

Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME
par le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)
Etienne MATHIAS et Edith MARTIN

Coordination technique : Thomas EGLIN
Direction Productions et Énergies Durables
Service Agriculture et Forêts
ADEME Angers

Décembre 2013



Etude Prospective - Synthèse

Experts du consortium :

- Claude AUBERT (ITAVI)
- Jacques CAPDEVILLE (Idele – Institut de l'élevage)
- Alicia CHARPIOT (Idele – Institut de l'élevage)
- Elise LORINQUER (Idele – Institut de l'élevage)
- Nadine GUINGAND (IFIP – Institut du Porc)
- Sophie GENERMONT (INRA – UMR Environnement et Grandes Cultures)
- Paul PONCHANT (ITAVI)

Membres du comité de pilotage :

- Sophie AGASSE (APCA)
- Mélanie AUDOIS (Ministère en charge de l'écologie et du développement durable – Direction Générale de la prévention des risques)
- Gilles AYMOZ (ADEME – Service Qualité de l'Air)
- Hubert DE MILLY (Ministère en charge de l'agriculture)
- Thomas EGLIN (ADEME – Service Agriculture & Forêts)
- Laurence GALSOMIES (ADEME – Service Qualité de l'Air)
- Lionel LAUNOIS (Ministère en charge de l'agriculture)
- Lucile GAUCHET (Ministère en charge de l'écologie et du développement durable – Direction Générale de la prévention des risques)
- Jérôme MOUSSET (ADEME – Service Agriculture et Forêts)
- Laurent PRIGENT (Ministère en charge de l'agriculture)
- Philippe TOUCHAIS (APCA)
- Aurélie VOLOKHOFF (Ministère en charge de l'écologie et du développement durable – Bureau de la qualité de l'air)

Citation de cette synthèse :

Martin E., Mathias E. 2013. Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030 – Synthèse. Ed ADEME, Angers, France.14p.

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

La France, avec 649 kt d'ammoniac (NH_3) émis dans l'atmosphère en 2010 est le premier émetteur d'ammoniac de l'Union Européenne¹. Cet ammoniac est produit à 97% (CITEPA / Rapport SECTEN 2013) en 2010 par l'agriculture, faisant de ce secteur le levier principal pour la réduction des émissions de NH_3 en France.

Un ensemble de réglementations internationales a été mis en place depuis la fin des années 1990 dans l'objectif de diminuer les émissions d'ammoniac : le Protocole de Göteborg, la Directive NEC 2001/81/CE, la Directive Qualité de l'air 2008/50/CE et la Directive IED (Industrial Emission Directive). En France, le Plan particules et le Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques découlent de ces réglementations.

Au sein du secteur agricole, l'élevage est le principal contributeur et représente 77 % des émissions d'ammoniac agricole en 2010 (CITEPA / Format SECTEN, soumission 2013). Le principal contributeur de l'élevage est l'élevage bovin (67 % des émissions de l'élevage en 2010), suivi par les élevages avicole (15 %) et porcin (10 %).

Depuis plusieurs années, l'élevage s'est engagé dans la réduction des émissions d'azote, dont l'ammoniac, via notamment l'optimisation de l'alimentation animale (volailles et porcins), l'amélioration de la gestion des effluents et leur valorisation agronomique ainsi que via les efforts de réduction des nuisances olfactives.

De plus, dans un contexte d'augmentation à moyen et long terme du prix des engrais azotés de synthèse, la poursuite de la réduction des émissions d'ammoniac peut s'avérer compatible avec les enjeux agronomiques et la performance économique des élevages.

Pour l'ensemble de ces raisons, **l'ADEME cherche à identifier dix actions coûts efficaces à l'échelle de la France, pour réduire les émissions métropolitaines d'ammoniac aux horizons 2020 et 2030.**

Elle a ainsi chargé le consortium formé du CITEPA, de l'Institut de l'Élevage (Idele), l'IFIP-Institut du Porc et l'ITAVI de réaliser l'étude prospective : « Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030 ».²

¹ CEIP, 2012. Trend Tables of data reported until 31 August 2012. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ceip.at/status-of-reporting/2012-submissions/>; dernière consultation le 10/12/2012

² Pour plus de détails sur la méthodologie et les résultats, le rapport complet de l'étude est disponible auprès de l'ADEME : thomas.eqlin@ademe.fr

2 MÉTHODES

2.1 ORGANISATION DE L'ETUDE

➤ Tâche 1 : Etat de l'art

Un état de l'art des études et actions de réduction des émissions d'ammoniac d'origine agricole menées en France (tâche 1.1) et à l'étranger (tâche 1.2) a été réalisé. A partir de cette revue bibliographique ont été identifiées 196 modalités de réduction des émissions d'ammoniac d'origine agricole liées à l'élevage, regroupées en 91 pratiques permettant la réduction des émissions d'ammoniac. Dans la suite de la présente synthèse, on parlera de « pratique », une pratique regroupant plusieurs modalités ou techniques de réduction. De plus, l'étude de cas de 6 pays (Autriche, Danemark, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, et Suisse) a conduit à la pré-hiérarchisation de pratiques en termes de coût / efficacité :

1. Les pratiques de réduction à l'alimentation et à l'épandage (toutes espèces),
2. Les pratiques au stockage pour les bovins et les porcins, les pratiques au bâtiment pour les volailles,
3. Les pratiques au bâtiment pour les porcins et les bovins, et les pratiques au stockage pour les volailles.

Enfin, l'analyse des niveaux de réduction des émissions d'ammoniac obtenus par ces 6 pays sur la période 1990-2010, corrobore cette hiérarchie : les réductions des émissions d'ammoniac les plus fortes ayant été obtenues aux Pays-Bas (-65%) et au Danemark (-33%) avec la mise en place dès les années 90 de politiques actives visant à diminuer les pertes d'azote, en particulier au niveau de l'alimentation, à l'épandage (ex : interdiction de l'usage des systèmes d'épandage les plus émetteurs) et au stockage des effluents (ex : obligation d'une couverture a minima naturelle des fosses à lisier).

En France, si l'on considère l'état actuel de l'inventaire national des émissions dans l'air, la baisse observée est majoritairement attribuable à la réduction du cheptel bovin. Néanmoins, des pratiques non prises en compte dans l'inventaire se sont mises en place sur le terrain. Si elles étaient prises en compte dans l'inventaire des émissions atmosphériques pour l'année 2010 cela conduirait à la réduction du niveau national d'émissions d'environ 50 kt NH₃³, soit 10% des émissions de 2010. Les efforts réalisés par la filière ne sont ainsi à l'heure actuelle pas intégralement retranscrits dans l'inventaire national annuel des émissions de polluants en raison de l'absence de statistiques fines de diffusion de l'ensemble des pratiques de 1990 à l'année en cours.

³ Cette réduction potentielle, liée uniquement à la prise en compte des pratiques 1 à 10 sélectionnées en tâche 2 dans l'inventaire national des émissions atmosphériques, est principalement due à la non prise en compte des modalités d'incorporation. En effet, les données statistiques disponibles à l'heure actuelle ne permettent pas de quantifier la diffusion des pratiques d'incorporation (matériel, durée) sur la période 1990 - 2010. Il est d'autant plus important d'avoir des données annuelles de diffusion des pratiques que la variabilité interannuelle peut être élevée non pas en terme de matériel utilisé, mais de durée entre l'épandage et l'enfouissement (notamment en raison des conditions climatiques à l'épandage et de l'organisation des chantiers).

➤ **Tâche 2 : Sélection des pratiques pour une étude approfondie**

Sur la base de la littérature, une grille d'analyse, établissant un panorama des 196 modalités différenciées, a été réalisée. A l'aide de ces éléments, dix pratiques (déclinées en 36 modalités) ont été sélectionnées en comité de pilotage, principalement sur les critères coût-efficacité, potentiel de réduction et degré de maturité des connaissances sur la pratique :

Poste	Mesure	Bovins	Porcins	Volailles
Alimentation	Optimisation de l'excrétion azotée par l'alimentation	x		
Bâtiment	Réduction du temps de présence des déjections au bâtiment (par systèmes d'évacuation hydrauliques [gisoir drainants, couloir, fond de fosse ondulé], mécanique [raclage en V] et gravitaire [lisier flottant])		x	
	Lavage d'air		x	
Stockage	Couverture des structures de stockage (lisier) incluant la croûte naturelle	x	x	
	Couverture des structures de stockage (fumier)	x		x
Epandage	Epandage par pendillards	x	x	x
	Injection sur terres cultivées	x	x	x
	Injection sur prairies	x	x	x
	Incorporation post épandage	x	x	x
Pâturage	Augmentation du temps passé au pâturage	x		

Tableau 1 : Pratiques sélectionnées pour une étude approfondie

Conformément à l'état de l'art effectué en tâche 1, les pratiques à l'épandage et au stockage sont les plus représentées. L'optimisation de l'alimentation n'a été retenue que pour la filière bovine. En effet, des efforts importants ont déjà été entrepris dans les autres filières à travers le développement des alimentations biphasé et multi-phase (à titre d'exemple, d'après l'Enquête Bâtiments d'Élevage Porcin en 2008, 81% des places de truies et 83% des places en engraissement étaient en alimentation bi-phase).

Ces 10 pratiques ont fait l'objet d'une analyse détaillée et de la production de fiches de synthèse en tâche 3.

➤ **Tâche 3 : Etude approfondie et réalisation de fiches détaillées**

Chaque fiche comprend 18 items d'analyse, dont la description des modalités et le principe d'action sur les émissions, les chiffrages des rapports coûts/efficacités et des potentiels de réduction à l'échelle nationale, la compatibilité avec une réduction des émissions de gaz à effet de serre, les transferts de pollution, le niveau de maturité et une analyse « Force, Faiblesse, Opportunité, Contraintes » (dite SWOT).

Les pratiques étudiées ont ensuite été hiérarchisées sur la base de leurs potentiels d'atténuation selon différents scénarios théoriques de taux de diffusion dans les élevages et de rapports coût / efficacité aux horizons 2020 et 2030.

➤ **Tâche 4 : Analyse transversale des mesures**

La hiérarchisation obtenue en tâche 3 a permis d'élaborer et d'étudier trois types de scénarios :

- TA 100% : chaque pratique est prise indépendamment et atteint un taux de 100% d'application de son assiette technique en 2020,
- TA MAX : chaque pratique est prise indépendamment et atteint un taux d'application défini comme maximal par les experts (prise en compte des contraintes de renouvellement du matériel et des bâtiments notamment) aux horizons 2020 et 2030,
- TA MAX + : les mesures ne sont pas considérées indépendamment et les taux d'application maximaux prennent en compte ces interactions, en particulier à l'épandage. Ce dernier scénario se rapproche le plus d'une estimation du potentiel maximal de réduction nationale. Il reste néanmoins considéré comme très ambitieux par les experts, les taux d'application des pratiques de réduction étant élevés. Il ne peut être directement utilisé pour définir des objectifs

atteignables de réduction aux horizons considérés.

Une analyse transversale des mesures sélectionnées, notamment par la quantification des réductions d'émissions et des coûts associés à la mise en place des scénarios élaborés à la tâche précédente a été réalisée.

2.2 QUELQUES DEFINITIONS

Le **potentiel de réduction à l'échelle nationale** en 2020 et 2030 est estimé par rapport à l'année 2010, choisie comme référence.

Le rapport « **coût / efficacité** » a été défini comme la division du « coût » par « l'efficacité » :

- Le « coût » correspond à la somme des coûts et des gains actualisés (le taux d'actualisation utilisé s'élève à 4%) associés à la mise en place de la mesure sur la période étudiée. Les coûts associés à la mise en place d'une mesure correspondent à des coûts additionnels par rapport à une technique de référence en 2010 (ex : le coût associé à un épandage par pendillard correspond au coût additionnel de l'épandage par pendillard comparé à un épandage par buse palette en 2010). Ce coût correspond à l'investissement initial lié à la technique seule amorti, additionné des coûts annuels de fonctionnement (achats d'intrants, d'électricité et main d'œuvre),
- L'efficacité de réduction des émissions d'ammoniac d'une mesure correspond à la réduction totale des émissions d'ammoniac liée à l'application de la mesure sur l'ensemble de la période et sur l'ensemble du territoire.

Il est important de noter que le rapport « coût / efficacité » a essentiellement pour vocation de hiérarchiser les mesures entre elles au niveau national. Les rapports « coût / efficacité » étant actualisés et cumulés sur la période d'étude, ils ne sont pas adaptés à l'estimation des coûts que pourraient soutenir un élevage ou au dimensionnement de mécanismes financiers de promotion des mesures.

2.3 OUTILS ET SOURCES DE DONNEES UTILISEES

Pour quantifier les potentiels de réduction et les rapports coût / efficacité, deux outils ont été utilisés :

- L'outil PACRETE⁴ existant : afin de calculer les réductions des émissions d'ammoniac à l'échelle nationale. L'outil a été modifié pour permettre de prendre en compte l'ensemble des pratiques étudiées non encore considérées dans les inventaires nationaux des émissions atmosphériques de l'élevage,
- Un nouvel outil Excel créé pour calculer les coûts cumulés sur les périodes étudiées.

Le tableau 2 en page suivante récapitule les paramètres clés et les principales sources de données utilisées.

⁴ L'outil PACRETE (Programme Access pour le Calcul Régionalisé des Emissions aTmosphériques de l'Élevage) est l'outil de calcul utilisé pour réaliser les inventaires nationaux d'émissions atmosphériques de l'élevage. Il s'agit d'un outil Access, développé et utilisé par le CITEPA. L'ensemble de la méthodologie utilisée pour la réalisation des inventaires nationaux des émissions atmosphériques est décrite au sein du rapport OMINEA, disponible à l'adresse suivante : <http://www.citepa.org/fr/inventaires-etudes-et-formations/inventaires-des-emissions/methodologie-des-inventaires-ominea>

Paramètres	Principales sources utilisées
Taux d'application en 2010	Enquêtes Bâtiment Porcins, Bovins et Volailles de l'année 2008, ajustées à dires d'experts
Taux d'application futurs	Dires d'experts
Facteurs d'émission	EMEP EEA 2009 (Hutchings, 2009) ⁵
Facteurs d'abattement (FA)	L'étude bibliographique a conduit à l'identification d'un nombre variable de sources pour les FA. Les valeurs du Guide des Bonnes Pratiques Environnementales ont été retenues lorsque le Guide contenait les informations nécessaires. Dans le cas contraire, des médianes des valeurs observées dans la littérature ont été utilisées. Une analyse de sensibilité sur les valeurs minimales et maximales a été conduite.
Coûts associés à la mise en place de la mesure	Les données de coûts proviennent principalement des Instituts techniques.

Tableau 2 : Paramètres clés utilisés pour le calcul du rapport coût/efficacité des pratiques et principales sources de données utilisées

2.4 PRINCIPALES LIMITES AUX ESTIMATIONS DES RAPPORTS « COUT / EFFICACITE »

Le travail réalisé se base sur plusieurs hypothèses et choix méthodologiques dont il faut tenir compte :

- Certains taux d'application en 2010, en l'absence de statistiques nationales fiables de référence ont été définis à dire d'experts,
- Les données de coûts utilisées correspondent à une valeur nationale. Or, il existe des disparités régionales significatives qui seront à considérer avant toute mise en œuvre locale,
- La méthode utilisée pour estimer l'efficacité du déploiement des différentes mesures correspond à celle déjà mise en œuvre pour la réalisation des inventaires nationaux d'émissions atmosphériques de l'élevage. Il s'agit de la méthode EMEP EEA 2009 (Hutchings, 2009). Cette méthode est définie à l'échelle européenne et est la méthode de référence pour la réalisation des inventaires d'émissions d'ammoniac en Europe. Les facteurs d'émissions EMEP utilisés à chaque poste diffèrent des facteurs d'émissions proposés par les rapports du CORPEN, bien que les facteurs d'émissions par place (animal) soient similaires. De plus, la considération d'une valeur moyenne européenne unique par catégorie animale, par poste et par mode de gestion, fait que les facteurs d'émission d'ammoniac peuvent ne pas représenter les disparités nationales dues aux spécificités locales des systèmes de production et pédo-climats nationaux. Ainsi, l'intégration des facteurs d'émissions CORPEN⁶ (2003) dans la méthode de calcul des émissions EMEP EEA 2009 conduit, pour les porcins, à un meilleur classement concernant les mesures au bâtiment en termes de rapport coût / efficacité.

⁵ Hutchings, Amon, Dämmgen, Webb, 2009. EMEP EEA Emission Inventory Guidebook - 4.B Animal Husbandry and Manure Management.

⁶ CORPEN, 2006. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre, zinc des porcins. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites.

3 PRINCIPAUX RÉSULTATS

3.1 ACTIONS NON SELECTIONNEES PRESENTANT UN POTENTIEL A PRIORI INTERESSANT

L'étude de la littérature conduite en tâches 1 et 2 a permis d'identifier un ensemble de pratiques présentant des degrés de maturités faibles à très faibles mais aussi des potentiels de réduction des émissions d'ammoniac pouvant être intéressants, sur la base d'une analyse bibliographique complétée de dires d'experts. Il s'agit principalement de techniques s'appliquant au bâtiment ou au stockage. On peut notamment citer des techniques actuellement déjà utilisées telles que le traitement des déjections hors bâtiments, les récupérateurs/échangeurs de chaleur ainsi que l'ajout d'additifs dans les litières pour les volailles. Ces techniques présentant des potentiels de réduction possiblement intéressants, mais aussi de faibles retours d'expériences, des évaluations de ces procédés seront à poursuivre ou à mettre en œuvre.

3.2 HIERARCHIE DES PRATIQUES SELECTIONNEES SUR LE POTENTIEL DE REDUCTION

Le graphique suivant présente les estimations de potentiels de réduction pour un taux d'application de 100 % (TA 100%) par pratique ou modalité de pratique étudiée, toutes catégories animales confondues, classées par ordre décroissant de potentiel de réduction. Cette estimation est indicative, et permet de hiérarchiser entre elles les pratiques en fonction de leur efficacité en termes de réduction des émissions d'ammoniac dans la situation où tous les freins au développement de toutes les pratiques sont levés à l'horizon 2020.

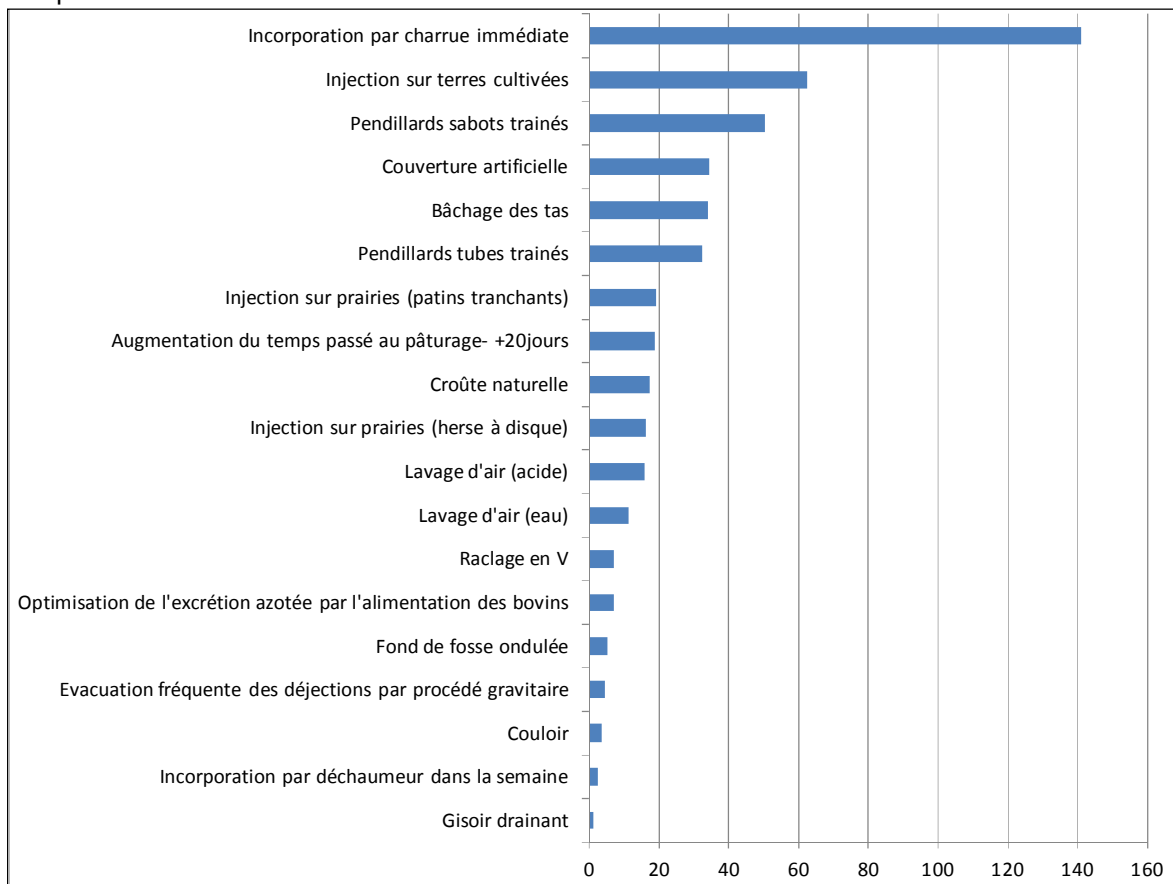


Figure 1 : Potentiel de réduction TA 100% par pratique ou modalité de pratique par rapport à 2010 (kt NH₃). Pour rappel, les émissions d'ammoniac provenant des élevages en 2010 sont de 401 kt NH₃ dans le cadre de cette étude (en considérant la diffusion des pratiques étudiées, non intégrée dans l'inventaire national des émissions d'ammoniac à l'heure actuelle).

Les pratiques présentant les potentiels de réduction les plus élevés dans le cadre de cette estimation correspondent aux pratiques d'incorporation rapide des déjections post-épandage, suivies par les pratiques à l'épandage (injection et pendillards), puis par les pratiques portant sur le stockage, sur le bâtiment et sur la réduction de l'excrétion azotée des bovins par l'optimisation de l'alimentation. En dehors des différences d'efficacité des techniques en termes de réduction des émissions de NH₃ par poste (différence de taux d'abattement par poste) et des variations de situations initiales (différence de taux d'application en 2010), les variations de potentiels entre les pratiques s'expliquent par :

- **Une différence d'assiette** : les pratiques post-épandage, à l'épandage et au stockage touchent les trois catégories animales. Les pratiques post-épandage portent aussi bien sur les élevages sur lisier que les élevages sur fumier, alors que les pratiques à l'épandage et au stockage touchent uniquement les élevages sur lisier ou sur fumier, mais jamais les deux en même temps au sein d'une même modalité. Enfin, les pratiques au bâtiment ne s'appliquent qu'aux porcins sur lisier, et la pratique 'réduction de l'excrétion azotée par l'optimisation de l'alimentation' touche, certes, l'ensemble des bovins, mais l'étude approfondie de la pratique a montré que le levier était faible,
- **Une différence de positionnement dans la chaîne des émissions** : les pratiques les plus en « amont », portant sur le bâtiment par exemple, ont un effet d'abattement amoindri sur l'ensemble des émissions de la chaîne. En effet l'azote non émis à un poste amont, est transféré au poste d'émission suivant, offrant une quantité d'azote disponible supérieure pour l'émission des postes suivants : une partie de l'azote non émis au bâtiment est émise lors des étapes suivantes.

Ces résultats de hiérarchisation varient en fonction de la filière considérée.

3.3 HIERARCHIE DES PRATIQUES SELECTIONNEES SUR LE COUT EFFICACITE

Les pratiques ou techniques les plus intéressantes en termes de rapport coût / efficacité (avec des taux d'applications à 100 %) sont par ordre décroissant de rapport coût / efficacité :

1. **Les pratiques à « coûts négatifs »** (la mise en place de ces pratiques conduit à l'économie de concentrés et de fourrages) portant sur l'augmentation du temps passé au pâturage et l'optimisation de l'excrétion azotée pour les bovins. Le potentiel de réduction via l'augmentation du temps passé au pâturage a été estimé comme faible, en raison de contraintes climatiques et du constat d'une tendance à la baisse du temps passé à l'extérieur en raison de la conjoncture économique des élevages. Aussi, comme les émissions sont environ 10⁷ fois plus faibles plus faibles à la pâture que dans le continuum bâtiment-stockage-épandage, la préservation des pratiques actuelles de pâturage reste un enjeu important,
2. **Les pratiques à « coût nul »** : l'augmentation de la fréquence de retrait des déjections en bâtiment porcins par évacuation gravitaire (lisier flottant), la couverture des fosses à lisier par croûte naturelle,
3. Les pratiques à l'épandage (pendillards, injection),
4. Les pratiques post-épandage (incorporations post-épandage),
5. Les pratiques au stockage (couverture des fosses et bâchage des tas),
6. Les pratiques au bâtiment (raclage, lavage d'air, procédés hydrauliques de retrait des déjections).

Les figures 2 et 3 illustrent cette hiérarchisation.

⁷ Ce chiffre a été calculé à partir de la méthode EMEP/EEA 2009, sur la base de la répartition des systèmes lisier et fumier utilisée dans l'inventaire national des émissions atmosphériques en 2010 pour les bovins.

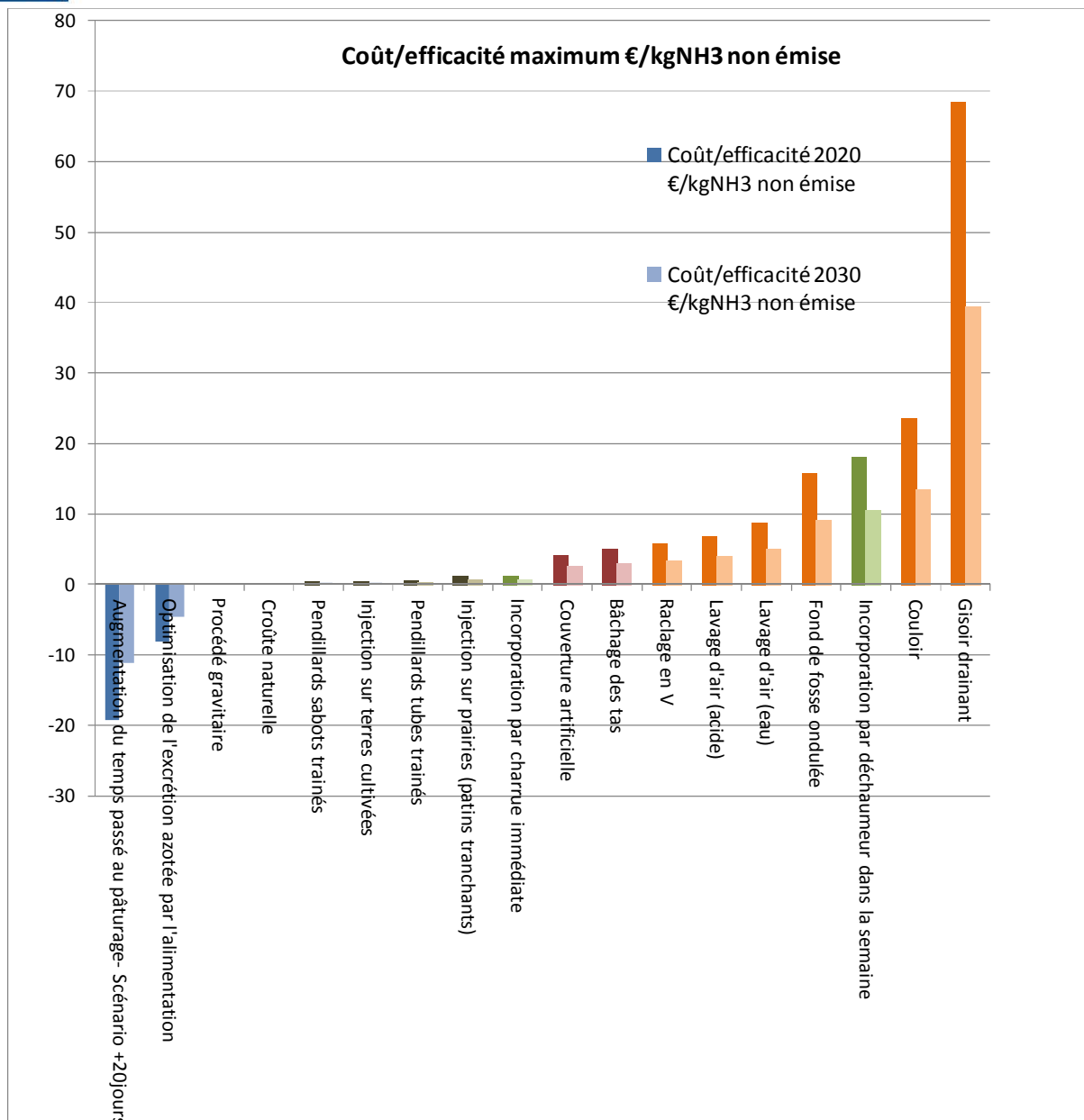


Figure 2 : Rapports coût / efficacité par pratique ou modalité de pratique étudiée, toutes catégories animales confondues, aux horizons 2020 et 2030, TA 100 % (en bleu les pratiques liées à l'alimentation, en orange les pratiques au bâtiment, en rouge les pratiques au stockage, en gris les pratiques à l'épandage et en vert les pratiques post-épandage).

L'intégration des gains (i.e économie d'azote minéral grâce à une meilleure valorisation de l'azote organique) ou non, dans le calcul des coûts ne modifie pas la hiérarchie des modalités. Les variations du prix de l'azote en 2030 (deux hypothèses l'une basse à 0,9 EUR/unité d'azote, et l'autre haute à 1,3 EUR/unité d'azote) n'influencent également que très peu la hiérarchie des modalités. En revanche, cette hiérarchisation varie légèrement en fonction de la catégorie animale étudiée.

Ces travaux permettent d'identifier les mesures les plus intéressantes en termes de rapport coût / efficacité et de cumul de réduction. Il s'agit des mesures post-épandage et à l'épandage. Ces résultats obtenus pour le cas France donnent une hiérarchie et des ordres de grandeur de coût / efficacité comparables à ceux obtenus dans la cadre d'une étude menée à l'échelle européenne (Klimont et al. 2018, Figure 3).

⁸ Zbigniew Klimont, 2011. *Integrated ammonia abatement - Modelling of emission control potentials and costs in GAINS*.

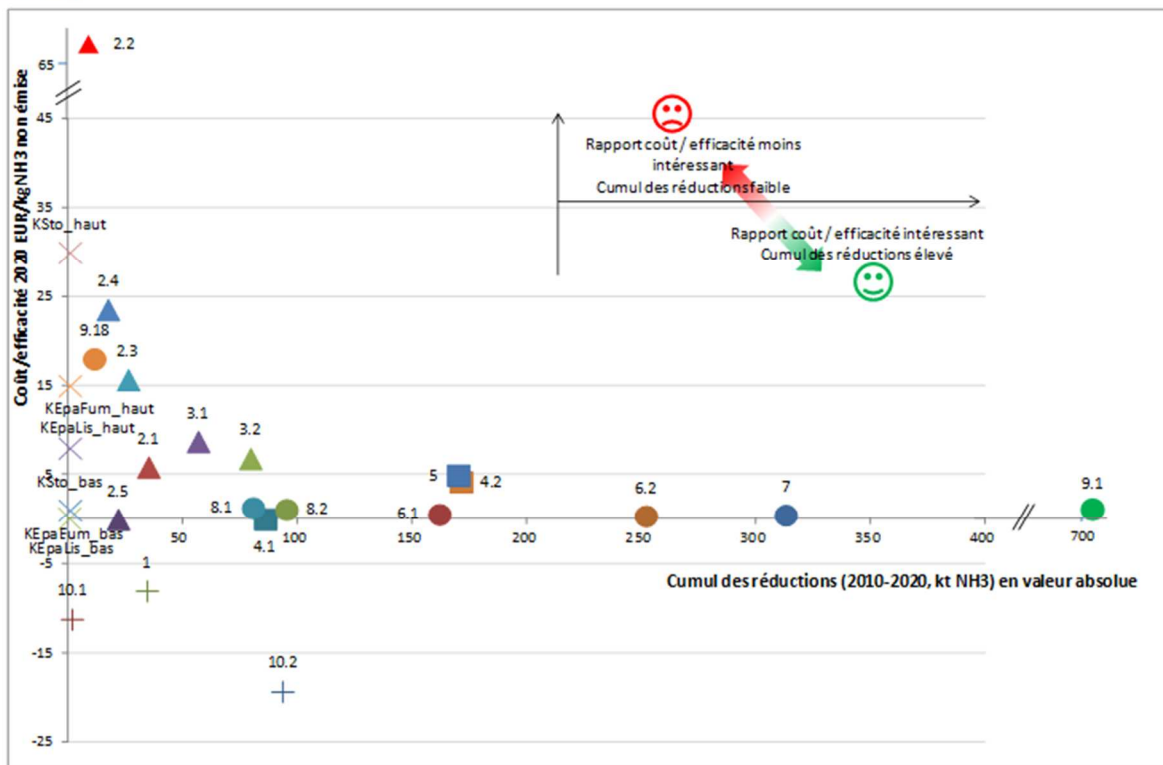


Figure 3 : Rapports coût / efficacité et cumuls de réduction par pratique ou modalité de pratique étudiée, toutes catégories animales confondues, à l'horizon 2020 pour le scénario TA 100 %. Les ronds (●) correspondent aux pratiques à l'épandage, les carrés (■) aux pratiques au stockage, les triangles (▲) aux pratiques au bâtiment et les (+) les pratiques portant sur le pâturage et l'alimentation. La légende est précisée dans le tableau ci-dessous. Pour indication, des valeurs de rapports coût / efficacité des pratiques à l'épandage et au stockage à l'échelle européenne issues de Klimont et al. (2011) sont figurées par des croix (X) sur l'axe des ordonnées.

Index	Nom de la modalité de réduction des émissions d'ammoniac	Pictogramme
1	Optimisation de l'excrétion azotée par l'alimentation	+
2.1	Raclage en V	Δ
2.2	Gisoir drainant	Δ
2.3	Fond de fosse ondulée	Δ
2.4	Couloir	Δ
2.5	Evacuation fréquente des déjections par procédé gravitaire	Δ
3.1	Lavage d'air (eau)	Δ
3.2	Lavage d'air (acide)	Δ
4.1	Croûte naturelle	□
4.2	Couverture artificielle	□
5	Bâchage des tas	□
6.1	Pendillards tubes trainés	○
6.2	Pendillards sabots trainés	○
7	Injection sur terres cultivées	○
8.1	Injection sur prairies (herse à disques)	○
8.2	Injection sur prairies (patins tranchants)	○
9.1	Incorporation par charrue immédiate	○
9.18	Incorporation par déchaumeur dans la semaine	○
10.1	Augmentation du temps passé au pâturage - Scénario 1	+
10.2	Augmentation du temps passé au pâturage - Scénario +20 jours	+
KEpaFum_bas	Valeurs la plus basse et la plus élevée de rapport coût/efficacité issue de Klimont et al. (2011), pour les mesures à l'épandage du fumier (KEpaFum), lisier (KEpaLis) et couverture des structures de stockage (KSto). Ces valeurs ont été élaborées à l'échelle européenne et sont indiquées à titre illustratif.	x
KEpaFum_haut		x
KEpaLis_bas		x
KEpaLis_haut		x
KSto_bas		x
KSto_haut		x

3.4 EFFETS DE LA COMBINAISON DES PRATIQUES SELECTIONNEES

L'objectif de cette étude ne portait pas sur l'élaboration de scénarios de réduction en France atteignables et acceptables aux horizons 2020 et 2030, mais sur la hiérarchisation d'une dizaine de pratiques (actions de réduction) sur la base de leur coût / efficacité pour réduire ces émissions. Néanmoins, il a été proposé de produire des scénarios de combinaisons des pratiques considérées comme les plus intéressantes (TA MAX +) afin d'estimer à dire d'expert un potentiel maximal de réduction lié à ces seules pratiques. Ce scénario permet d'obtenir des réductions de l'ordre de 10%.

	Emissions 2010	Emissions estimées en 2030	Variation (2030 / 2010) [Contribution par rapport au total]
Bovins	295	276	-7% [-49%]
Porcins	41	31	-26% [-26%]
Volailles	64	54	-16% [-26%]
Total	401	361	-10%

Tableau 3 : Emissions (kt NH₃) – Scénario TA MAX+ (les cheptels sont considérés constants entre 2010 et 2030)

Pour comparaison, si l'on considère un taux d'application de 100% (sans prise en compte des contraintes techniques et socio-économiques à l'application des pratiques à l'horizon temporel considéré) pour les pratiques identifiées comme les plus coûts-efficaces, on obtient une réduction de -47% :

	Emissions 2010	Emissions avec prise en compte des techniques	Variation (2030 / 2010)
Bovins	295	159	-46% [-73%]
Porcins	41	9	-79% [-17%]
Volailles	64	45	-30% [-10%]
Total	401	213	-47%

Tableau 4 : Emissions (kt NH₃) – Scénario avec taux d'application de 100% pour les techniques identifiées comme les plus coût-efficaces : optimisation de l'alimentation bovine, lavage d'air en bâtiment porcin, couverture artificielle des fosses à lisier et bâchage des tas, incorporation rapide à l'épandage. NB : les cheptels sont considérés constants entre 2010 et 2030.

Ces réductions calculées ne prennent en compte que les réductions des émissions liées à l'élevage. Sous l'hypothèse d'une valorisation agronomique totale des pertes d'azote évitées, on peut estimer par bilan de masse que la réduction de la volatilisation de l'azote des effluents organiques peut conduire à une économie maximale d'azote minéral de l'ordre de 330 kt N (TA MAX+) cumulée sur 20 ans selon le scénario TA MAX +. Il est cependant important de rappeler que les contraintes de gestion de l'azote organique et de l'azote minéral diffèrent (notamment en termes de techniques d'épandage, du calcul des doses, des calendriers d'épandage et des réglementations). Cette estimation est donc théorique.

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'étude confirme un potentiel notable de réduction des émissions d'ammoniac de l'élevage en France, notamment en travaillant sur les mesures à l'épandage et au post-épandage. Il convient néanmoins de rappeler que ces potentiels de réduction concernent la France entière avec une résolution annuelle. Les postes d'émission au bâtiment et au stockage apparaissent certes comme des leviers inférieurs pour réduire ces émissions mais peuvent constituer des enjeux au niveau local. De ce fait, la réduction des émissions au bâtiment et au stockage ne doit pas être occultée.

Les rapports « coût / efficacité » des pratiques sélectionnées donnent la hiérarchie suivante (par ordre croissant de rapport coût / efficacité) : actions sur l'alimentation > actions à l'épandage > actions au stockage > actions au bâtiment. Ce résultat est confirmé par l'analyse de la littérature européenne. D'autre part, l'étude montre que peu de pratiques présentent des rapports coût / efficacité négatifs (en dehors des actions sur l'alimentation) ou nuls (en dehors des pratiques d'évacuation rapide des lisiers par procédé gravitaire en bâtiment porcin et la couverture naturelle des fosses à lisier). Dans le cas de la prise en compte des économies potentielles d'azote minéral, les rapports coût / efficacité de certaines pratiques, en particulier à l'épandage, peuvent passer dans le négatif en raison d'une meilleure valorisation de l'azote organique dans les cultures.

L'étude du panel des 6 pays (Autriche, Danemark, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, et Suisse) a conduit à l'identification d'un effet a priori positif sur la réduction des émissions d'ammoniac d'une contrainte internationale forte de réduction et de la mise en place de mesures réglementaires nationales pour réduire les émissions d'ammoniac d'origine agricole. L'analyse montre aussi que ces réglementations ont porté préférentiellement sur les techniques d'épandage et sur l'alimentation, identifiées dans le cadre de notre étude comme les plus coût / efficace. Cependant, l'éventuelle transposition au cas français de cette approche doit être considérée avec précaution en raison des spécificités nationales des systèmes de productions agricoles (contextes pédo-climatique, économique, réglementaire et social différents). L'analyse approfondie des pratiques sélectionnées décrit ainsi un certain nombre de freins économiques, organisationnels, sociaux et/ou techniques qui peuvent limiter le déploiement à large échelle de ces mesures. Par exemple, les actions à l'épandage doivent pouvoir s'intégrer dans les contraintes techniques et organisationnelles définies dans le cadre de la réglementation sur la qualité de l'eau (Directive Cadre sur l'Eau et Directive Nitrates).

Dans l'hypothèse d'objectifs ambitieux de réduction fixés lors de la révision de la Directive NEC 2001/81/CE sur les plafonds d'émissions nationaux, il sera probablement nécessaire de développer une politique volontariste sur l'ensemble des filières animales, mais aussi sur la fertilisation des cultures. Il est important de rappeler que cette étude n'a porté que sur les techniques de réduction des émissions de l'élevage, source majoritaire des émissions d'ammoniac, mais qu'il existe aussi des techniques de réduction applicables aux cultures, représentant 23% des émissions d'ammoniac agricoles en 2010 (Source : CITEPA / Rapport SECTEN 2012). Ainsi, les leviers d'actions à promouvoir peuvent et auront tout intérêt à être liés avec les autres actions ciblant le monde agricole sur la gestion de l'azote, comme les plans d'action liés à la directive nitrate ou le plan énergie, méthanisation et autonomie azote du Ministère de l'Agriculture (EMAA). Des synergies peuvent être aussi identifiées avec les actions visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre (ex : préservation des prairies pâturées, meilleure valorisation de l'azote des effluents d'élevage par les cultures). L'amélioration des pratiques d'épandage s'insère parfaitement dans les deux cadres.

Enfin, afin de mieux rendre compte des évolutions des pratiques, des progrès du monde agricole et de l'efficacité des politiques publiques, des efforts importants sont à fournir au niveau des inventaires nationaux d'émissions. Ces efforts seront plus importants pour les postes bâtiment et stockage, certaines techniques de réduction à l'épandage étant déjà intégrées dans l'inventaire (épandage par injecteur et pendillard). Ceci est possible en améliorant (1) le suivi de la diffusion des pratiques via une meilleure intégration dans les enquêtes réalisées par le Ministère de l'Agriculture et la profession⁹, et (2) en augmentant le degré des connaissances des facteurs d'émissions liés aux techniques via le développement de la mesures des émissions *in situ* et la construction de références plus représentatives des spécificités des systèmes d'élevage français.

⁹ L'historique sur la période de comptabilisation doit aussi être re-construit. Les inventaires nationaux d'émissions de GES doivent remonter jusqu'à l'année 1990, et, dans le cadre du Protocole de Göteborg, il s'agira de pouvoir remonter au moins jusqu'à 2005. L'année de référence pour la nouvelle Directive NEC est en négociation.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr

Etude réalisée par :



CITEPA



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr