins, ovins, caprins, porcins, équin ou avicoles. Ils fermentent sous les animaux et/ou sur leur plateforme de stockage. Les fumiers sont des effluents organiques très hétérogènes du point de vue chimique et de leurs caractéristiques physiques (Tableau 1). Ils représentent la majeure partie des effluents organiques épandus en France avec 65 % de la quantité de matière brute totale. La teneur en matière sèche des fumiers est généralement toujours supérieure à 20 % et peut atteindre, voire dépasser, 50 % dans certains cas. Sont également distingués des fumiers susceptibles ou non d'écoulement conditionnant ainsi les modalités de stockage.
- Les effluents organiques solides produits en élevage comprennent également les « fientes de volailles ». Ces effluents correspondent, le plus souvent, aux fèces de poules pondeuses et ne sont pas mélangés à de la litière. Les fientes sont séchées soit à l'intérieur du bâtiment (via des gaines d'aération situées le long d'un tapis d'extraction), soit à l'extérieur dans un bâtiment connexe. Ces pratiques permettent d'atteindre de hauts niveaux de matière sèche, respectivement de l'ordre de 70 et 85%. Ce faible niveau d'humidité prévient, en grande partie, l'hydrolyse de l'azote uréique de ces effluents et sa volatilisation.

Les effluents organiques liquides, dont les « lisiers », sont usuellement constitués de déjections animales, urines et fèces, etc. Ces effluents liquides sont mélangés et fermentés pendant leur stockage dans une fosse. Ils contiennent des débris alimentaires et peuvent être dilués par les eaux de pluie, de nettoyage ou les jus de silos¹³. Ils peuvent également faire l'objet de processus de transformation mécanique (séparation de phase), biologique (aérobie ou anaérobie) ou chimique (acidification...), pouvant aboutir à un changement de statut (normalisation).

Le Tableau 1 présente les teneurs en matières sèches et en éléments fertilisants des principaux effluents d'élevage, en indiquant les variabilités existantes.

Il s'avère en effet que les caractéristiques agronomiques (composition) de ces différents effluents sont très variables. Ainsi, « les appellations courantes telles que fumier, lisier ou compost dissimulent une grande diversité d'effluents d'élevage (du point de vue de leur origine, composition, modalité de traitement et d'épandage), ces facteurs influençant leur comportement dans les sols. Du fait de cette diversité, des écarts notables peuvent apparaître entre les effets observés et ceux attendus sur la base de caractérisation inadéquate »¹⁴.

¹² Espagnol, S., Brame, C., & Dourmad, J. Y. (2019). Pratiques d'élevage et environnement. Eds. Quae

¹³ Butler, Fabienne, et al. "Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique." 2011.

¹⁴ http://www.rmtelevagesenvironnement.org/backoffice/uploads/Valorisation%20agronomique_rmt_enviro_web.pdf

Tableau 1. Teneurs en matières sèches et en éléments fertilisants des principaux effluents d'élevage (par tonne de produit brut)

	Matière Sèche (MS)	Azote total (N)	Phosphate (P ₂ O ₅)	Potassium (K ₂ O)
Fumiers de bovin (kg/t)	140 à 300	5,5 à 6,3	2,4 à 3,7	7,2 à 10,1
Lisiers de bovin (kg/m ³)	30 à 110	1,6 à 3	0,8 à 2	2,4 à 4
Fumiers de volailles (kg/t)	520 à 700	22 à 32	14 à 24	18 à 19
Lisiers de palmipèdes (kg/t)	69 à 104	4,6 à 6,1	1 à 2,7	1,3 à 2,4
Fientes de volailles (kg/t)	632 à 848	22 à 39,5	35,1 à 37,8	22,2 à 25,7
Lisiers de porcs (kg/m ³)	20 à 80	3,3 à 5	1,8 à 4	1,8 à 3
Fumiers de porcs (kg/t)	240 à 386	6 à 10	6 à 10	12 à 14

NA : donnée non disponible

Sources : données Agreste – Enquête « Pratiques culturales » 2011 (d'après Houot et al., 2014¹⁵, mis à jour par CITEPA pour les données volailles) ;

Trochard R., Levasseur P., Ponchant P., Toudic A., et Foray S. Valorisation des effluents d'élevages : Comment définir les effluents d'élevages ? Pour quelles utilisations ? In : Espagnol S., Brame Coline. et Dourmad. J.Y. (coord). Pratiques d'élevage et environnement : mesurer, évaluer, agir. Paris : QUAE éditions, 2019 (sous-presses), chapitre 2 (Savoir-faire)

¹⁵ Houot, Sabine, et al. "Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier. Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques." (2014): 103.

3.2. Estimation des gisements d'effluents d'élevage en France

3.2.1. Part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage

Historiquement, dans le cadre de la directive « nitrates », l'estimation des effectifs d'animaux et de la production territoriale des effluents d'élevage a permis de déterminer des zones subissant de fortes pressions environnementales.

L'expertise réalisée dans le cadre du diagnostic du plan matériels d'épandage a permis d'indiquer pour chacun de ces groupes d'effluents organiques - **effluents solides** (fumiers bovins et porcins et, fumiers de volailles) et **effluents liquides** (lisiers bovins et porcins) - la part d'azote ammoniacal épandu en France, en 2017, par rapport au total d'azote ammoniacal épandu incluant les PRO (Tableau 2). Ces données sont corroborées par l'outil ELBA¹⁶, réalisé par Arvalis et les instituts techniques animaux (Institut du porc – IFIP ; Institut de l'élevage - IDELE ; Institut technique de l'aviiculture - ITAVI), afin de mieux connaître les gisements d'effluents d'élevage.

Par la suite, compte tenu des estimations de gisements d'effluents par filière en France, ainsi que la part d'azote ammoniacal épandu pour ces types d'effluents d'élevage, les experts ont décidé de ne pas retenir les produits fientes sèches de volailles, ni les digestats. Par ailleurs, les fientes sèches principalement produites en Bretagne, - première région productrice d'oeufs de consommation, - région où la quasi-totalité des poulaillers avec poules en cages sont équipés de séchoirs. Du fait du séchage rapide des fientes, les pertes en ammoniac au stockage sont considérablement limitées, de même que le produit final qui peut être épandu avec le même matériel que celui utilisé pour les épandages d'engrais minéraux, limitant ainsi les émissions d'ammoniac lors des épandages.

¹⁶ <https://elba.arvalis-ext.com/>

<https://www.ademe.fr/elba-outil-referenc-valuation-ressource-biomasse-agricole-france>

Tableau 2. Part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage, par rapport au total d'azote ammoniacal épandu en France (incluant les PRO), en 2017 (données CITEPA, SECTEN 2019¹⁷)

Types d'effluents d'élevage	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total France)
Lisiers de porcs	26
Fumiers de porcs	0,3
Lisiers de bovins*	20,3
Fumiers de bovins*	31,7
Lisiers de volailles	1,6
Fumiers de volailles	17,1
Lisiers d'ovins	0,04
Fumiers d'ovins	1,1
Lisiers de caprins	0,11
Fumiers de caprins	0,6
Lisiers de lapins	1,4
Fumiers de lapins	0,01

**Les effluents bovins dits « peu chargés », qui représentent des volumes d'effluents liquides non négligeables, sont écartés du présent diagnostic considérant leurs caractéristiques et donc, l'absence de risque de volatilisation.*

Compte tenu des estimations de gisements d'effluents en France, ainsi que la part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage (Tableau 2), seuls les effluents porcins, bovins et volailles seront considérés par la suite étant donné qu'ils représentent la majorité des effluents, **les fumiers et les lisiers de bovins, les lisiers de porcs, et les fumiers de volailles représentant les 4 gisements les plus importants.**

¹⁷ Citepa, juillet 2019. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten.

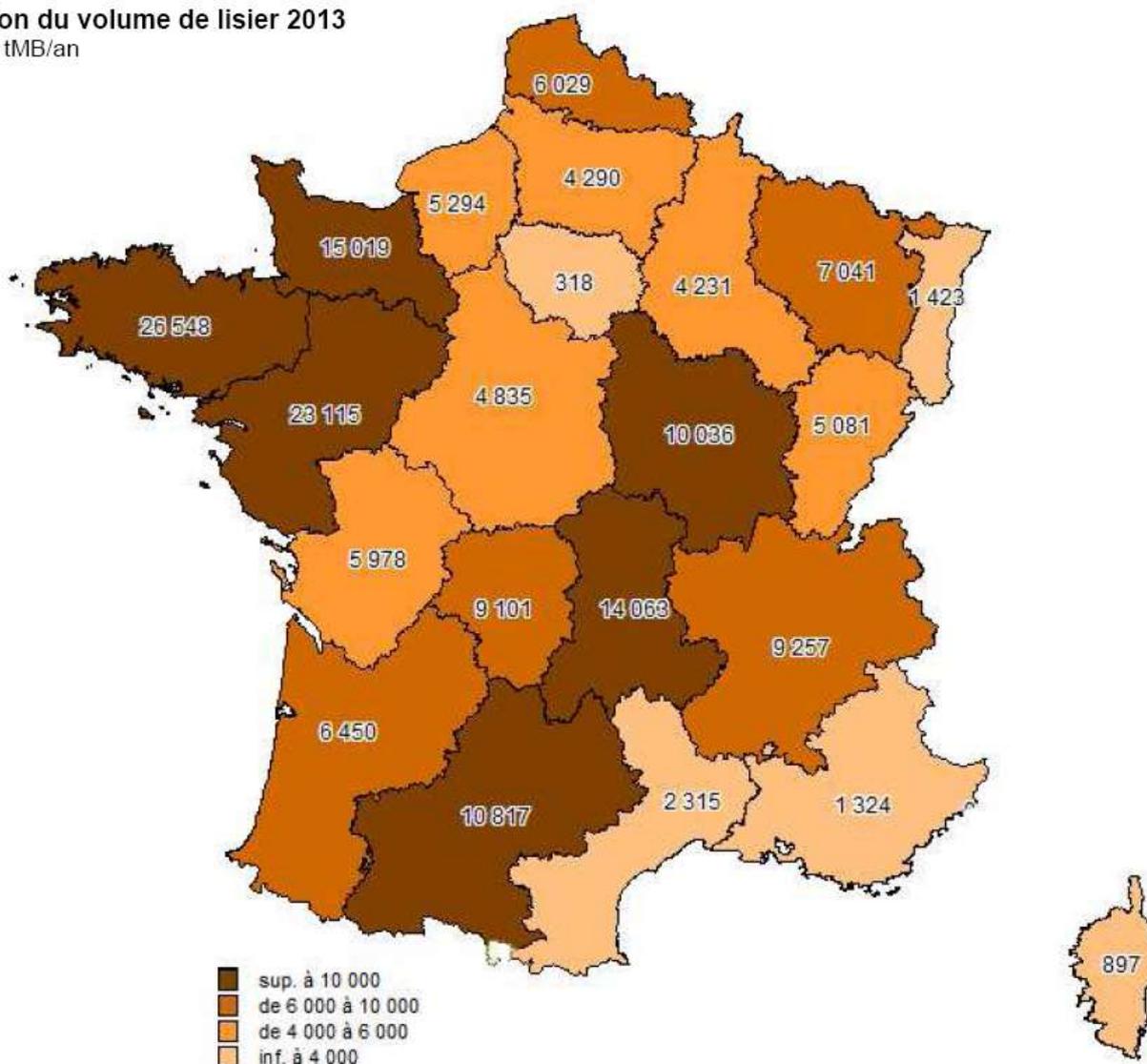
3.2.2. Répartition de la production des différents types d'effluents par région

L'étude publiée par France Agrimer¹⁸ renseigne également sur la répartition des volumes d'effluents organiques dans les différentes régions françaises (Cartes 1 et 2).

Près de 175 millions de tonnes de lisier, toutes espèces confondues, sont produites en France par an. Le Grand-Ouest (Bretagne, Pays de la Loire et Basse-Normandie) concentre plus d'un tiers de la production et un deuxième tiers se situe dans les 6 « anciennes » régions suivantes : Auvergne, Midi-Pyrénées, Bourgogne, Limousin, Rhône-Alpes et Lorraine (Carte 1 et Tableau 3).

Répartition du volume de lisier 2013

milliers de tMB/an



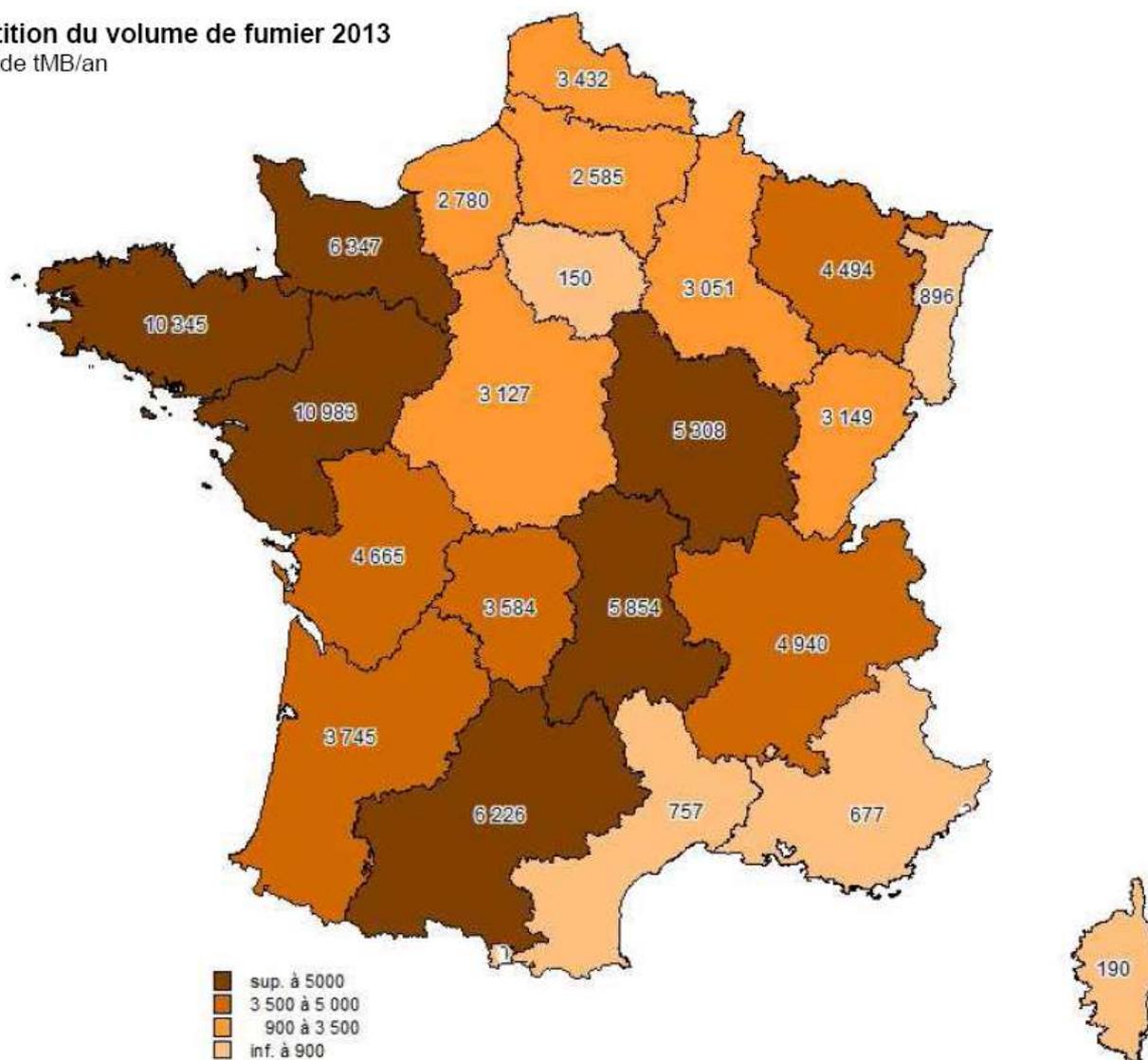
Source : FranceAgriMer d'après SSP 2013 - Biomasse Normandie, 2009.

Carte 1 - Répartition du volume de lisier, toutes espèces confondues, en France (données 2013)

Près de **90 millions de tonnes de fumier**, de toutes espèces confondues, sont produites en France par an. Le Grand-Ouest (Pays de la Loire, Bretagne, Basse-Normandie) concentre un tiers de la production et un deuxième tiers se situe dans les 6 « anciennes » régions : Midi-Pyrénées, Auvergne, Bourgogne, Rhône-Alpes, Poitou-Charentes et Lorraine (Carte 2 et Tableau 3).

¹⁸ Zégiers, J. P., P. Bonnard, and T. Mhiri. "L'observatoire national des ressources en biomasse: Évaluation des ressources disponibles en France." FranceAgriMer, Paris (2015).

Répartition du volume de fumier 2013
milliers de tMB/an



Source : FranceAgriMer d'après SSP, 2013 - Biomasse Normandie, 2009.

Carte 2 - Répartition du volume de fumier, toutes espèces confondues, en France (données 2013)

Enfin, la répartition des volumes d'effluents organiques dans les différentes régions françaises peut être mise en regard avec les cheptels bovins et porcins, qui représentent près de 90% des effectifs d'animaux en France métropolitaine, exprimés en unité de gros bétail (UGB - Tableau 3).

Tableau 3. Pour chaque « ancienne » région métropolitaine: (i) volume de lisier^T produit par an, (ii) volume de fumier^T produit par an, (iii) cheptel porcins, (iv) cheptel bovins (source : données Agreste, 2013)

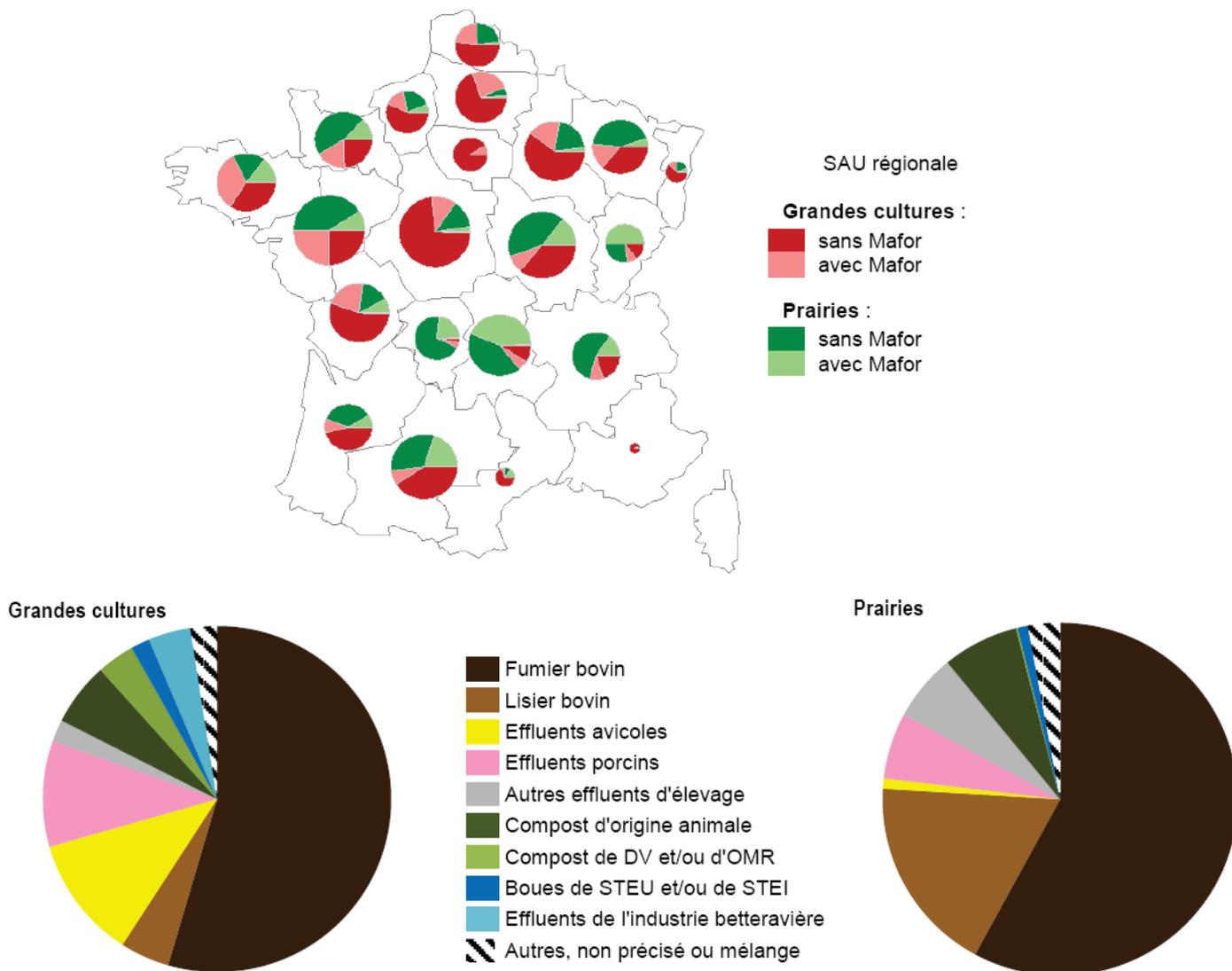
Régions françaises	Volume de lisier produit		Volume de fumier produit		Cheptel de porcins		Cheptels de bovins	
	(en t MB/an)	(en %)	(en t MB/an)	(en %)	(en milliers de têtes)	(en %)	(en milliers de têtes)	(en %)
Alsace	1423	1%	896	1%	101	1%	166	1%
Aquitaine	6450	4%	3745	4%	388	3%	689	4%
Auvergne	14063	8%	5354	6%	231	2%	1553	8%
Basse-Normandie	15019	9%	6347	7%	566	4%	1595	8%
Bourgogne	10036	6%	5308	6%	126	1%	1318	7%
Bretagne	26548	15%	10345	12%	7635	57%	2021	11%
Centre	4835	3%	3127	4%	333	2%	600	3%
Champagne-Ardenne	4231	2%	3051	4%	176	1%	588	3%
Corse	897	1%	190	0%	50	0%	68	0%
Franche-Comté	5081	3%	3149	4%	118	1%	612	3%
Haute-Normandie	5294	3%	2780	3%	138	1%	597	3%
Ile-de-France	318	0%	150	0%	8	0%	29	0%
Languedoc-Roussillon	2315	1%	757	1%	28	0%	208	1%
Limousin	9101	5%	3584	4%	124	1%	1058	6%
Lorraine	7041	4%	3051	4%	97	1%	927	5%
Midi-Pyrénées	10817	6%	6226	7%	435	3%	1187	6%
Nord-Pas-de-Calais	6029	3%	3432	4%	472	4%	694	4%
Pays de la Loire	23115	13%	10983	13%	1573	12%	2516	13%
Picardie	4290	2%	2585	3%	121	1%	526	3%
Poitou-Charentes	5978	3%	4665	5%	366	3%	747	4%
Provence-Alpes-Côte	1324	1%	677	1%	22	0%	66	0%
Rhône-Alpes	9257	5%	4940	6%	294	2%	1003	5%
Total France	173462	100%	85342	100%	13402	100%	18768	100%

MB : Matière brute

^TLes volumes de lisier et de fumier produits incluent ceux des bovins, porcins et volailles

3.2.3. Type de surfaces agricoles où sont épandus les effluents organiques

Selon une ESCO de l'INRA, du CNRS et de l'IRSTEA¹⁹, les épandages de matières fertilisantes d'origine résiduaire (Mafor) concernent la quasi-totalité des régions, mais de façon très inégale selon les régions. Au total, plus de 25% des surfaces de grandes cultures (notamment maïs, blé tendre et colza) et près de 30% des surfaces de prairies ont reçu un épandage de Mafor en 2011. Cette année-là, 94% des Mafor épandues étaient, en quantité, des effluents d'élevage. Les 6% restants étaient des effluents de l'industrie betteravière, des composts urbains et des boues d'épuration urbaines ou industrielles (cf. figure 1).



Source : Agreste - enquête "Pratiques Culturelles 2011"

Figure 1 - Répartition géographique et typologique des épandages de Mafor organiques en France en 2011

D'après l'enquête pratiques culturelles 2011, en grandes cultures, les apports organiques concernent un quart de la sole. Le maïs fourrage et la betterave sont les principales cultures qui reçoivent de l'azote organique : sur 4/5ème des surfaces pour le maïs fourrage et plus de la moitié des surfaces pour la betterave. Dans les régions d'élevage, le maïs est la culture qui reçoit les volumes d'azote organique les plus importants lors des épandages. Pomme de terre, triticale, colza et maïs grain en reçoivent sur le tiers des surfaces. Les céréales à paille sont peu fertilisées par de l'azote organique, compte tenu de leur éloignement plus fréquent des zones d'élevage, du risque de verse lié à des épandages importants souvent moins maîtrisés, mais aussi de la difficulté à pouvoir circuler sur ces surfaces en sortie d'hiver avec des tonnes lourdes. Seuls 4 % des surfaces ne reçoivent que de l'azote organique. Du fait de la variabilité des volumes d'effluents d'élevage et des assolements selon les régions, la part des surfaces recevant une fumure organique dépasse 40 % de la sole pour la

¹⁹ Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier - impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Résumé de l'expertise scientifique collective - octobre 2014

Bretagne, les Pays de la Loire, la Basse-Normandie et le Limousin. Pour ces régions, la part de parcelles totalement fertilisées avec de l'azote organique est de 12 % pour la Bretagne, 10 % pour les Pays de la Loire, 8 % pour le Limousin et 4 % pour la Basse-Normandie.

Enfin, il convient de noter que les périodes préférentielles d'apports d'effluents organiques pour différents types de cultures (céréales à paille...) sont parfois incompatibles avec l'enfouissement des effluents. En effet, pour une bonne valorisation des PRO les agriculteurs cherchent à faire des apports lorsque la plante consomme de l'azote, ceci afin de maximiser l'efficacité végétative et la rentabilité économique. Or, les dates d'apports des PRO, raisonnées en fonction de cette période de besoin de la culture, correspondent quelques fois à des stades de culture où les plantes sont déjà en place (période « fin tallage épilcm » pour les céréales), ce qui entraîne des difficultés pour l'utilisation de certains matériels d'enfouissement et/ou la pratique d'incorporation post-épandage (cf. annexe 1). Par conséquent, recourir à un enfouissement systématique des PRO serait parfois pénalisant pour certaines cultures, puisque l'agriculteur serait contraint d'apporter les PRO en dehors des périodes optimales de valorisation de l'azote.

3.2.4. Taille des exploitations d'élevage en France et revenus

3.2.4.1. Etat des lieux : tailles et revenus des exploitations agricoles françaises

En 2016, en France métropolitaine, selon les données INSEE (2019)²⁰, on compte un peu moins de 437 000 exploitations agricoles, soit 11 % de moins qu'en 2010. Moins nombreuses, les exploitations s'agrandissent. En 2016, une exploitation agricole dispose en moyenne de 63 hectares, soit 7 hectares de plus qu'en 2010 et 20 hectares de plus qu'en 2000. La moitié des exploitations valorisent une superficie qui n'excède pas 36 hectares tandis qu'un quart en cultive plus de 93 hectares. Environ une exploitation agricole sur deux est désormais spécialisée en production végétale (214 000, soit 49 % de l'ensemble des exploitations agricoles), contre 39 % spécialisée en production animale. De plus, la baisse du nombre d'exploitations est plus marquée pour les filières d'élevage en général, où elle atteint - 15 % entre 2010 et 2016 (contre - 4 % pour les filières végétales sur la même période), et encore davantage dans les élevages de bovins mixte lait et viande (- 34 %) ou en porcins et en volailles (-26 %). Les fermes combinant cultures et élevage sont elles aussi de moins en moins nombreuses (- 22 %).

Avec l'agrandissement régulier des structures, les grandes exploitations, au chiffre d'affaire le plus élevé (plus de 250 000 euros de production brute standard), valorisent désormais 36 % du territoire agricole et mobilisent 38 % du volume de travail agricole. Quasi inexistantes dans les élevages de bovins viande (2 %) ou d'ovins-caprins (1,2%), elles représentent plus de la moitié des exploitations spécialisées en porcins et volailles et près de 2 exploitations sur 10, toutes productions confondues. Les petites exploitations (moins de 250 000 euros de production brute standard) rassemblent près d'un tiers des exploitations et exploitent que 7 % de la superficie agricole utilisée (SAU) en mobilisant 12 % de l'emploi agricole. Les petites exploitations restent majoritaires en cultures fruitières et en élevage ovin-caprin, elles se raréfient dans les élevages de bovins laitiers (3 %) ou de porcins (4 %).

L'agrandissement des exploitations s'accompagne du développement des formes sociétaires. En 2016, 36 % des exploitations agricoles ont un statut de société. Elles exploitent 64 % de la SAU et mobilisent 61 % de la force de travail. Les formes sociétaires concernent près de 7 exploitations sur 10 parmi les grandes exploitations, voire plus de 8 sur 10 parmi les très grandes. Les exploitations agricoles à responsabilité limitée (EARL) sont les formes sociétaires privilégiées, notamment pour les grandes exploitations. Les groupements agricoles d'exploitation en commun (Gaec) sont les autres types de sociétés les plus répandues. Dans les petites exploitations, le statut individuel reste largement majoritaire et 6 exploitants sur 10 y sont propriétaires de la totalité des terres qu'ils valorisent. Ils ne sont que 6 sur 100 parmi les grandes exploitations.

En particulier, l'élevage herbivore français, qui compte environ 200 000 élevages en France, est un élevage familial (83% de la main d'œuvre) et lié au sol (1 ha par vache, polyculture-élevage). Toutefois, ces chiffres nationaux recouvrent une très grande hétérogénéité avec des tailles de cheptel, des types de fonctionnement, des combinaisons d'activité et de facteurs de production (terre, capital, travail) très variables selon les régions et leurs potentialités agronomiques (Figure 2). Ainsi, la moyenne sur le territoire français métropolitain est de 1 unité gros bétail alimentation grossière (UGBAG) par hectare de surfaces fourragères principales (SFP). Les régions montagneuses, viticoles et du sud-est de la France sont celles où ce taux est le plus faible. Le taux le plus élevé se situe dans le Nord, ainsi qu'en Bretagne et en Normandie.

²⁰ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3676823?sommaire=3696937>

CHEPTELS HERBIVORES : RÉPARTITION ET ÉVOLUTION

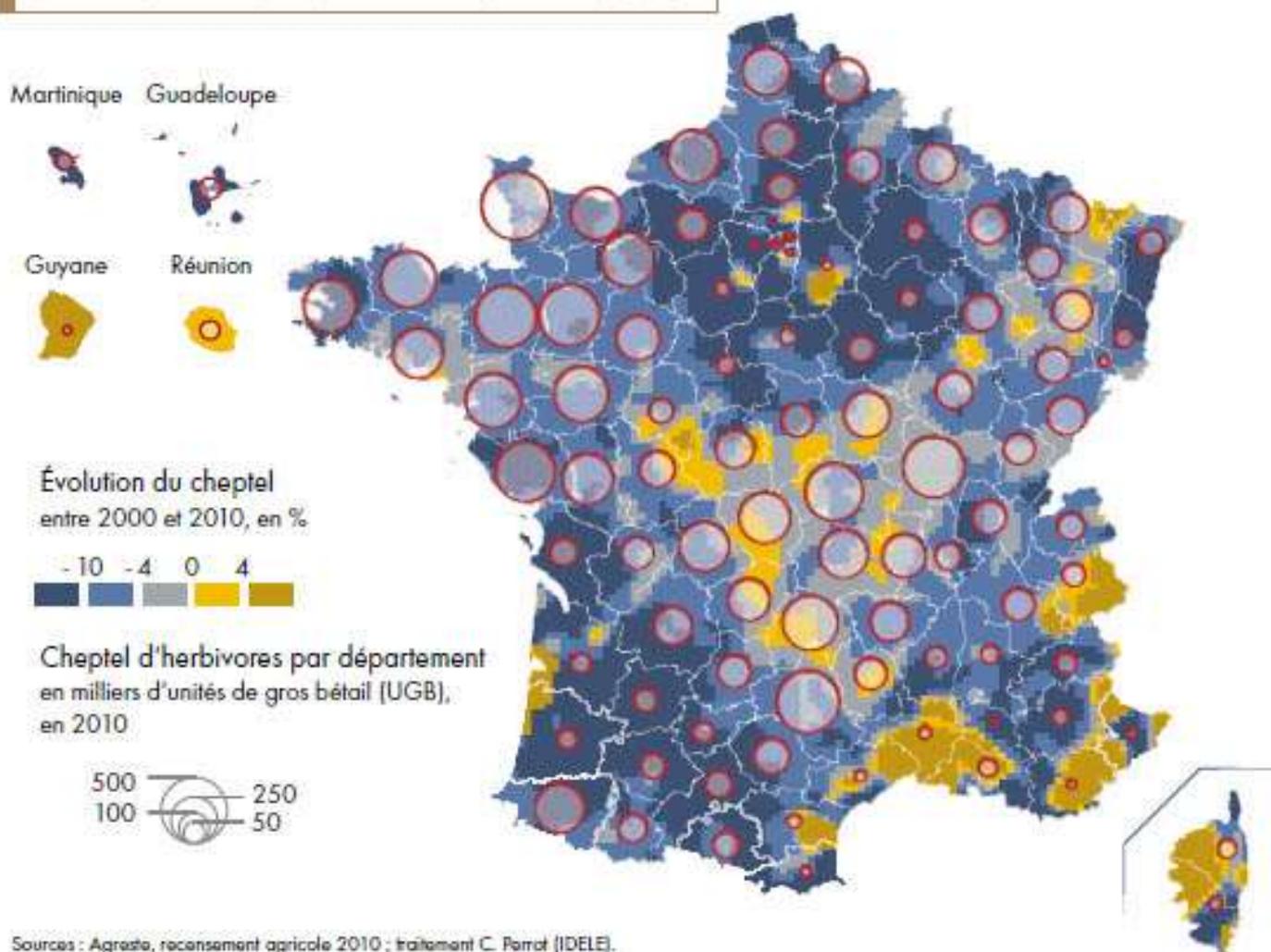


Figure 2 - Données cheptels herbivores en France

Enfin, l'élevage herbivore fournit une gamme diversifiée de produits animaux de haute qualité nutritionnelle et sanitaire et constitue un acteur majeur de la vitalité économique dans les territoires ruraux (260 000 emplois directs).

Toujours selon l'INSEE, les revenus que les exploitants agricoles tirent de leur activité sont largement dispersés. Ainsi, « des écarts de revenu existent entre les spécialisations ; ils sont encore plus marqués entre les exploitations d'une même spécialisation (par exemple, pour les élevages bovins les revenus professionnels 2015 des exploitants varient entre - 35 000 euros et + 55 000 euros, source données 2018 fournies par la Mutualité social agricole - MSA). Les gains sont les plus élevés dans les vins d'appellation (revenus professionnels médians 2015 de 20 757 euros, données MSA 2018) et les plus modestes dans les élevages d'ovins et de caprins (revenus professionnels médians 2015 d'environ 10 000 euros, données MSA 2018). Les nombreux aléas qui frappent le secteur, aléas climatiques, crises sanitaires, expliquent la variabilité des résultats. La dispersion des revenus dans les spécialisations ciblées par les réformes successives de la PAC a sensiblement diminué au cours des années quatre-vingt-dix, pour se stabiliser par la suite, principalement dans les grandes cultures et à un degré moindre dans l'élevage bovin. Les aides directes, découplées de la production, stabilisent les bas revenus agricoles en limitant l'amplitude de leur variation annuelle ».

3.2.4.2. Aperçu des élevages relevant de la directive européenne relative aux émissions industrielles (Directive « Industrial Emission Directive », IED) et des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

En France, certaines installations exploitées par des entreprises ou des collectivités qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments, ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ; font l'objet

d'un encadrement réglementaire spécifique au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (L 511-1 du code de l'environnement).

La directive n°2010/75 du 24 novembre 2010, dite « directive IED » (« Industrial Emissions Directive »), réunit en un seul texte sept directives préexistantes, distinctes, relatives aux émissions industrielles dont, en particulier la directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »). Elle en conserve les principes directeurs mais renforce un certain nombre d'exigences en matière de prévention de la pollution de l'air, de l'eau et du sol provenant des installations industrielles.

La directive IED définit au niveau européen une approche intégrée de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application. Un de ses principes directeurs est le recours aux meilleures techniques disponibles (MTD) afin de prévenir les pollutions de toutes natures, MTD qui doivent être le fondement de la définition des valeurs limites d'émissions (VLE) et des conditions d'autorisation d'une installation. La directive IED prévoit le réexamen périodique des conditions d'autorisation et la remise en état du site dans un état au moins équivalent à celui décrit dans un « rapport de base », qui décrit l'état du sol et des eaux souterraines avant la mise en service.

Actuellement, environ 51 500 installations industrielles et agricoles sont visées par la directive IED en Europe, dont environ 6 950 en France, parmi lesquelles on dénombre près de 3 100 élevages agricoles (source : Aida, INERIS, 2020) : 2400 élevages de volailles (élevages avec plus de 40 000 emplacements de volailles qui représentent 77% des élevages agricoles classés) ; 580 élevages de porcs charcutiers (élevages avec plus de 2 000 emplacements, 19%) et 120 élevages de truies (élevages avec plus de 750 emplacements, 4%). La Bretagne, les Pays de la Loire et Poitou-Charentes regroupent 75% des élevages soumis aux exigences de la directive IED. Les programmes de développement rural régionaux (PDRR) de ces régions et les appels à projets du plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCEA), lancés dans ce cadre, prévoient d'ores et déjà le financement d'investissements matériels d'épandage moins émissifs (rampes équipées de pendillards à tubes trainés ou sabots trainés ; enfouisseurs à rainures ouvertes ou fermées...).

Ces installations classées avicoles et porcines, soumises au régime de l'autorisation au titre de la directive IED, sont couvertes par le document de référence (BREF IRPP) sur les MTD relatives à l'épandage. La récente mise à jour des conclusions du BREF (décision 2017/302 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles, au titre de la directive 2010/75/UE pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs) impose le recours à l'application d'une ou plusieurs techniques réduisant les émissions atmosphériques d'ammoniac résultant de l'épandage de lisier (MTD 21). L'exploitant, afin de valider cette MTD, peut avoir recours à l'acidification de son lisier, à l'utilisation de matériels d'épandage moins émissifs ou à une dilution du lisier pour une irrigation basse pression. La MTD 22 précise en outre que les effluents dans le sol soient incorporés dans le sol dès que possible. L'épandage des effluents solides doit être réalisé au moyen d'épandeur approprié (rotatif, à benne, mixte). Concrètement, l'épandage doit être suivi d'une incorporation des effluents dans un délai de 4h et, en cas de conditions non propices, ce délai peut être étendu à 12h. La directive IED prévoit un délai de 4 ans à compter de la publication de la mise à jour d'un BREF, à savoir le 17 février 2021, pour que les conditions d'autorisation de ces installations soient réexaminées et, au besoin, actualisées pour assurer la conformité à la directive, et que les installations respectent lesdites conditions d'autorisation.

A la différence des élevages industriels de porcs et de volailles, les plus grands élevages de bovins ne sont pas soumis à la directive IED. Ils relèvent en revanche de l'annexe II de la directive n°2011/92/UE (EIE), concernant l'évaluation des incidences²¹ de certains projets publics et privés sur l'environnement, pour lesquels il revient aux Etats membres de déterminer s'ils doivent relever d'une procédure d'autorisation avec étude d'impact et consultation du public sur la base d'un examen au cas par cas et/ou sur la base de seuils ou critères. En France, les élevages de plus de 400 vaches laitières et de plus de 800 bovins à l'engrais relèvent du régime de l'autorisation ICPE et de l'évaluation environnementale telle que décrite dans la directive EIE.

D'après les dernières données du recensement agricole (2010) disponibles, entre 25 et 55% des élevages de vaches laitières sont soumis à la réglementation des ICPE (tous régimes confondus). Moins de 10% des élevages de vaches allaitantes sont soumis à la réglementation des ICPE (régime de la déclaration, Figure 3). En 2010, les installations d'élevages bovins (tous bovins confondus) enregistrées (1678 installations) et autorisées (1300 installations) au titre des installations classées représentent respectivement 1,2 % et 0,9% du nombre total d'élevages de bovins de plus de 40 animaux.

Des données plus détaillées, disponibles en Bretagne, principale région productrice, montrent qu'en 2010 environ un tiers des élevages de vaches laitières relèvent de la réglementation des ICPE, parmi lesquels 93,2 % de la simple déclaration, 6,3 % de la déclaration à contrôle périodique, 0,4 % de l'enregistrement et 0,1 % de l'autorisation.

²¹ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:026:0001:0021:fr:PDF>

Régimes ICPE	Veau de boucherie/bovin à l'engraissement ^(a)	Vaches laitières ^(b)	Vaches allaitantes ^(c)	Transit/vente de bovins ^(d)
Autorisation	Plus de 400 animaux	Plus de 200 vaches		
Enregistrement		De 151 à 200 vaches		
Déclaration à contrôle périodique	De 201 à 400 animaux	De 101 à 150 vaches		
Déclaration	De 50 à 200 animaux	De 50 à 100 vaches	À partir de 100 vaches	Capacité égale ou supérieure à 50 places

(a) y compris les activités de transit et vente de bovins lorsque leur présence simultanée est supérieure à 24 heures, à l'exclusion des rassemblements occasionnels.

(b) c'est-à-dire dont le lait est, au moins en partie, destiné à la consommation humaine

(c) c'est-à-dire dont le lait est exclusivement destiné à l'alimentation des veaux

(d) y compris les marchés et centres d'allotement, lorsque la présence des animaux est inférieure ou égale à 24 heures, à l'exclusion des rassemblements occasionnels

Figure 3 - Régimes ICPE applicables, en 2020, en fonction du type d'activité et des effectifs animaux

Les principaux enjeux environnementaux liés à ces élevages sont la pollution de l'eau par les effluents produits (que ce soit lors de leur stockage ou de leur épandage) et les émissions atmosphériques, notamment celles d'ammoniac. Ces activités peuvent également être à l'origine de nuisances sonores ou olfactives pour le voisinage et d'accidents (incendie de bâtiments d'élevage ou de stockages de paille, fuite d'effluents liquides dans les milieux).

Les prescriptions environnementales auxquelles doivent répondre ces élevages figurent les arrêtés du 2 octobre 2015 modifiant ceux du 27 décembre 2013 qui s'adressent aux élevages soumis aux régimes de la déclaration, de l'enregistrement et de l'autorisation. Concernant la problématique de l'épandage des effluents d'élevage (fumier et lisier), les exploitants doivent disposer d'un plan d'épandage assurant une superficie suffisante pour une fertilisation équilibrée des cultures en fonction de la quantité d'azote apportée et des besoins des plantes. L'épandage des effluents d'élevage est également soumis à des périodes d'interdiction et à des distances d'éloignement par rapport aux cours d'eau et aux tiers. Les élevages IED doivent mettre en œuvre les MTD.

Les élevages relevant du régime de l'autorisation sont autorisés par le préfet du département suite à une procédure associant la production d'une étude d'impact pertinente et la conduite d'une enquête publique. Cette procédure dure en moyenne 12 mois.

3.3. Etat des lieux concernant les matériels d'épandages en France

La maîtrise des émissions d'ammoniac doit s'intégrer dans la conduite des cultures et des élevages (bâtiment, stockage et épandage) et plus généralement dans le fonctionnement de l'exploitation agricole, d'un point de vue technique et économique. Plusieurs guides publiés récemment détaillent l'ensemble des techniques mobilisables et reconnues comme efficaces pour réduire ces émissions²², mais, contrairement à ces guides, le présent diagnostic ne vise que les matériels d'épandage d'effluents. Dans ce paragraphe, nous passons en revue les pratiques d'épandages qui ont cours actuellement dans les différentes régions métropolitaines pour épandre effluents liquides et effluents solides.

3.3.1. Epandage des effluents organiques « liquides »

3.3.1.1. Présentation et état des lieux des matériels d'épandage des effluents organiques « liquides »

Les effluents organiques liquides sont pompés, puis épandus, grâce à des tonnes à lisiers. Ces effluents présentent l'inconvénient de dégager une odeur lors de la reprise à l'épandage et, selon le matériel d'épandage utilisé et les conditions de mise en œuvre (hygrométrie de l'air, vent, nature du couvert...), de perdre une partie non négligeable de l'azote ammoniacal via la volatilisation d'ammoniac (Tableau 4).

²² Guingand, N., Lorinquer E., Ponchant P. & Blazy V. (2019). Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. IDELE, IFIP, ITAVI. CEE-NU (2014). Document d'orientation pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant des sources agricoles. ECE/EB.Air/120.

CITEPA (2019). Le guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air. Etude réalisée pour le compte de l'ADEME, 56p

Tableau 4. Pour chaque type d'effluents d'élevage liquides, pour chacun des matériels d'épandage d'effluents associés : (i) Part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage liquides, par rapport au total d'azote ammoniacal épandu en France pour ce type d'effluent liquide, en 2017, (ii) quantité d'azote ammoniacal perdu par volatilisation (en % de l'azote ammoniacal du type d'effluent liquide épandu) et, (iii) réduction potentielle des émissions d'azote ammoniacal du type d'effluent liquide épandu par rapport à une référence classique (lisier : buse sans enfouissement post épandage) (sources : données chiffrées CITEPA, SECTEN 2019; liste matériels d'épandage issus des avis experts diagnostic plan matériels d'épandages)

Matériels d'épandage effluents organiques liquides	Lisiers de porcs (LP)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total LP France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal LP épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal LP réduit par rapport à référence)
Buse-palette sans enfouissement post-épandage [Référence]	21,6	38	0
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	4,2		70
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	6		50
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	8,3		25
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	8,7		5
Injecteur	10,6		70
Pendillard sans enfouissement post-épandage	21,3		30
Pendillard avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	11,5		79
Pendillard avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	3,4		65
Pendillard avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	3,4		48
Pendillard avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	1		34

Matériels d'épandage effluents organiques liquides	Lisiers de bovins (LB)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total LB France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal LB épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal LB réduit par rapport à référence)
Buse-palette sans enfouissement post-épandage [Référence]	61	55	0
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	2,1		70
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	2,1		50
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	10,9		25
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	10,4		5
Injecteur	2,7		70
Pendillard sans enfouissement post-épandage	2,9		30
Pendillard avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	2,5		79
Pendillard avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	1,5		65
Pendillard avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	2,7		48
Pendillard avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	1,3		34

Matériels d'épandage effluents organiques liquides	Lisiers de volailles (LV)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total LV France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal LV épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal LV réduit par rapport à référence)
Buse-palette sans enfouissement post-épandage [Référence]	61,9	64	0
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	0		70
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	13,9		50
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	16,1		25
Buse-palette avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	8,2		5
Injecteur	NC		70
Pendillard sans enfouissement post-épandage	NC		30
Pendillard avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	NC		79
Pendillard avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	NC		65
Pendillard avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	NC		48
Pendillard avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	NC		34

NC : donnée non communiquée

NB : Depuis 2017, les règles de biosécurité imposent soit d'assainir les lisiers de volailles (chaulage, méthanisation, stockage prolongé), soit un enfouissement immédiat (injecteur ou action simultanée pendillards - cover cop). Le tableau concernant les lisiers de volailles (cf. supra) sera mise à jour, dès que les données seront disponibles, ceci afin d'avoir un diagnostic en adéquation avec les pratiques actuelles.

Selon l'ouvrage CORPEN²³ de référence, « un épandeur à lisier, communément appelé « tonne à lisier » est un matériel d'épandage qui peut être automoteur mais qui est le plus souvent tracté. Il se compose d'une citerne, d'un train roulant, d'un dispositif de remplissage/vidange de la cuve et d'un dispositif d'épandage situé à l'arrière de la cuve » (CORPEN, 1997).

Dans leur ouvrage²⁴, Thirion et Chabot (2003) expliquent que la tonne à lisier « assure les fonctions de remplissage de la citerne à la fosse de stockage, de transport du lisier de la zone de stockage au champ et d'épandage, voire vers des stockages tampons. L'avancée des technologies a largement amélioré ces fonctions de l'épandeur, permettant de pomper le produit en restant dans la cabine du tracteur, des essieux suspendus procurent à la remorque une bonne tenue routière et un très large panel de dispositifs a été conçu pour l'épandage ».

Il est à noter qu'il existe deux modes de fonctionnement des tonnes à lisier²⁵ : (i) les tonnes à compresseur d'air, les plus répandus en France car les plus simples, qui utilisent la pression puis la dépression dans la cuve afin d'assurer les fonctions de vidange et de remplissage ; (ii) les tonnes à pompes, plus onéreux, qui utilisent des pompes centrifuges ou volumétriques pour assurer ces fonctions.

Enfin, pour épandre les effluents organiques liquides, il existe de nombreux dispositifs d'épandage associés aux tonnes à lisiers. Les dispositifs les plus utilisés sont présentés ci-dessous. En outre, signalons que grâce aux avancées technologiques les dispositifs d'épandage sont de mieux en mieux adaptés à leur environnement (type de sol, type de culture mise en place, proximité des habitations, précision des doses épandues...)²⁶.

3.3.1.1.1. Tonnes à lisier avec buse palette / rampe à buses

L'ouvrage CORPEN détaille ce dispositif comme étant « composé d'un ajutage et d'une palette dirigée vers le haut, ou vers le bas. Le jet de produit sortant de la buse est éclaté par la palette à sa sortie ce qui le disperse dans l'air avant de retomber sur le sol. Cet ensemble varie en forme, taille et en position selon les innovations et constructeurs. Les nappes d'épandage, la hauteur de dispersion seront alors différentes ». Il existe une variété de buses palette, dont les plus courants sont les buses à palette inversée, de précision, à jet rabattu, pivotantes.

L'ensemble buse palette est le plus simple d'emploi et le plus commun (Tableau 4), car présentant un coût modique de mise en œuvre (coût de la tonne et puissance traction requise), offrant un bon débit de chantier d'épandage et le plus adapté à une grande variété de terrains. Outre, d'être le type de matériel le moins onéreux des dispositifs d'épandage d'effluents organiques liquides, selon la FNCUMA, le retour sur investissement pour ce type de matériel est réalisé sur 6 à 8 ans (sur la base d'une tonne de 12 à 15 m3 effectuant 700 à 800 voyages par an).

Toutefois, la répartition transversale réalisée par les buses palette n'est pas bonne, même quand elles sont commercialement dénommées « buses de précision ». L'inconvénient majeur est que l'aspersion augmente considérablement les phénomènes de volatilisation d'ammoniac (Tableau 4) et des composés odorants.

Signalons également l'existence de tonnes à lisier avec rampes à buses. La pression et donc la micro-dispersion des effluents est plus faible, d'autant plus quand les buses sont dirigées vers le sol. Dans certaines situations, il a été observé une moindre volatilisation de l'ammoniac (non documenté). Côté répartition, en l'absence de broyeur répartiteur, l'hétérogénéité reste forte et la couverture de l'ensemble de la surface implique des émissions d'ammoniac semblables à celles obtenus avec une tonne à lisier avec buse palette.



Tonne à lisier avec buse palette (constructeur Bauer)

²³ CORPEN, février 1997. Bien choisir et mieux utiliser son matériel d'épandage du lisier ou de fumiers. 55 p.

²⁴ Thirion, François, and Frédéric Chabot. Épandage des boues résiduelles et effluents organiques: Matériels et pratiques. Editions Quae, 2003.

²⁵ Denoroy, P., et al. 2011. Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique. INRA Editions.

²⁶ Thirion, François, and Frédéric Chabot. Épandage des boues résiduelles et effluents organiques: Matériels et pratiques. Editions Quae, 2003.

3.3.1.1.2. Tonnes à lisier avec rampe à pendillards / sabots / injecteurs

Pour les dispositifs à rampes, « le lisier est refoulé dans un dispositif de répartition, qui l'envoie dans une rampe. Un ensemble de tuyaux flexibles et de canalisations rigides achemine le lisier vers un nombre plus ou moins grand de descentes terminées par buses, pendillards ou injecteurs ».

Ces dispositifs, bien qu'assez onéreux, présentent l'avantage d'augmenter la largeur de travail (pour les rampes à pendillards et à sabots trainants) et d'homogénéiser la répartition transversale de l'épandage. Cependant, de tels matériels ne sont pas utilisables dans tous les contextes agricoles. En raison de leur taille et de leur poids, nécessairement plus imposant qu'une buse palette, de tels matériels sont non adaptés aux parcelles des zones en pente et montagneuses (largeurs des entrées et accès aux parcelles), et nécessitent une puissance de traction largement supérieure. De même, les zones caillouteuses apparaissent parmi les aires sujettes à des impasses techniques. Le travail du sol dans ce type de parcelles est au mieux dommageable, au pire impossible pour les rampes à pendillards et les tonnes à lisier avec injecteurs. Pourtant, une fertilisation organique de ces parcelles a du sens d'un point de vue agronomique, à la fois pour maintenir le niveau de production viable économiquement et éviter de compenser avec une fertilisation minérale.

