

Les émissions agricoles de particules dans l'air

ÉTAT DES LIEUX ET LEVIERS D'ACTION



Conseillers et techniciens agricoles

CONNAÎTRE ET AGIR

Édito



Agir pour limiter l'impact de l'agriculture

Jérôme Mousset
Chef de service agriculture et forêt
ADEME

➔ L'agriculture n'échappe pas à une part de responsabilité dans la présence de particules fines dans l'atmosphère, cause de problèmes de santé pouvant aller, selon l'Organisation mondiale de la santé, jusqu'à des milliers de décès prématurés en France. Elle contribue, aux côtés des secteurs domestiques, industriels et des transports, à l'émission de polluants précurseurs de particules (NH_3 , NO_x , COV, SO_x) et de particules primaires, et est l'un des quatre secteurs concernés par le Plan Particules, initié en 2010 par le ministère de l'Écologie.

L'état des connaissances commandité en 2009 par l'ADEME à l'INRA a clarifié les enjeux sur les émissions de particules liées aux cultures et à l'élevage. Certes, des incertitudes demeurent, mais des pistes concrètes d'amélioration des pratiques agricoles ou des équipements ont été dégagées, en particulier pour les particules liées aux émissions d'ammoniac, à 97 % d'origine agricole. L'interaction des actions de réduction des particules et des autres objectifs environnementaux conforte l'idée d'engager une approche environnementale globale à l'échelle de l'exploitation. L'objectif est aussi de limiter les transferts de pollution vers le sol et dans l'eau. Pour mieux faire connaître les leviers réalistes aujourd'hui actionnables, l'ADEME, en partenariat avec les organismes agricoles, édite cette brochure. Dans le même esprit se poursuit l'acquisition de connaissances sur les sources d'émissions et les techniques de réduction adaptées à l'agriculture française. La diffusion de ce document repose sur les acteurs locaux, notamment lors de formations. Je vous invite donc à l'utiliser sans réserve, afin d'éclairer les agriculteurs sur l'enjeu de la qualité de l'air dans leurs activités. ■

INCERTITUDES

Les données d'émissions de particules atmosphériques par les activités agricoles doivent être manipulées avec précaution. De nombreuses incertitudes sont liées au manque de références expérimentales sur les émissions et de données statistiques sur les pratiques de culture et d'élevage ainsi que sur l'impact des conditions climatiques. Une source importante de variation concerne le choix des facteurs d'émissions, certains étant pris par défaut, d'autres étant adaptés aux conditions agronomiques et climatiques locales. De plus, certains processus d'émissions tels que l'érosion éolienne sont pris en compte dans certains pays, mais pas dans d'autres. Néanmoins les connaissances sur les sources d'émissions progressent et il est d'ores et déjà possible de proposer des leviers agronomiques et techniques pour réduire ces dernières.

Sommaire

Enjeux

- 04. **Définitions**
Comprendre les particules
- 06. **Impacts**
Des effets préoccupants pour la santé et l'environnement
- 08. **Réglementation**
Renforcement des textes et mobilisation
- 10. **Agriculture**
La part des cultures et de l'élevage

Élevage

- 12. **Ateliers**
Viser la réduction d'ammoniac
- 14. **Bâtiment**
Maîtriser l'ambiance et les déjections
- 16. **Stockage**
Contenir les effluents issus du bâtiment
- 18. **Épandage et Pâturage**
Émissions d'ammoniac en surface

Cultures

- 20. **Itinéraires**
Raisonnement des leviers avec l'agronomie
- 22. **Travail du sol**
Principale source de particules primaires
- 24. **Fertilisation**
Formulation et pratiques influent sur les émissions d'ammoniac
- 26. **Tracteurs**
Des émissions à l'échappement, mais pas seulement
- 28. **Récolte**
Peu de solutions
- 29. **Séchage et stockage**
Rejets d'air chargés
- 30. **Brûlage des résidus**
Interdit sauf dérogation

Perspectives

- 31. **Adopter les mesures environnementales déjà éprouvées**
- 33. **Améliorer les connaissances**

Ce document a été édité par l'ADEME

Coordination technique:

Pour l'ADEME
Service agriculture et forêt: Jérôme Mousset et Thomas Églin

Service communication:
Sylvie Cogneau

Rédaction et conception graphique: Terre-Écos

Crédits photos:
Ademe, Sébastien Arnould, Frédéric Flamen, Stéphane Leitenberger, Tristan Paviot, Terre-Écos,

Impression:

Pure impression certification PEFC, Iso 14001, Imprim'vert, Print Environnement
Brochure Réf. 7416 téléchargeable sur www.ademe.fr/mediatheque



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

Dépôt légal: ©ADEME Éditions, mars 2012

ISBN: 978-2-35838-220-5

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relative à la reproduction par reprographie.

Pratique

- 34. **Glossaire et références**
- 35. **Remerciements**
- 36. **Résumé**

Comprendre LES PARTICULES

Les particules atmosphériques présentent des natures très diverses et émanent de sources multiples. Les caractériser, connaître les mécanismes physico-chimiques qui leur sont attachés se révèle fondamental afin de mettre en place des mesures correctives efficaces.

→ Une particule atmosphérique est constituée d'un mélange de polluants solides et/ou liquides, en suspension dans l'air. Les particules directement rejetées dans l'atmosphère à partir de sources anthropiques ou naturelles sont appelées primaires. Ainsi, les particules issues de combustion ou de l'érosion du sol entrent dans cette catégorie. Mais certaines sont générées à partir de réactions chimiques entre des éléments gazeux présents dans l'air. Elles sont alors qualifiées de particules secondaires.

IDENTIFIÉES SELON LEUR TAILLE

Les particules se classent en fonction de leur diamètre. Leur taille s'établit sur six ordres de grandeur, de quelques nanomètres (10^{-9} m) à une centaine de micromètres (10^{-4} m). Les particules les plus grosses sont désignées sous le terme de poussières. Les plus fines sont nommées PM (Particulate Matter), terme complété d'un nombre renseignant

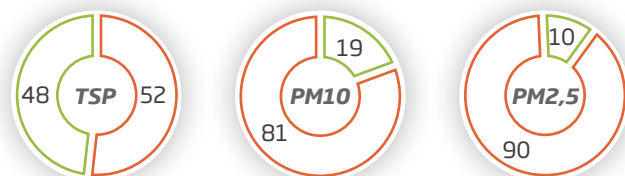
sur leur diamètre. Autre notion : les TSP (Total Suspended Particles). Ce sigle désigne l'ensemble des particules en suspension dans l'air.

PM10 ET PM2,5, LES DEUX CLASSES DE PARTICULES SURVEILLÉES

Deux catégories de particules, les PM10 et PM2,5, qualifiées de respirables font l'objet d'une surveillance accrue depuis plus de vingt ans. Elles présentent un impact sur la santé et l'environnement. Ainsi, les particules PM10 (diamètre aérodynamique inférieur à 10 μ m) ont été les premières à

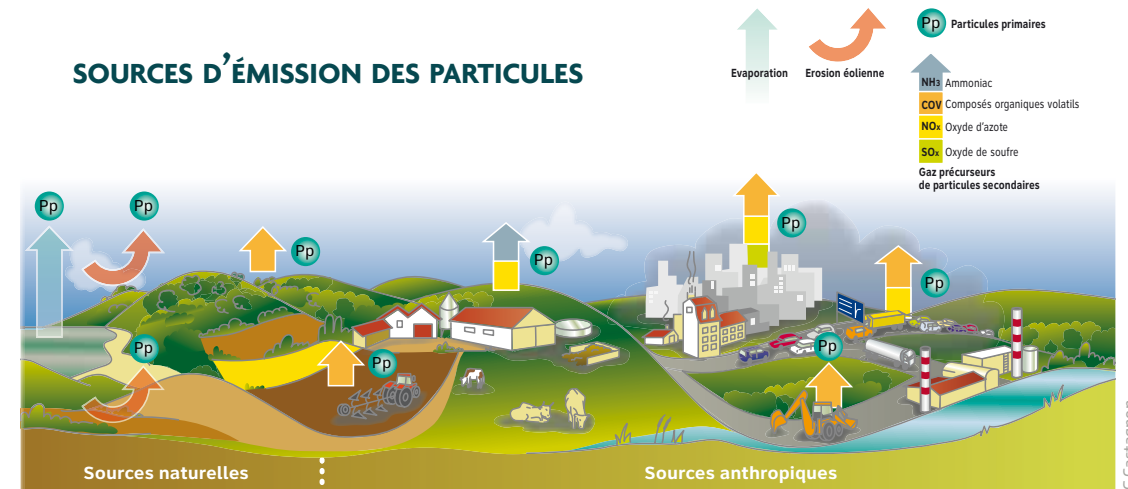
être mesurées dans le cadre du suivi de la qualité de l'air. Les particules PM2,5 ou particules fines (diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 μ m) sont prises en compte depuis 2008. Elles pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire que la fraction grossière. Les particules PM2,5 représentent en moyenne 70 % de la masse des particules PM10. En France, en 2007, les concentrations moyennes annuelles mesurées en station urbaine s'échelonnaient entre 10 et 50 μ g/m³ selon les régions. L'ouest de notre pays présente globalement des niveaux plus faibles en particules fines que les autres

CONTRIBUTION DE L'AGRICULTURE AUX ÉMISSIONS NATIONALES DE PARTICULES PRIMAIRES (en % en 2010)



■ Agriculture et sylviculture ■ Autres (Industries, énergies, transports et déchets)
Selon l'inventaire national, l'agriculture émet principalement des TSP, des PM10, et plus de 97 % des émissions d'ammoniac, précurseur de particules primaires.

SOURCES D'ÉMISSION DES PARTICULES



L'activité humaine est responsable de l'essentiel des émissions de particules primaires et des gaz précurseurs de particules secondaires. Les phénomènes naturels, érosion et embruns, génèrent des particules primaires.

régions, qui sont sous le vent de zones émettrices.

COMPOSITION EN LIEN AVEC LA SOURCE D'ÉMISSION

La composition chimique des particules dépend de l'origine et des mécanismes de formation. Elle associe du carbone élémentaire (ou carbone suie), provenant de toutes les combustions, à une fraction minérale (éléments issus de l'érosion, sulfates, nitrates, titane, plomb, zinc...) et à des matières organiques. Ces dernières sont généralement constituées d'un mélange d'hydrocarbures, d'esters, d'alcools, de cétones, de polluants organiques persistants mais aussi de pollen et de spores.

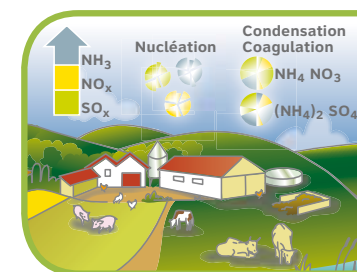
Les particules fines (PM2,5) contiennent plutôt de la matière organique et des espèces secondaires (nitrate d'ammonium, sulfates), tandis que les particules plus grossières sont riches en fractions minérales issues de processus mécaniques (particules terrigènes, sels de mer...).

PARTICULES PRIMAIRES : DIRECTEMENT REJETÉES DANS L'AIR

La formation des particules primaires est liée aux activités humaines, combustion, industrie, chantiers, transport et agriculture, mais aussi aux phénomènes naturels tels que l'érosion éolienne ou les embruns marins. Selon le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), l'agriculture serait responsable en 2010 de l'émission de 48 % des particules (TSP), de 19 % des PM10, et de près de 10 % des PM2,5. Les particules les plus grosses se déposent rapidement, alors que les particules fines peuvent rester en suspension dans l'air plusieurs jours voire quelques semaines et parcourir des milliers de kilomètres.

PARTICULES SECONDAIRES : ISSUES D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

Une particule secondaire est obtenue par réactions chimiques des composés gazeux, appelés précurseurs de particules, ou avec d'autres particules. Les principaux précurseurs gazeux sont les oxydes d'azote (NO_x), de soufre (SO_x), l'ammoniac (NH_3) et les composés organiques volatils (COV). L'ammoniac est le principal précurseur de particules secondaires émis par l'agriculture. Basique, il réagit avec les composés acides tels que les oxydes d'azote ou de soufre provenant de l'ensemble des sources anthropiques, pour former des particules très fines de nitrate ou de sulfate d'ammonium (nucléation).



Les particules très fines se forment par des processus de nucléation et grossissent, par condensation et coagulation. Dans nos régions, l'aérosol atmosphérique inorganique est constitué en grande partie de sulfate, de nitrate et d'ammonium.

Des effets préoccupants **SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT**

Asthme, allergies, maladies respiratoires ou cardiovasculaires, cancers : les particules sont accusées d'être à l'origine ou d'aggraver de nombreuses pathologies. Elles perturbent aussi l'équilibre des écosystèmes terrestres et aquatiques et contribuent au changement climatique ainsi qu'à la formation de l'ozone troposphérique.

➔ Huit à dix mois. C'est, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), en moyenne la perte d'espérance de vie due aux particules fines en Europe. En s'immiscant dans le système respiratoire, elles interviennent dans toutes sortes de maux, mêlant à la fois effets immédiats et à long terme : asthme, allergies, maladies respiratoires, accidents vasculaires cérébraux, cardiovasculaires, ou encore cancers. Les populations les plus fragiles sont les premières touchées, mais personne n'est à l'abri.

PLUS FINES = PLUS DANGEREUSES

On sait aujourd'hui qu'une exposition chronique, même à des niveaux faibles, est plus néfaste qu'une exposition ponctuelle à un pic élevé. En France, toujours selon l'OMS, 42 000 personnes décèderaient prématurément chaque

année des effets liés aux particules fines. Confortant les observations épidémiologiques, les études toxicologiques dévoilent peu à peu les mécanismes en jeu. Premier constat : les particules les plus fines (PM2,5) sont les plus nocives. Elles atteignent en effet les alvéoles pulmonaires et pénètrent dans le sang, là où les particules plus grossières s'arrêtent à la trachée et aux bronches. Les effets sont très variables selon la structure et la composition des particules, et il reste encore beaucoup d'inconnues sur leur comportement dans l'organisme. Avec l'émergence de l'utilisation des nanoparticules dans les produits de consommation courante, la recherche sur le sujet s'élargit.

BRONCHITES ET ASTHME CHEZ LES ÉLEVEURS

Même inquiétude du côté des travailleurs exposés. Une étude a

montré qu'indépendamment de l'âge et du comportement tabagique, les éleveurs de porcs étaient les plus touchés par l'asthme et les bronchites chroniques. En plus de rendre les conditions de travail difficiles, la mauvaise qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage nuirait donc à la santé de l'exploitant... et de ses animaux. Avec comme dommage collatéral, de moindres performances zootechniques.

LES PARTICULES PERTURBENT AUSSI L'ENVIRONNEMENT

Les villes se salissent, les monuments en pierre et les édifices en verre s'encrassent : c'est un des signes les plus visibles de l'impact des particules sur l'environnement. D'autres séquelles sont perceptibles sur les milieux naturels, avec une limitation des échanges gazeux chez les plantes, une cuticule dégradée,



Proches ou éloignés du lieu d'émission des particules, les écosystèmes peuvent être perturbés par la pollution atmosphérique.

ou encore une photosynthèse réduite. Les effets délétères des particules sur les écosystèmes seraient en fait nombreux, assez mal connus.

ACIDIFICATION ET EUTROPHISATION DES MILIEUX NATURELS

En modifiant la qualité des eaux et des sols dans les milieux naturels, l'ammoniac et les particules favorisent, selon leur forme chimique, l'acidification et l'eutrophisation. Les particules secondaires peuvent ainsi constituer, en se déposant, un apport supplémentaire d'azote pour les écosystèmes. Ces dépôts peuvent favoriser la croissance de certaines espèces de la faune et de la flore au détriment d'autres et provoquer localement une perte de biodiversité. Un dépôt d'ammoniac ou d'ammonium intensifie également l'acidité du sol et touche les écosystèmes sensibles. En sol agricole, l'acidification peut être compensée par le chaulage. Enfin, les particules sont impliquées dans le transport et le dépôt de polluants toxiques (métaux ou polluants organiques persistants comme les dioxines).

Avis d'expert

Laurence Galsomiès

Docteur ès sciences

Animatrice de secteur au Service évaluation de la qualité de l'air à l'ADEME



Les écosystèmes et en particulier la forêt peuvent être perturbés par l'excès d'azote

« D'après les mesures du Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (Renecofor), géré par l'Office national des forêts, on trouve un niveau de fond en ammoniac dans l'air plus marqué dans les forêts situées à proximité de pâturages et dans les régions à forte densité en élevage ou en grandes cultures. On estime aussi que les écosystèmes forestiers non fertilisés peuvent accumuler en dépôts atmosphériques l'équivalent de 100 kg/ha d'azote tous les vingt ans. Dans le milieu agricole, l'azote est aussi à suivre de près, car en excès et selon sa nature chimique, il intervient dans l'acidification ou l'eutrophisation des milieux. »

IMPLIQUÉES DANS LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets des particules sur le changement climatique sont quant à eux complexes, car difficiles à quantifier. Selon la nature des particules, le rayonnement solaire est en effet absorbé, il crée alors de la chaleur ou bien, réfléchi, il refroidit l'air. Les particules les

plus fines peuvent aussi servir de noyaux de condensation dans la formation des nuages et influencer sur les régimes hydrologiques. Enfin, des liens étroits unissent la pollution particulaire et la formation d'ozone. Elles possèdent des précurseurs communs et ont un impact sur les réactions photo-oxydantes. ■

Renforcement des textes ET MOBILISATION

La France doit réduire ses émissions d'ammoniac et de particules dans l'air. Tous les acteurs concernés par cette pollution, dont le secteur agricole, sont appelés à se mobiliser.

➔ À la lumière des études sur les effets sanitaires et environnementaux, un corpus réglementaire ambitieux a été défini au plan international. Il se décline aux niveaux national et régional.

Le protocole de Göteborg, accord international de référence définissant des plafonds nationaux d'émission, intégrera ainsi les PM_{2,5} à horizon 2020, à côté des SO₂, NO_x, COV et NH₃, dont les plafonds vont être abaissés.

Au niveau européen, deux directives abordent la problématique de la qualité de l'air. La directive « qualité de l'air » (2008/50/CE) fixe des seuils de concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2,5} et d'oxyde d'azote, ainsi qu'un objectif de réduction de 20 % de l'exposition aux PM_{2,5} entre 2010 et 2020. De son côté, la directive NEC (National Emission Ceilings - 2001/81/CE) définit les plafonds d'émission nationaux de chaque État membre pour quatre polluants : SO₂, NO_x, NH₃ et COV. Tout comme pour le protocole de Göteborg, ces seuils vont bientôt être révisés à la baisse. Un plafond pour les PM_{2,5} sera aussi intégré.

Les émissions de NH₃ sont également surveillées à travers la directive européenne IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), refondue en 2010 en directive IED (Industrial Emissions Directive). Cette directive impose aux élevages avicoles (> 40 000 volailles) et porcins (> 2 000 porcs de production ou > 750 truies) de déclarer leurs émissions et d'appliquer les

meilleures techniques disponibles (MTD). Traduction nationale de ce contexte, le Plan Particules voulu par la loi Grenelle 1 a pour objectif ambitieux de réduire de 30 % les PM_{2,5} dans l'air d'ici à 2015, et cible notamment le secteur agricole par la mise en œuvre d'actions de recherche et la promotion de techniques moins émettrices, au niveau de l'alimentation, de la



Avis d'expert

Olivier Favez

Chef de projet - Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air - Ineris

Qualité de l'air sous surveillance

« La surveillance de la qualité de l'air est confiée régionalement aux associations agréées (AASQA). Elle est encadrée par les directives européennes ainsi que par les initiatives nationales, telles que le Plan Particules. Cette surveillance permet de couvrir l'ensemble du territoire à l'aide d'instruments de mesure et de modèles mathématiques comme le système Prev'Air. C'est sur la base de ce système que des mesures restrictives sont décidées lors des épisodes de pollution. Par exemple, en cas de forte présence d'oxydes d'azote, des mesures de restriction de la circulation routière ou de l'activité industrielle peuvent être prises par le préfet. De la même façon, des mesures pourraient être prises en cas de dépassement de la concentration en particules fines (dérivant en partie de réactions photochimiques impliquant l'ammoniac) pour restreindre l'épandage de fertilisants comportant un risque de volatilisation d'ammoniac. »

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS À LA SOURCE

PLAFONDS D'ÉMISSION

QUALITÉ DE L'AIR

International

Convention de Genève (1979) et protocole de Göteborg (1999)

- Plafonds d'émissions nationaux à l'horizon 2010 pour : SO₂, NO_x, COV et NH₃.
- Définition des bonnes pratiques agricoles
- En révision => intégration des PM_{2,5} à l'horizon 2020.

Union européenne

Directive européenne IED du 24 novembre 2011, (ancienne IPPC codifiée en 2008)

- Définition d'obligations pour des installations ciblées d'élevages avicoles et porcins.
- Élargissement possible aux grands élevages bovins.

Directive européenne NEC (National Emission Ceilings) 2001

- Transcription du protocole de Göteborg dans le droit européen.
- Plafonds d'émissions nationaux plus contraignants.

Directive européenne concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (2008)

- PM₁₀ : valeur limite de 40 µg/m³/an et moins de 35 jours à plus de 50 µg/m³.
- PM_{2,5} : valeur limite de 25 µg/m³/an pour 2015, valeur limite indicative de 20 µg/m³/an pour 2020.

France

Arrêté du 31 août 2008 relatif à la déclaration des émissions polluantes et des déchets

- Les exploitations IPPC doivent déclarer leurs émissions d'ammoniac, lorsqu'elles sont supérieures à 10 t/an.

Programme national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA, arrêté du 8 juillet 2003)

- Transcription de la directive NEC dans le droit français.
- Plafonds d'émissions nationaux et moyens à mettre en œuvre.

Décret du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air

- PM₁₀ : valeur limite de 40 µg/m³/an et moins de 35 jours à plus de 50 µg/m³.
- PM_{2,5} : 25 µg/m³ en moyenne annuelle civile, avec des marges de dépassement autorisées jusqu'en 2015.

Grenelle de l'environnement, PNSE2 et Plan Particules

- Objectif de réduction de 30 % des particules fines dans l'air (PM_{2,5}) d'ici à 2015.
- Pour le secteur agricole, plan d'action pour l'identification et la diffusion de pratiques moins émettrices de particules et de précurseurs de particules. Mise en place de mesures de réduction.

Niveau local / régional

Les schémas régionaux climat, air, énergie (SRCAE)

- Retranscription du Plan Particules à l'échelle régionale, avec objectifs à atteindre (respecter les normes de qualité de l'air) et moyens d'actions.
- Cible notamment les particules fines et le NH₃.

Plans de protection de l'atmosphère (PPA)

- Recensement et établissement d'actions obligatoires de réduction des émissions de polluants sur un périmètre cohérent donné.

gestion des déjections animales, des épandages d'engrais, du travail du sol et des engins agricoles.

ACTIONS DE TERRAIN

Sur le terrain, les acteurs locaux se mobilisent à travers les Schémas

régionaux climat, air, énergie (SRCAE) et les Plans de protection de l'atmosphère (PPA). Les premiers définissent une approche intégrée tenant compte des priorités locales au titre du climat, de l'air et de l'énergie, sous la houlette des préfets de région et des

présidents de conseils régionaux. Les seconds établissent, sur un périmètre cohérent donné (agglomération, zone en dépassement...), les mesures à prendre pour réduire les émissions, en application de la directive sur la qualité de l'air. ■

La part DES CULTURES ET DE L'ÉLEVAGE

Avec le travail du sol et la récolte, les grandes cultures seraient les plus émettrices de particules primaires. Quant à l'élevage, il a un rôle majeur dans les émissions d'ammoniac, gaz précurseur de particules secondaires.

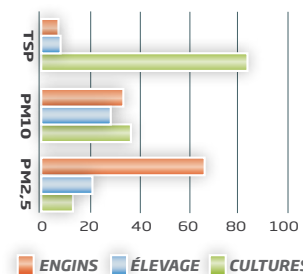


Au champ, les émissions de particules primaires sont visibles. En élevage, les effluents constituent la principale source d'émission d'ammoniac.

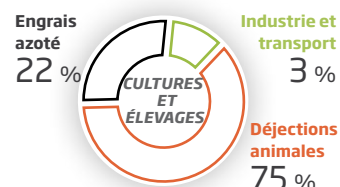
ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES EN AGRICULTURE EN 2010 (en kt/an)

Particules (KT)	PM2,5	PM10	TSP
Cultures	3,4	26,5	417,1
Élevage	4,9	20,9	46,5
Engins	16	24	41

(en % du total des émissions agricoles)



ÉMISSIONS D'AMMONIAC EN FRANCE EN 2010



Source: MEDDTL/CITEPA, format CEE-NU, janvier 2012

→ Toutes les activités agricoles concourent à la formation de particules primaires. Le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) estime qu'en 2010 l'agriculture était responsable de 48 % des émissions nationales de TSP, 19 % des PM10 et 10 % des PM2,5.

TRAVAUX AU CHAMP : SOURCE DE PARTICULES PRIMAIRES

Deux postes sont identifiés comme fortement contributeurs de particules primaires : le travail du sol, la récolte et la gestion des résidus. À eux seuls, les travaux des champs émettraient 83 % des poussières TSP, 37 % des PM10 et 14 % des PM2,5 issues des activités agricoles. Bien qu'elles ne soient pas quantifiées, les émissions de particules lors des épandages d'engrais et de pesticides pourraient être pertinentes à évaluer en raison

de leur composition chimique. Ainsi, l'Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) a relevé lors de l'application des produits phytosanitaires en vigne, des pertes de 15 à 40 % dans l'air sous forme de gouttelettes de pulvérisation.

Un processus naturel tel que l'érosion éolienne peut aussi conduire à des émissions lorsque les sols ne sont pas couverts, particulièrement par vents forts sur des sols secs. Néanmoins, l'impact de l'érosion éolienne sur les émissions de particules primaires n'est pas comptabilisé en France. Les engins agricoles et sylvicoles contribueraient à hauteur de 66 % dans les émissions de PM2,5. Elles sont alors liées à la combustion et à l'abrasion des freins et des pneumatiques. La part de l'élevage dans les émissions agricoles de poussières totales est moins importante que celle des

cultures avec 9 % des TSP et 30 % des PM10. En revanche l'élevage émettrait 20 % des PM2,5.

ÉLEVAGE : PRINCIPAL RESPONSABLE DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC

L'agriculture représenterait 97 % des émissions nationales d'ammoniac, gaz précurseur de particules secondaires. L'élevage, à travers les postes bâtiment, stockage et épandage des déjections, apparaît comme le premier émetteur d'ammoniac. Que ce soit sur les cultures ou l'élevage, l'intensité de la volatilisation de l'azote dépend de plusieurs facteurs : quantité d'azote ammoniacal, température, pH du sol et de l'effluent, surface en contact avec l'atmosphère, renouvellement d'air, vent... Globalement, les déjections animales seraient à l'origine de 75 % des rejets d'ammoniac dans l'air. ■

Avis d'expert Pierre Cellier

Unité mixte de recherche
« Environnement et
grandes cultures »
Inra/AgroParisTech



Des mesures correctrices de bon sens

« La prise en compte des émissions de particules par l'agriculture et l'élevage est récente en France et en Europe. Les activités agricoles au champ, travail du sol et récolte, sont une des sources majeures de particules primaires. Néanmoins, le travail simplifié du sol et sa couverture permanente, comme les cultures intermédiaires et le mulch, limitent les risques d'émission de particules. Travailler le sol lorsqu'il est humide et avec un vent faible répond aussi à cet objectif. L'élevage est le principal responsable des émissions d'ammoniac. Toutes les mesures diminuant les émissions d'ammoniac sont donc favorables : raclage et nettoyage des sols, renouvellement des litières dans les bâtiments, couverture des fosses de stockage anciennes et nouvelles, épandage en bande ou injection des engrais synthétiques ou des lisiers. Certaines mesures peuvent toutefois créer des effets antagonistes entre émissions de particules primaires et d'ammoniac, ou avec d'autres émissions (N₂O, nitrate). Il faut donc s'adapter aux conditions locales dans la mise en place des mesures correctrices. »

Viser la réduction DE L'AMMONIAC

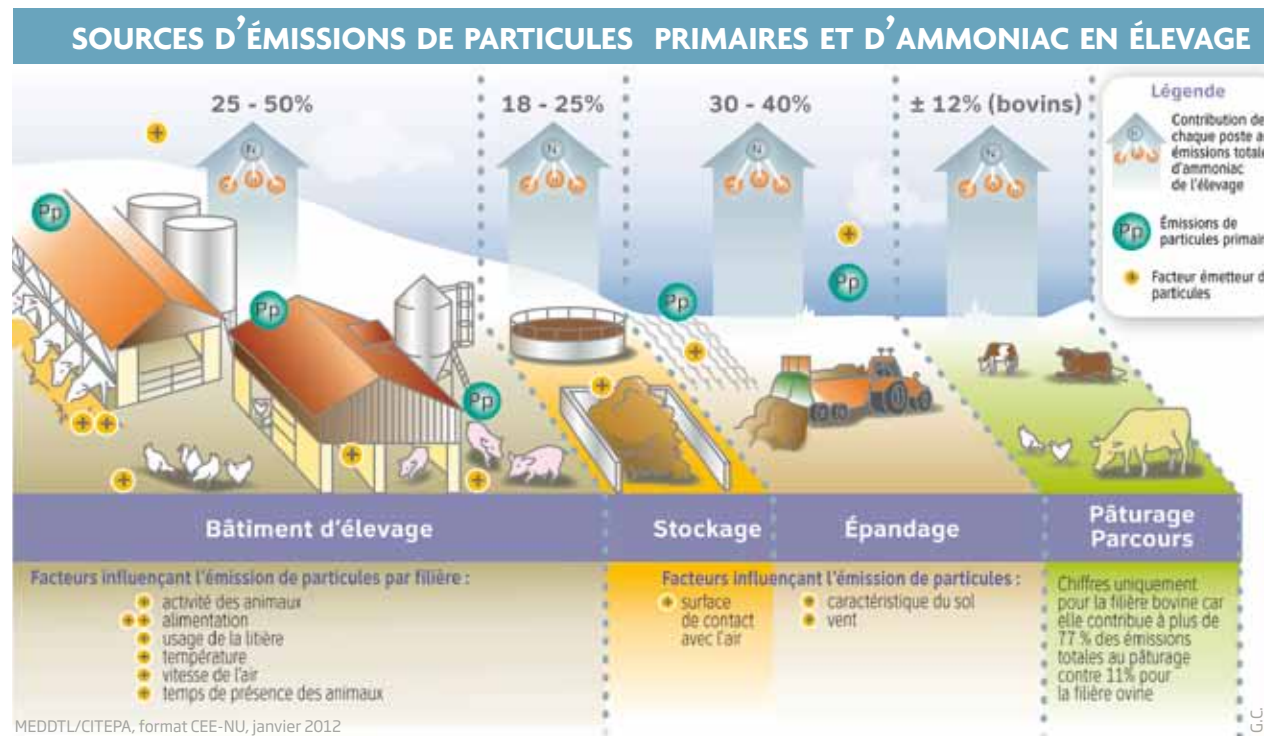
Au sein des émissions du secteur agricole, la part de l'élevage représente 20 % des PM_{2,5} et 77 % de la volatilisation d'ammoniac. Parmi les quatre postes du système d'exploitation, le bâtiment et l'épandage restent les étapes les plus fortement émettrices.

BÂTIMENTS

Le bâtiment constitue l'étape la plus sensible : la majorité des particules y sont mises en suspension et jusqu'à 50 % de l'ammoniac y sont volatilisés. Les leviers de réduction se situent au niveau des caractéristiques du bâtiment, de la gestion de l'activité des animaux, de l'alimentation et de la gestion des déjections. Ce poste demande une attention particulière afin de ne pas favoriser d'effets croisés, entre émissions de particules et d'ammoniac et gaz à effet de serre, ni transférer les pollutions au poste suivant, le stockage.

STOCKAGE

La principale émission de ce poste est la volatilisation d'ammoniac, favorisée par le contact des déjections avec l'air libre. Le type de litière et l'alimentation donnée dans le bâtiment ont une incidence directe sur les caractéristiques des déjections, et donc sur les quantités d'ammoniac émises.



ÉPANDAGE

Identifié avec le bâtiment comme le poste le plus émetteur d'ammoniac, l'épandage des effluents génère plus du tiers des émissions totales d'ammoniac des élevages. Les facteurs de variation sont la technique d'application et la durée entre l'épandage et l'enfouissement : plus les effluents restent en surface, plus les émissions sont importantes. L'épandage par pendillards, à injection ou à sabots traînés, diminue les quantités émises, tout comme le retournement du sol dans les quatre heures qui suivent.

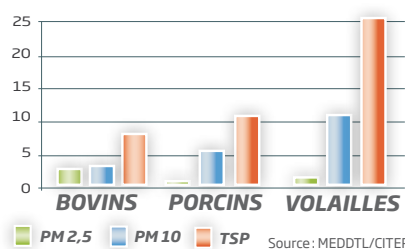
PÂTURAGE

Les émissions sont encore mal connues au pâturage. Seule l'espèce animale est considérée comme un facteur de variation. Pour agir, la réflexion doit également intégrer le poste bâtiment pour être efficace. Car lorsque la durée de pâturage est réduite, la présence au bâtiment augmente et, avec elle, les pollutions qui lui sont liées.

PARTICULES PRIMAIRES

Les élevages participent peu aux émissions de particules de l'agriculture, avec seulement 9 %.

ÉMISSIONS PAR PRODUCTIONS EN 2010, en kilotonnes suivant le type de particules



45,7 kt

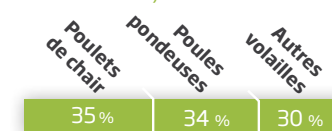
Total des émissions de particules (TSP) pour les élevages porcins, bovins et volailles en 2010.

→ L'élevage génère à lui seul 75 % des émissions totales d'ammoniac en France, tous secteurs confondus. Au sein de l'agriculture, la part des élevages correspond à 77 % des émissions. Pour les particules primaires, la contribution est moindre avec, en 2010, 9 % des émissions provenant de l'agriculture, mais 20 % des PM_{2,5}. Parmi les différentes productions, volailles et bovins se partagent, respectivement, la responsabilité des deux tiers des particules

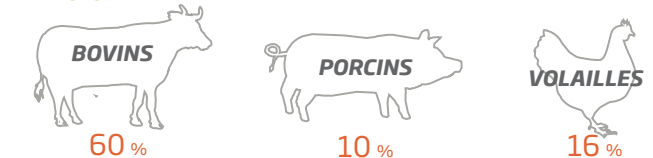
totales en suspension et des émissions d'ammoniac. Les élevages porcins émettent 25 % des particules totales et 10 % de l'ammoniac volatilisé. Chaque émission est comptabilisée pour les quatre postes principaux du système d'élevage : le bâtiment, le stockage des déjections, l'épandage et le pâturage. Les facteurs de variation sont principalement liés aux animaux, aux bâtiments, à la conduite de l'élevage, à l'alimentation et à la gestion des déjections. ■

ÉMISSIONS PAR ATELIERS VOLAILLES

EN 2010 (en % des émissions totales du secteur avicole)



CONTRIBUTION DES PRODUCTIONS AUX ÉMISSIONS D'AMMONIAC DE L'ÉLEVAGE EN 2010



AMMONIAC

Les bovins génèrent près des deux tiers des 485 kilotonnes volatilisées en 2010.

Les émissions sont fonctions des caractéristiques de l'animal et de ses déjections.

Maîtriser l'ambiance ET LES DÉJECTIONS

Le bâtiment constitue le premier poste d'émissions d'ammoniac et de particules primaires des élevages. Activité des animaux, litière et mode d'alimentation sont les principales sources. Les leviers doivent être proposés en fonction de l'adaptabilité aux bâtiments existants.



L'essentiel des particules primaires et près de la moitié des émissions d'ammoniac des élevages sont générés au bâtiment, toutes espèces confondues.



Les émissions sont favorisées par l'activité des animaux, le mode d'élevage et les caractéristiques du bâtiment. Pour les filières porcines et avicoles, la volatilisation de l'ammoniac commence à être bien connue, ce qui est moins évident pour les émissions de particules. Quant aux bovins, les émissions restent assez mal appréhendées.

→ La majorité des particules primaires et près de la moitié des émissions d'ammoniac des élevages porcins, bovins et de volailles sont produites au bâtiment. Plusieurs facteurs en sont responsables : l'activité et l'alimentation des animaux, la litière, la gestion et la composition des effluents ainsi que les caractéristiques des bâtiments (taille, type de sol, gestion de l'ambiance).

Tout ce qui favorise l'activité des animaux génère davantage de particules primaires, d'autant plus sur litière. Globalement, plus l'animal est jeune et léger, plus son activité est importante : les bovins de moins de six mois, les porcelets et les poulets de chair

● Alimentation

Tout d'abord, adapter la ration au plus près des besoins de l'animal minimise les rejets et limite les émissions. Le levier principal reste le taux de protéines. Chez la vache laitière, une baisse de la teneur en MAT (matière azotée totale) de la ration de 18 à 12 % permettrait de réduire l'azote des urines d'environ un facteur quatre. Dans le cas des porcs, ce résultat s'obtient grâce à une alimentation biphasée ou triphasée.

● Maîtriser l'ambiance

L'enjeu est de trouver une solution efficace qui s'adapte aux bâtiments déjà existants. En élevage de porcs, le principal levier est le lavage de l'air,

avec 50 % de réduction sur l'ammoniac et plus de 80 % sur les particules primaires. Pour les volailles, l'ajout de bactéries diminue fortement les émissions.

● Gestion des effluents

L'objectif reste la vidange quotidienne du lisier. En volailles, les élevages de canards sur caillebotis peuvent être équipés d'un système de raclage journalier. Pour les porcs, les équipements de *flushing* ne peuvent pas toujours être installés dans les bâtiments et restent une charge économique et financière conséquente pour l'exploitation. C'est pourquoi le Bref IRPP recommande une vidange tous les quinze jours.

présentent les facteurs d'émissions de PM10 et PM2,5 les plus élevés par rapport à leur poids. Pour les volailles, la règle ne s'applique pas aussi simplement : les pintades par exemple se déplacent beaucoup en fin de bande et soulèvent d'importantes quantités

de poussières. Ensuite, la saison et la période de la journée influent aussi : chaleur et lumière sont plutôt propices à l'émission de particules. Même si les animaux bougent moins lors des saisons chaudes, l'augmentation de la ventilation participe à remettre

les particules en suspension, notamment dans le cas des élevages porcins. L'agencement du bâtiment joue aussi sur l'activité de l'animal : selon le guide de référence européen EMEP/EEA, pour les volailles, les systèmes de cage limiteraient davantage les émissions de particules primaires que les systèmes d'élevage au sol. Mais dans ce cas, la question du bien-être animal doit aussi être prise en compte.

GÉRER LES DÉJECTIONS POUR LIMITER L'AMMONIAC

Les émissions d'ammoniac vont être essentiellement fonction de l'agencement du bâtiment, de la litière et de la gestion des effluents. Plus les déjections restent en contact avec l'air libre, plus l'ammoniac se volatilise. Pour les volailles par exemple, les bâtiments avec une fosse profonde émettent davantage d'ammoniac que ceux permettant le séchage des fientes. ■

Avis d'expert

Nadine Guingand

Ingénieure d'études
« Qualité de l'air »
à l'Ifip-Institut
du porc



Raisonnement en fonction du stade physiologique

« Au bâtiment, la réduction des émissions porte principalement sur l'ammoniac : composé volatil polluant et odorant, il gêne aussi bien l'éleveur que ses voisins. Chaque stade physiologique de l'animal demande une attention différente : pour les porcs, ce sont les salles d'engraissement qui génèrent le plus d'émissions. »

Contenir les effluents ISSUS DU BÂTIMENT

Au stockage, le principal risque d'émission vient de la volatilisation de l'ammoniac, favorisée par la teneur en azote des déjections issues du bâtiment et leur exposition à l'air libre.



La couverture des fosses à lisier permet de réduire la volatilisation d'ammoniac.

Avis d'expert

Sandrine Espagnol

Ingénieure d'études à l'Ifip-Institut du porc



Raisonner conjointement bâtiment et stockage

« Le stockage est une étape de gestion très connectée au bâtiment. Pour atteindre une réduction des émissions de particules efficace à l'échelle de l'élevage, les deux postes doivent être raisonnés conjointement. Pour la production porcine, nous travaillons avec l'Inra sur des itinéraires globaux de gestion des effluents à partir des salles d'engraissement : lavage d'air, évacuation gravitaire, *flushing*, couverture des fosses et utilisation de chaudière à biogaz. Il existe aujourd'hui un levier dont l'efficacité est quantifiée : la couverture des fosses à lisier. Cette solution requiert l'utilisation d'une couverture commercialisée, rigide ou souple. Cependant, nous devons encore quantifier l'impact de cette technique sur les émissions de méthane afin d'avoir une connaissance de son efficacité globale dans la réduction des impacts climatiques, qu'ils soient liés à l'émission de particules ou de gaz à effet de serre. »



Couvrir les déjections

La couverture des effluents, qu'ils soient liquides ou solides, est primordiale dans la lutte contre les émissions d'ammoniac. Elle représente aujourd'hui le principal levier d'action pour les élevages porcins et avicoles : de 70 à 90 % d'émissions en moins lors d'un stockage de lisier. L'utilisation d'une couverture PVC diminue ainsi les émissions de 80 à 90 %. De plus, cette technique permet d'éviter la dilution dans l'eau de pluie des lisiers stockés. L'économie peut aller jusque 20 à 30 % de lisier en moins, ce qui réduit d'autant le volume à épandre.

Pour le lisier de bovins, la croûte naturelle qui se forme en surface peut constituer une protection également efficace. Elle offre une réduction des émissions d'ammoniac allant de 35 à 50 %.

Ces émissions sont en premier lieu corrélées avec l'importance

des cheptels respectifs. Elles dépendent de la composition des déjections, fortement influencée par la quantité d'azote ingérée par l'animal et le type de sol (système lisier ou système litière et type de litière utilisée au bâtiment). Lors du compostage par exemple, les références du Corpen indiquent qu'une litière paillée génère trois fois plus d'émissions d'ammoniac qu'une litière avec de la sciure. Les actions de réduction doivent donc être menées conjointement entre le bâtiment et le stockage afin de lutter efficacement contre ces pollutions.

L'AIR LIBRE FAVORISE LES DÉGAGEMENTS D'AMMONIAC

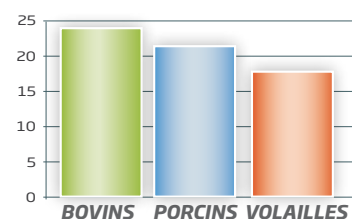
L'autre facteur déterminant des émissions d'ammoniac est le contact avec l'air libre. Durée de stockage et surface d'échange sont les deux critères à prendre en compte pour bien gérer l'impact du stockage sur l'environnement : plus les déjections sont laissées à

l'air libre, plus elles favorisent la volatilisation de l'ammoniac. Le document Bref IRPP montre qu'entre une fosse laissée à l'air libre et une fosse couverte les émissions sont six à sept fois supérieures. Pour les tas de fumier, même si le bâchage n'est pas obligatoire, le *Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage* rappelle que cette technique permet aussi de mieux gérer le taux de matière sèche et donc l'évolution du produit en cours, notamment pour les volailles.

GARDER L'ŒIL SUR LES POLLUTIONS PONCTUELLES

Enfin, le poste stockage reste une source de pollution ponctuelle et accidentelle. L'attention doit donc rester soutenue sur les risques d'infiltration : aucun fumier stocké sur une parcelle d'épandage ne doit être susceptible de s'écouler et toute fumière ou fosse à lisier doit être complètement imperméable. ■

CONTRIBUTION DU STOCKAGE AUX ÉMISSIONS D'AMMONIAC DES PRODUCTIONS ANIMALES EN 2010 (en % des émissions de la filière)



➔ Qu'ils soient liquides ou solides, les effluents d'élevage génèrent des dégagements d'ammoniac, plus ou moins importants en fonction des productions. En 2010, selon le Citepa, 25 % des émissions d'ammoniac des bovins étaient imputables au stockage, 18 % pour les volailles et 21 % pour l'élevage porcine.

Émissions d'ammoniac EN SURFACE

L'épandage des effluents est une étape fortement émettrice d'ammoniac. À l'inverse, le pâturage participe peu à cette volatilisation, mais les mécanismes restent encore mal connus.



En fonction du type d'effluent, liquide ou solide, les techniques d'épandage sont plus ou moins émettrices d'ammoniac. Une modification du temps de pâturage des animaux joue sur leur durée de présence dans les bâtiments où les émissions par animal sont plus fortes.

SOURCES

LEVIERS

● Techniques d'épandage

La réduction des émissions d'ammoniac à ce poste dépend de la durée entre l'épandage et l'enfouissement : plus celle-ci est courte, plus la réduction est importante. Au niveau des techniques d'épandage, le recours aux pendillards et aux sabots permet de diminuer les quantités, respectivement de 10 à 55 % et de 40 à 70 %. Si le fumier est retourné dans les quatre

heures qui suivent l'épandage, les émissions d'ammoniac sont réduites de 90 %. Dans le cas du lisier, le document technique Bref IRPP note une diminution de 80 %. S'il est incorporé dans les douze heures, le *Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage* rappelle que les émissions sont réduites de 60 à 70 %. Enfin, l'injection en surface ou en profondeur réduit la volatilisation de 50 à 90 %. La qualité de l'injection

dépend de l'état du sol : plus il est sec, moins l'injection est efficace. En prairies, l'utilisation de disques ou patins tranchants pour enfouir les effluents apporte une diminution de 75 à 95 %, selon le Corpen, mais induit toutefois une destruction partielle de la prairie en place. Dans tous les cas, il est indispensable de connaître les quantités épandues à l'hectare et de les introduire dans le plan de fumure des parcelles.

fois plus d'ammoniac qu'avec des pendillards, des injecteurs à disques ou à socs. Toutefois, le type de sol ou la pente peuvent parfois rendre impossible l'application de ces techniques. On estime que plus de 60 % du total des émissions se produisent le premier jour après épandage, d'où l'intérêt de raisonner au mieux l'organisation des chantiers pour incorporer ces produits dans les toutes premières heures après l'épandage. Ainsi, un fumier retourné douze heures après épandage génère trois fois plus d'émissions que s'il est retourné

dans l'heure. Pour l'épandage de lisier en bande, cette différence peut atteindre un facteur quatre.

LE PÂTURAGE, MAL CONNU

À l'inverse, les différents mécanismes d'émissions au pâturage sont mal connus. La source principale reste l'urine, ou pissat, qui s'infiltre rapidement dans le sol. Excrétés séparément des fèces contenant l'uréase nécessaire à la transformation de l'urée, ces rejets ne contribuent qu'à hauteur de 5 à 10 % des émissions d'ammoniac de l'élevage, alors

qu'elles représentent plus d'un quart de l'azote des déjections. Seule l'influence de l'espèce animale est aujourd'hui quantifiée : le guide européen EMEP/EEA (2009) indique que les truies et verrats génèrent trois fois plus d'émissions que les vaches laitières qui, elles-mêmes, émettent trois fois plus que les autres bovins. Concernant la durée de pâturage, l'ensemble du système est à considérer, car une modification du temps de pâturage joue sur le temps de présence des animaux au bâtiment, où les émissions par animal sont plus fortes. ■

L'épandage représente une des principales sources de volatilisation d'ammoniac en élevage, avec près de 40 % des émissions.

Selon les chiffres 2010 du Citepa, 72 % des émissions d'ammoniac lors de l'épandage sont imputables aux bovins, 17 % aux volailles et 10 % à l'élevage porcin.

ENFOUIR AU PLUS VITE

En fonction du type d'effluent, liquide ou solide, les techniques d'épandage sont plus ou moins émettrices. Pour le lisier par exemple, le Corpen montre que les épandages en plein et en ligne génèrent au moins deux

FACTEURS INFLUENÇANT LES ÉMISSIONS D'AMMONIAC

- Importance des cheptels
- Composition des déjections
- Type de sol des animaux

→ L'épandage génère à lui seul près de 40 % des émissions d'ammoniac de l'élevage. Cette volatilisation dépend de la nature et de la composition de l'effluent, de la dose et des techniques d'épandage, des conditions météorologiques, des propriétés du sol ainsi que du couvert végétal. Comme au stockage, plus les effluents restent au contact de l'air libre, plus les émissions augmentent.

Avis d'expert

Alicia Charpiot

chef de projet à l'Institut de l'élevage (Idele)



Faire un bilan azoté à l'échelle de l'exploitation

« Pour les élevages bovins, le bilan azoté devrait être effectué au niveau du système d'exploitation. La différence entre les entrées (animaux, concentrés, fourrages, engrais et organiques) et les sorties (lait, viande, céréales, fourrages, déjections...), ramenée à l'hectare de surface agricole utile (SAU), permet d'identifier les excédents d'azote au niveau de l'exploitation et, ainsi, le potentiel de pollution global et les économies à réaliser. Celui-ci présente l'avantage de réunir pollutions de l'air (NH_3 , NO_x , N_2O) et de l'eau (NO_3). »

Raisonner les leviers AVEC L'AGRONOMIE

TRAVAIL DU SOL

Le passage d'engins agricoles dans les champs constitue le principal poste d'émission de particules primaires. Le niveau des émissions varie selon la nature des travaux effectués et le matériel utilisé. Les conditions climatiques et le type de sol influencent également ce phénomène. La réduction du nombre de passages d'engins, les interventions sur sol légèrement humide et sans vent, la couverture des sols en hiver limitent les émissions.

FERTILISATION

L'épandage d'engrais azoté, minéral ou organique, génère des émissions d'ammoniac. Pour en réduire la volatilisation, plusieurs leviers existent. Les plus efficaces: la formulation et le dosage de l'engrais, les techniques d'apport et la prise en compte des conditions météorologiques lors de l'application et après l'apport.

SOURCES D'ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES ET D'AMMONIAC EN CULTURES



GESTION DES RÉSIDUS

Le brûlage est un poste émetteur de particules, essentiellement des PM2,5, fines et volatiles. La réglementation l'interdit sauf dérogations préfectorales.

RÉCOLTE

Avec le travail du sol, la récolte représente la principale source de particules primaires en culture. Le climat, la culture et la texture du sol sont les principaux facteurs influençant les émissions.

SÉCHAGE, STOCKAGE

Un volume de poussières atteignant jusqu'à 2% du poids manipulé peut être extrait des lots de grains par frottement. Au séchage, les enveloppes de graines se détachent et créent des pollutions visibles. Principale mesure recommandée: installer des systèmes de filtration sur les équipements.

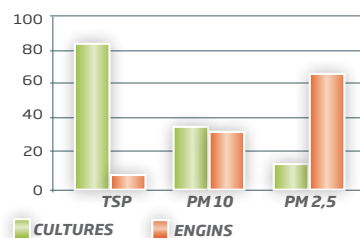
TRACTEURS

Les engins agricoles et sylvicoles émettent des particules provenant de la combustion du gazole ou du fuel mais aussi des poussières issues du travail du sol et de l'abrasion des freins et des pneumatiques. Depuis 1990, les émissions de particules primaires liées à l'abrasion augmenteraient de 4%, celles liées à la combustion seraient par contre en recul de 41%. Les engins agricoles ont émis en 2010 plus de 94 kt de NO_x, gaz précurseur de particules, soit l'équivalent de 38% des émissions des poids lourds à l'échelle nationale.

Les pratiques culturales sont responsables de l'essentiel des poussières totales émises par l'agriculture. Chaque année, ce sont plus de 400 kilotonnes de TSP qui sont générées lors des travaux au champ.

ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES EN 2010 AU CHAMP ET PAR LES ENGINES AGRICOLES

(% des émissions totales agricoles)



Particules (KT)	Cultures	Engins
TSP	417,1	41
PM10	26,5	24
PM2,5	3,4	16

Source: MEDDTL/CITEPA, format CEE-NU, janvier 2012

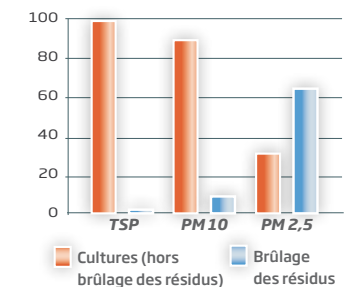
Les pratiques culturales au champ seraient à l'origine de 90% des émissions de poussières totales en agriculture. La part des PM10 est de 70% des émissions agricoles et celle des PM2,5 d'environ 80%, dont les deux tiers sont dus aux engins agricoles. Première action: réduire le nombre d'interventions. D'autres mesures préconisées s'appliquent en prenant en compte le type et l'état du sol. Elles ne doivent pas s'inscrire en contradiction avec les principes

agronomiques, comme récolter en conditions sèches, ou s'opposer à d'autres enjeux environnementaux en favorisant par exemple la compaction des sols, les émissions de protoxyde d'azote, le lessivage du nitrate... Les émissions lors du séchage et du stockage des récoltes sont estimées faibles si les équipements de filtration sont suffisants et opérants. Quant au poste fertilisation minérale, il représente à lui seul près du quart des émissions agricoles d'ammoniac.

22%
Contribution de la fertilisation minérale aux émissions agricoles d'ammoniac, soit 142 kt en 2010.

PART DU BRÛLAGE DES RÉSIDUS DANS LES ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES DES CULTURES EN 2010

(en % des émissions des cultures)



Source: MEDDTL/CITEPA, format CEE-NU, janvier 2012

Principale source de PARTICULES PRIMAIRES

De la préparation du sol à la récolte, le passage des engins agricoles génère des émissions de particules primaires. Elles sont d'autant plus élevées que les sols sont sensibles à l'érosion éolienne.



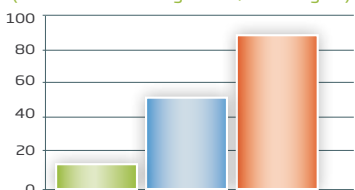
En conditions sèches, les émissions de particules PM10 et PM2,5 seraient multipliées par cinq.



FACTEURS INFLUENÇANT LES ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES

- Le passage fréquent d'engins
- Le vent
- La sécheresse
- Les sols nus

ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES AU CHAMP EN 2010 (% des émissions agricoles, hors engins)



Source : MEDDTL/CITEPA, format CEE-NU, janvier 2012

→ Tous les travaux au champ sont émetteurs de particules primaires, mais à des degrés divers. Un labour

le serait plus qu'un semis, lui-même générant plus de poussières que le passage d'un pulvérisateur. La taille des particules dépendrait elle aussi des opérations réalisées. Ainsi, les travaux de labour et de défrichage créent avant tout des particules grossières. Les passages de herse favorisent pour leur part le dégagement de particules

plus fines. Que contiennent ces particules ? Des minéraux pour 90 à 97 %, comme les oxydes de silicium, d'aluminium, de fer, de calcium, du quartz... Cette composition varie bien entendu en fonction des sols. La fraction organique de ces particules provient quant à elle de la dégradation des plantes,

émises. Lors des travaux de préparation du sol, les facteurs d'émission seraient cinq fois plus élevés en conditions sèches.

● **Couvrir les sols en hiver** Selon l'Inra, la présence d'une végétation permettrait de réduire jusqu'à 90 % les émissions de particules primaires par érosion éolienne. Cette préconisation rejoint la directive nitrates (dont l'objectif premier est d'éviter le lessivage du nitrate) qui impose, à compter de 2012, une couverture de 100 % des sols en hiver dans les zones vulnérables.

des particules végétales émises pendant la récolte, des fertilisants organiques (compost, fumier, déchets verts) ainsi que de la décomposition de la micro et de la macrofaune du sol. Ces mécanismes aboutissent à un mélange complexe de matière végétale et animale et peuvent parfois inclure des toxines bacté-

riennes et fongiques, des résidus de pesticides et d'antibiotiques. Le niveau des émissions varie également fortement en fonction de plusieurs facteurs : la texture et l'humidité du sol, le type et la vitesse de l'engin agricole utilisé, les itinéraires techniques (nombre de passages), l'espèce cultivée voire la variété... sans oublier les conditions climatiques.

INFLUENCE DU CLIMAT

Le vent contribue particulièrement à accroître les émissions en favorisant l'érosion à la fois par entraînement des particules et par dessèchement de la surface. Selon les experts, le sol s'éroderait dès que la vitesse du vent dépasse les 20 km/h. Et ce, d'autant plus qu'il est sec, non couvert par de la végétation et de nature argilo-limoneuse. Au final, selon les pédologues, peu de régions françaises seraient sensibles à l'érosion éolienne. La Limagne (en Auvergne) figurerait parmi les zones agricoles concernées par ce phénomène. ■

Avis d'expert

Elizabeth Pattey
Scientifique en micrométéorologie au Canada (AAFC)



Au Canada, l'érosion éolienne est le premier émetteur de particules

« Peu étudié en France, ce phénomène l'est en revanche largement au Canada puisque très fréquent. L'érosion éolienne représente alors près de 50 % des émissions primaires de particules contre 28 % dues à la préparation du sol, 16 % à la récolte des cultures et 1,3 % au brûlage. Bien sûr, cette action du vent dépend des caractéristiques des sols. Une plus grande couverture du sol permet de réduire ces émissions. »

Formulation et pratiques INFLUENT SUR LES ÉMISSIONS D'AMMONIAC

Les épandages d'engrais contribuent eux aussi à la présence de particules dans l'atmosphère mais de façon indirecte, via l'émission d'ammoniac. Des solutions existent pour limiter ces pertes.



Les épandages d'engrais azotés sont à privilégier lors des périodes de forte croissance des cultures pour favoriser une assimilation rapide.

Avis d'expert

Philippe Eveillard
Responsable agriculture, environnement et statistiques à l'Union des industries de la fertilisation (Unifa)



Communiquer sur les bonnes pratiques d'épandage

« L'Unifa travaille depuis plusieurs années déjà sur les émissions d'ammoniac. À l'échelle nationale, elles seraient responsables d'une perte de près de 600 000 tonnes d'azote dont 22 % sont liés aux engrais minéraux. Augmenter l'efficacité des engrais passe avant tout par une réduction de ces pertes. Depuis 2007, nous pilotons un programme d'essais pour comparer l'impact de différentes modalités sur ces émissions : épandage d'urée et d'ammonitrate sur des cultures de blé, orge et colza. Il est capital de communiquer sur les bonnes pratiques d'épandage comme le fait de tenir compte de la météo. L'avenir passera aussi par l'utilisation à plus grande échelle d'innovations : alors que les engrais enrobés devraient se développer, le premier inhibiteur d'uréase a été enregistré en 2010 dans le règlement européen sur les engrais minéraux. »

Pour l'impact des épandages d'engrais organiques, voir page 18.



FACTEURS INFLUENÇANT L'ÉMISSION DE NH₃

- Forme et dose d'engrais azoté
- Température
- pH et nature du sol

SOURCES

LEVIERS

Selon le Citepa, l'épandage de fertilisants minéraux était responsable de près de 22 % des émissions d'ammoniac en France en 2011.

d'engrais azoté apportée. Ainsi, plus l'engrais est riche en azote uréique (urée) ou ammoniacal, plus la volatilisation est forte. À l'inverse, l'azote nitrique des engrais ne se volatilise pas.

L'URÉE EN PREMIÈRE LIGNE

Le document de référence EMEP/EEA avance ainsi un facteur d'émission de 15 % de l'azote apporté sous

● La formulation

Les engrais contenant de l'azote nitrique génèrent jusqu'à 90 % d'émissions de NH₃ en moins comparé à un engrais uréique ou ammoniacal. Les risques de perte d'azote par lessivage de nitrate sont minimisés si les apports sont fractionnés pour correspondre aux périodes de plus forts besoins des plantes.

● Techniques associées

Les polymères d'enrobage de l'urée et les inhibiteurs d'uréase réduisent les pertes de 40 à 70 %. Leur usage est actuellement limité par leur coût.

● Positionnement

Épandre l'engrais avant le semis afin de l'incorporer dans les cinq à dix premiers centimètres du sol réduirait les pertes de 50 à 80 %. Il est aussi possible de localiser l'engrais en l'incorporant en ligne, par des coutres ou des disques, au moment du semis ou du désherbage, notamment sur maïs.

forme uréique, contre 8 % pour les solutions azotées (composées de 50 % d'azote uréique, de 25 %

● La culture

Adapter les apports d'engrais azotés aux besoins des plantes en calculant au plus juste la dose nécessaire et en épandant si possible lors de périodes de forte croissance végétale pour que l'assimilation soit rapide.

● Le sol

Éviter les sols compactés ou desséchés.

● Conditions météorologiques

Épandre sur une surface humide ou avant une pluie réduit les émissions de 50 %. Mais cette stratégie est limitée car elle favorise le lessivage du nitrate si la pluviométrie est forte et les émissions de protoxyde d'azote (N₂O), principal gaz à effet de serre émis par les sols agricoles. Les épandages sont à proscrire les jours de vent et de forte chaleur.

d'azote ammoniacal et de 25 % d'azote nitrique) et seulement 2 % avec les ammonitrates (composés

de 50 % d'azote ammoniacal et de 50 % d'azote nitrique). Ces valeurs augmentent avec la température. Les émissions liées à l'épandage d'autres engrais azotés minéraux sont généralement faibles, excepté pour le sulfate d'ammoniaque et le phosphate diammonique pour lesquels l'intensité des émissions s'avère très dépendante du pH, avec de fortes émissions sur les sols calcaires.

EFFET DU CLIMAT ET DU FRACTIONNEMENT DES APPORTS

Le levier d'action pour réduire les émissions d'ammoniac passerait-il donc uniquement par le choix de la forme d'azote? Non, car d'autres facteurs entrent en jeu comme les conditions climatiques, le calcul prévisionnel de la dose, le fractionnement des apports pour mieux répondre aux besoins des plantes, les méthodes d'application... ou encore, l'état et le pH du sol. ■

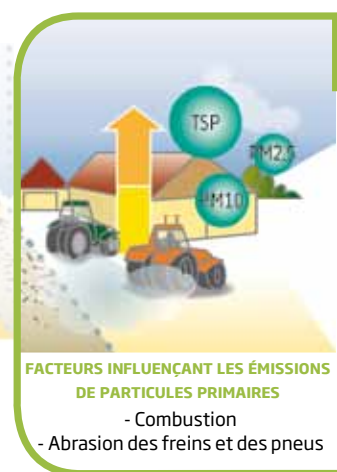
→ Qu'ils soient minéraux ou organiques, les engrais contenant de l'azote uréique ou ammoniacal libèrent de l'ammoniac (NH₃), précurseur de particules secondaires. Cette émission, appelée volatilisation, est un mécanisme physico-chimique qui se produit à l'interface entre le sol où l'engrais a été apporté et l'atmosphère. L'intensité de ce phénomène dépend avant tout de la forme

Des émissions à l'échappement, **MAIS PAS SEULEMENT**

Comme tous les engins motorisés, les tracteurs émettent des particules et des oxydes d'azote issus de la combustion du carburant. Depuis 1997, des normes européennes sont fixées pour réduire progressivement les taux de particules fines et de gaz polluants.



Pour réduire les suies de combustion et les particules issues d'abrasions, l'une des solutions serait d'adopter une conduite plus souple sur route.



SOURCES

LEVIERS

● **Développements technologiques**

Avec l'évolution des normes européennes, les motoristes ont réalisé des avancées technologiques conséquentes sur l'injection, la recirculation des gaz d'échappement, les filtres à particules, etc. Renouveler le parc matériel reste donc un levier efficace, mais aussi un investissement lourd.

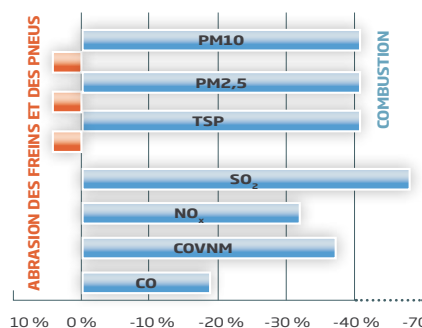
● **Économiser les déplacements et le carburant**

Plusieurs pistes sont envisageables : formations à la conduite économe, adaptation de la puissance du tracteur aux travaux réalisés, optimisation de la taille des parcelles, simplification des systèmes culturaux... L'objectif : réduire les particules issues à la fois de la combustion et des abrasions !

ÉMISSIONS DANS L'AIR DES ENJINS NON ROUTIERS DU SECTEUR AGRICOLE ET SYLVICOLE ENTRE 1990 ET 2010

Évolution sur vingt ans en % (graphique) et émissions en kilotonnes/an (tableau)

Les réductions d'émissions constatées sur vingt ans sont dues aux efforts sur les moteurs.



	1990	2010
SO ₂	15	5
NO _x	139	94
COVNM	39	25
CO	101	82
TSP	46	41
PM10	29	24
PM2,5	22	16

Source : MEDDTL/CITEPA, format CEE-NU, janvier 2012

➔ Les engins mobiles non routiers des secteurs agricole et sylvicole sont, en 2010, selon l'inventaire du Citepa, à l'origine de 6,6 % des émissions nationales de PM10, de 8,7 % des NO_x, de 2,9 % des composés organiques volatils non méthaniques et de 2,1 % du monoxyde de carbone. Les tracteurs n'émettent pas uniquement des particules à l'échappement : outre le travail du sol (voir page 22), l'abrasion des freins et les pneumatiques sont également générateurs de poussières. Ces autres particules sont naturellement différentes en taille et dans leur composition chimique des particules fines issues de la combustion. Elles représentent alors 65 % des émissions totales de PM10 des engins agricoles mobiles non routiers.

NORMES DRACONIENNES MAIS PROGRESSIVES

Afin de respecter les objectifs internationaux sur la qualité de

l'air, des seuils limites d'émission ont été définis. Ils fixent les valeurs maximales pour chacune des substances polluantes, en fonction de la puissance des moteurs. Ainsi, à compter de 2015, aucun tracteur commercialisé ne pourra émettre plus de 0,4 g/kWh de NO_x, 0,19 g/kWh d'hydrocarbures imbrûlés, 5 g/kWh de CO (3,5 pour les tracteurs de plus de 175 chevaux), et 0,025 g/kWh de particules fines. Une évolution drastique puisqu'en 2001, ces teneurs étaient respectivement de 9,2 g/kWh, 1,3 g/kWh, 6,5 g/kWh et 0,85 g/kWh pour les tracteurs de moins de 75 chevaux. Par ailleurs, depuis le 1^{er} novembre 2011, le gazole non routier, ou GNR, est devenu obligatoire pour les tracteurs. Celui-ci présente une teneur en soufre de 10 ppm, soit une concentration cent fois plus faible que celle du fuel, et permet de réduire les émissions de SO₂, précurseur de particules. ■

Avis d'expert

David Pereira

Chargé de mission sur les agro-équipements pour les chambres d'agriculture



Nous manquons de connaissances

« La problématique des émissions de particules par les tracteurs commence tout juste à être traitée.

Avec la crise énergétique de 2007, les organismes agricoles, dont les chambres d'agriculture, se sont concentrés sur les questions d'énergie. Si l'on souhaite maintenant limiter les émissions, le sujet doit être travaillé en profondeur. Tout d'abord au niveau de la recherche, car nous manquons de connaissances, mais également au niveau du terrain, pour que les leviers à mettre en œuvre soient pertinents et compatibles avec la réalité technico-économique d'une exploitation agricole. Le sujet est complexe car sur une ferme, la palette d'utilisation des tracteurs est large : transport routier, labour, pulvérisation... Ainsi, l'approche des motoristes n'est pas suffisante pour connaître précisément, dans la pratique, les émissions réelles. »

Récolte

Peu de SOLUTIONS

L'organisation de la récolte dépend en priorité du climat. Le moment le plus opportun pour intervenir se situe en conditions sèches or, cette situation météorologique favorise les émissions de particules primaires.



En conditions sèches, les émissions de particules primaires à la récolte seraient cinq fois plus élevées.

SOURCES

FACTEURS D'ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES

- Conditions sèches
- Texture et structure du sol
- Espèces

→ La récolte des cultures constitue, aux côtés du travail du sol, la principale source d'émissions de particules primaires : jusqu'à 7 kg/ha de PM10 et 0,1 kg/ha de PM2,5. Ces émissions varient considérablement dans les essais menés : selon les années, le climat,

le type de sol et la méthode d'analyse. Si la nature et la texture du sol influent sur la composition de ces particules, le climat affecte les quantités émises. En effet, en conditions sèches, les émissions seraient cinq fois plus élevées. Un constat difficile à contourner. Et pour cause, les moissons se font presque obligatoirement par temps sec pour récolter des cultures sèches et faciliter ainsi leur conservation et diminuer les coûts de séchage, notamment pour le maïs.

Alors comment agir ? Limiter la vitesse de la moissonneuse-batteuse ou opter, si possible, pour des conditions peu venteuses, apparaissent, là encore, comme des leviers d'action. Mais ils sont

GRADIENT D'ÉMISSION SELON LES ESPÈCES CULTIVÉES

Les études restent peu nombreuses sur l'émission de particules primaires à la récolte. Néanmoins, plusieurs essais tendent à montrer que, selon les espèces récoltées, les taux d'émission diffèrent. Un gradient semble exister. Ainsi, l'avoine serait plus « émettrice » de particules primaires que le blé. Suivraient l'orge, le seigle et l'herbe. La récolte de pommes de terre serait également émettrice de particules mais plus fines. Mais là encore, difficile de tenir compte de ces données pour bâtir un assolement.

à mettre en balance avec les impératifs des agriculteurs et le planning souvent très serré des récoltes : notamment si la pluie vient de temps à autre perturber les chantiers. ■

Séchage et stockage

Rejets d'air CHARGÉS

Manutentionnés, les grains récoltés génèrent des particules en quantité non négligeable. Au séchage, les enveloppes des graines se détachent et créent des pollutions visibles, les follicules, favorisées par le contact avec l'air chaud.



Émission de poussières au stockage et lors de la manipulation des grains.

SOURCES

LEVIERS

FACTEURS D'ÉMISSIONS DE PARTICULES PRIMAIRES

- Chargement et déchargement
- Manutention au stockage
- Follicules au séchage

- **Dans les installations de stockage et lors de la manutention du grain**
Équiper de systèmes de filtration les équipements de nettoyage et les circuits de manutention en différents points.
Capoter les circuits de manutention.
Nettoyer fréquemment les installations à l'aide de systèmes d'aspiration.
- **Dans les séchoirs**
Prénettoyer les grains.

→ Au silo, les points de chargement et de déchargement sont principalement identifiés comme les sources d'émission dans l'atmosphère. Un volume de poussières équivalant jusqu'à deux pour mille du poids manipulé peut être extrait des lots de grains mais aussi de granulés par un mécanisme de frottement. Lors du stockage, la

taille des particules émises est en lien direct avec la nature des produits stockés. Afin d'éviter le risque d'explosion de poussières combustible au stockage, des dispositions doivent être prises par les exploitants pour réduire le niveau d'empoussièrement des installations par captation et nettoyage.

AU SÉCHAGE : ENVOL DE FOLLICULES

À la récolte, les grains sont partiellement déshydratés dans des séchoirs afin d'assurer une bonne

conservation lors de la phase de stockage. Bien que souvent considéré comme un poste d'émission de particules fines, le séchage est principalement un poste d'émission de follicules de taille plus grossière. Celles-ci sont favorisées par le contact direct de la matière avec de l'air chaud lorsque les équipements de filtration sont insuffisants ou inopérants. 500 à 600 sites sur les 11 100 silos recensés en France disposent actuellement d'un ou plusieurs séchoirs. En raison de leur puis-

Séchage et stockage

sance de chauffe, ces séchoirs figurent sous la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées. La majorité de ces installations est soumise à déclaration. Néanmoins, une cinquantaine de sites est soumise à autorisation selon leur activité de séchage. De fait, ces sites relèvent des règlements relatifs à la prévention des risques d'incendie. Un document intitulé « *Sécurité des séchoirs de grains, guide à l'intention des inspecteurs des installations classées version 2010* » a été réalisé en conséquence. ■

Avis d'expert

Rémi Pléau

Union services
Coop de France



Difficile de mesurer les émissions en milieu ouvert

« Pour limiter l'émission de poussières au stockage et de follicules de grains au séchage, il faut travailler sur le poste de filtration.

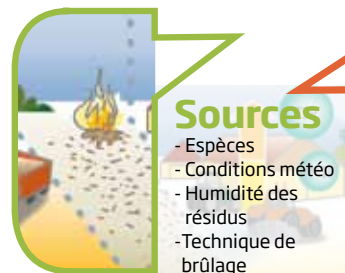
Les émissions de particules issues de la manutention des grains en milieu ouvert (poste de chargement ou de déchargement) ou à la sortie des séchoirs ne sont pas mesurables par des méthodes standardisées. Des méthodes de mesure de ces rejets sont donc à mettre au point. »

Brûlage des résidus

Interdit

SAUF DÉROGATION

Le brûlage des résidus serait responsable de plus de 60 % des émissions de PM_{2,5} provenant des cultures hors engins agricoles.



Sources

- Espèces
- Conditions météo
- Humidité des résidus
- Technique de brûlage

Leviers

● Si autorisation préfectorale

- Combustion lente et complète des déchets
- Technique du *backfire*

claire : cette pratique est interdite sauf dérogation préfectorale, pour des raisons agronomiques ou sanitaires avant tout. Une circulaire ministérielle, du 18 novembre 2011, rappelle d'ailleurs le contenu exact de la loi. Il est par exemple demandé aux préfets « d'intégrer l'enjeu de la qualité de

l'air et d'adapter ces pratiques le cas échéant ». En effet, le brûlage est un poste émetteur de particules, essentiellement des PM_{2,5}, fines et volatiles. Les quantités émises varient selon les conditions météorologiques, l'humidité des résidus et la technique de brûlage utilisée. Pour réduire les émissions de particules, il s'avère capital d'assurer une combustion lente et complète des déchets. À ce titre, la technique du *backfire* qui implique de faire démarrer le feu contre le sens du vent, donnerait de bons résultats. ■

Perspectives

Adopter les mesures ENVIRONNEMENTALES DÉJÀ ÉPROUVÉES

La réduction des émissions de particules primaires et de précurseurs en agriculture doit être conçue dans le cadre d'une approche environnementale plus globale au niveau de l'exploitation agricole.

➔ À ce jour, le problème des particules atmosphériques n'est pas réellement pris en compte dans le domaine de l'agriculture. Cependant, certaines pratiques ayant d'autres motivations agronomiques ou environnementales ont d'ores et déjà un effet bénéfique sur les émissions de particules. C'est bien évidemment le cas des méthodes visant à limiter les émissions d'ammoniac pour conserver l'azote et minimiser l'impact sur la qualité de l'air.

DES MESURES ENVIRONNEMENTALES CONNUES

Au bâtiment d'élevage, l'optimisation de l'alimentation animale, déjà largement répandue pour les élevages avicoles et porcins, permet de limiter à la source les pertes d'azote. De même, le traitement de l'air des bâtiments d'élevage agit à la fois sur les émissions d'ammoniac et de particules primaires. La couverture

des fosses à lisier réduit directement les émissions d'ammoniac au stockage. Diverses méthodes d'épandage des effluents organiques et de formulation adaptée des engrais minéraux peuvent être mises en œuvre. Des conseils figurent dans le *Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage* du RMT Élevage et Environnement ainsi que dans le document européen Bref IRPP pour les élevages porcins et avicoles. Pour les bovins, l'augmentation du temps de pâturage est aussi une voie d'amélioration.

Certaines pratiques culturales déjà largement utilisées limitent les émissions de particules primaires, telles que les techniques de travail réduit du sol ou la couverture hivernale des terres, incluant l'implantation de cultures pièges à nitrates. Dans les silos, la filtration de l'air fait partie des pratiques mises en œuvre pour limiter les risques d'explosion de poussières.



DES LEVIERS CIBLÉS, PARFOIS DIFFICILES À METTRE EN ŒUVRE

Agir à la source des émissions depuis les cultures se révèle souvent délicat. Adapter ses pratiques aux conditions météorologiques permet de réduire les émissions, mais peut être difficile à mettre en œuvre compte tenu des multiples autres contraintes telles que le calendrier de travail ou les exigences techniques. Par exemple, travailler le sol lorsqu'il est humide est un bon moyen de réduire les émissions, mais ce n'est pas toujours praticable. L'installation d'un système de filtration dans les aires de manutention ou dans les bâtiments d'élevage bovin n'est pas évidente : ces activités sont conduites dans des bâtiments relativement ouverts. Néanmoins, les recommandations pourront évoluer. ■

Avis d'expert Thomas Eglin



Chargé de mission air et sol - Service agriculture et forêt

ADEME

Établir un diagnostic sur l'exploitation, identifier les synergies

« Les techniciens agricoles ne disposent pas, aujourd'hui, de référentiels sur la question des particules. Pourtant, la contribution de l'agriculture aux émissions est importante. Pour accompagner une exploitation afin de réduire les émissions, la première étape consiste à lister les sources potentielles. Dans un deuxième temps, il s'agit d'identifier les synergies possibles avec d'autres problématiques et les pratiques afférentes comme le travail du sol réduit, les cultures intermédiaires, les méthodes de limitation des émissions d'ammoniac, le lavage/filtration de l'air en bâtiment... Là où les actions se révèlent gagnantes-gagnantes, l'objectif est de maintenir, voire de renforcer les efforts sur ces postes. Enfin, sur les autres sources, identifiées plus difficiles, l'essentiel est d'intervenir progressivement en identifiant quelques pistes et en veillant à ne pas créer de transferts de pollution. »

LES PRATIQUES RECOMMANDÉES

Catégorie	Pratique utilisable	NH ₃	PM	Opportunités et difficultés
Culture	Travail du sol simplifié.	?	↘	Augmentation de la teneur en matières organiques du sol, émissions de N₂O .
	Couverture du sol en interculture.	?	↘↘	Rejoint les bonnes pratiques agricoles.
Fertilisation	Mieux prendre en compte la météo.	↘	↘	Mise en œuvre délicate. Besoin d'adapter la prévision météo.
	Usage d'engrais nitriques ou urée enrobée.	↘	?	Coût. Stockage des ammonitrates très réglementé.
Bâtiment	Calcul prévisionnel de la dose et fractionnement des apports.	↘		
	Optimisation de l'apport alimentaire.	↘	?	Marges de progrès faibles en élevages porcins et avicoles.
	Augmentation du temps au pâturage.	↘	↘↘	Choix de système de production.
Stockage	Dépoussiérage et filtration de l'air.	↘↘	↘↘	Coût et technicité.
	Couverture des fosses.	↘↘		Rejoint les bonnes pratiques agricoles. Coût et pas toujours possible sur fosse existante.
Épandage	Usage de matériels limitant les émissions NH ₃ (pendillards, injection).	↘	?	Risques d'augmentation des émissions de N ₂ O et de particules primaires.
	Choix des périodes et dates d'épandage.	↘	↘	Dépend de l'organisation du travail, de la météo et des périodes d'interdiction d'épandage.

Source : synthèse bibliographique Inra sur la contribution de l'agriculture à l'émission de particules vers l'atmosphère

Perspectives

Améliorer les CONNAISSANCES

Principal objectif : mesurer et réduire les incertitudes sur les émissions de particules dans les conditions réelles d'élevage, de climat et de sol afin de définir les solutions les plus adaptées.

➔ Peu de références sont actuellement disponibles sur les émissions de particules des cultures et de l'élevage et elles ne distinguent pas toujours la part des particules qui se redéposent à proximité des lieux d'émissions.

La priorité est donc d'acquérir de nouvelles références expérimentales sur les émissions de particules en conditions réelles des pratiques agricoles et de mieux estimer leur contribution à la pollution de l'air. Ces mesures doivent couvrir le panel des principales pratiques de culture ou d'élevage et les conditions pédoclimatiques dans lesquelles elles s'appliquent. Sur cette base, des méthodes de mesure simplifiées et des indicateurs permettront d'évaluer directement au sein des exploitations le potentiel des actions de réduction et de l'extrapoler à l'échelle régionale.

DES OUTILS À CRÉER

Le transfert de ces connaissances vers les professionnels de l'agriculture et de l'élevage nécessitera

des outils d'aide à la décision fondés sur des références, des modèles simples et des règles de décision à l'échelle de chaque poste (champ, bâtiment, stockage...) et de l'exploitation. Ces outils devront aussi prendre en compte les risques de synergies et d'antagonismes avec d'autres problématiques environnementales (effet de serre, ammoniac, pollution des eaux). Ils pourront être complétés par une prévision agrométéorologique qui intègre les effets spécifiques des conditions pédoclimatiques sur les émissions de particules, en particulier au champ.

Mais la mise en œuvre de ces méthodes et l'évaluation des potentiels de réduction des émissions ne pourront être efficaces que si l'on dispose d'informations suffisantes sur les pratiques. Les liens avec les organismes agricoles permettront de proposer des solutions en phase avec la situation actuelle et les contraintes technico-économiques. ■

LES PISTES DE RECHERCHE

- Mieux connaître les processus et les facteurs d'émissions associés aux pratiques agricoles françaises. L'objectif est d'identifier des moyens de réduction en adéquation avec les contraintes techniques et économiques des exploitations.
- Développer les techniques de réduction existantes en les intégrant dans une gestion globale à l'échelle de l'exploitation afin d'éviter les transferts de pollution entre postes ou sur d'autres polluants.
- Développer des dispositifs d'aide à la décision :
 - Prévision à court (2-3 jours) et moyen terme (10-15 jours) pour décider de la date des opérations au champ (épandage, travail du sol)
 - Outils d'aide à la décision à différentes échelles (exploitation, bassin-versant, région, filière).

Glossaire et références

→ SIGLES ET TERMES

CO: Monoxyde de carbone

COV: Composés organiques volatils

Facteurs d'émission: un facteur d'émission est un coefficient multiplicateur qui permet de calculer la quantité de polluant émise du fait d'une activité humaine.

Meilleures techniques disponibles ou MTD: stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. Pour les grands élevages porcins et avicoles, les MTD sont décrites dans le document de référence **BREF IRPP**

NH₃: Ammoniac

NO_x: Oxydes d'azote

PM_{2,5}: Particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm

PM₁₀: Particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm

SO₂: Dioxyde de soufre

TSP: Particules totales en suspension

→ RÉGLEMENTATION

Consulter les accords internationaux sur www.unece.org:

- Protocole à la convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique.

Consulter les règlements européens sur <http://eur-lex.europa.eu/fr/index.htm>:

- Directive "Qualité de l'air" (2008/50/CE).
- Directive NEC (National Emission Ceilings - 2001/81/CE).
- Directive IED (ex-IPPC) (Industrial Emission Directive - 2010/75/UE).

Consulter les règlements nationaux sur www.legifrance.gouv.fr:

- Loi « Grenelle 2 » n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant

engagement national pour l'environnement.

- Arrêté du 31 août 2008 relatif à la déclaration des émissions polluantes et des déchets.
- Arrêté du 8 juillet 2003 relatif au programme national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA).
- Décret du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air.
- Décret n° 2011-678 du 16 juin 2011 relatif aux schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE).
- Décret n° 2001-449 du 25 mai 2001 relatif aux plans de protection de l'atmosphère (PPA) et aux mesures pouvant être mises en œuvre pour réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique.

Consulter les plans d'actions nationaux sur www.developpement-durable.gouv.fr:

- Plan national santé environnement 2009-2013 - Des actions concrètes pour la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement.
- Plan Particules - Des mesures nationales et locales pour améliorer la qualité de l'air.

→ RÉFÉRENCES

- Synthèse bibliographique sur la contribution de l'agriculture à l'émission de particules vers l'atmosphère : Identification de facteurs d'émission. Rapport ADEME/Inra, Faburé J., *et al.* 2011.
- Synthèse des connaissances sur les particules en suspension dans l'air et des travaux d'AirParif sur ces polluants. AirParif, 2008.
- Health Risks of Particulate Matter From Long-Range Transboundary Air Pollution. World Health Organization, 2006.
- A Methodology to Assess Environmental Pesticide Pollution During Vine Spraying. Communication au colloque STIC Environnement 2009. Sinfort C. *et al.*, 2009.
- BREF IRPP - Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs. Commission européenne, 2003.
- EMEP/EEA, 2009. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. www.eea.europa.eu
- Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage, RMT Élevages et Environnement, Guingand N., Aubert C., Dollé J.-B., 2010.
- Les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre en agriculture. Corpen, 2006.

→ ORGANISMES

- **Arvalis - Institut du végétal:** organisme de recherche appliquée au service des systèmes de production en grandes cultures. www.arvalis-infos.fr
- **AAFC :** Agriculture and Agri-Food Canada. www.agr.gc.ca
- **Citepa:** Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique. Missionné par le ministère de l'Écologie, le Citepa assure la réalisation des inventaires nationaux d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre conformément aux engagements communautaires et internationaux de la France. www.citepa.org
- **Chambres d'agriculture:** réseau de conseillers agricoles présents sur tout le territoire et couvrant toutes les filières agricoles. www.chambre-agriculture.fr
- **Corpen:** Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Ce comité élabore et diffuse des recommandations contribuant à la réduction des pollutions et permettant une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux. Depuis 2011, le Comité NPC a pris la suite du Corpen.

- **Coop de France:** organisation professionnelle unitaire de la coopération agricole, regroupée avec InVivo au sein de l'Alliance des coopératives agricoles. www.acooa.coop.
- **Idele:** Institut de l'élevage spécialisé dans la recherche appliquée et le développement au service des filières herbivores : bovins, ovins, caprins, équins. www.idele.fr
- **Ifip-Institut du porc:** organisme de recherche appliquée au service de la filière porcine. www.itp.asso.fr
- **Ineris:** Institut national de l'environnement industriel et des risques. www.ineris.fr
- **Inra:** Institut national de la recherche agronomique. www.inra.fr
- **Irstea:** Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. www.irstea.fr
- **Itavi:** Institut technique de l'aviculture spécialisé dans le développement et la recherche appliquée avicole, cunicole, palmipède gras et gibier. www.itavi-asso.fr
- **Unifa:** Union des industries de la fertilisation. www.unifa.fr

Remerciements

LES MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE

Sophie Agasse (APCA)
Jimmy Annet (MAAPRAT)
Claude Aubert (ITAVI)
Hacina Benahmed (MAAPRAT)
Pierre Cellier (INRA)
Alicia Charpiot (IDELE)
Isabelle Derville (MEDDTL)
Marc Durif (INERIS)
Laurence Galsomies (ADEME)
Nadine Guingand (IFIP)
Romain Joya (CITEPA)

LES EXPERTS AYANT PARTICIPÉ À LA RÉDACTION

Sandrine Espagnol (IFIP)
Philippe Eveillard (UNIFA)
Cédric Garnier (ADEME)
Stéphanie Lacour (IRSTEA)
Elisabeth Pattey (AAFC)
David Pereira (APCA)
Rémi Pléau (Coop de France)
Olivier Favez (INERIS)

LES EXPERTS AYANT PARTICIPÉ À LA RELECTURE

Carole Bedos (INRA)
Jean-Pierre Cohan (ARVALIS)
Sophie Générumont (INRA)
François Laurent (ARVALIS)
Afsanneh Lellahi (ARVALIS)
Benjamin Loubet (INRA)
Étienne Mathias (CITEPA)

LE COMITÉ NPC

Avis consultable sur www.ademe.fr

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. Elle 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, 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. www.ademe.fr.



Les émissions agricoles de particules dans l'air État des lieux et leviers d'action

La pollution de l'air est un enjeu prioritaire en raison de ses effets néfastes sur la santé et sur l'environnement. L'agriculture, comme les autres secteurs d'activité, contribue à l'émission de particules fines dans l'atmosphère. Selon le Centre interprofessionnel d'étude de la pollution atmosphérique (Citepa), elle serait responsable, en 2010, de 48 % des émissions de particules totales et de 97 % des émissions d'ammoniac. Ce gaz est considéré comme un précurseur de particules secondaires qui se forment après condensation de plusieurs composés chimiques présents dans l'air. Si les travaux au champ sont identifiés comme la principale source de particules primaires, l'élevage émet près de 77 % de l'ammoniac d'origine agricole.

Cette brochure s'inscrit dans le cadre du Plan Particules qui vise une réduction de 30 % des particules fines (PM_{2,5}) dans l'air d'ici à 2015. Elle présente poste par poste l'état des connaissances sur les émissions d'origine agricole et identifie des techniques moins émettrices, que ce soit pour les cultures ou pour l'élevage. À ce jour, la priorité est de sensibiliser le monde agricole aux enjeux liés aux particules mais aussi de mettre en place des leviers déjà éprouvés qui agissent sur d'autres problématiques environnementales et s'inscrivent en lien avec les contraintes agronomiques et d'élevage.



En partenariat avec



ADEME
20 avenue du Grésillé - BP 90406
49004 Angers cedex 01

www.ademe.fr