La pression à chaque sortie étant réduite, la dispersion de l'effluent liquide l'est aussi, ce qui permet une réduction des émissions d'ammoniac (Tableau 4) et des nuisances olfactives. Toutefois, la répartition du lisier dans les canalisations doit être réalisée par un répartiteur, afin que de l'effluent liquide soit distribué de manière homogène dans tous les tuyaux de la rampe et ainsi éviter les risques de bouchage. Selon les experts consultés, il est aussi très utile d'utiliser un broyeur répartiteur pour éviter l'encombrement, voire une obstruction des tuyaux par des débris, ce qui nuirait à la répartition transversale de l'épandeur et donc à son efficacité. En effet, certains lisiers peuvent être riches en matières sèches (Tableau 1), comme par exemple les lisiers bovins issus des ateliers laitiers qui peuvent contenir de la paille ou encore les lisiers de canard, des plumes... Ces « résidus » peuvent provoquer des bouchages des répartiteurs des rampes et des enfouisseurs. Les experts s'accordent à dire que les risques de bouchage sont accrus dans certaines situations, telles que l'utilisation d'un répartiteur passif, l'utilisation d'un broyeur répartiteur en mauvais état, un débit insuffisant ou bien encore l'utilisation d'épandeur à compression d'air limité à 1 bar. En raison de ce risque de bouchage pour le pendillard ou l'enfouisseur, le taux de matière sèche maximum admissible est deux fois inférieur et une dilution peut être nécessaire, augmentant de fait le volume d'effluents à épandre. Pour la même raison, il peut être nécessaire de mixer et agiter en amont de l'épandage les lisiers, afin d'éliminer en particulier les résidus de paille. Selon la taille et la fréquence des éléments grossiers, l'utilisation de ce matériel peut être limitée pour les lisiers bovins et de canards.

Une rampe à pendillards est « constituée de nombreux tuyaux de descente espacés d'environ 30 centimètres. Le produit épandu est déposé à quelques centimètres du sol, à basse pression, selon des lignes parallèles à l'avancement du tracteur ». Selon la nature et la portance des sols, les rampes à pendillards à tubes traînés sont applicables sur l'herbe et sur les terres arables (nues ou en culture), par exemple entre les rangées de cultures en croissance ou sur blé en sortie d'hiver. Les rampes à pendillards présentent une excellente répartition transversale, permettent un réglage plus fin des quantités de N apportées et offrent une grande gamme de largeurs de travail (de 12 à 24 mètres). De plus, d'un point de vue coût/efficacité, l'utilisation d'une rampe à pendillards présente un rapport coût/efficacité estimé entre -0,5 EUR et +1,5 EUR/kgNH₃ économisé, voire à 0,51 EUR/kgNH₃ évité dans l'étude nationale menée dans le cadre du PREPA²⁷. Néanmoins, dans les régions à faible densité d'élevages, il n'est pas toujours aisé pour les agriculteurs de s'équiper dans le cadre de CUMA, faute d'intérêt et/ou de matériels disponibles.

Compte tenu de ces avantages, ce matériel d'épandage est actuellement de plus en plus utilisé en France. Cependant, il convient de noter que l'épandage par pendillards ne peut pas s'appliquer à tous les systèmes agricoles, en particulier aux parcelles accidentées, en raison du relief et de l'irrégularité du terrain pouvant conduire à une hauteur inégale des pendillards par rapport au sol et à une tête de répartition non performante au-delà d'une certaine pente²⁸.



Tonne à lisier avec rampe à pendillards (Joskin, materielagricole.info)

²⁷ Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA, Rapport principal (CITEPA, INERIS, AJBD, Energies demain), 2016.

²⁸ <https://www.ademe.fr/rapport-detude-guide-bonnes-pratiques-agricoles-lamelioration-qualite-lair>

Des matériels d'épandage d'effluents liquides à patins ou sabots sont aussi proposés. Ces matériels permettent « de déposer une veine de liquide au pied des plantes sans salir la végétation. L'utilisation de ce type de matériel évite au maximum la souillure des plantes sans dégrader le sol sur prairie ». Les rampes à sabots traînés sont principalement applicables en prairie et sur sols nus. Elles ne s'utilisent généralement pas pour les cultures en place qui seraient arrachées par le passage de l'outil. Cependant, l'utilisation de ce type de matériels permet un retour aux pâturages des animaux plus rapide qu'en cas d'utilisation de rampes à pendillards, tout en respectant un délai de 3 semaines pour des raisons de santé animale et d'appétence de l'herbe. Les experts soulignent toutefois les questions d'odeur et de moindre réduction de la volatilisation d'ammoniac associées à l'utilisation de ces matériels. En outre, la largeur de travail limitée réduit considérablement le débit de chantier d'épandage.

Enfin, il existe des matériels d'épandage avec rampes à injecteurs, qui correspondent à un enfouissement immédiat des effluents liquides dans le sol, limitant considérablement la volatilisation d'ammoniac et des composés odorants (Tableau 4). Ils sont généralement d'une largeur de travail inférieure ou équivalente à une buse palette. « Deux types d'injecteurs sont généralement distingués :

- les rampes à injecteurs à sillon ouvert : l'injecteur à rainures ouvertes utilise des dents ou des disques d'injection pour ouvrir des sillons verticaux, de 5 cm à 15 cm de profondeur ;
- les rampes à injecteurs à sillon fermé : le lisier est partiellement recouvert après injection en fermant les sillons à l'aide de roues plombeuses ou de rouleaux fixés derrière les dents ou disques d'injection. Les sillons formés peuvent aller de 5 à 15 cm de profondeur ».

D'un point de vue coût/efficacité, l'utilisation d'une rampe à injecteurs présente un rapport coût/efficacité estimé entre -0,5 EUR et +1,5 EUR/kgNH₃ économisé, rapport qui est a été estimé à 0,27 EUR/kgNH₃ évité dans le rapport du PREPA.

Généralement, l'utilisation de ces matériels d'épandage, lorsqu'ils induisent une injection peu profonde, est réservée aux prairies. En revanche, l'injection plus profonde avec sillons fermés est destinée aux terres arables avant semis, car les dégâts causés par les matériels d'épandage peuvent réduire les rendements des prairies. Les experts signalent que l'utilisation des rampes à injecteurs n'est toutefois pas possible sur les sols pierreux, ni sur les sols compactés ou peu profonds. Elle n'est pas non plus adaptée aux sols en pente.

3.3.1.1.3. Tonnes à lisier avec enfouisseur

Les enfouisseurs sont, sur sol nu, « les matériels d'épandage les plus aboutis et ceux qui permettent le mieux de réduire les impacts environnementaux tels que la volatilisation de l'ammoniac et les nuisances olfactives ».

Les sorties de tuyaux sont couplées à un outil de travail du sol qui incise la terre et permet l'injection ou le dépôt du produit à l'intérieur du sol. Divers outils de travail du sol sont utilisés en fonction du sol de la parcelle et du couvert végétal en place. L'effluent liquide étant enfoui directement, cela permet une économie d'apports de fertilisation minérale et une réduction de la volatilisation de NH₃ et des odeurs²⁹. De plus, l'usage d'un enfouisseur à dents, à travers son action de travail du sol, peut permettre d'économiser un passage de travail du sol sur céréales.

Toutefois, aux dires des experts interrogés, ce matériel d'épandage coûte cher, offre un débit de chantier plus faible (faible largeur de travail) et demande un effort de traction bien soutenu, ce qui exclut son utilisation sur les terrains en pente et les sols pierreux. En outre, ce matériel n'est pas adapté à l'épandage sur des cultures en place (e.g. fertilisation du blé au printemps).



Tonne à lisier avec enfouisseur (INRAE)

²⁹ Shubnel M. (2009) Système d'épandage : Valoriser au mieux les lisiers, Matériel Agricole. N°145, septembre 2009, 12 p.

3.3.1.1.4. Epandage sans tonne à lisier, via réseau d'irrigation ou avec enrouleurs

L'épandage des lisiers peut également se faire sans utilisation de tonne à lisier. Le transport de lisier est alors réalisé à partir de canalisations directement depuis la fosse à lisier ou, depuis un réservoir tampon situé à proximité de la parcelle agricole. Seul le dispositif d'épandage est attelé au tracteur et un tuyau pouvant mesurer plusieurs centaines de mètres est traîné par le tracteur tout au long du parcours dans la parcelle.

Le débit de chantier est souvent très élevé, bien que des opérations préliminaires de mise en place du dispositif et de manutention soient nécessaires. Un autre avantage associé à cette technique est qu'elle diminue le tassement des sols agricoles, puisque seul le poids du tracteur est supporté par la parcelle. Enfin, l'épandage sans tonne autorise l'utilisation d'équipements routiers transportant un volume très important d'effluents³⁰.



Epandeur à lisier sans tonne avec rampe à pendillards à tubes trainés (INRAE)

3.3.1.2. Synthèse des potentiels de réductions des polluants atmosphériques pour les matériels d'épandage organiques « liquides » (Tableaux 4 et 5)

Le « rapport d'étude du guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air » précise que « selon la combinaison entre matériel, produit organique, type de sol et délais d'incorporation post-épandage, les émissions d'ammoniac engendrées sont plus ou moins élevées ». Les potentiels de réduction présentés pour chaque pratique d'épandage sont validés par des comités scientifiques à l'échelle internationale et font référence en la matière²². En outre, les pourcentages de réduction des émissions d'ammoniac fournis sont donnés relativement à un système d'épandage des effluents organiques « liquides » considéré comme « standard », à savoir un épandage par tonne à lisier avec buse palette sans incorporation post-épandage (Tableaux 4 et 5).

Selon ces considérations préalables, quel que soit le groupe d'effluent organique « liquide » ciblé (lisiers porcins, bovins ou volailles) :

- l'utilisation d'une tonne à lisier avec rampe à pendillards engendre une réduction des émissions d'ammoniac de 30% à près de 80% selon la durée d'enfouissement post-épandage appliquée (Tableaux 4 et 5) ;*
- l'utilisation d'une tonne à lisier avec injecteur permet quant à elle une réduction des émissions d'ammoniac estimée à 70% (Tableaux 4 et 5), ce qui représente un gain supérieur à celui réalisé en utilisant une tonne à lisier équipée de patins ou sabots qui permettent une réduction des émissions d'ammoniac comprise entre 30 et 60% selon le contexte pédoclimatique ;*
- le matériel d'épandage permettant actuellement de réaliser la réduction maximale d'émissions d'ammoniac est la tonne à lisier avec enfouisseur, qui permet une réduction de 70% à 90% selon les conditions d'épandage (température, vent, état de la végétation) ;*
- une dernière pratique liée à l'épandage des effluents organiques « liquides » consiste à incorporer rapidement le lisier après épandage (voir infra, le paragraphe « Incorporation des effluents post-épandage »), ce qui nécessite une seconde opération. Cependant, les réductions en émissions d'ammoniac varient selon le délai d'incorporation post-épandage, permettant de réaliser des réductions d'émissions de NH₃ comprises entre 5% et 70% (Tableaux 4 et 5).*

³⁰ Alexandre Thouzeau, Jean-Yves Cosnier, Emilie Dieudé-Fauvel, Pierre Havard, Les épandeurs d'effluents d'élevage. Description des machines et des dispositifs d'épandage. Livrable n°2 – Volet épandabilité. Projet AAP CAS DAR n°9109/9027 Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique. 2013

Tableau 5. Comparaison des matériels d'épandage d'effluents liquides. La réduction potentielle des émissions d'ammoniac des d'effluents liquides épandus s'entend par rapport à une référence classique (lisier : buse sans enfouissement post épandage) (sources : données chiffrées CITEPA, SECTEN 2019 ; autres données issues des avis experts diagnostic plan matériels d'épandages)

	Matériels d'épandage effluents organiques liquides				
	Buse-palette sans enfouissement post-épandage [Référence]	Rampe à sabots / patins	Rampe à pendillards	Rampe à injecteurs	Rampe à enfouisseur
Teneur maximale en MS des effluents épandus	12%	6%	9%	6%	6%
Uniformité de l'épandage	+	+++	+++	+++	+++
Dispersion	+++	-	-	--	---
Risque bouchage	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Compatibilité terrain en pente	Oui	Oui, avec correcteur de	Oui, avec correcteur de dévers	Non	Non
Domages cultures en place	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Elevé
Epandage sur prairies possible	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Tassement (à volume d'épandage équivalent)	+	++	++	+(montage)	++(montage)
Contrainte liée à la taille du matériel	Faible	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Réduction potentielle en NH3	0%	30 – 60%	30 – 80%	70%	70-90%
Autres polluants atmosphériques	-	NA	↑ (PM, NOx)	↑ (PM, NOx)	↑↑ (PM, NOx)
Coûts d'investissement matériels	€	€€€	€€	€€€	€€ à €€€€

NA : absence d'information

3.3.1.3. Diffusions et répartitions régionales des matériels d'épandage organiques « liquides »

De manière générale, les experts consultés s'entendent pour dire que les tonnes à lisier avec buse palette sont en recul, en France métropolitaine, en nombre d'unités en service et aussi en volume traité par machine. Ces machines restent toutefois très utilisées dans les zones au relief accidenté (Doubs, Haute-Savoie, Hautes-Alpes, Ain, Auvergne, Pyrénées...) où les tonnes de capacité plus faibles sont plus adaptées. En outre, avant l'application de l'arrêté du 8 février 2016 relatif « aux mesures de biosécurité applicables dans les exploitations de volailles et d'autres oiseaux captifs dans le cadre de la prévention contre l'influenza aviaire », les lisiers de volailles étaient exclusivement épandus avec ce type de matériel d'épandage en France métropolitaine. Lors du renouvellement des machines, il n'est pas rare de remplacer, dans les entreprises techniques agricoles (ETA) ou les CUMA, une ou deux tonnes à buses par une seule plus grosse et équipée en buses et d'une rampe à pendillards ou à injecteurs.

On note que les exploitants agricoles s'orientent progressivement vers des épandages avec rampes à pendillards / sabots / injecteurs après avoir constaté les progrès techniques réalisés. Ces matériels sont le plus souvent mis en œuvre sur des tonnes à lisier de 14 à 24 m³, voir plus dans certains cas. Dans le Grand Ouest et le centre de la France (Bretagne, Pays de la Loire, Basse-Normandie, Poitou-Charentes, Centre...), une bonne partie des épandages de lisier (plus d'un tiers des effluents bovins et porcins) est assurée avec ce type d'équipement. On peut distinguer la rampe à pendillards qui offre les plus grandes largeurs de travail. Les rampes à injecteurs sont surtout utilisées sur les prairies.

Les tonnes à lisier avec enfouisseurs offrent l'avantage par rapport aux autres matériels d'épandage moins émissifs précédents d'effectuer un travail du sol (modèles à soc) ou d'évoluer sur un sol très végétalisé et/ou chargé en débris (modèles à disques). On retrouve principalement ce type de matériels d'épandage dans le Nord-Pas-de-Calais, en Haute-Normandie (Seine-Maritime principalement) et en Picardie. Cependant, la largeur de travail pour ce type de matériel est moindre et il demande plus de puissance de traction (augmentation potentielle des émissions de particules fines et de NO_x).

Enfin, l'épandage sans tonne à lisier reste une pratique très peu développée. Selon les experts consultés, on dénombre seulement 50 dispositifs en service sur l'ensemble du territoire (principalement en Pays de la Loire, Champagne-Ardenne, Nord-Pas-de-Calais et Picardie). Ils fonctionnent principalement avec des pendillards.

Plus précisément, lorsqu'on recoupe les informations fournies par l'exploitation d'enquêtes d'Agreste (Enquêtes pratiques culturelles 2017...), les résultats en sortie de l'outil ELBA, et les connaissances actuelles, on peut noter 6 grands ensembles homogènes en termes de diffusion des matériels d'épandage moins émissifs en France métropolitaine :

Les régions du Grand Ouest sont les régions françaises où les tonnes à lisier avec rampes à pendillards / sabots / injecteurs sont les plus fréquentes. En effet, la Bretagne, la Basse-Normandie et les Pays de la Loire sont les régions où sont épandues les plus grandes quantités d'effluents organiques « liquides » (lisiers bovins et porcins). Des marges de progrès et de modernisation existent cependant afin de mieux valoriser les effluents. De plus, ces régions sont caractérisées par une très grande proportion d'installations classées au titre des ICPE et de la directive européenne sur les émissions industrielles (directive « IED »), pour lesquelles le document de référence (BREF IRPP) sur les meilleures techniques disponibles relatives à l'épandage (BREF) préconisent le recours à ces matériels d'épandage moins émissifs. Toutefois, l'utilisation dans ces régions des tonnes à lisier avec rampes à pendillards concerne majoritairement l'épandage des lisiers porcins (Bretagne : ±60% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins ; Basse-Normandie : ±30% ; Pays de la Loire : ±25%). Dans ces trois mêmes régions, les lisiers bovins bien que majoritairement épandus par buse palette (plus de 75% de l'azote ammoniacal pour ce type d'effluent), sont également épandus avec des matériels avec rampe à pendillards (Bretagne : ±25% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins ; Basse-Normandie : ±10% ; Pays de la Loire : ±15%). Enfin, les matériels avec enfouisseur sont également utilisés pour épandre les lisiers porcins et/ou bovins (Pays de la Loire : ±15% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins ; Bretagne : ±10% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins et ±5% pour les lisiers bovins ; Basse-Normandie : ±5% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins). Il est à noter que jusqu'en 2016, les lisiers de volailles – produits en volumes très faibles - étaient exclusivement épandus par buse palette dans ces régions du Grand Ouest. Depuis 2017, la biosécurité impose le recours à l'enfouissement direct après épandage pour ces effluents non assainis.

Les régions du centre de la France (Centre, Limousin, Auvergne et Poitou-Charentes) bien qu'extrêmement dominées par l'utilisation de tonnes à lisier avec buse palette (100% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers volailles et, en moyenne, plus de 80% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins), présentent également un nombre important de matériels avec rampes à pendillards (Poitou-Charentes : ±40% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins ; Centre : ±33% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins et ±10% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins ; Auvergne (Cantal et Allier principalement) : ±50% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins ; Limousin : ±20% de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins). Ces régions du centre de la France sont caractérisées principalement par des grandes cultures (maïs et autres céréales) et des pâturages, surfaces agricoles qui sont propices à l'utilisation de tels matériels avec rampes à pendillards.

Les régions du Grand Est ont également recours à l'utilisation de tonnes à lisier avec rampes à pendillards, mais dans une moindre proportion que les régions du Grand Ouest et du centre de la France. En effet, ces régions produisent relativement peu de lisiers et sont marquées principalement par des systèmes polyculture élevage et/ou par des surfaces toujours en herbe. Les matériels à rampes à pendillards sont essentiellement utilisés pour épandre les lisiers bovins (Champagne-Ardenne (Ardennes & Haute-Marne) : $\pm 10\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins ; Franche-Comté (Doubs & Haute-Saône) : ± 8 ; Lorraine : $\pm 6\%$), sauf en Alsace (Bas-Rhin) où ce matériel sert à l'épandage de la totalité des lisiers porcins. Le reste des épandages dans ces régions se fait au moyen de tonnes à lisier avec buse palette. A noter que l'on trouve également une vingtaine de matériels d'épandage d'effluents liquides sans tonne à lisier en Champagne-Ardenne.

Les régions du Nord de la France ont recours de manière plus importante aux tonnes à lisier avec enfouisseurs. En effet, les régions du Nord-Pas-de-Calais, de Haute-Normandie (Seine-Maritime) et de Picardie, fortement marquées par la présence de l'élevage et de grandes cultures (betteraves, colza...), ont recours à ce type de matériel pour l'épandage de leurs lisiers : Nord-Pas-de-Calais : $\pm 67\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins ; Haute-Normandie (principalement Seine-Maritime) : $\pm 60\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers porcins et $\pm 5\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins ; Picardie : $\pm 25\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour les lisiers bovins. A noter que l'on trouve également une vingtaine de matériels d'épandage d'effluents liquides sans tonne à lisier en Picardie et dans le Nord-Pas-de-Calais.

Les départements du Sud-Est de la France et la région Ile-de-France sont très largement dominés par les tonnes à lisier avec buse palette ($\pm 100\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour tous les types d'effluents organiques « liquides »). Ainsi, les régions Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse, Rhône-Alpes, Bourgogne et Ile-de-France présentent des productions annuelles de lisiers - en tonnages - relativement faibles et ont recours à ce type de matériel simple, peu onéreux, permettant d'épandre rapidement de petits volumes de lisiers bovins, porcins et volailles principalement sur les surfaces en herbe et/ou les sols nus, qui plus est adapté aux reliefs.

Les deux régions du Sud-Ouest de la France, à savoir Aquitaine et Midi-Pyrénées, ont recours aux matériels d'épandage avec rampes à pendillards / sabots / injecteurs et aux enfouisseurs en proportions quasi semblables ($\pm 5\%$ de l'azote ammoniacal épandu pour chaque type de lisiers). Ces départements du Sud-Ouest (Landes, Pyrénées-Atlantiques, Gers, Lot et Tarn) produisent des effluents liquides (lisier de porcs, bovins et de canards) en quantité relativement importante et les surfaces en culture y sont vastes. Toutefois, bien que les types de cultures (essentiellement maïs) mises en place favorisent l'utilisation de ces matériels d'épandage d'effluents organiques « liquides », leur diffusion reste limitée.

Tableau 6. Synthèse diagnostic matériels d'épandages effluents « liquides » moins émissifs³¹

Régions françaises	Volume de lisier produit	Quantité N-ammoniacale volatilisée		Matériel d'épandage d'effluents liquides								Enjeux				Freins à la diffusion			
				Buse palette avec enfouissement post-épandage (<24 heures)		Réduction potentielle d'émissions NH3 avec buse palette + enfouissement post-épandage (<24 heures)	Rampes avec pendillards / sabots / injecteurs		Réduction potentielle d'émissions NH3 avec rampe à pendillards + enfouissement post-épandage (<24 heures)	Enfouisseurs		Réduction potentielle d'émissions NH3 avec enfouisseurs	Progression buse palette + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Buse palette + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Progression pendillards + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Pendillards + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Progression enfouisseurs	Coûts et investissements	Limites techniques
				Lisiers porcins	Lisiers bovins		Lisiers porcins	Lisiers bovins		Lisiers porcins	Lisiers bovins								
Alsace	*			0	***		***	0		0	0		Faible			Moyen	€€		
Aquitaine	**			0	*		0	**		0	0		Elevé		Moyen	Elevé	€€€	Prairies / Relief	
Auvergne	***			*	*		**	0		0	0		Elevé		Elevé	Elevé	€€€€	Prairies / Relief	
Basse-Normandie	***			**	**		0	*		0	*		Faible		Elevé	Elevé	€€€	Prairies / Relief	
Bourgogne	***			0	***		0	0		0	0		Faible		Elevé	Elevé	€€€	Prairies / Relief	
Bretagne	****			*	***		**	**		*	*		Faible		Elevé (IED/ICPE)	Elevé (IED/ICPE)	€€		
Centre	**			***	**		0	***		0	0		Faible		Faible	Elevé	€€		
Champagne-Ardenne	*			**	***		0	0		0	0		Faible		Moyen	Moyen	€€	Prairies / Relief	
Corse	*			0	0		0	0		0	0		Moyen		Moyen	Moyen	€€	Prairies / Relief	
Franche-Comté	**			0	*		0	0		0	0		Elevé		Elevé	Elevé	€€€€	Prairies / Relief	
Haute-Normandie	**	38%	55%	***	***	25 à 70%	0	*		***	*	70%	Faible	50 à 70%	Elevé	Faible	€€	Prairies	
Île-de-France	*			0	***		0	0		0	0		Faible		Moyen	Moyen	€€		
Languedoc-Roussillon	*			0	0		0	0		0	0		Moyen		Moyen	Moyen	€€	Relief	
Limousin	**			0	0		0	0		0	0		Elevé		Elevé	Elevé	€€€€	Prairies	
Loire	**			0	*		0	0		0	0		Elevé		Elevé	Elevé	€€€€	Prairies / Relief	
Midi-Pyrénées	***			**	**		0	0		0	0		Moyen		Elevé	Elevé	€€€€	Relief	
Nord-Pas-de-Calais	**			*	**		0	0		***	*		Faible		Elevé	Faible	€€		
Pays de la Loire	****			*	**		*	**		0	**		Moyen		Elevé (IED/ICPE)	Elevé (IED/ICPE)	€€		
Picardie	*			0	**		0	0		0	***		Faible		Moyen	Faible	€€		
Poitou-Charentes	**			***	**		0	***		*	0		Faible		Faible	Moyen	€€		
Provence-Alpes-Côte d'Azur	*			0	0		0	0		0	0		Moyen		Moyen	Elevé	€€€	Prairies / Relief	
Rhône-Alpes	**			*	*		0	0		0	0		Moyen		Elevé	Elevé	€€€€	Prairies / Relief	

Légende : * à **** : quantiles (valeurs non nulles), divisés en 3 groupes d'amplitudes équivalentes à dire d'experts (de peu à beaucoup), sauf pour « volume de lisier produit » divisé en 4 groupes d'amplitudes équivalentes à dire d'experts ; 0 : valeur nulle ; € à €€€€ coûts économiques relatifs à dire d'experts (faibles à très importants)

³¹ Sources : données CITEPA, SECTEN 2019 ; données Agreste 2013 et enquêtes pratiques culturales 2017 classées à dire d'experts consultés dans le cadre du plan matériel moins émissif. Méthodologie appliquée : les colonnes « Volume de lisier produit » et « lisiers épandus par des matériels d'épandage » ont été obtenues en utilisant les données Agreste 2013 et enquêtes pratiques culturales 2017, classées quantitativement à dire d'experts en divisant ces données en trois classes d'amplitudes équivalentes (* : peu à *** : beaucoup), les valeurs nulles étant assignées de la valeur « 0 » (zéro) ; les colonnes contenant des valeurs chiffrées ont pour source les données CITEPA, SECTEN 2019 ; les colonnes « enjeux – progression matériels d'épandages » ont été établies à dire d'experts en se basant sur les volumes d'effluents produits dans la région et les niveaux actuels des matériels / pratiques existantes dans ladite région (le niveau de progression a été classé en 3 niveaux, de faible à élevé) ; la colonne « coûts et investissement » a été établie à dire d'experts et correspond à une corrélation entre le potentiel de progression des matériels types « rampe à pendillards » et « enfouisseurs » et/ou des pratiques d'enfouissement rapide post-épandage (délai < 12 heures), ainsi que les coûts (tous types) associés à ces matériels / pratiques (coûts et investissement ont été classés de € : faibles à €€€€ : très importants) ; la colonne intitulée « limites techniques » est basée sur les retours qualitatifs des experts et est présente à titre indicatif car nécessitant des évaluations régionales plus précises.

Exemple : la Basse-Normandie, région produisant des volumes importants de lisiers, est marquée par une présence forte de buse palette avec pratique d'enfouissement post-épandage (<24h) et peu (ou pas) de rampes avec pendillards/sabots/injecteurs et d'enfouisseurs. Au vu de ce constat, les experts considèrent qu'en Basse-Normandie, la progression du buse palette avec pratique d'enfouissement post-épandage (<12h) sera faible, tandis que la progression des matériels moins émissifs (pendillard + enfouissement post-épandage <12h / enfouisseurs) sera élevée. Compte tenu des progressions estimées par les experts et des coûts moyens associés à ces matériels / pratiques, le niveau des coûts et investissements en Basse-Normandie est apprécié comme « moyen ». Enfin, en Basse-Normandie, les experts identifient (sans quantifier) des limites techniques potentielles que sont la présence de prairies et un relief marqué dans certaines zones.

Au vu de ces éléments, les potentiels de progression des meilleures pratiques d'épandages des lisiers concernent en priorité des régions à fortes productions d'effluents liquides, pour lesquelles les pratiques existantes et le matériel utilisés pourraient être améliorés : Auvergne, Basse-Normandie, Bourgogne, Midi-Pyrénées, Franche-Comté, Haute-Normandie et Rhône-Alpes, ainsi que les régions du Grand Ouest. De plus, l'ensemble des éléments fournis (données agronomiques, réductions potentielles en émissions d'ammoniac, coûts d'investissements...) semblent promouvoir, en remplacement de l'utilisation des buses palette, deux types de matériels, à savoir les rampes à pendillards et les enfouisseurs. Ces éléments révèlent aussi le potentiel lié à la diminution des délais d'incorporation des lisiers post-épandage (délai maximal de 12 heures), qui permettrait d'obtenir des gains substantiels en termes de réduction des émissions azotées. Enfin, les éléments mettent en évidence des freins à la diffusion de certaines pratiques et matériels moins émissifs. En effet, toutes les régions françaises ne sont pas confrontées aux mêmes contraintes, qu'elles soient naturelles (zones enherbées, sols caillouteux et relief naturel limitant l'usage de certains matériels moins émissifs) et/ou économiques (coûts d'investissements différant significativement d'un matériel d'épandage de lisier à un autre).

3.3.2. Epandage des effluents organiques « solides »

3.3.2.1. Présentation et état des lieux des matériels d'épandage des effluents organiques « solides »

Les matériels rencontrés pour épandre ce type d'effluents sont les épandeurs à fumier à hérissons horizontaux ou verticaux, avec ou sans table d'épandage, les épandeurs latéraux à vis et à turbine avant, ainsi que les épandeurs à vis et plateaux centrifuges arrières. Encore plus que pour les effluents liquides, ces effluents solides présentent l'inconvénient de perdre, selon le matériel d'épandage utilisé, une partie non négligeable d'azote ammoniacal par volatilisation (Tableau 7). Néanmoins, de par un équilibre différent des formes d'azote, les effluents solides présentent un plus faible potentiel de volatilisation au regard de l'azote total qu'ils contiennent.

Tableau 7. Pour chaque type d'effluents d'élevage solides, pour chacun des matériels d'épandage d'effluents associés : (i) Part d'azote ammoniacal épandu par types d'effluents d'élevage solides, par rapport au total d'azote ammoniacal épandu en France pour ce type d'effluent solide, en 2017, (ii) quantité d'azote ammoniacal perdu par volatilisation (en % de l'azote ammoniacal du type d'effluent solide épandu) et, (iii) réduction potentielle des émissions d'azote ammoniacal du type d'effluent solide épandu par rapport à une référence classique (fumier : épandeur sans enfouissement post épandage) (sources : données chiffrées CITEPA, SECTEN 2019; liste matériels d'épandage issus des avis experts diagnostic plan matériels d'épandages)

Matériels d'épandage effluents organiques solides	Fumiers de porcs (FP)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total FP France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal FP épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal FP réduit par rapport à référence)
Epandeur sans enfouissement post-épandage [Référence]	31	81	0
Epandeur avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	2,1		70
Epandeur avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	4,8		50
Epandeur avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	51,8		25
Epandeur avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	10,4		5

Matériels d'épandage effluents organiques solides	Fumiers de bovins (FB)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total FB France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal FB épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal FB réduit par rapport à référence)
Epandeur sans enfouissement post-épandage [Référence]	38,4	79	0
Epandeur avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	8,4		70
Epandeur avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	8,2		50
Epandeur avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	17		25
Epandeur avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	28		5

Matériels d'épandage effluents organiques solides	Fumiers de volailles (FV)		
	Part N-ammoniacal épandu (% N-ammoniacal total FV France)	[Référence] Quantité N-ammoniacal volatilisé (% N-ammoniacal FV épandu) [kg N-NH3/kg TAN]	Réduction potentielle d'émissions (% N-ammoniacal FV réduit par rapport à référence)
Epandeur sans enfouissement post-épandage [Référence]	16,6	64	0
Epandeur avec enfouissement post-épandage (< 4 heures)	20		70
Epandeur avec enfouissement post-épandage (4h < 12h)	13,9		50
Epandeur avec enfouissement post-épandage (12h < 24h)	23,4		25
Epandeur avec enfouissement post-épandage (> 24 heures)	26,1		5

Les épandeurs à fumier ont vocation à épandre un large panel d'effluents organiques solides, comprenant, entre autres, fumiers, composts et boues de STEU séchées. Ces derniers peuvent avoir des caractéristiques physiques très différentes de celles des fumiers, mais ils sont considérés comme effluents organiques « solides ». Leur comportement à l'épandage se rapprochant de celui des fumiers, ces produits peuvent être épandus par les épandeurs à fumier.

Tous les épandeurs à fumier sont composés de la même manière^{24,25}, « articulés autour de trois parties :

- un train roulant (essieu et pneumatiques), exerçant l'action sur le sol et assurant le déplacement ;
- une caisse (étroite ou large), contenant le produit à épandre, montée sur châssis et équipée d'un dispositif de déplacement du fumier ;
- un dispositif d'épandage assurant la dispersion du produit sur la surface du sol ».

Ces trois parties de l'épandeur ont de multiples variantes. De même, des composantes annexes peuvent aussi être présentes (grille de protection contre les jets de pierres, déflecteurs, porte guillotine de sortie étanche...).

3.3.2.1.1. Epandeur à hérissons horizontaux

En France, lors des dernières décennies (1980-2000), pratiquement tous les épandeurs de fumiers étaient équipés de hérissons horizontaux sur des caisses larges. Bien que la largeur d'épandage de ces matériels soit comprise entre 2 et 4 m, ils permettent une grande rapidité d'épandage des effluents solides et un fort tonnage (30 t/ha minimum). Cependant, les avancées technologiques réalisées ces dernières années font que ce type d'épandeur à fumier a quasi disparu en Europe³².

3.3.2.1.2. Epandeur à hérissons verticaux

Ce type de matériel est composé « de deux hérissons verticaux déchiqueteurs de grand diamètre, légèrement inclinés vers l'avant et qui tournent en sens inverse. Le fumier passe entre les deux hérissons. La largeur utile d'épandage est comprise entre 6 et 12 mètres. Les hérissons verticaux sont mécaniquement simples et nécessitent moins de puissance. L'angle d'attaque des hérissons, leur grand diamètre et leur vitesse périphérique conditionnent un bon émiettement du produit au moment de l'expulsion. Les hérissons verticaux sont bien adaptés aux fumiers compacts, type fumier de bovins »²⁵. Par ailleurs, ce type de matériel répond bien aux capacités d'épandage des agriculteurs, tout en offrant une grande variabilité de dose.

A noter que chaque constructeur innove et se différencie vis-à-vis de ses concurrents par de nombreuses variantes, telles que la vitesse de rotation des hérissons, leur forme, leur diamètre, leur position...

Bien que le coût de ce matériel soit moyennement élevé, selon la FNCUMA, le retour sur investissement pour les épandeurs à hérissons verticaux est réalisé sur 7 à 8 ans (sur la base d'un épandeur effectuant 700 à 800 voyages par an).



Epandeur standard à hérissons verticaux (INRAE)

³² Alexandre Thouzeau, Jean-Yves Cosnier, Emilie Dieudé-Fauvel, Pierre Havard, Les épandeurs d'effluents d'élevage. Description des machines et des dispositifs d'épandage. Livrable n°2 – Volet épandabilité. Projet AAP CAS DAR n°9109/9027 Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique. 2013

3.3.2.1.3. Epandeur à hérissos horizontaux à table d'épandage

Ce type de matériel d'épandage se distingue des deux précédents par « deux hérissos horizontaux déchiqueteurs et d'une hotte qui les recouvre et oriente le point de chute sur deux ou quatre disques ou palettes tournant à forte vitesse. Les hérissos émettent le produit avant expulsion par les disques ».

Ce type d'épandeur est particulièrement bien adapté aux produits à faible densité, type fumiers de volailles ou composts. De plus, il offre de bons résultats avec du fumier mûr de bovins, qui est de forte densité et plus compact. Il s'agit actuellement du matériel le plus polyvalent en France. En effet, il permet d'épandre de faibles volumes par hectare du fait de la largeur de travail (largeur utile d'épandage de 10 à 12 mètres) et d'assurer une bonne répartition transversale grâce aux réglages optimisant le point de chute des effluents sur les disques. Selon les experts, les principaux inconvénients de ce type de matériel d'épandage sont le coût très élevé, sa grande technicité dans le réglage, ainsi que sa faible compatibilité avec les effluents organiques pailleux.



Vue arrière d'un épandeur à table d'épandage (INRAE)

3.3.2.1.4. Epandeur à hérissos verticaux à tablier poussoir

La spécificité de ce type de matériel d'épandage par rapport à l'épandeur à hérissos verticaux simple est l'ajout d'un tablier poussoir. Cet équipement est « entraîné par un vérin hydraulique qui comprime et pousse le fumier vers le dispositif d'épandage. La vitesse d'avancement du tablier est asservie au couple d'entraînement du dispositif d'épandage».

L'épandeur à hérissos verticaux à tablier poussoir offre de très bons résultats d'épandage en terrain accidenté, ainsi que pour des effluents liquides (teneur en matière sèche < 25%). Néanmoins, comme l'épandeur à hérissos horizontaux à table d'épandage il présente un coût élevé tant en termes d'acquisition que d'entretien, ainsi qu'une grande technicité dans le réglage.

3.3.2.1.5. Epandeur à hérissos verticaux à tablier accompagnateur

Ce type d'épandeur reçoit un tablier incliné et fixé sur le fond mouvant à chaînes et barrettes ; il est situé à l'avant de la machine lorsqu'elle est vide. Le tablier sert alors de paroi de la caisse. Lors de l'épandage, le tablier suit le fond mouvant et empêche ainsi les éboulements de matières dans la caisse, jusqu'à l'approche des hérissos. L'épandage achevé, le tablier revient automatiquement à sa position initiale.

Ces épandeurs offrent une très bonne régularité d'épandage avec un débit stable. Ils sont bien adaptés pour les produits bruts, notamment les fumiers de stabulation. Par contre, l'épandeur fonctionne avec la porte levée entièrement et n'est pas prévu pour des fumiers « mous ». Dotées d'une facilité de réglage, d'une très bonne ergonomie, ces machines se distinguent des épandeurs à hérissos verticaux. Elles présentent un coût un peu supérieur à ces derniers, mais leur diffusion est en croissance compte tenu de leurs atouts en termes de qualité d'épandage.

3.3.2.1.6. Epandeurs à effluents pâteux

Les effluents « pâteux » sont des produits intermédiaires entre les fumiers et les lisiers. Ces effluents sont trop visqueux pour être pompés en tonne à lisier et trop mous pour tenir en tas dans un épandeur à fumier classique. Parmi ces effluents « pâteux » on classe ainsi les lisiers pailleux et les fumiers mous de bovins, les lisiers purs ou les fientes de volailles plus ou moins séchées, ainsi que diverses boues de STEU aux mêmes caractéristiques physiques. Ces effluents sont les plus difficiles à épandre, c'est pourquoi des épandeurs spécifiques ont dû être conçus pour leur épandage :

- les épandeurs latéraux à vis et à turbine avant ;
- les épandeurs à vis et plateaux centrifuges arrière.

Dans les épandeurs latéraux à vis et à turbine avant, « la ou les vis d'Archimède positionnée(s) dans l'axe de la caisse, alimente(nt) une turbine placée à l'avant. La turbine, entraînée par prise de force, projette latéralement le produit au travers d'une tuyère à sortie orientable avec une portée de 7 à 10 mètres ». Ce type d'épandeur offre l'avantage d'obtenir un bon report de charge sur le tracteur et de maintenir des bonnes conditions d'adhérence. Cependant, cet épandeur est désormais désuet et n'est presque plus utilisé.

Les épandeurs à vis et plateaux centrifuges arrières constituent le seul dispositif d'épandage de produit « pâteux » fabriqué actuellement en France²⁵. Dans ce type d'épandeur, « une à deux vis entraînent le produit vers une trappe à l'arrière puis sur une table d'épandage qui projette l'effluent sous forme de nappe sur le sol ».

A dire d'experts, ces épandeurs à effluents « pâteux » affichent de piètres performances, du fait des caractéristiques des effluents épandus. De plus, ces matériels n'offrent pas la possibilité de régler la dose comme sur les autres types d'épandeurs à fumier²⁵, difficulté à laquelle s'ajoute la variation de fluidité des effluents « pâteux » épandus. Les experts s'accordent pour dire qu'il est impossible de régler un débit constant et reproductible avec ces épandeurs.

3.3.2.1.7. Incorporation des effluents post-épandage

L'incorporation post-épandage des effluents est une pratique agricole qui consiste à introduire dans le sol, le plus rapidement possible après l'épandage, l'effluent organique solide répandu sur la surface. Cette pratique qui vise à réduire le temps de contact entre l'air et l'effluent, nécessite donc une seconde opération agricole. Ainsi, pour les effluents organiques à très fortes teneurs en azote, très volatil, il est essentiel d'effectuer une incorporation très rapide, au maximum dans les 4 heures après l'épandage, pour limiter les émissions d'ammoniac. Selon les conditions pédoclimatiques rencontrées, il conviendra d'utiliser l'outil de travail du sol le mieux adapté : outils à dents, à disques, charrues, sarcleuses... L'incorporation post-épandage est applicable quasiment sur tout type de sol⁵ (hors cultures, prairies permanentes, sols caillouteux...) : sol nu labouré, sols en chaume, terres arables, réensemencement des prairies...

Les experts s'accordent pour dire que l'efficacité de l'incorporation post-épandage est fonction de 2 paramètres⁵ :

- le délai entre l'épandage et l'incorporation (au maximum dans les 24 heures) ;
- le type d'outil utilisé pour l'enfouissement (sur sol nu labouré, utiliser un outil à dents avant implantation de la culture / sur culture, utiliser un outil à disques qui peut être utilisé aussi en sortie d'hiver, sauf pour la culture du colza).

Les taux d'application actuels correspondant à cette pratique d'incorporation post-épandage, pour chaque type d'effluent organique épandu, figurent dans les tableaux 3 et 5.

Les mesures d'incorporation post épandage présentent des rapports coût/efficacité intéressants, d'autant plus intéressants que le temps s'écoulant entre l'épandage et l'incorporation est court, et d'autant plus intéressant qu'on utilise un outil optimisant l'enfouissement des effluents (par exemple, l'incorporation par charrue présente un rapport coût/efficacité plus intéressant que l'incorporation par disques). Ainsi, selon les experts, l'incorporation post-épandage – entre 5 et 10 cm de profondeur - des effluents solides présente un rapport coût/efficacité estimé entre -0,5 EUR et +2 EUR/kgNH₃ économisé. Dans le rapport du PREPA, le rapport coût/efficacité pour une incorporation immédiate (< 4 heures) a été estimé à environ 10 EUR/kgNH₃ évité. Pour une incorporation dans les 12h, ce rapport a été estimé à environ 2 EUR/kgNH₃ évité et à 2,5 EUR/kgNH₃ évité pour une incorporation dans les 24h qui suivent l'épandage d'effluents organiques.

A noter qu'en ce qui concerne la fertilisation organique des prairies et des terres arables au cours du cycle de culture ou directement dans les cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN), il s'agit d'une pratique qui tend à se développer pour apporter les éléments au plus près des besoins de la plante et ainsi éviter les risques de lixiviation vers les eaux. Néanmoins, si elle est pertinente d'un point agronomique et protège les eaux, il est bien souvent difficile d'enfouir les effluents dans ces conditions pour les agriculteurs et peut nécessiter des matériels spécifiques à chaque type de culture.

Cette pratique apparait comme étant particulièrement intéressante pour réduire les émissions d'ammoniac en France. Toutefois, les experts alertent sur le niveau élevé d'incertitudes existant sur ces pratiques d'incorporation post-épandage (durée effective avant épandage, type de matériel utilisé, diffusion de la pratique). Ce constat est d'autant plus sérieux que le potentiel de réduction diminue rapidement lorsque l'intervalle de temps entre l'épandage et l'incorporation augmente.

Enfin, bien que cette pratique engendre un surcoût à l'épandage (besoin supplémentaire en main d'œuvre, besoin en matériels additionnels, augmentation des consommations d'énergies...), elle permet de réduire les émissions de composés odorants, d'améliorer la valorisation d'azote et de réduire les émissions d'ammoniac.

3.3.2.2. Synthèse des potentiels de réductions des polluants atmosphériques pour les pratiques d'épandage organiques « solides » (Tableau 7)

D'après le « rapport d'étude du guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air », en fonction de « la combinaison entre matériel, produit organique, type de sol et délais d'incorporation post-épandage, les émissions de NH3 engendrées sont plus ou moins élevées ». Conformément aux hypothèses validées scientifiquement à l'échelle internationale, pour ce qui concerne les systèmes d'épandage des effluents organiques « solides », les pourcentages de réduction des émissions de NH3 sont donnés relativement à une pratique « référence », à savoir un épandage par épandeur à fumier sans incorporation post-épandage (Tableau 7). Cette référence s'entend quel que soit le type d'épandeur à fumier sélectionné.

Selon ces considérations préliminaires, quel que soit le groupe d'effluent organique « solide » ciblé (fumiers porcins, bovins ou volailles), seule la pratique d'incorporation des fumiers dès que possible après épandage engendre une réduction des émissions de NH3. (Tableau 7). En outre, comme exposé précédemment, les mesures d'incorporation post épandage présentent des rapports coût/efficacité intéressants, d'autant plus intéressants que le temps s'écoulant entre l'épandage et l'incorporation est court (Tableau 7), et que l'exploitant a recours à un outil optimisant l'enfouissement des effluents.

Pour les effluents organiques « solides », selon le délai d'enfouissement post épandage, les émissions de NH3 sont réduites de 5% à 70%, selon la table de référence suivante :

Durée incorporation post épandage	Réduction potentielle d'émissions de NH3
<i>Incorporation effluents < 4 heures</i>	70%
<i>4 heures < Incorporation < 12 heures</i>	50%
<i>12 heures < Incorporation < 24 heures</i>	25%
<i>24 heures < Incorporation effluents</i>	5%

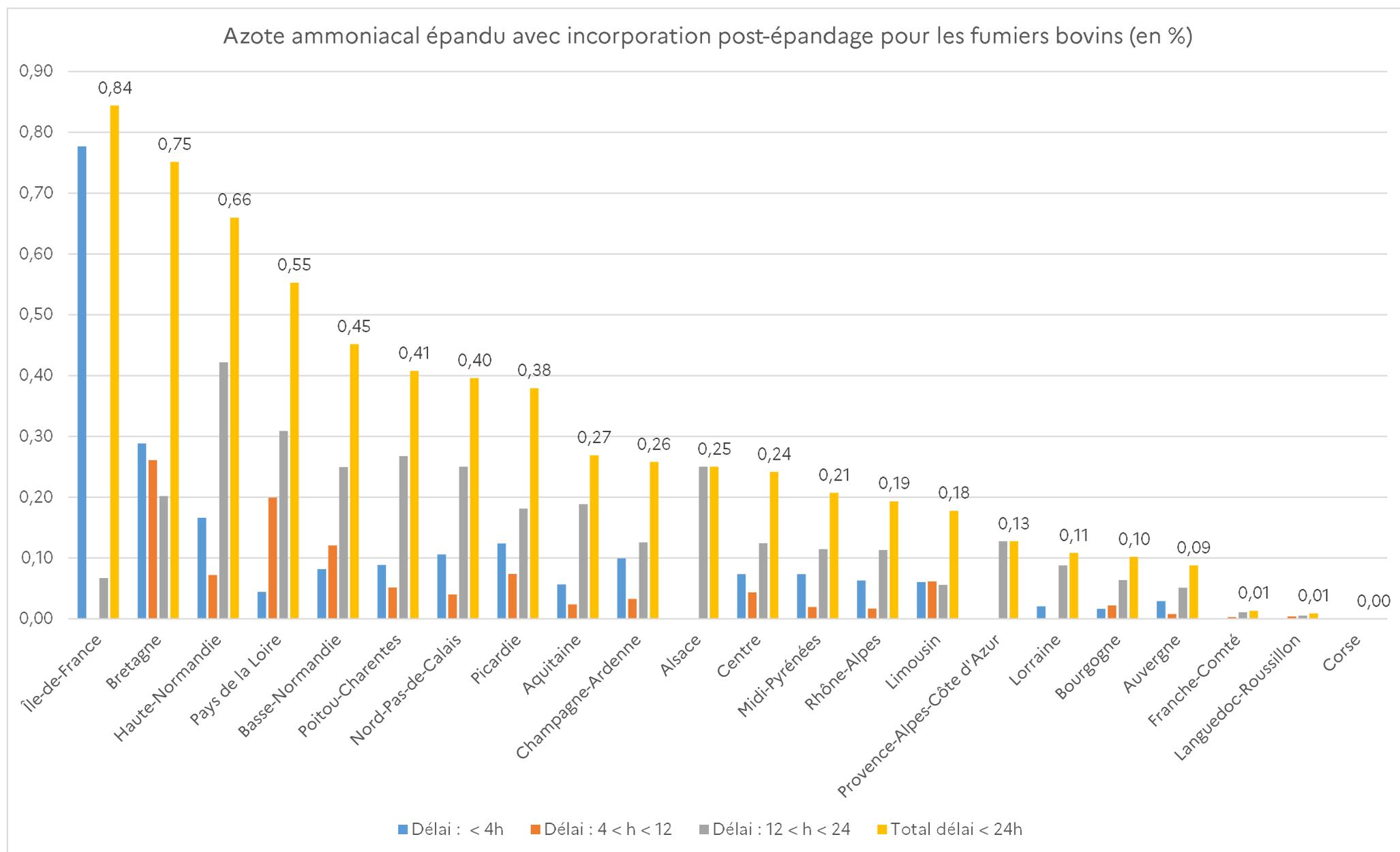
3.3.2.3. Diffusion à l'échelle régionale de la pratique « incorporation des effluents organiques solides post-épandage »

De manière générale, les épandages d'effluents organiques solides sont réalisés au moyen d'un épandeur à fumier, qui dans 90% des cas en France est un épandeur à herissons verticaux. Suite à cet épandage par épandeur à fumier, peut se dérouler une seconde opération, qui consiste à incorporer l'effluent solide directement dans le sol. En France, cette pratique est extrêmement variable d'une région à une autre, tant en ce qui concerne la nature des cultures épandues, le(s) type(s) d'effluent(s) solide(s) incorporé(s), que la durée d'incorporation post-épandage.

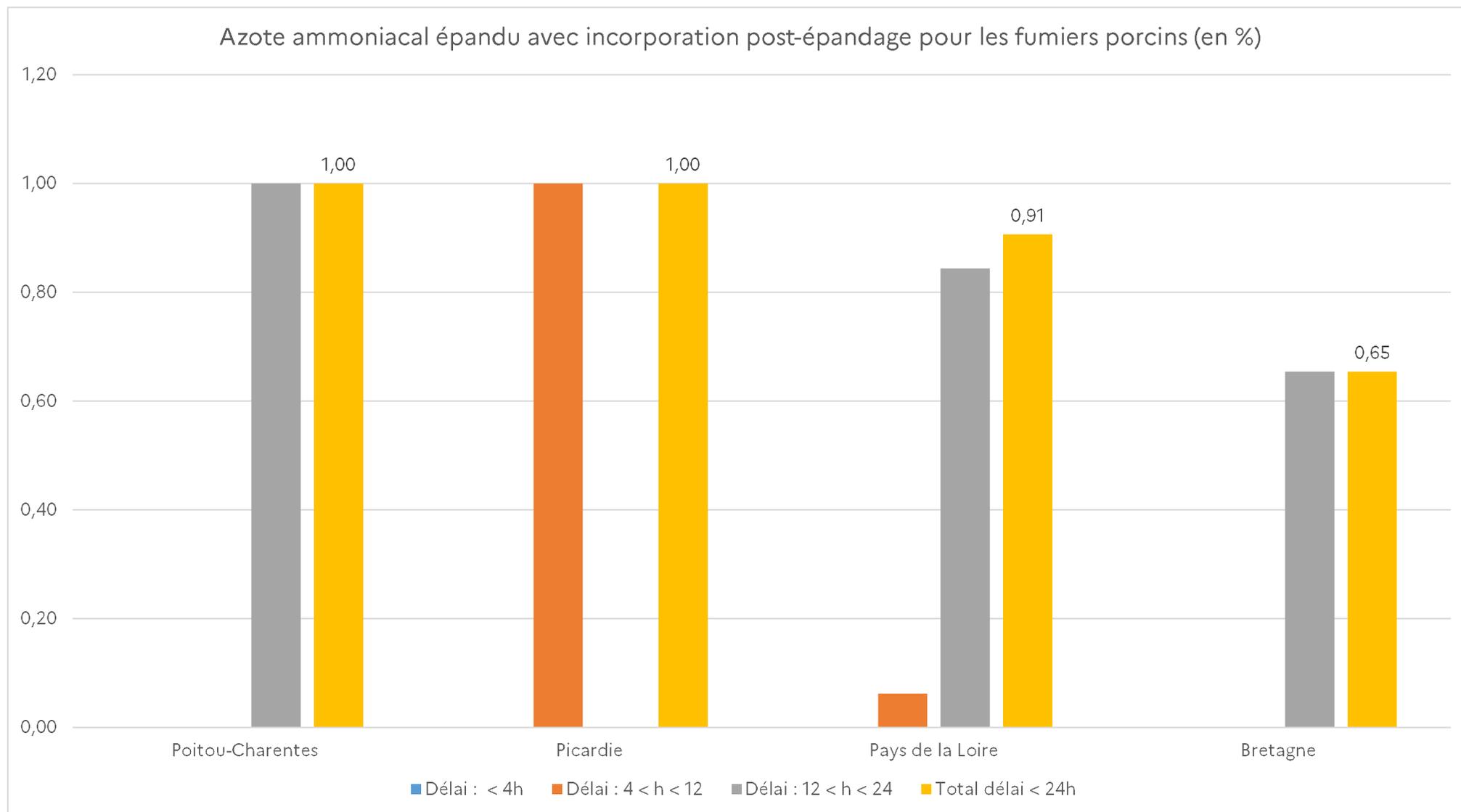
A noter cependant, que l'incorporation des effluents organiques solides post-épandage n'est pas compatible avec toutes les situations, en particulier l'épandage de fumiers sur prairies et de fumiers de volailles en sortie d'hiver sur céréales, ou bien encore les épandages sur cultures pérennes (viticulture et arboriculture). Or, ces pratiques répondent à l'enjeu « nitrates » et à celui de la compétitivité des exploitations grâce à la réduction des achats d'engrais minéraux. Enfin, cette pratique reste incompatible avec l'agriculture de conservation, reconnue et promue par ailleurs pour plusieurs impacts positifs sur l'environnement (teneur en matière organique du sol, biodiversité...).

Des précisions quant à ces différences sont apportées grâce aux informations fournies par l'exploitation des enquêtes statistiques d'Agreste (Enquêtes pratiques culturales 2017), les résultats en sortie de l'outil ELBA, ainsi que les dires d'experts. Ces informations montrent que les régions qui produisent les plus grandes quantités de fumier (bovins, porcins et volailles) sont celles qui pratiquent généralement le plus cette pratique d'incorporation post-épandage, et dans les délais post-épandage les plus courts. Les graphiques suivants représentent pour chaque « ancienne » région métropolitaine, pour les différents types effluents solides, la part d'azote ammoniacal épandu avec incorporation post-épandage. Les données détaillées figurent en annexe 2.

Les fumiers bovins (régions par ordre décroissant de la diffusion de la pratique, délai < 24 heures)



Les fumiers porcins (régions par ordre décroissant de la diffusion de la pratique, délai < 24 heures)



Les fumiers volailles (régions par ordre décroissant de la diffusion de la pratique, délai < 24 heures)

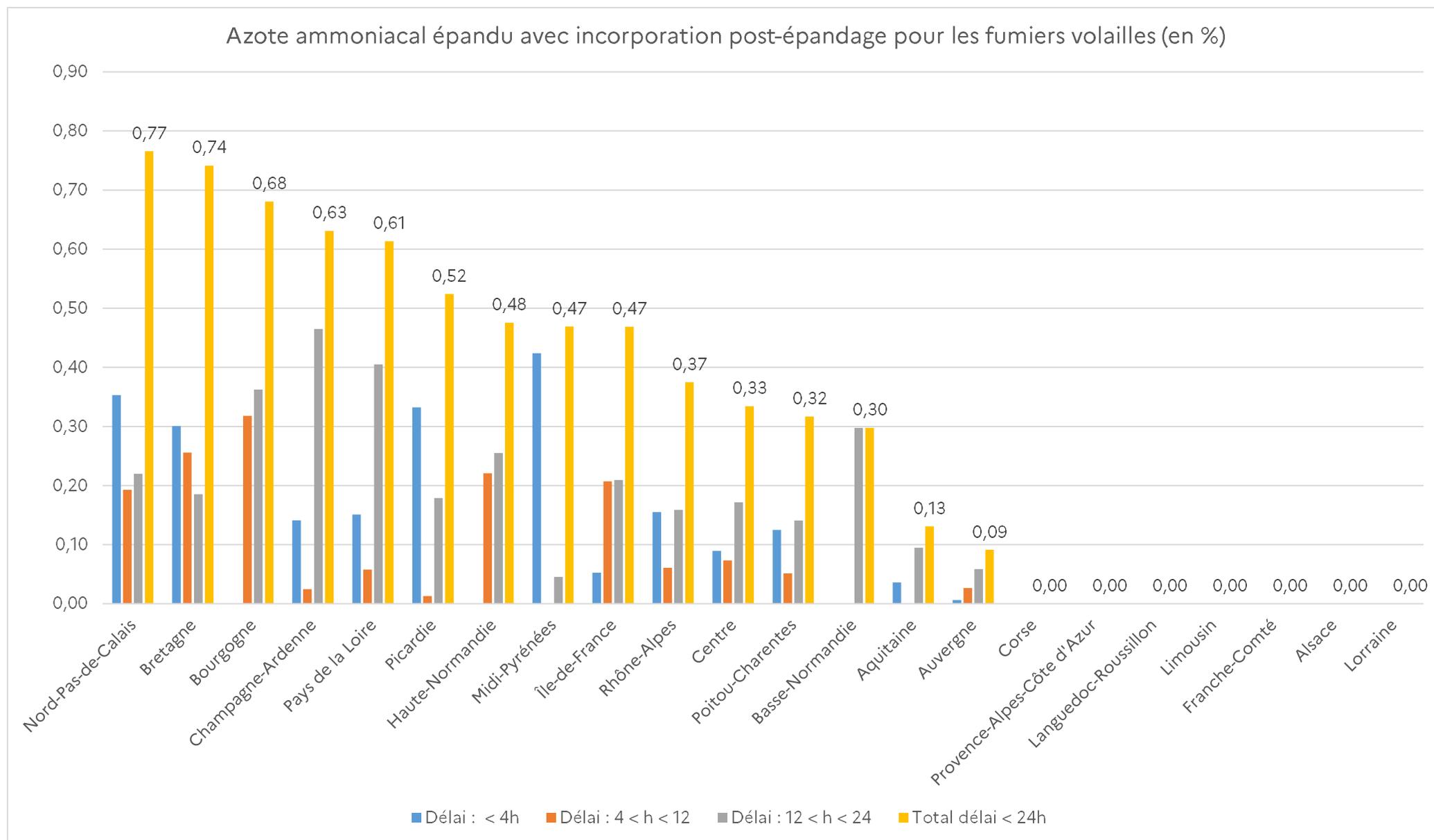


Tableau 8. Synthèse diagnostic pratiques d'épandages effluents « solides » moins émissifs

Régions françaises	Volume de fumier produit	Quantité N-ammoniacale volatilisée		Pratique d'épandage d'effluents solides		Enjeux		Freins à la diffusion		
		Fumiers bovins	Fumiers volailles	Epandeur fumier avec enfouissement post-épandage (<24 heures)		Progression épandeur + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Epandeur + enfouissement post-épandage (<12 heures)	Coûts et investissements	Limites techniques	
				Fumiers bovins	Fumiers volailles					
Alsace	*	79%	64%	**	0	25 à 70%	50 à 70%	Surcoûts liés à la main d'œuvre, aux matériels additionnels, à l'augmentation de la consommation d'énergie, à l'organisation du chantier d'épandage.		
Aquitaine	**			**	*				Faible	Prairies
Auvergne	***			*	*				Elevé	Prairies
Basse-Normandie	***			***	**				Faible	Prairies
Bourgogne	***			*	***				Faible	Prairies
Bretagne	****			***	***				Elevé (IED/ICPE)	
Centre	**			**	**				Faible	
Champagne-Ardenne	**			**	***				Faible	Prairies
Corse	*			0	0				Moyen	Prairies
Franche-Comté	**			*	0				Elevé	Prairies
Haute-Normandie	*			***	***				Faible	Prairies
Ile-de-France	*			***	***				Faible	
Languedoc-Roussillon	*			*	0				Moyen	
Limousin	**			**	0				Faible	Prairies
Lorraine	**			*	0				Elevé	Prairies
Midi-Pyrénées	***			**	***				Faible	
Nord-Pas-de-Calais	**			***	***				Faible	
Pays de la Loire	****			***	***				Elevé (IED/ICPE)	
Picardie	*			**	***				Faible	
Poitou-Charentes	**			***	**				Faible	
Provence-Alpes-Côte d'Azur	*	*	0	Moyen	Prairies					
Rhône-Alpes	***	**	**	Moyen	Prairies					

Légende : * à **** : quantiles (valeurs non nulles), divisés en 3 ou 4 groupes d'amplitudes équivalentes à dire d'experts (de peu à beaucoup) ; 0 : valeur nulle

Au vu de ces éléments, le potentiel de progression de la pratique « incorporation post-épandage » des fumiers est le plus important en priorité dans les régions à fortes productions d'effluents solides, pour lesquelles l'incorporation est peu pratiquée : Auvergne, Franche-Comté, Lorraine et Rhône-Alpes, ainsi que les régions du Grand Ouest. Au niveau national, l'ensemble des éléments fournis révèle les forts potentiels liés d'une part à l'utilisation de cette pratique d'enfouissement pour les effluents solides et, d'autre part à une diminution des délais d'incorporation des fumiers post-épandage (délai maximal de 12 heures) permettant d'obtenir des gains substantiels en termes de réduction des émissions azotées.

Enfin, les résultats affichent des freins à la diffusion de cette pratique. En effet, toutes les régions françaises ne sont pas confrontées aux mêmes contraintes, qu'elles soient naturelles (présence de prairies ne permettant pas cette pratique) et/ou économiques (surcoûts variables pour la mise en œuvre de l'incorporation rapide des fumiers après épandage).

3.4. Aspects économiques et financiers

Actuellement, en France métropolitaine, **peu d'éléments ou d'enquêtes contribuent à donner une vision économique complète et actualisée** sur les matériels d'épandage et les pratiques adoptées par les agriculteurs. Aux dires des experts consultés, le niveau d'information disponible reste généralement insuffisamment précis ou représentatif.

De manière générale, **les matériels d'épandage sont onéreux et les coûts d'investissements élevés dans un contexte peu favorable**. Comme le rappelle le « rapport d'étude du guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air », selon les exploitations, il peut être intéressant d'envisager des investissements collectifs afin de rechercher un effet « économie d'échelle ». Cependant, cela n'est pas toujours possible pour des raisons de biosécurité, de distance entre les sièges d'exploitation (densité d'exploitations agricoles d'élevage plus faible dans certaines régions), qui n'ont pas toujours les mêmes effluents à épandre, mais aussi et surtout pour des raisons de disponibilité (id. besoins au même moment et au même endroit pour un même effluent).

La mutualisation des équipements (via les Cuma³³, par exemple) permettrait toutefois de limiter d'environ 50% l'augmentation du coût de l'épandage (par mètre-cube) pour les agriculteurs. En effet, selon la FNCUMA, ces matériels d'épandage moins émissifs ont des taux d'activités annuels environ deux fois supérieures à ceux pour les matériels non équipés (car plus chers, souvent conduits par des chauffeurs, de plus grandes capacités, etc.). Une autre alternative envisageable serait la prestation de service par une ETA. Cependant, outre le fait que les agriculteurs sont dépendants de la disponibilité du matériel pour réaliser leurs épandages, la mutualisation présente des limites et n'est pas envisageable pour toutes les situations. La densité des exploitations d'élevage sur le territoire ou bien encore le nombre de jours disponibles³⁴ pour la réalisation des épandages sont des facteurs limitants.

En ce qui concerne **l'âge moyen du parc de matériels d'épandage** français, la FNCUMA indique que celui pour son parc de tonnes à lisier est de 10 ans. Il est, à dire d'experts, encore plus élevé pour les buses en propriété individuelle. **Ces investissements s'avèrent être réalisés sur des durées longues** par les agriculteurs, d'autant plus que dans la majorité des situations le **rééquipement de tonnes à lisier** n'est pas envisageable.

Par ailleurs, dans les Cuma, la proportion d'équipements plus performants (rampe à pendillards, injecteur, enfouisseur et rampe à patins) ne doit pas dépasser 40 % des investissements sur les 5 dernières années (au sens des matériels récents). Ces investissements en Cuma ne sont donc pas toujours possibles dans les zones à faible densité d'élevages et peuvent poser question par rapport à la gestion de la biosécurité, à l'accès en équipement moins émissifs pour les petites et moyennes exploitations agricoles, etc.

D'après les **données de la FNCUMA, le surcoût d'une rampe à pendillards** [par rapport à une buse palette] est d'environ 2 500 à 3 000 EUR/mètre d'épandage. Ainsi dans le cas d'une rampe de 15 mètres, ce surcoût est évalué entre 37 000 et 45 000 EUR. A noter que ce surcoût inclut les accessoires venant s'ajouter à la rampe en elle-même (répartiteurs, relevage hydraulique, broyeur, etc...). Le **surcoût lié à l'achat d'un injecteur** est estimé 6 000 EUR/mètre d'épandage. Ainsi dans le cas d'une rampe de 7 mètres, ce surcoût est évalué à hauteur de 42 000 EUR. Ces estimations sont corroborées par le **barème APCA « Coûts des Opérations Culturelles 2020 des Matériels Agricoles »**³⁵, qui indique que le **surcoût induit** par l'équipement d'une tonne à lisier avec un **enfouisseur** ou un **pendillard** est compris, selon la taille, entre 22 400 EUR (pour une rampe à pendillards 12m) et 75 300 EUR (pour une rampe à pendillards 24m + système DPA), correspondant à une augmentation de 40% à 85% du coût de l'équipement.

En outre, comparé à une buse palette, de tels matériels moins émissifs ont souvent un débit de chantier inférieur et peuvent parfois être plus coûteux en entretien. Ils présentent également un **pooids à vide** supérieur qui, s'il n'est pas associé à un dispositif anti-tassement ad hoc, peut impacter la qualité des sols. Enfin, ces équipements peuvent nécessiter une **puissance de traction** plus élevée (par exemple, injecteurs), ainsi qu'une **maintenance plus importante**, à la fois pour la rampe, mais aussi pour les broyeurs. Ainsi, selon le barème APCA, pour un nombre de voyage par an égal à 500, le coût par hectare d'une tonne à lisier avec buse simple est de 56,7 EUR, contre 74,1 EUR avec un enfouisseur 4m. Toutefois, ce coût par hectare est de 60,2 EUR pour une tonne à lisier avec rampe à pendillards 12m et peut même diminuer à 51,4 EUR pour 700 voyages par an pour ce type de matériel (contre 50,5 EUR pour une tonne à lisier avec buse simple). Par conséquent, selon le type de matériels moins émissifs sélectionnés, les **charges supplémentaires** varient de manière

³³ La FNCUMA s'appuie sur un réseau de 12 260 coopératives regroupées au sein de 10 fédérations régionales. Elle compte 202 000 adhérents, soit 1 agriculteur sur 2 à l'échelle France métropolitaine et, recense 370 000 matériels agricoles dans sa base de données informatique MyCUMA Data.

³⁴ Le nombre de jours disponibles dépend des conditions météorologiques, des réglementations en vigueur, du type de cultures, etc.

³⁵<https://chambres-agriculture.fr/publications/toutes-les-publications/la-publication-en-detail/actualites/couts-des-operations-culturelles-2019-des-materiels-agricoles/>

importantes, même s'il convient de noter que pour les rampes à pendillards les **coûts d'opérations culturales** peuvent être identiques à ceux des buses palette.

Par ailleurs, des conseillers du réseau FNCUMA ont réalisé une simulation analogue pour comparer le coût total d'épandage des différents équipements (buse palette, enfouisseur, rampe à pendillards). Cette simulation prend en compte le **coût de chantier** (investissements, travail...) et les **pertes économiques liées aux unités d'azote volatilisées** en fonction du matériel. Elle se base sur les références et hypothèses suivantes : teneur d'azote ammoniacal (3kg N-NH₄⁺ / m³), coût d'une unité d'azote (0,7 EUR/unité d'azote) et pourcentage de pertes ammoniacales par équipement (50% pour la buse palette, 25 à 50% pour la rampe à pendillards ; 0 à 25% pour l'enfouisseur – source FNCUMA). Les résultats montrent que, pour la même tonne à lisier de 15,5 m³, la modalité « buse palette » est celle qui ressort au coût le plus élevé (3,30 EUR/m³) face à la rampe à pendillards 15m (2,97 EUR/m³) ou l'enfouisseur à disques 4m (3,15 EUR/m³). Ces chiffres sont à adapter en fonction de la concentration d'azote, du coût de l'unité d'azote et du pourcentage de pertes par équipement.

Les matériels moins émissifs présentent une complexité supplémentaire en termes **d'organisation des chantiers** et de **temps de travail**. De même, l'incorporation rapide post-épandage crée un **besoin supplémentaire d'équipements agricoles et de main d'œuvre**, d'autant plus élevé que le délai est court entre l'épandage et l'incorporation. Elle peut ainsi nécessiter un second tracteur et un second UTH (unité travail humain). L'incorporation dans les 4h peut être difficile à organiser (manque de personnel, disponibilité des machines, fenêtre climatique d'épandage réduite) ». Une alternative pour enfouir rapidement, sans augmenter les besoins en chauffeurs ou tracteurs supplémentaires, consiste à recourir à des matériels d'épandage qui enfouissent directement. Néanmoins, cette acquisition requiert un coût d'investissement très important, d'autant plus que toutes les tonnes à lisier ne sont pas techniquement compatibles d'un simple changement du dispositif d'épandage.

Signalons qu'il existe un **logo « éco-épandage »**, qui est une marque qui identifie les épandeurs qui répondent aux exigences du **référentiel de certification des performances des matériels d'épandage de produits organiques liquides et solides**³⁶. L'usage de ce référentiel permet d'établir que les performances annoncées par le fabricant sont atteintes tout en permettant à l'opérateur de contrôler la performance agronomique de l'épandage (respect de la dose, qualité de l'épandage) et la préservation des sols (tassement) du fait des caractéristiques de la machine. A noter, qu'actuellement cette certification n'inclut pas de critère relatif à la qualité de l'air. Elle est également très restrictive sur le critère tassement et exclut de facto les gros matériels. Par ailleurs, sont exclues de cette certification les machines à épandage latéral de matières organiques liquides et solides et les épandeurs liquide à buses. L'obtention de la certification et du droit d'apposer le logo éco-épandage procèdent d'une démarche volontaire du fabricant qui souhaite ainsi promouvoir sur le marché les machines les plus aptes à relever le défi de l'agro-écologie. Le dispositif de certification a été construit par l'ensemble des parties concernées, en particulier constructeurs, utilisateurs et laboratoires d'essais spécialisés. Il est bâti autour d'un référentiel technique plus exigeant que les normes environnementales existantes et complété d'exigences sur le respect des sols, la formation et la notice d'utilisation. Il permet également la certification de machines « sur mesure » à partir de sous-ensembles ou machines voisines déjà certifiés, selon des règles strictes. L'ensemble est placé sous le contrôle d'un organisme certificateur indépendant qui assure les audits d'entreprise et vérifie que les résultats d'essais et autre exigences techniques sont conformes aux exigences du référentiel. Aujourd'hui, trois constructeurs se sont engagés dans la production de matériels certifiés « éco-épandage » (Buchet, Rolland et Pichon) et environ 60 machines agricoles certifiées sont commercialisées. Néanmoins, seule la marque Pichon commercialise un équipement d'épandage d'effluent liquide certifié, les autres marques commercialisant exclusivement des épandeurs à fumiers certifiés. AXEMA Promotion et Services (filiale commerciale d'AXEMA) est propriétaire et gestionnaire de la marque « logo éco-épandage ».

Une approche alternative ou complémentaire qui consisterait à **aider au financement du service d'épandage** auprès d'entrepreneurs équipés de matériels précis et performants, pourra être étudiée.

Des **politiques publiques en faveur de la promotion des matériels moins émissifs existent** actuellement et soutiennent des pratiques agricoles durables et vertueuses d'un point de vue de la qualité de l'air, en agissant notamment sur les épandages d'engrais :

- **Le projet agro-écologique**
- **Certaines mesures de la PAC comme :**
 - les aides couplées via le soutien à la culture de légumineuses et de protéagineux (moins d'engrais azotés);
 - les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), dont les MAEC systèmes et fertilisation, via la réduction des consommations d'engrais minéraux de synthèse et la valorisation des fertilisants organiques avec compensation des surcoûts et manques à gagner induits ;

³⁶ <http://www.eco-epandage.com/fr>

- le plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles (PCAE), qui soutient, en lien avec les régions, des investissements comme des outils d'aide à la décision, l'utilisation de matériels optimisant l'emploi des produits chimiques et moins propices à leur volatilisation, ainsi que la performance énergétique. Pour les années 2015 à 2018, ce sont a minima 18Mio€/an (soit environ 21% de l'enveloppe des crédits du MAA pour le PCAE) qui sont consacrés à financer des projets d'investissement et de modernisation en faveur de la qualité de l'air ; estimation qui peut être portée à 33Mio€/an (soit 38% des crédits MAA pour le PCAE), si l'on considère que les dépenses consacrées à la modernisation des bâtiments d'élevage dans le cadre du PCAE (66Mio€/an) contribuent, par nature, de manière significative à l'amélioration de la qualité de l'air (attribution du facteur de 50%).

- ***Le plan de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA)***

Il convient de préciser que le PCAE, intégré aux programmes de développement rural régionaux (PDRR), mis en œuvre par les conseils régionaux (CR), est le dispositif central d'accompagnement des investissements matériels dans les exploitations agricoles. Les objectifs du PCAE sont inscrits dans la mesure 04 des PDRR, qui ont été défini en 2014 par le MAA, les CR et les autres financeurs nationaux pour toute la programmation. La performance environnementale est un des objectifs, avec la possibilité de financer plus précisément des projets favorables à la qualité des ressources, dont l'air. Les choix de priorisation des appels à projets et de la sélection des projets relèvent des CR. Ce fait sera d'autant plus vrai dans la prochaine PAC pour laquelle les régions auront la responsabilité complète des mesures investissements.

- ***Le programme d'investissements d'avenir (PIA4)***

Doté de 57 milliards d'euros, le programme d'investissements d'avenir (PIA4), piloté par le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI), a été mis en place par l'Etat pour financer des investissements innovants et prometteurs sur le territoire, afin de permettre à la France d'augmenter son potentiel de croissance et d'emplois. Une partie de ce programme d'investissements d'avenir, dotée de 10 milliards d'euros, s'inscrit dans le Grand Plan d'Investissement (GPI) de 57 milliards d'euros nouvellement engagé par le gouvernement en 2017, afin d'accompagner les réformes structurelles et répondre à quatre défis majeurs de la France : la neutralité carbone, l'accès à l'emploi, la compétitivité par l'innovation et l'Etat numérique.

4. Analyse des menaces – opportunités – forces – faiblesses

4.1 Tableau bilan du diagnostic « pratiques d'épandages effluents moins émissives » (cf. tableau 9)

Tableau 9. Bilan du diagnostic « pratiques d'épandages effluents moins émissives »

	Positif	Négatif
Interne	<p>Atouts</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. L'inventaire national des émissions de polluants atmosphériques, établi chaque année par le CITEPA, permet d'avoir une vision claire des tendances d'émission de chaque substance, de la contribution de chaque secteur émetteur et de l'atteinte ou non des différents objectifs. 2. Il existe une dynamique émergente des acteurs autour de la transition agro-écologique: GIEE et autres groupements collectifs, intégration de critères de durabilité et de santé dans les signes officiels de la qualité et de l'origine, développement de normes privées de durabilité (constructeurs, distributeurs – e.g. label « éco-épandage »), plans de filières, projets de coopération élevage-culture dans certains territoires, etc. 3. Des pratiques agricoles durables se développent au niveau individuel et collectif (Cuma ou ETA, projet Agr'Air, etc.), de même que la mise au point et la diffusion de matériels plus performants du point de vue de la qualité de l'air (rampes à pendillards, enfouisseurs, incorporation rapide post-épandage, adaptés aux conditions pédoclimatiques et à l'économie des exploitations). 4. Pour les effluents liquides, il existe des solutions moins émissives alternatives à l'utilisation de la buse palette pour les effluents liquides ne comportant pas ou peu d'éléments pailleux ou fibreux et dans les zones peu ou pas pentues. 5. Pour les effluents solides, dont le potentiel de volatilisation de l'azote est généralement moindre que celui des effluents liquides, il n'existe pas de matériel moins émissif diffusable aujourd'hui. L'enfouissement rapide des effluents est une solution moins émissive qui peut être mise en œuvre dans certains cas. 6. La diversité des exploitations permet une meilleure adaptation aux conditions pédoclimatiques locales et d'être plus efficient. 7. <i>Les installations classées avicoles et porcines, soumises au régime de l'autorisation, ont des exigences en matière d'épandage, couvertes par le document de référence (BREF IRPP) sur les meilleures techniques disponibles (MTD) relatives à l'épandage, cela au titre de la directive européenne sur les émissions industrielles (directive « IED ») (MTD 21 & 22).</i> 	<p>Faiblesses</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Les données actuelles relatives au parc de matériels d'épandages sont partielles et mériteraient d'être améliorées <i>via</i> des collectes de données supplémentaires. 2. Les évolutions vers des pratiques plus durables et des matériels moins émissifs, même si elles se développent, sont encore limitées au regard des enjeux, les modes de production restant encore souvent fondés sur la simplification des assolements et des structures paysagères, l'agrandissement des exploitations, la spécialisation des territoires ainsi qu'un recours intensif aux intrants. 3. Les inquiétudes et/ou résistances face aux évolutions attendues des pratiques d'épandage persistent dans un contexte de baisse et vieillissement de la population agricole, de zones à faible densité d'élevages et de revenus agricoles faibles. 4. Des impasses techniques et économiques sur les alternatives à certains matériels d'épandage/systèmes de production perdurent (enjeux de la recherche, de l'innovation et du transfert). 5. Un label « éco-épandage » existe et identifie les épandeurs qui répondent aux exigences du référentiel de certification des performances des matériels d'épandage de produits organiques liquides et solides. Toutefois, ce label ne référence actuellement que certains matériels présents chez 3 marques de constructeurs et n'inclut pas de critère relatif à la qualité de l'air. 6. Pour les effluents liquides, dans certaines situations spécifiques limitées (pentes fortes, éléments de litière, corps flottants entraînant le bouchage des tubes), il n'existe pas de matériel alternatif à l'utilisation du buse palette. 7. Pour les systèmes d'élevages avec effluents « solides », systèmes d'élevage présents en France en nombre bien plus important que dans d'autres pays européens, des matériels moins émissifs ne sont pas disponibles et l'enfouissement n'est pas possible sur tous les types de surfaces (notamment prairies). 8. <i>Les installations classées au titre des ICPE couvertes par le document de référence (BREF IRPP) sur les meilleures techniques disponibles relatives à l'épandage (BREF) n'ont pas de contrainte réglementaire en matière de choix de matériels moins émissifs devant être appliqués.</i> 9. L'importance des coûts d'investissements, de modernisation ou de maintenance des matériels d'épandage peut freiner voire empêcher certains projets, tout comme la capacité financière à investir dans de tels matériels moins émissifs et/ou l'acceptabilité d'une mutualisation des équipements (Cuma ou ETA) dans certaines régions pour la réalisation des épandages. 10. Les politiques de soutien à l'investissement et les financements existants (e.g. PCAE) n'intègrent pas suffisamment la qualité de l'air dans les critères d'attribution dans toutes les régions.

Externe	Opportunités	Menaces
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Il existe une prise de conscience croissante et partagée dans nos sociétés en faveur de la qualité de l'air. Ainsi, le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes, en combinant les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs (e.g. guide des bonnes pratiques agricoles), action d'amélioration des connaissances, etc. 2. Des politiques publiques (certaines mesures de la PAC comme les aides couplées protéines végétales, MAEC dont les MAEC systèmes et fertilisation, soutien aux investissements via PCAE, projet agro-écologique, PREPA, etc.) soutiennent les pratiques agricoles durables et vertueuses du point de vue de la qualité de l'air, en agissant notamment sur les épandages d'engrais. La nouvelle PAC renforcera cet aspect avec un objectif clairement identifié sur la qualité de l'air. 3. La volatilité des prix des intrants et le développement progressif d'une fiscalité environnementale (redevance pollutions diffuses) encouragent la recherche d'autonomie, le recours à des intrants issus de ressources renouvelables, ainsi que l'utilisation de pratiques / matériels d'épandage moins émissifs. 4. Les directives européennes (nitrates, air, eau, etc.) et la conditionnalité des aides PAC qui en reprend des éléments déterminants, fixent des règles dont la mise en œuvre limite pour un certain nombre d'exploitations agricoles les pratiques agricoles défavorables à la qualité de l'air. Ces directives européennes permettent la diffusion de bonnes pratiques et de matériels performants au titre des épandages d'effluents (e.g. installations classées au titre des ICPE et de la directive IED et document de référence BREF IRPP). 5. La politique de recherche européenne et nationale a permis de créer une dynamique de recherche et de transfert de connaissances relatives aux systèmes de production plus durables, encore à renforcer. 6. Des stratégies et politiques nationales et territoriales (e.g. prévention des émissions de polluants atmosphériques, économie circulaire...), promeuvent une transition écologique de l'agriculture et des territoires. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toutes les régions françaises ne sont pas confrontées aux mêmes contraintes, qu'elles soient naturelles (prairies permanentes, sols caillouteux et relief naturel limitant l'usage de certains matériels moins émissifs) et/ou agronomiques (contexte pédoclimatique). 2. En dépit de l'existence d'un dispositif de conseil aux agriculteurs plutôt bien développé et accessible en France, la thématique de la qualité de l'air est encore peu intégrée aux conseils agronomie, équipements et investissements.

Grille de lecture : l'analyse AFOM est conduite du point de vue de l'utilisation de matériels d'épandage : tout ce qui pourra être maîtrisé à ce sujet constituera l'interne, et tout ce qui ne pourra pas l'être, l'externe.

4.2 Analyse des besoins

Besoins nationaux	Description des besoins – non hiérarchisés, non-priorisés
<p>1. Créer les conditions générales permettant l'utilisation de matériel moins émissif</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Accélérer la recherche (connaissances interactions agriculture-milieu, quantification des impacts, stockage des effluents, etc.) et l'innovation ainsi que le transfert des résultats de recherche et expérimentation auprès d'un plus grand nombre d'agriculteurs. Il s'agit en particulier de résoudre les impasses techniques et/ou agronomiques (volet R&D en lien avec les constructeurs, PIA 4, etc.) afin de disposer de matériels d'épandage adaptés à tous les contextes régionaux et aux spécificités des exploitations françaises. Il s'agit également d'agir sur les émissions dès le stockage en améliorant les bâtiments d'élevage. • Faciliter les changements d'échelle et de comportements dans l'adoption des pratiques agricoles et matériels d'épandage moins émissifs, notamment en développant la formation, le conseil stratégique, l'accompagnement et la sensibilisation des agriculteurs et de leurs salariés.
<p>2. Accompagner les investissements dans des matériels moins émissifs et accompagner leur utilisation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mobiliser les régions pour décliner la priorité « qualité de l'air » dans la programmation PAC post 2020, et ainsi prévoir un soutien financier (e.g. PCAE, etc.) qui priorise systématiquement les matériels d'épandage moins émissifs sur tout le territoire français et, qui puisse être ouvert aux exploitations agricoles. • Disposer d'un référentiel de qualification des matériels d'épandage au regard de la qualité de l'air. • Intégrer les enjeux air dans le label « éco-épandage », et l'utiliser pour prioriser ces soutiens financiers. • Favoriser la mutualisation des équipements (CUMA ou ETA) dans certaines régions pour la réalisation des épandages. • Promouvoir les bonnes pratiques en faveur de la qualité de l'air spécifiques à l'épandage des effluents <i>via</i> les fiches dédiées du guide national des bonnes pratiques, les documents de référence (BREF IRPP) sur les meilleures techniques disponibles relatives à l'épandage (BREF). (hors plan matériels) • Promouvoir l'agro-écologie notamment en réorientant les soutiens en faveur des systèmes résilients, efficaces et sobres en intrants (optimisation des matériels d'épandage et des combinaisons de pratiques, etc.). (hors plan matériels) • Favoriser et promouvoir l'innovation au sein des bâtiments d'élevage et/ou des techniques actuellement peu développées telles que le paillage en stabulation, la séparation de phase, le tracking, etc. (hors plan matériels)
<p>3. Renforcer les aspects réglementaires</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcer les mesures mises en place par les ICPE pour améliorer la qualité de l'air. • Restreindre l'utilisation de certains matériels parmi les plus émissifs, dans les contextes qui le permettent (exemple des buses palettes pour l'épandage des effluents liquides). • Systématiser l'utilisation de pratiques favorables à la qualité de l'air (exemple de l'enfouissement des effluents « solides » dans un délai post épandage inférieur à 12h), dans les contextes économiques, agronomiques et organisationnels qui le permettent. • Tenir compte des enjeux de la qualité de l'air dans le cadre de la révision des programmes d'actions sur les nitrates (PAN) dans les zones classées en zones vulnérables et ses déclinaisons régionales (PAR).
<p>4. Améliorer la qualité du suivi de la QA en agriculture</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la précision de l'évaluation des émissions agricoles, notamment en étudiant la possibilité d'intégrer les données FNCUMA (MyCUMA Data) dans l'inventaire national ; en prenant en compte la temporalisation des émissions liées aux épandages d'effluents (saisonnalité, conditions pédoclimatiques...) et en caractérisant mieux les effluents organiques épandus en identifiant les facteurs d'émissions associés.

Annexe

Périodes préférentielles d'apports des PRO pour différents types de cultures et indication de la faisabilité de l'enfouissement (source Arvalis - Institut du Végétal) (cf. tableau 10)

Tableau 10. Périodes préférentielles d'apports des PRO pour différents types de cultures et indication de la faisabilité de l'enfouissement (source Arvalis - Institut du Végétal)

Type de culture:	prairie semée fin été			prairie semée automne			prairie semée début printemps			prairie de + de 6 mois		
période d'apport:	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps
Fumier de bovins, logettes paillée, aire couverte, stockage > 2 mois	Conseillé	déconseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	Possible	Conseillé	Possible
Fumiers de porcs à l'engrais à base de paille	Conseillé	déconseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	Conseillé	Possible
Fumiers de poulets de chair (après stockage)	Possible	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
Lisier bovins, caillebotis, système couvert	Possible	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	Possible	déconseillé	Conseillé
Lisiers de porcs à l'engrais	Possible	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	Possible	déconseillé	Conseillé
Lisiers de canards	Possible	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
	avant culture	sur culture début cycle	sur culture milieu cycle	avant culture	avant culture	sur culture milieu cycle	avant culture	avant culture	avant culture ou sur culture début cycle	sur culture	sur culture	sur culture
enfouissement	possible	difficile	difficile	possible	possible	difficile	possible	possible	possible	difficile	difficile	difficile
	enfouissement difficile sur cette période mais c'est la période d'apport optimale pour valoriser l'effluent sur la culture. Obliger un enfouissement pour ce croisement cultures*type de PRO pourrait être pénalisant puisqu'on serait contraint d'apporter en dehors des périodes optimales de valorisation de l'engrais											

Type de culture:	culture fin été			culture automne			culture début printemps			culture fin printemps		
période d'apport:	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps	fin été	automne	printemps
Fumier de bovins, logettes paillée, aire couverte, stockage > 2 mois	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	Possible	déconseillé	Possible	Possible	Possible	déconseillé	Possible	Conseillé
Fumiers de porcs à l'engrais à base de paille	Conseillé	déconseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	Possible
Fumiers de poulets de chair (après stockage)	Conseillé	déconseillé	déconseillé	déconseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
Lisier bovins, caillebotis, système couvert	Conseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
Lisiers de porcs à l'engrais	Conseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
Lisiers de canards	Conseillé	déconseillé	Possible	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé	déconseillé	déconseillé	Conseillé
	avant culture	sur culture début cycle	sur culture milieu cycle	avant culture	avant culture	sur culture milieu cycle	avant culture	avant culture	avant culture ou sur culture début cycle	avant culture	avant culture	avant culture
enfouissement	possible	difficile	difficile	possible	possible	difficile	possible	possible	possible	possible	possible	possible
	enfouissement difficile sur cette période mais c'est la période d'apport optimale pour valoriser l'effluent sur la culture. Obliger un enfouissement pour ce croisement cultures*type de PRO pourrait être pénalisant puisqu'on serait contraint d'apporter en dehors des périodes optimales de valorisation de l'engrais											

**Direction générale de la performance économique et
environnementale des entreprises**

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation