



HAL
open science

Cadrage de l'ESCo - Cadrage réglementaire : Qualification et régime juridique des matières fertilisantes d'origine résiduaire

Sabine Houot, Marie-Noëlle Pons, Marilys Pradel, Claire Etrillard, Sylvie Lupton, Anaïs Tibi

► To cite this version:

Sabine Houot, Marie-Noëlle Pons, Marilys Pradel, Claire Etrillard, Sylvie Lupton, et al.. Cadrage de l'ESCo - Cadrage réglementaire : Qualification et régime juridique des matières fertilisantes d'origine résiduaire. DEPE; ESCo_10-MAFOR. Chapitre 1. 2014. hal-02801208

HAL Id: hal-02801208

<https://hal.inrae.fr/hal-02801208>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Expertise scientifique collective INRA-CNRS-Irstea

Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier

Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques

Rapport d'expertise – version finale

Sous la direction scientifique de : Sabine Houot, Marie-Noëlle Pons, Marilys Pradel

Octobre 2014

Responsables scientifiques :

Sabine Houot – INRA, département Environnement et Agronomie, unité Environnement et grandes cultures

Marie-Noëlle Pons – CNRS, Université de Lorraine, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés

Marilys Pradel – Irstea, Unité de recherche Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes

Contacts:

Sabine Houot, co-responsable scientifique de l'étude, INRA : sabine.houot@grignon.inra.fr

Marie-Noëlle Pons, co-responsable scientifique de l'étude, CNRS : marie-noelle.pons@univ-lorraine.fr

Marilys Pradel, co-responsable scientifique de l'étude, IRSTEA : marilys.pradel@irstea.fr

Anaïs Tibi, chef de projet INRA-DEPE : anaïs.tibi@paris.inra.fr

Directeur de la publication :

Bertrand Schmitt – INRA, Directeur de la délégation à l'Expertise scientifique, à la Prospective et aux Etudes (DEPE)

Le rapport d'expertise a été élaboré par les experts scientifiques sans condition d'approbation préalable par les commanditaires, l'INRA, le CNRS ou Irstea.

Pour citer ce document :

Sabine Houot, Marie-Noëlle Pons, Marilys Pradel, Anaïs Tibi (coord.), Christine Aubry, Laurent Augusto, Rémi Barbier, Pierre Benoît, Hubert Brugère, Marc-Antoine Caillaud, Magali Casellas, Alexandra Chatelet, Patrick Dabert, Sybille De Mareschal, Isabelle Doussan, Claire Etrillard, Jacques Fuchs, Sophie Générmont, Laure Giamberini, Arnaud Hélias, Emilie Jardé, Sophie Le Perchec, Sylvie Lupton, Nicolas Marron, Safya Ménasseri, Alain Mollier, Christian Morel, Christian Mougín, Christophe Nguyen, Virginie Parnaudeau, Dominique Patureau, Anne-Marie Pourcher, Guido Rychen, Isabelle Savini, Erik Smolders, Edward Topp, Laure Vieublé, Catherine Viguié, 2014. *Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier, impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques*. Expertise scientifique collective, rapport, INRA-CNRS-Irstea (France) 930p.

Une synthèse et un résumé de l'expertise sont disponibles sur le site web institutionnel de l'INRA (www.inra.fr).

Sommaire du rapport

Avant-propos.....	3
Chapitre 1. Cadrage de l'ESCO.....	9
Chapitre 2. Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des Mafor.....	115
Chapitre 3. Effets agronomiques attendus de l'épandage des Mafor sur les écosystèmes agricoles.....	323
Chapitre 4. Conséquences de l'épandage de Mafor en termes de contamination de l'environnement.....	568
Chapitre 5. Spécificité des forêts et des plantations forestières en termes de conséquences de l'épandage de Mafor.....	773
Chapitre 6. Méthodes d'évaluation environnementales des effets de l'épandage des Mafor.....	804
Chapitre 7. Dimensions économique et sociotechnique de l'épandage des Mafor.....	833
Chapitre 8. Synthèse des principaux résultats de l'ESCO par grands types de Mafor.....	908
Chapitre 9. Besoins de recherche et d'études complémentaires.....	924
Chapitre 10. Présentation et analyse bibliométrique du corpus cité dans l'ESCO (à venir).....	924

Avant-propos

1. La demande d'expertise

1.1. Contexte de la demande

Si le retour au sol des déjections animales est une pratique agricole multiséculaire, ce mode de fertilisation organique a évolué à mesure des évolutions des systèmes et des conduites d'élevage. Au cours du 20^e siècle, il a surtout été complété, voire supplanté selon les systèmes de production et les régions, par le recours aux engrais minéraux en vue d'un apport maîtrisé des trois éléments fertilisants de base que sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Plus récemment, s'y sont ajoutées des matières fertilisantes d'origine résiduaire, provenant de diverses autres filières de traitement des effluents et déchets (eaux usées urbaines, ordures ménagères, effluents industriels...). Dans un contexte où se combinent volontés de réduction des volumes de déchets générés et de recyclage de ceux-ci, le renchérissement des coûts de l'énergie nécessaire à la fabrication des engrais azotés de synthèse, la raréfaction des ressources minières notamment de phosphore et la dégradation des taux de matière organique des sols renforcent l'intérêt du réemploi en agriculture de la partie organique de nos déchets.

L'Ademe a estimé ainsi à 355 millions de tonnes la quantité de déchets générés par les activités humaines (domestiques et industrielles) en France en 2009. L'agriculture et la sylviculture sont, de leur côté, responsables de la production de 374 millions de tonnes d'effluents d'élevage (fumiers, lisiers) et de résidus de culture, le plus souvent valorisés sur site. Ces quantités, stables depuis la dernière décennie, situent la France dans la moyenne des pays européens en termes de quantité de déchets générés par personne et par an. Le "gisement" de matières fertilisantes d'origine résiduaire, que nous appellerons ici "Mafor", apparaît donc conséquent et en mesure de se substituer au moins en partie aux engrais minéraux.

Le recours à ces matières d'origines, et donc de natures, très diverses ne va cependant pas sans poser question. Tout d'abord, associant diversement les trois éléments de base N, P et K, elles sont moins souples d'utilisation que les engrais minéraux dont l'agriculteur connaît *a priori* la composition précise en éléments fertilisants. L'épandage de telles matières peut en outre faire l'objet de réticence, voire de rejet, de la part de leurs utilisateurs potentiels, notamment quand ceux-ci n'en sont pas directement producteurs, et/ou de la part des populations vivant à proximité. Plus préoccupants sont les impacts environnementaux que l'usage de ces Mafor peut engendrer. Ceux-ci sont de plusieurs types. L'épandage de Mafor peut se traduire par des fuites d'azote dans l'environnement constituant une source de pollution, phénomène en partie étudié dans le cadre de l'ESCo "Elevage et azote" pour ce qui concerne les effluents d'élevage des régions à forte concentration de productions animales (INRA, 2012). Compte tenu de la nature résiduaire des Mafor, elles sont également susceptibles d'apporter aux sols un ensemble de contaminants (pathogènes, organiques et minéraux) qui peuvent s'y accumuler et être transférés aux plantes qui s'y développent et aux animaux qui les ingèrent. La plupart de ces contaminants pouvant présenter un danger pour la santé humaine, les autorités publiques se doivent de rester vigilantes sur les risques de leur transfert à l'homme *via* les usages, agricoles ou forestiers, des Mafor. De ce point de vue, trois grandes filières aux enjeux différents peuvent être distinguées. Si toutes les Mafor sont susceptibles d'apporter au sol des contaminants chimiques, les matières issues des exploitations agricoles, principalement constituées d'effluents d'élevage, et les matières issues du traitement des eaux usées urbaines contiennent de la matière fécale. Elles sont donc susceptibles d'apporter au sol des microorganismes pathogènes. Ce type d'apports ne concerne pas les déchets d'origine industrielle ou ménagère.

1.2. Questions posées à l'Inra, au CNRS et à Irstea

L'épandage de Mafor à des fins d'usages agricoles ou forestiers ne peut ainsi être envisagé que si elles améliorent la fertilité et les propriétés du sol, et si les risques qui y sont associés sont "acceptables" ou "maîtrisables" aussi bien au niveau des parcelles ainsi amendées que de leur environnement (compartiments sol, eau et air, biodiversité) et des caractéristiques sanitaires des produits qui en sont issus. Face à la diversification des matières susceptibles d'être épandues sur les sols agricoles et forestiers et aux divers traitements que les matières brutes peuvent subir avant leur épandage (compostage, digestion lors de méthanisation, chaulage...), les questions posées par l'évaluation des bénéfices et des risques associés à l'utilisation de Mafor deviennent légitimes et les réponses que l'on peut y apporter, sont nécessairement complexes. En conséquence, les autorités françaises souhaitent disposer d'éléments scientifiques les plus solides possibles permettant de maîtriser au mieux et de réguler, si nécessaire, la valorisation et l'utilisation de matières fertilisantes d'origine résiduaire.

En vue d'améliorer leurs connaissances sur les bénéfices agronomiques des Mafor et les impacts en termes de contaminations potentielles des écosystèmes induites par leur épandage, les Ministères français en charge de l'agriculture et de l'écologie ont saisi fin 2012 l'Inra, le CNRS et Irstea pour réaliser une expertise scientifique collective (ESCO) sur les effets de l'épandage de Mafor. L'objectif de cette analyse des connaissances scientifiques les plus à jour est, pour les autorités compétentes, de faire évoluer, le cas échéant, les critères sur lesquels fonder la mise à disposition de ces matières pour la fertilisation des sols agricoles et forestiers, ainsi que les règles encadrant leur épandage.

Le but de l'ESCO est donc de fournir aux pouvoirs publics, dans la mesure où la littérature scientifique le permet, un bilan des effets de l'épandage de Mafor sur sols agricoles et forestiers, en envisageant ces effets, à court et à long termes, sur les plans agronomiques et environnementaux et en tenant compte des intérêts, contraintes et conséquences économiques et sociales de leur usage en agriculture. Les autres voies possibles de valorisation/élimination des matières d'origine résiduaire (incinération, mise en décharge...) n'ont pas fait l'objet d'une analyse bibliographique spécifique dans l'ESCO, mais elles doivent être gardées à l'esprit si l'on souhaite raisonner la valorisation agricole au regard des voies alternatives d'élimination des déchets.

L'application au sol de Mafor pose bien sûr la question des **risques potentiels, notamment sanitaires, associés à cette voie de valorisation**. La commande d'ESCO n'incluait pas d'évaluation des risques sanitaires et se limite à un état des connaissances sur les différents types d'effets agronomiques et environnementaux identifiés. Les effets éventuels de l'application au sol des matières sur la santé humaine ne sont donc pas traités, étant donnée l'ampleur des analyses nécessaires à l'évaluation de ces impacts et parce qu'ils ne sont pas au centre des compétences thématiques des trois instituts saisis. Une telle évaluation des risques pour la santé humaine, qui fait l'objet d'une saisine de l'Anses, a vocation à compléter les résultats obtenus ici et devrait être menée dans les suites de ce travail. Dans ce cadre, l'ESCO s'en tient donc à l'examen des teneurs en éléments indésirables dans les matières premières agricoles, aux effets écotoxicologiques sur la faune et la flore sauvages et aux flux entre les compartiments des écosystèmes.

1.3. Définitions préliminaires et champ de l'ESCO

Dans le cadre de l'expertise, l'ensemble des matières d'origine résiduaire susceptibles d'être épandues dans un but de fertiliser et/ou amender les sols ont été prises en compte, et ont été désignées pour plus de lisibilité sous l'acronyme "Mafor".

Cet acronyme recouvre une large diversité de matières, notamment :

- les effluents d'élevage (bruts ou traités),
- les boues issues du traitement des eaux usées urbaines ou domestiques,
- les matières, eaux et boues d'épuration issues des industries agro-alimentaires, papetière, pétrolière, textile, chimique...,
- les boues issues des opérations de potabilisation de l'eau,
- les composts de déchets verts, de déchets ménagers, de déchets organiques issus des activités industrielles ou domestiques (biodéchets),

- les digestats de méthanisation (compostés ou non),
- les cendres, en particulier issues des installations de combustion de biomasse à vocation énergétique,
- les sédiments dragués en milieu fluvial,
- les matières issues de la pyrolyse de certains déchets (biochars).

Cette liste très large ne présume en rien de la capacité de la littérature scientifique existante à renseigner toutes les questions posées à l'ESCO pour chaque matière.

Dans le cas particulier des effluents d'élevage (déjections des animaux éventuellement mélangées à de la litière), les déjections directement émises au champ par les animaux, non récupérables (environ 50 % de la totalité des effluents), ne sont pas considérées comme des Mafor car elles ne sont pas "épandues" au sens strict (c'est-à-dire par l'Homme). Ces apports "non maîtrisés" de déjections constituent néanmoins un élément contextuel à prendre en compte dans toute réflexion globale sur la gestion des Mafor dans les pratiques de fertilisation des sols agricoles, et sur l'encadrement des pratiques d'épandage : au même titre que les déjections récupérables, ils sont susceptibles d'apporter des éléments fertilisants et de la matière organique, mais également d'être vecteurs de contaminants.

L'analyse bibliographique réalisée dans l'ESCO est centrée sur les situations d'épandage sur sols agricoles (incluant les prairies) et forestiers (forêts, plantations, taillis). L'utilisation de Mafor chez les particuliers, dans les espaces verts des collectivités et sur les sols en cours de revégétalisation ou de restauration n'a pas été incluse dans le périmètre du travail. L'utilisation de Mafor comme "fertilisants" des plans d'eau qui accueillent des élevages de poissons et les pratiques d'irrigation utilisant des eaux usées traitées ne sont pas non plus dans le périmètre de l'ESCO.

Les effets de l'épandage de Mafor peuvent *a priori* être modulés et conditionnés directement ou indirectement par divers facteurs potentiellement déterminants pour l'évaluation de leur application au sol : (i) la **nature des matières premières** en amont des procédés de traitement et des Mafor, (ii) les **procédés de traitement** permettant d'obtenir des Mafor (traitement des déchets ménagers, traitement des effluents d'élevage, traitement de l'eau et des boues issues du traitement des eaux...), (iii) les **pratiques d'application au sol** (mode, qualité et fréquence de l'épandage), (iv) les **caractéristiques pédoclimatiques de la parcelle** et plus généralement du milieu récepteur (depuis la parcelle où a lieu l'épandage, jusqu'au bassin versant), (v) le **contexte socio-économique** local (exploitation, collectivité, pays, mais également éventuels cahiers des charges définis par des filières), (vi) le **type de système de culture** (espèces cultivées, façons culturales)...

Les engrais minéraux n'ont pas fait l'objet de recherches bibliographiques exhaustives visant à caractériser leurs impacts agronomiques, environnementaux et socio-économiques, mais ils sont considérés en tant que point de comparaison dans la mesure où certaines des matières objet de l'ESCO peuvent venir en substitution à certains engrais minéraux.

2. Méthodologie et portée de l'ESCO

La présente ESCo a été réalisée conjointement par l'INRA, le CNRS et Irstea, en adoptant les principes et la méthode retenus par la Délégation à l'expertise collective, à la prospective et aux études (DEPE) de l'INRA. La mission d'expertise en appui aux politiques publiques de la recherche publique a été réaffirmée par la Loi d'orientation de la recherche (2006), ainsi que par la Loi ESR (2013). L'apport d'argumentaires scientifiques à l'appui de positions politiques est désormais une nécessité dans les négociations internationales. Or les connaissances scientifiques sont de plus en plus nombreuses, et produites dans des domaines très variés, difficilement accessibles en l'état aux décideurs. L'activité d'ESCO développée depuis 2002 à l'INRA se définit comme une activité d'analyse et d'assemblage de connaissances produites dans des champs très divers du savoir et pertinentes pour éclairer l'action publique. Elle vise à mettre en évidence les acquis scientifiques, les points d'incertitudes, les lacunes et les éventuelles questions faisant l'objet de controverses scientifiques.

2.1. L'ESCO, principes et méthodes

• *La charte de l'expertise scientifique à l'INRA, au CNRS et à Irstea*

Une charte énonce des principes d'exercice, dont le respect garantit la robustesse des argumentaires produits. Cette charte fonde l'exercice sur quatre principes : la compétence, la pluralité, l'impartialité et la transparence.

- La compétence se décline d'abord au niveau des institutions prenant en charge l'expertise qui ne traitent des questions d'expertise que dans leurs domaines de compétences. Ce principe de compétences s'applique aux experts qui sont qualifiés sur la base de leurs publications scientifiques, et également à la conduite des expertises dans le respect de la qualité du processus.

- La pluralité s'entend comme l'approche pluridisciplinaire des questions posées qui associe les différentes sciences de la vie et les sciences économiques et sociales pour une mise en perspective des connaissances. La pluralité se manifeste également dans la diversité des origines institutionnelles des experts. La pluralité des domaines de recherche et des points de vue disciplinaires vise à stimuler le débat et contribue à favoriser l'expression de la controverse et de l'exercice critique.

- Le principe d'impartialité est garanti par une déclaration d'intérêts remplie par chaque expert, qui permet de faire état de leurs liens éventuels avec des acteurs socio-économiques, ainsi que par la pluralité du collectif d'experts.

- Enfin, le respect de la transparence se traduit par la production de documents d'analyse et de synthèse mis à disposition de tous.

L'ESCO est une activité d'expertise institutionnelle, régie par la charte nationale de l'expertise à laquelle le CNRS, l'Inra et Irstea ont adhéré en 2011.

• *Définition et fonctionnement de l'ESCO*

L'ESCO consiste à répondre à une question complexe posée par un commanditaire public en établissant un état des lieux des connaissances scientifiques académiques dont sont extraits et assemblés les éléments pertinents. Les questions adressées à l'INRA sont énoncées dans un cahier des charges qui est le résultat d'une itération entre les commanditaires et le groupe d'experts, fixant les limites et le contenu de l'expertise. Un comité de suivi, réuni à l'initiative des commanditaires, sert d'interface entre les experts et les commanditaires et est régulièrement informé de l'avancée des travaux.

Les experts rédigent chacun une contribution faisant état des références bibliographiques utilisées. L'ensemble des contributions forment le présent rapport d'expertise diffusé en ligne sur le site des instituts porteurs de l'exercice. Les experts sont responsables du rapport.

L'INRA et sa DEPE s'engagent sur les conditions dans lesquelles se déroule le processus d'expertise : qualité du travail documentaire de mise à jour des sources bibliographiques, transparence des discussions entre les experts, animation du groupe de travail et rédaction des documents de synthèse et de communication sous une forme qui concilie rigueur scientifique et lisibilité par un public large.

L'ESCO ne fournit pas d'avis, ni de recommandations, ni de réponses pratiques aux questions qui se posent aux gestionnaires. Elle réalise un état des connaissances le plus complet possible des impacts liés à l'obtention et à l'utilisation des VTH, à travers une approche pluridisciplinaire associant sciences du vivant et sciences économiques et sociales. Elle met en relief les problématiques spécifiques à ces variétés.

A ce jour, dix ESCo ont été conduites par l'INRA : "Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?", "Pesticides, agriculture, environnement", "Sécheresse et agriculture", "Consommation des fruits et légumes", "Agriculture et biodiversité", "Douleurs animales", "Comportements alimentaires", "Variétés végétales tolérantes aux herbicides", "Flux d'azote en élevage" et "Matières fertilisantes d'origine résiduaire".

• Le groupe de travail de l'ESCO "Matières fertilisantes d'origine résiduaire"

Une trentaine d'experts français et étrangers d'origines institutionnelles diverses (INRA, Irstea, CNRS, universités françaises et étrangères) ont été mobilisés pour l'ESCO. Leurs compétences relèvent de l'agronomie, de l'écotoxicologie, de la chimie, de l'économie, de la sociologie, du droit... Le rapport d'expertise est étayé par un corpus bibliographique d'environ 3 300 références, constitué par deux professionnelles de l'information scientifique et technique (Inra et Irstea) et de l'équipe projet DEPE. Ce corpus est essentiellement composé d'articles scientifiques auxquels se sont ajoutés des données statistiques, ouvrages et rapports techniques. Les experts en ont extrait, analysé et assemblé les éléments pertinents pour éclairer les questions posées. Les documentalistes en ont réalisé une analyse bibliométrique présentée dans le Chapitre 10 du rapport.

Le collectif d'experts

Responsables scientifiques

Sabine Houot, INRA-EA¹ : *Insertion des Mafor dans les agrosystèmes, effets sur les pratiques culturales, les cycles C et N, le devenir des polluants organiques*

Marie-Noëlle Pons, CNRS – Laboratoire Génie et réaction des procédés : *Traitement des eaux résiduaires industrielles et urbaines, devenir des polluants dans les eaux*

Marilys Pradel, Irstea –TSCF² : *Evaluation environnementale, ACV des filières de traitement, valorisation des boues issues des eaux usées*

Experts scientifiques

Christine Aubry, INRA-SAD¹ : *Agriculture urbaine et péri-urbaine, fonctionnement des exploitations, Mafor*

Laurent Augusto, INRA-EFPA¹ : *Biogéochimie, cendres, cycle phosphore, forêt*

Rémi Barbier, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg : *Sociologie, controverse, décision environnementale*

Pierre Benoît, INRA-EA¹ : *Devenir des micropolluants organiques dans les sols, transferts sol-eaux*

Hubert Brugère, Institut National Polytechnique-Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse : *Micro-organismes pathogènes, épidémiologie environnementale, santé animale*

Magali Casellas, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges : *Boues, procédés, micropolluants, effluents urbains*

Alexandra Chatelet, Université de Lorraine : *Polluants organiques, produits animaux, risque, biodisponibilité*

Patrick Dabert, Irstea – GERE² : *Microbiologie, procédés de traitement, compostage, déchets*

Isabelle Doussan, INRA-SAE²¹ : *Droit de l'environnement, réglementation, responsabilité*

Claire Etrillard, INRA-SAE²¹ : *Droit, réglementation, environnement*

Jacques Fuchs, Institut de recherche de l'agriculture biologique FIBL Suisse : *Phytopathologie, composts, digestats, fertilité sol-plante, santé des plantes*

Sophie Générumont, INRA-EA¹ : *Volatilisation, Mafor, mesures, modélisation, ammoniac*

Laure Giamberini, Université de Lorraine : *Polluants, nanoparticules, sédiments aquatiques, métaux, invertébrés*

Arnaud Hélias, SupAgro Montpellier : *ACV, modélisation, bioénergie, effluents, déchets*

Emilie Jardé, CNRS-Géosciences Rennes : *Matière organique, transfert, sol, aquifère, traçage, caractérisation*

¹ Départements de recherche INRA : EA : Environnement et agronomie ; EFPA : Écologie des forêts, prairies et milieux aquatiques ; SA : Santé animale ; SAD : Sciences pour l'action et le développement ; SAE2 : Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement

² Unités de recherche Irstea : GERE : Gestion environnementale et traitement biologique des déchets ; TSCF : Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes

Sylvie Lupton, NOVANCIA Business School Paris : *Economie des déchets, lisiers, déchets ménagers, boues*
Nicolas Marron, INRA-EFPA¹ : *Forêt, écophysiole, Taillis à courte révolution, épandage des Mafor*
Safya Ménasseri, AgroCampus Ouest : *Matière organique, propriétés physiques, structure, modélisation, Mafor*
Alain Mollier, INRA- EA¹ : *Modélisation, phosphore, transfert, biogéochimie, science du sol, plantes*
Christian Morel, INRA-EA¹ : *Sol, fertilisation, valeur fertilisante, phosphore*
Christian Mouglin, INRA-EA¹ : *Ecotoxicologie, contaminants organiques, biochimie sols, micro-organismes*
Christophe Nguyen, INRA-EA¹ : *Transfert sol-plante, ETM, chaîne alimentaire, modélisation, Cd, Pb*
Virginie Parnaudeau, INRA-EA¹ : *Agronomie, modélisation, azote, effluents, matière organique*
Dominique Patureau, INRA-EA : *Micropolluants organiques, déchets, eaux usées, boues, effluents d'élevage*
Anne-Marie Pourcher, Irstea – GERE² : *Persistances, impacts des procédés, traitement, sol, effluents*
Guido Rychen, Université de Lorraine : *Polluants organiques, produits animaux, risque, biodisponibilité*
Erik Smolders, KU Leuven Belgium : *Transfert plantes, eaux, métaux, sols contaminés*
Edward Topp, Agriculture et Agro-alimentaire Canada : *Micropolluants, bactéries, virus, contaminants, qualité environnementale, matière fertilisante, résistance aux antibiotiques*
Laure Vieublé, AgroParisTech : *Microorganismes, biodégradation, sol, Mafor*
Catherine Viguié, INRA-SA¹ : *Perturbateurs endocriniens, pesticides, santé animale, contamination Mafor*

Cette liste n'inclut pas les chercheurs et ingénieurs sollicités directement par l'un des experts ci-dessus pour contribuer ponctuellement à la rédaction d'une section du rapport. Ces chercheurs et ingénieurs sont cités dans les contributions écrites du rapport auxquelles ils ont apporté leur concours.

L'équipe projet

L'équipe projet a pour fonction la coordination et la gestion du projet, ainsi que la constitution des corpus et la réalisation des analyses bibliométriques.

Anais Tibi, INRA-DEPE* : *conduite du projet, rédaction et coordination éditoriale*

Marc-Antoine Caillaud, INRA-DEPE : *suivi du projet*

Sybille De Marechal, Irstea : *documentation*

Lise Frappier, INRA-SAE2 : *appui documentaire en sciences économiques et sociales*

Fabienne Girard, INRA-DEPE : *logistique*

Sophie Le Perchec, INRA-DEPE : *documentation*

Isabelle Savini, INRA-DEPE : *rédaction*

• Qualification des sources bibliographiques académiques et "grises"

Les expertises scientifiques collectives s'appuient sur des sources dites "certifiées", essentiellement des publications scientifiques, mais pas seulement. Il convient donc de préciser ce qu'on entend par sources certifiées et quelles sont les caractéristiques de ces sources et les critères de certification.

La DEPE distingue sept types de sources bibliographiques. Les trois premières produisent des articles automatiquement inclus dans le corpus de l'ESCO :

- 1- publications scientifiques, originales ou de revues, provenant de revues scientifiques internationales à comité de lecture. Le comité de lecture constitue l'assurance de la certification.
- 2- publications en sciences humaines et sociales, originales ou de revues : journaux pas forcément tous répertoriés par l'Institute for Scientific Information (ISI[®]), mais inventoriés par le CNRS, IERIH ou l'AERES.
- 3- livres publiés par des éditeurs internationaux, dont on sait qu'ils disposent d'un comité de lecture efficace.

Cette liste est répertoriée explicitement par la DEPE³. Les publications faites dans des ouvrages non issus de cette liste ne sont pas certifiées et relèvent de la catégorie 4.

Bien qu'ils soient automatiquement inclus dans le corpus bibliographique initialement constitué par les documentalistes, les experts peuvent être amenés ne pas considérer certains de ces articles pour rédiger leur contribution, s'ils jugent qu'ils sont trop anciens pour que leurs conclusions soient encore valides, que la méthodologie de l'étude ne permet pas de donner des conclusions robustes, etc.

Les 4 types de sources suivantes ne sont pas automatiquement inclus dans le corpus de l'ESCo :

4- actes de congrès ainsi que les working papers (fréquents en SHS).

5- rapports de thèse et de mémoires soutenus par des étudiants français et/ou étrangers.

6- publications dites techniques, qui ne bénéficient pas de comité de lecture ou de révision par les pairs, et publications non indexées ISI.

7- enquêtes et documents issus d'actions collectives publiées (y compris sites Internet, blogs, etc.), mais qui n'ont pas fait l'objet d'une évaluation indépendante externe de(s) auteur(s).

C'est au groupe d'experts, sous la responsabilité des co-pilotes et avec l'aide des documentalistes, de certifier chaque référence considérée.

³ Editions QUAE, CNRS Editions, Cambridge University Press, EDP Sciences, Editions Ellipses, Editions Hermann, Masson, Lavoisier (Tec & Doc), Presses Universitaires de France (PUF), CABI Publishing, Mundi-Prensa, Wageningen Academic Publishers, John Libbey Eurotext, Springer, Wiley-Blackwell, Karger, Elsevier, CRC Press, Maison des sciences de l'Homme, Odile Jacob, Belin.

Chapitre 1.

Cadrage de l'ESCo

Auteurs principaux :

Claire Etrillard

Sylvie Lupton

Marilys Pradel

Anais Tibi

Sommaire

1.1. Mafor objet de l'ESCo : ressources en France	11
1.1.1. Les principales voies de traitement applicables aux Mafor	12
1.1.2. Matières résiduaire d'origine agricole.....	13
1.1.3. Matières résiduaire d'origine urbaine	16
1.1.4. Matières résiduaire d'origine industrielle	20
1.1.5. Autres matières susceptibles d'être valorisées en Mafor	26
Annexe 1-1-1. Données détaillées concernant les quantités de déjections émises par le cheptel français en 2000	30
Annexe 1-1-2. Evolution des quantités d'OMR et de déchets verts et biodéchets, et de leurs principaux modes de valorisation, entre 2005 et 2011	32
Annexe 1-1-3. Les boues issues du traitement des eaux usées urbaines.....	33
Annexe 1-1-4. Matières résiduaire issues des industries.....	39
1.2. Cadrage réglementaire	46
1.2.1. Qualification juridique des Mafor	47
1.2.2. Régime juridique des Mafor	61
1.2.3. Fonds d'indemnisation portant sur les Mafor	88
Annexe 1-2-1. Calendrier des périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azoté en zone vulnérable .	92
Annexe 1-2-2. Synthèse de la réglementation Nitrate relative aux conditions particulières d'épandage.....	93
1.3. Utilisation des Mafor en France	94
1.3.1. Types de cultures recevant des épandages de Mafor	94
1.3.2. Types de Mafor épandues	95
1.3.3. Caractéristiques agronomiques des Mafor épandues.....	96
1.3.4. Outils d'aide à la gestion de la fertilisation avec des Mafor.....	98
1.3.5. Transferts inter-régionaux.....	99
1.3.6. Spécificité de l'épandage en forêts et plantations forestières.....	100
1.4. Techniques et pratiques d'épandage	102
1.4.1. La nature de la matière à épandre est une caractéristique fondamentale dans le choix de l'épandeur	102
1.4.2. Principales techniques disponibles pour l'épandage des Mafor sur les sols agricoles	102
1.4.2. Le cas particulier des techniques disponibles pour l'épandage des Mafor en forêt.....	104
1.4.3. Représentativité des épandeurs de fumiers et lisiers dans le parc matériel des épandeurs en France	105
1.4.4. Quelles sont les qualités d'un bon épandage ?	105
1.4.5. Quels outils et méthodes pour évaluer et améliorer la qualité d'épandage des épandeurs de fumier et lisier ? ...	109
Références citées dans le chapitre 1	111

1.1. Mafor objet de l'ESCo : ressources en France

Anais Tibi, Marie-Noëlle Pons

Cette section fait le point sur les ressources actuelles en matières d'origine résiduaire susceptibles d'être valorisées sur les sols agricoles et forestiers (y compris les Mafor issues de mélanges). Il ne s'agit pas seulement des matières dont les propriétés fertilisantes sont actuellement reconnues (effluents d'élevage, compost, boues de stations d'épuration, matières commercialisées au titre d'engrais organiques...) mais aussi des matières susceptibles d'entrer dans des étapes amont de digestion anaérobie ou de compostage par exemple.

Les données relatives aux gisements de matières résiduaires, à la part de ces gisements valorisable en agriculture, et aux pratiques d'épandage sont très difficiles à rassembler pour toutes les Mafor objet de l'ESCo : ces données sont collectées de différentes manières, ne sont pas centralisées et sont incomplètement informatisées. De plus, elles ne sont pas toutes facilement comparables car exprimées dans différentes unités de mesures (matière brute versus matière sèche). Enfin, certains gisements ne sont renseignés au niveau national que par des enquêtes réalisées il y a plus de 10 ans, et qui n'ont pas été actualisées depuis. Des données plus récentes existent mais ne sont disponibles que pour certaines régions ou ne se basent pas sur la même typologie des matières, rendant difficile l'articulation entre les données et l'estimation de l'évolution des gisements au cours du temps. Pour ces raisons, il est difficile de fournir une vision globale et précise des flux de Mafor actuellement épandues en France.

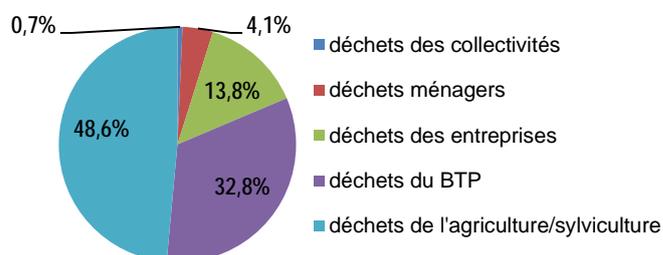
Le tableau 1-1-1 et la figure 1-1-1 présentent respectivement les quantités de déchets et sous-produits émis en 2009 en France, et la part des divers types d'activité dans le tonnage total évalué à 770 millions de tonnes. Ces chiffres incluent tous les types de déchets, y compris ceux classés comme dangereux.

Tableau 1-1-1. Quantités de déchets (en millions de tonnes) produites en France en 2009

Type de déchets	quantité
déchets des collectivités	5,3
déchets des ménages (ou "ménagers")	31,9
déchets des entreprises ¹	106
déchets du BTP	253
déchets de l'agriculture et de la sylviculture	374
t/habitant	770,2

Source : ADEME, Chiffres-clés déchets, 2012.

Figure 1-1-1. Part des divers types de déchets dans le tonnage total en 2009



Les types de déchets susceptibles d'être valorisés en épandage agricole ou forestier sont les déchets non dangereux des collectivités, des ménages, des entreprises et de l'agriculture/sylviculture.

Dans la suite de cette section, les matières susceptibles d'être valorisées en Mafor ont été classées suivant leur origine : agricole, urbaine et industrielle.

Ces matières peuvent être épandues directement sur les sols, sans traitement préalable. Elles peuvent également subir un traitement avant épandage qui peut avoir différents objectifs, notamment abattre la charge en agents pathogènes ("hygiénisation"), réduire le volume de matières, et produire de l'énergie.

La valorisation agronomique par épandage sur les sols agricoles peut constituer une filière de gestion des déchets à part entière (cas du compostage) ou être incluse dans une filière de gestion des déchets (cas de la valorisation énergétique des déchets *via* la méthanisation). Il existe par ailleurs d'autres voies potentielles de gestion de ces matières : le recyclage des matériaux qui deviennent alors matière première d'un nouveau produit ("valorisation matière", du verre par exemple), la mise en décharge et l'incinération sans récupération d'énergie. Les voies de traitement sans valorisation tendent à disparaître, notamment sous l'effet des incitations publiques tant françaises qu'européennes. En fonction des matières, les filières privilégiées de traitement ne sont pas les mêmes. On ne s'intéresse ici qu'aux filières incluant une valorisation agronomique de matières ayant subi ou non un traitement.

¹ Déchets, hors agriculture et BTP, provenant des entreprises industrielles, des artisans, commerçants, écoles, services publics, hôpitaux, services tertiaires et les déchets produits par les particuliers hors de leurs domiciles

1.1.1. Les principales voies de traitement applicables aux Mafor

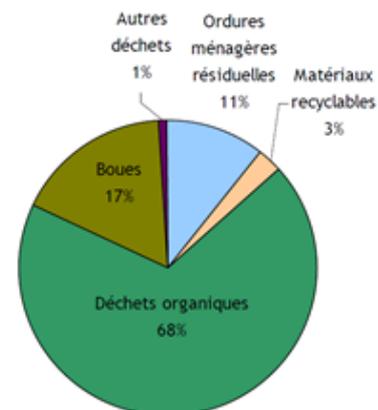
1.1.1.1. Traitements biologiques

Le compostage et la méthanisation sont des processus de dégradation biologique de la matière organique (MO) sous l'action de micro-organismes.

Le **compostage** dégrade et transforme des substrats riches en matière organique (MO) en une matière organique stabilisée (plus résistante à la biodégradation) plus homogène : le compost. Cette transformation des MO se fait en conditions aérobies (en présence d'oxygène) et la perte de MO s'accompagne de perte d'eau. Le procédé comprend une première phase, thermophile (50-70°C), de dégradation intense des substrats organiques les plus facilement biodégradables, qui amène les substrats à l'état de compost frais, puis une phase de maturation au cours de laquelle la température diminue (35-45°C), qui le transforme en compost mûr riche en humus stable. La montée de la température au cours de la phase thermophile permet l'hygiénisation des matières traitées. La maîtrise de la phase de dégradation et la durée de la phase de maturation conditionnent le bon déroulement du compostage et le degré de stabilité de la MO en fin de compostage.

Le compostage concerne : les déchets verts des collectivités et des particuliers ; la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM, obtenue après tri des ordures ménagères résiduelles ou par collecte sélective chez les particuliers), compostée en mélange avec des déchets verts ; les boues d'épuration urbaines déshydratées, compostées avec des co-substrats (déchets verts, écorces...) permettant la structuration des matières traitées ; les effluents d'élevage (fumier, fientes...) (figure 1-1-2). Enfin actuellement, le compostage est un post-traitement obligatoire pour que les digestats de méthanisation soient considérés comme des amendements organiques (normes NFU 44-051 et NFU 44-095).

Figure 1-1-2. Répartition des matières entrant sur les plateformes de compostage en 2010



Source : ADEME, enquête sur les installations de traitement des ordures ménagères, 2012 (données 2010)

La **digestion anaérobie ou méthanisation** est une méthode de valorisation énergétique de matrices organiques au cours de laquelle la dégradation en conditions anaérobies des MO génère la production de biogaz (méthane et dioxyde de carbone). Le procédé peut se faire par voie liquide ou "sèche", à différentes températures. On distingue ainsi la méthanisation mésophile (à 30-40°C, la plus classiquement utilisée actuellement en France) et la méthanisation thermophile (à 45-60°C). Le résidu du procédé, appelé digestat, est une matière plus ou moins humide et qui contient de la MO plus ou moins stabilisée. Le digestat peut être épandu directement ou après différents post-traitements (séparation de phase et/ou compostage par exemple). Les déjections animales sont en général traitées en co-digestion avec des effluents agro-industriels, des pailles ou résidus de cultures... Les boues d'épuration urbaines sont souvent digérées seules. La digestion des déchets solides (déchets ménagers, industriels) nécessite leur broyage et l'adjonction d'eau.

Le **traitement biologique aérobie** vise à éliminer la fraction carbonée organique soluble ou particulière des effluents d'élevage ou des eaux usées urbaines par dégradation microbienne en présence d'oxygène. Le carbone organique est minéralisé sous forme de CO₂ et utilisé pour partie, pour sa croissance, par la microflore responsable de l'épuration. Au cours du procédé, une partie du N est volatilisée sous forme d'ammoniac, ce qui constitue en fait un transfert de contamination de la phase liquide vers l'atmosphère. La microflore qui constitue la boue activée est ensuite séparée de la fraction liquide par décantation ou par des procédés plus efficaces de centrifugation ou filtres à bandes. Lorsque les effluents à traiter sont riches en N, les traitements biologiques par nitrification-dénitrification sont à privilégier.

La **nitrification-dénitrification** est un procédé qui permet d'éliminer une partie de l'azote contenu dans les effluents vers l'atmosphère sous une forme non polluante (N₂), par une alternance de phases aérobies et anoxiques permettant une nitrification-dénitrification. Elle est notamment pratiquée dans les zones où la production d'effluents d'élevage excède les capacités d'épandage sur les cultures.

1.1.1.2. Traitements physiques et physico-chimiques

Les grosses stations de traitement des eaux usées (STEU) urbaines, qui génèrent la majorité des tonnages de boues, effectuent toujours un traitement physique et/ou chimique des boues afin d'obtenir des matières plus faciles à manipuler car de volume moindre et plus stables à la biodégradation. Seules les petites STEU, essentiellement rurales, produisent des boues liquides conservées dans des silos (comme les lisiers) avec un dispositif d'homogénéisation.

L'**épaississement** consiste à ajouter un flocculant pour obtenir des boues pâteuses dont le taux de matière sèche (siccité) est d'environ 7%. La **déshydratation** (par filtrage, centrifugation...) permet de passer à une siccité de 20-25%. Le **séchage**, qui s'applique à des boues déjà déshydratées, ayant subi ou non un traitement biologique par digestion, vise à réduire encore le taux d'humidité de la matière pour en faciliter le transport. Le séchage solaire permet d'atteindre une siccité de 70 à 80% par évaporation naturelle ou semi-naturelle (apport énergétique complémentaire) de l'eau. Par séchage thermique, on atteint des siccités de 95% et les boues se présentent sous forme de poudre ou de granulés.

Le **chaulage**, essentiellement pratiqué sur les boues déshydratées, consiste à ajouter de la chaux dans le but d'augmenter le pH (>11) pour bloquer le processus de fermentation, et ainsi stabiliser la matière. Environ 30% des boues sont chaulées en France, essentiellement sur des stations d'épuration de grande capacité.

Pour les effluents liquides ayant subi ou non un traitement biologique au préalable, la **séparation de phase** consiste à séparer, soit simplement par décantation, soit par vis compacteuse, filtration, centrifugation : une phase solide qui concentre la majeure partie de la matière organique particulaire et les éléments insolubles comme la majeure partie du phosphore, les éléments traces, et une phase liquide qui contient la majeure partie des éléments solubles dont l'azote sous forme minérale et la potasse. Cette opération permet une gestion différente des deux phases, et favorise l'exportation du phosphore récupéré dans la phase solide hors des zones d'excédent structurel dans le cas des lisiers, permettant ainsi de réduire la pression d'épandage.

Les effluents d'élevage tels que les fientes de volailles ou les lisiers peuvent subir comme les boues d'épuration, un **séchage** qui en diminuant fortement la teneur en eau permet le transport et la commercialisation des effluents sous forme d'engrais organique. A noter qu'au cours du séchage, la majeure partie de l'azote ammoniacal est perdu par volatilisation.

1.1.1.3. La notion d'"hygiénisation"

Selon l'Arrêté du 8 janvier 1998 sur l'épandage des boues d'épuration, l'hygiénisation est un "traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans la boue". La boue est ainsi "hygiénisée" si elle présente des concentrations en certains pathogènes indicateurs de traitement inférieures à des seuils fixés. L'hygiénisation est également définie dans la norme NFU 44-051 comme l'"effet induit par les traitements subis par des matières premières potentiellement porteuses d'agents pathogènes humains, animaux ou végétaux, et qui se traduit par une baisse à des niveaux acceptables de ces agents pathogènes". Dans la pratique, l'hygiénisation est obtenue par les procédés incluant une élévation de la température sur un temps suffisamment long (compostage, méthanisation thermophile, séchage solaire ou thermique) ou par une augmentation du pH (chaulage).

1.1.2. Matières résiduelles d'origine agricole

Les matières résiduelles d'origine agricole actuellement valorisées en épandage sont essentiellement les déjections animales. Dans le cadre de l'ESCo, seules les déjections récupérables ont été considérées comme des Mafor au sens strict du terme. Les déjections directement émises au pré sont un apport non maîtrisé donc

non considéré comme un épandage strict. Ces dernières constituent néanmoins un élément contextuel du paysage dans lequel s'insère la pratique d'épandage de Mafor.

L'association Biomasse Normandie² a réalisé en 2002 une étude visant à évaluer les quantités de déjections produites par chaque type d'élevage, sur la base du cheptel français dénombré en 2000, et d'hypothèses sur les modes de stabulation et de logement des animaux (elles-mêmes basées sur un recensement des bâtiments d'élevage datant de 1994), qui permettent de déterminer la part des déjections récupérables ou émises directement au pré. Biomasse Normandie avait également calculé les teneurs en azote, phosphore, potassium et matière organique des divers types de déjections. Aucune autre étude de ce type n'a été réalisée depuis, les quantités et types de déjections produites par chaque cheptel n'ont donc pas été actualisées. Cependant, dans le cadre d'un bilan réalisé en 2012 sur les données collectées par son Observatoire national des ressources en biomasse, FranceAgriMer a estimé le gisement de déjections animales provenant des élevages français en appliquant les hypothèses de Biomasse Normandie aux effectifs du cheptel de 2009 recensé par Agreste (FranceAgriMer, 2012). Par ailleurs, l'enquête Pratiques Culturelles 2011 réalisée par Agreste donne les quantités d'effluents d'élevage épandus bruts ou après compostage sur grandes cultures en France.

Seules les estimations de FranceAgriMer et les résultats de l'enquête Pratiques Culturelles 2011 sont présentées ici. Les données relatives aux effectifs du cheptel français, et les valeurs détaillées des quantités de déjections produites par type d'élevage sont répertoriées dans l'annexe 1-1-1 de la section 1.1. Le tableau 1-1-2 présente les quantités de déjections produites par l'ensemble du cheptel français estimées par FranceAgriMer pour 2009.

- Déjection bovines

Les déjections bovines sont de consistance et de composition très variables selon le type d'animal, le mode de stabulation et d'alimentation etc. De plus en fonction du temps passé par les animaux à l'extérieur (qui varie en fonction du type d'animal et de la localisation géographique), la quantité de déjections réellement récupérable est variable mais son ordre de grandeur est de 50% (selon le mode de prise en compte).

- Déjections porcines

Dans les élevages porcins, avicoles et cunicoles, les animaux sont essentiellement maintenus toute l'année dans des bâtiments (les productions avicoles et cunicoles labellisées pour lesquelles les animaux disposent d'un accès à l'extérieur étant très minoritaires). Les déjections porcines récupérables sont principalement constituées de lisier (à 75%).

- Déjections ovines, caprines et équines

Ces animaux ne sont élevés que sur litière, mais les durées de stabulation, et donc les déjections récupérables, sont très variables.

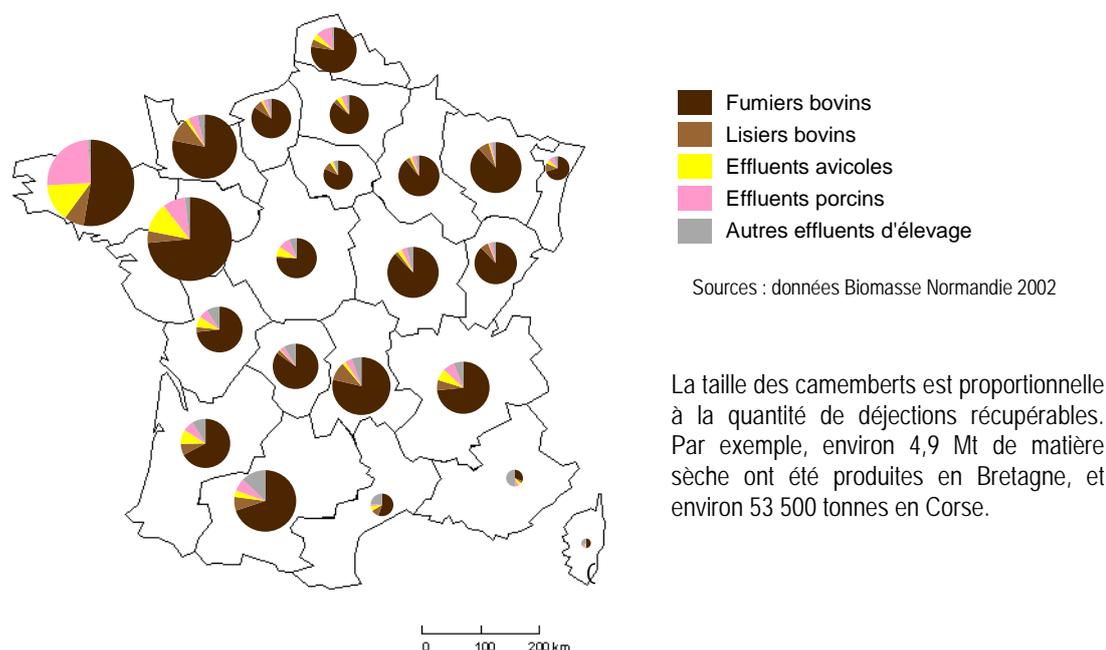
Tableau 1-1-2. Quantités de déjections estimées pour 2009 en fonction du type de déjections
(en milliers de tonnes)

	Fumier	Lisier
Déjections émises au pré	0	148 100
Déjections récupérables	89 647	32 140
Total	89 647	180 240

La figure 1-1-3 présente la répartition géographique des effluents d'élevage récupérables en 2000-2001 en France.

² <http://www.biomasse-normandie.org/index.php4?lang=fr>

Figure 1-1-3. Répartition géographique de la production d'effluents d'élevages récupérables en France en 2000-2001



Très peu de données existent (ou sont accessibles) pour quantifier finement le devenir de ces déjections récupérables. FranceAgriMer fait l'hypothèse qu'en 2009, de l'ordre de 94% des déjections récupérables étaient épandues sans traitement préalable, soit environ 114 millions de tonnes brutes. Environ 6% des déjections récupérables correspondaient à des excédents structurels, et subissaient un traitement avant épandage (sans préciser la nature du traitement).

D'après l'enquête Pratiques Culturelles, environ 109 millions de tonnes (matière brute) d'effluents d'élevage ont été épandues sans traitement préalable, et environ 4,2 millions de tonnes (matière brute) de composts d'effluents d'élevage ont été épandues en 2011. Ces effluents sont majoritairement composés de fumiers bovins (voir tableau 1-1-3).

Tableau 1-1-3. Quantités d'effluents d'élevage épandus sur les sols agricoles français en 2011

Type de fumure	Quantités totales de fumure organique (t)	surfaces concernées (ha)	Quantité moyenne de fumure organique à l'hectare (t/ha)
Effluents d'élevage bruts	109 014 848	5 909 855	pression moyenne : 18,4 t/ha
- Fumier bovin	69 216 787	3 788 652	18,3
- Lisier bovin	18 069 738	801 913	22,5
- Lisier porcin	14 076 750	539 265	26,1
- Fumier porcin	796 937	44 676	17,8
- Fumier de volaille de chair	1 479 507	209 683	7,1
- Fientes de poules pondeuses	785 021	213 343	3,7
- Déjections autres volailles	754 328	34 155	22,1
- Autres effluents d'élevage (ovins, ...)	3 835 780	278 168	13,8
Compost d'effluents d'élevage	4 210 882	508 334	8,3

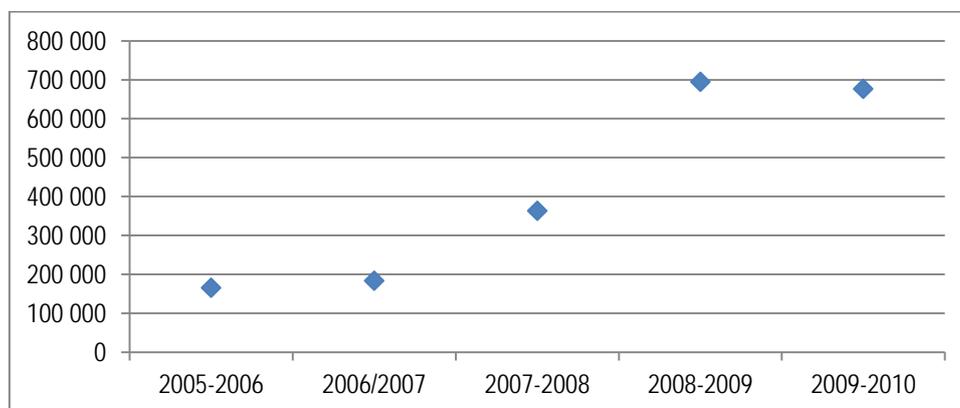
Source : données Agreste – Enquête "Pratiques Culturelles" 2011

Agreste précise qu'en 2004, 95% du volume des déjections avicoles collectées étaient épandues, la destination principale étant les terres d'exploitation à 70% (Agreste, 2008). En 2004, 91.5% des exploitations ne traitaient pas leurs déjections, et 69% de celles qui le faisaient utilisaient le compostage.

Aux quantités de déjections récupérables dans les élevages qui se situent sur le territoire français, s'ajoute l'importation croissante de fientes déshydratées de volailles, de compost de fumier de volailles, et de phase

solide de lisier de porcs (UNIFA, 2011) depuis les Pays Bas et la Belgique, à destination des régions situées au Nord de la Seine (voir figure 1-1-4).

Figure 1-1-4. Evolution des quantités de Mafor d'origine agricole importées de Belgique et des Pays-Bas, entre 2005 et 2010



Source : UNIFA, 2011 d'après Douanes Françaises et Flemish Land Agency.

1.1.3. Matières résiduelles d'origine urbaine

Les gisements d'origine urbaine comportent principalement :

- les déchets ménagers et assimilés, et les déchets solides des collectivités qui peuvent être valorisés par méthanisation ou compostage (les digestats de méthanisation étant souvent compostés avant épandage)
- les boues provenant des stations d'épuration des eaux résiduaires
- les boues provenant des usines de potabilisation

1.1.3.1. Déchets ménagers et assimilés (DMA)

Ces déchets comprennent (cf. Tableau 1-1-4) :

- les ordures ménagères (OM) : déchets collectés sélectivement (papiers et cartons, verre, plastique...) + les ordures ménagères résiduelles (OMR : déchets restants après collectes sélectives)
- les déchets occasionnels, notamment placés en déchèteries
- la part des déchets non dangereux des entreprises ("déchets industriels") collectée par le service public avec les OM.

Tableau 1-1-4. Composition des déchets ménagers et assimilés

<u>déchets des ménages ou ménagers</u>		déchets des entreprises ou déchets industriels ³ (hors agriculture et BTP)	
<i>OM (ordures ménagères)</i>		<u>déchets non dangereux ou "banals"</u>	
<i>fraction collectée sélectivement : papiers, cartons, verre, déchets dangereux, biodéchets, déchets verts</i>	<i>reste après collectes sélectives = "poubelle grise" ou OMR (ordures ménagères résiduelles collectées en mélange)</i>	<i>déchets occasionnels et déchets placés en déchèterie : déchets verts, encombrants, déchets dangereux...</i>	<i>déchets dangereux</i>
		<i>collectés avec les déchets ménagers = déchets assimilés aux déchets ménagers</i>	<i>collectes privées, notamment : déchets banals en mélange ; Boues d'épuration ; Boues de curage ; Graisses ; Matières de vidange ; Déchets non contaminés d'activité de soins...</i>

Source : d'après ADEME, 2012 et ADEME, 1999

³ Déchets provenant des entreprises industrielles, des artisans, commerçants, écoles, services publics, hôpitaux, services tertiaires et les déchets produits par les particuliers hors de leurs domiciles

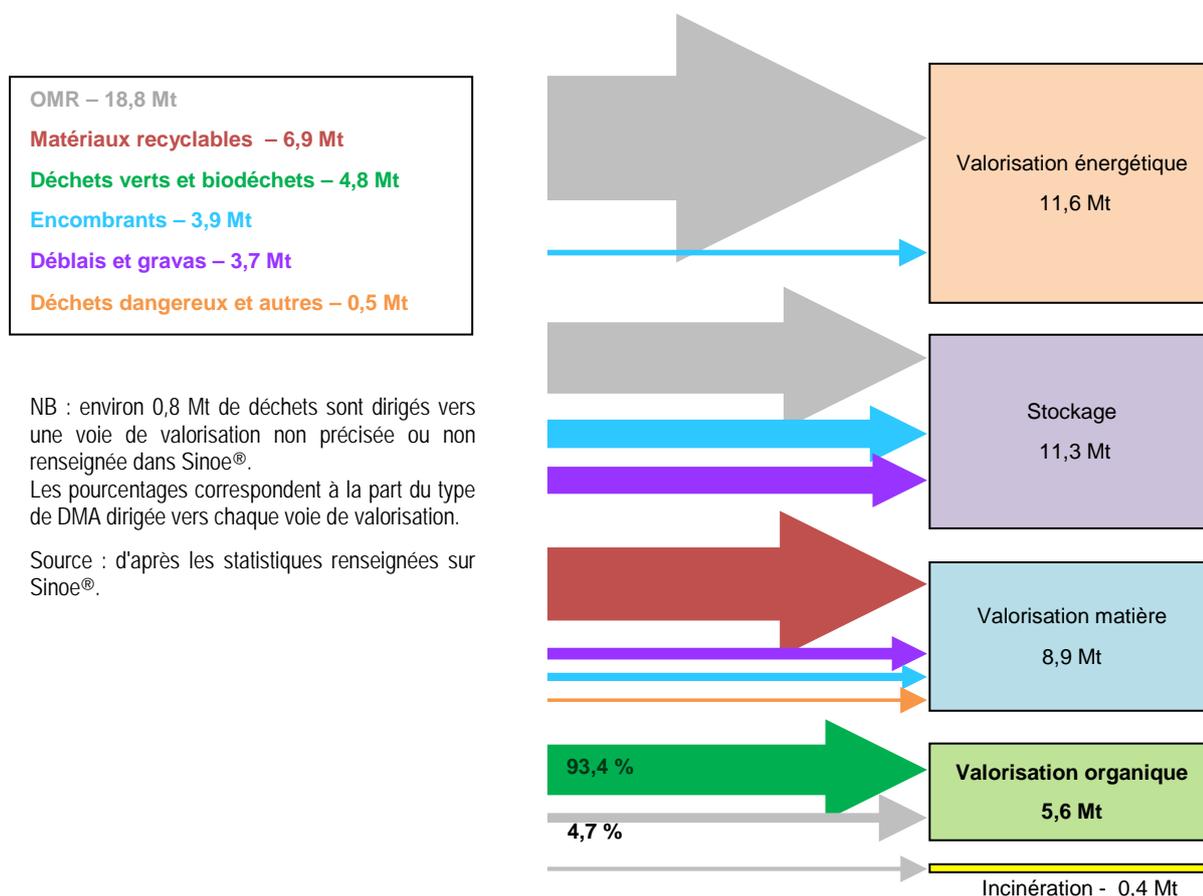
Les rapports et références qui apportent des données permettant de quantifier ce gisement sont principalement issus de l'ADEME :

- enquête MODECOM (données de 2007)
- enquête "collecte" bisannuelle (données de 2007 et de 2009 disponibles)
- chiffres clés 2012 (rapporte les données de 2009)
- ITOM 2010 (permet de quantifier la part de ce gisement dirigée vers les plateformes de compostages et les unités de méthanisation)
- base de données SINOE® (ADEME)⁴

A noter qu'il est souvent difficile et parfois impossible d'articuler les chiffres présentés dans ces divers documents. Les chiffres retenus dans l'ESCo sont ceux de la base de données SINOE® pour les quantités de déchets, l'enquête MODECOM pour la composition des OM et des OMR, et l'ITOM 2010 pour les parts dirigées vers les installations de compostage et de méthanisation.

Le tonnage annuel des DMA s'établit à environ 38,6 millions de tonnes en 2011. Cette quantité a peu évolué depuis 2005 (cf. annexe 1-1-2 de la section 1.1). La figure 1-1-5 représente les principales voies de valorisation ou d'élimination des 6 grands types de DMA en 2011 (tous types de collecte confondus).

Figure 1-1-5. Principales voies de valorisation/élimination des 6 grands types de DMA en 2011



Environ 14,5% des DMA ont été dirigés vers la valorisation organique en 2011. Cette voie de valorisation concerne essentiellement les déchets verts et biodéchets, et les OMR, qui peuvent être épandus après compostage ou méthanisation (la méthanisation restant très minoritaire ; les digestats de méthanisation sont majoritairement compostés avant épandage). Les déchets verts et biodéchets (collectés en déchèterie et en porte à porte) sont actuellement dirigés à 93,7% en valorisation organique. Les OMR ne sont en revanche que peu valorisées de cette manière (4,7% en 2011, 2,7% en 2005).

⁴ <http://www.sinoe.org/>

En 2010 on comptait, parmi les installations de traitement des ordures ménagères (ITOM), 593 installations de compostage et 9 unités de méthanisation, dans lesquelles sont entrées environ **6,7 millions de tonnes de déchets**, et **qui ont produit environ 2,2 millions de tonnes de compost**.

Les OMR ne comptent que pour 11% des tonnages reçus sur les plateformes de compostage, les apports y étant préférentiellement les déchets organiques (57% - principalement les déchets verts et biodéchets) et les boues de station d'épuration (17%). Le compost valorisable par épandage représente 68% des matières en sortie des installations de compostage, le reste étant constitué de matières non compostables et de refus (en forte diminution ces 20 dernières années).

Les OMR sont majoritaires (63%) dans les déchets entrant dans les unités de méthanisation, le second contributeur (33%) étant les déchets organiques (principalement déchets verts et biodéchets). Cependant les refus de tri, avant et après méthanisation représentent 220 kt, et représentent notamment 75% des tonnages sortants des unités de méthanisation. Les composts de digestats valorisables par épandage ne représentent ainsi que 22% des matières en sortie des unités de méthanisation.

Les biodéchets présents dans les ordures ménagères résiduelles (OMR) constituent un gisement peu valorisé, dont une évolution de la gestion pourrait accroître les quantités de composts ou de digestats susceptibles d'être épandues. En effet, la collecte sélective de la fraction fermentescible des ordures ménagères chez les particuliers est actuellement peu développée en France, et les OMR subissent en général un prétraitement (tri mécano-biologique) pour en extraire les matières pouvant être dirigées vers le compostage ou la méthanisation. Bien que la part des OMR compostée ou méthanisée ait augmenté depuis 2005, elle n'est que de 4,7% en 2011 (environ 0,9 Mt MB). Les matières fermentescibles (matières putrescibles telles que les déchets de cuisine ou de jardin, papiers, cartons et textiles sanitaires) représentent pourtant une forte proportion des OMR, de l'ordre de 60% d'après une estimation de l'ADEME de 2007. En appliquant ce pourcentage au gisement d'OMR de 2011, on évalue à environ 11,1 Mt MB cette fraction fermentescible des OMR. Dans l'hypothèse où elle pourrait en totalité être triée et dirigée vers les installations de compostage ou de méthanisation, la quantité totale de matières entrant dans ces installations passerait de 6,6 à 16,7 Mt MB.

Le cas des biodéchets provenant des entreprises

On peut distinguer 2 catégories d'entreprises ou industries productrices de biodéchets :

- les "gros producteurs" de biodéchets, identifiés comme les professionnels producteurs d'importantes quantités de biodéchets. Les principaux secteurs concernés sont la restauration, le commerce alimentaire, les industries agroalimentaires (IAA), l'entretien des espaces verts, la cosmétique, l'herboristerie, la pharmacie et la parfumerie.
- les entreprises productrices de biodéchets mais en quantités inférieures aux seuils définissant les "gros producteurs".

Une partie de ces biodéchets (néanmoins non quantifiée) est collectée par le service public et entre dans la définition des DMA.

L'ADEME évalue en 2013 à 6,9 Mt le gisement de biodéchets provenant des entreprises (ADEME, 2013) :

- 2,2 Mt hors gros producteurs,
- 4,7 Mt provenant des gros producteurs dont 3,2 Mt de déchets verts largement collectés et valorisés, et 1,5 Mt d'autres biodéchets (commerce alimentaire, restauration, marchés).

Depuis le 1^{er} janvier 2012, les gros producteurs de biodéchets sont soumis à une obligation de tri à la source et de valorisation organique de ces biodéchets (instaurée par la loi du 12 juillet 2010, dite "loi Grenelle 2").

En formulant l'hypothèse selon laquelle ces biodéchets ne sont actuellement pas comptés dans les quantités de DMA actuellement valorisées, ce sont donc 3,7 millions de tonnes supplémentaires de biodéchets (2,2 + 1,5) qui pourraient donc être dirigées vers les plateformes de compostage (ou les unités de méthanisation), puis valorisées sur sols agricoles ou forestiers. Le rapport "matières entrantes"/"compost sortant" étant environ de 3, de l'ordre de 1,2 millions de tonnes de compost supplémentaires pourraient ainsi être produites.

Les déchets solides des collectivités

Ces déchets correspondent essentiellement aux déchets de voirie, des marchés, et aux déchets verts provenant de l'entretien des espaces verts. L'Ademe (2012) estime la quantité de déchets verts et de voirie à respectivement environ 1 et 3 Mt MB en 2009.

Les données sont trop peu nombreuses pour estimer précisément les quantités de déchets des collectivités produits, et ne permettent pas de suivre leur devenir. Ils semblent compostés en grande majorité.

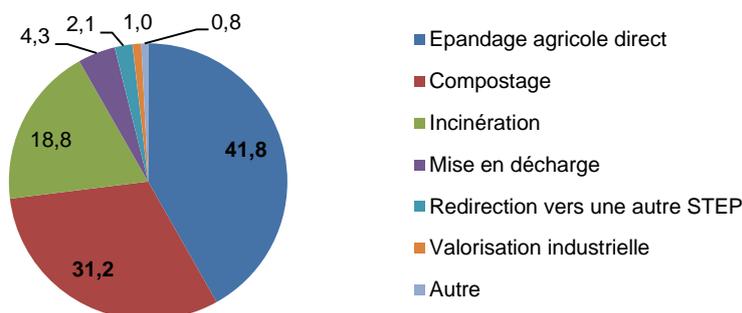
1.1.3.2. Boues issues des stations d'épuration urbaines

Il existe différents types de filière "eau" résiduaire urbaine, détaillées dans l'annexe 1-1-3 de la section 1.1. Les procédés les plus utilisés sont ceux mettant en œuvre des boues activées (avec différentes charges) et les biofiltres. Il y a par ailleurs très peu d'information sur le type de traitement des « boues » (chaulage, séchage) pour ce qui ne relève pas du compostage ou de la méthanisation.

La quantité annuelle de boues issues des stations d'épuration urbaines s'élève à environ 1,060 millions de tonnes de matière sèche en 2011 (MEDDE)⁵.

Les voies de valorisation privilégiées des boues ne sont pas toujours les mêmes selon les types de filières "eau" considérées (elles sont détaillées en annexe 1-1-3). Cependant de façon globale (Figure 1-1-6), sur l'ensemble des boues en excès collectées sur le parc de stations d'épuration urbaines en 2011, l'épandage agricole direct et le compostage couvrent 73% du devenir de ces boues.

Figure 1-1-6. Destination des boues quelle que soit la filière "eau" en 2011



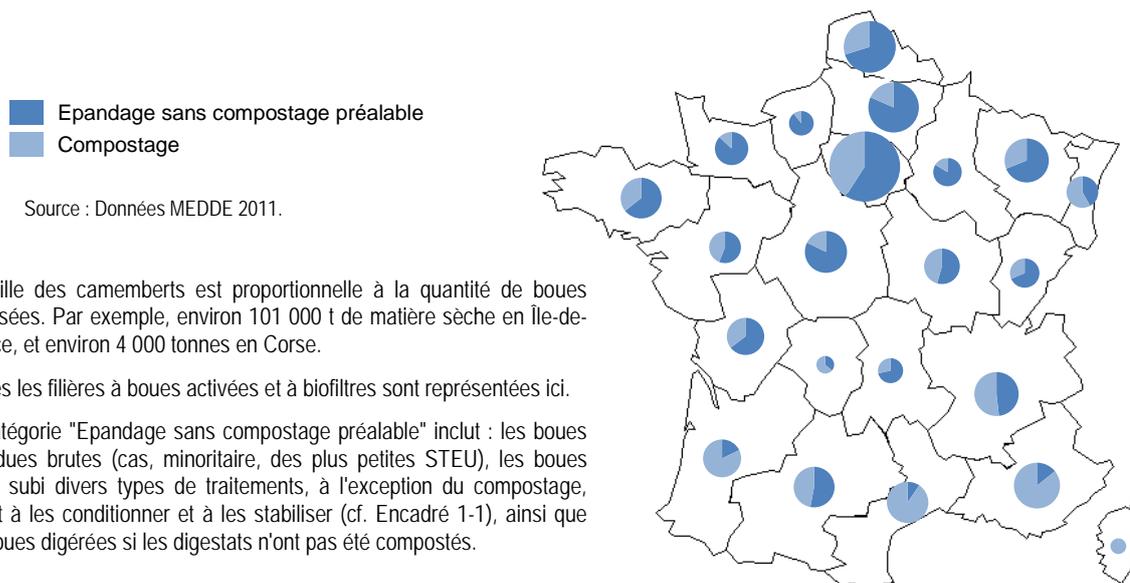
Aujourd'hui 42% de la production annuelle de ces boues urbaines sont épandus sur sols agricoles sans compostage préalable (soit environ 0,4 Mt MS en 2011) et 31% après compostage (soit 0,3 Mt MS) - 18% sont incinérés et 9% mis en décharge. Un état des lieux de la filière méthanisation réalisé en 2014, par l'association d'animation et de développement rural Solagro, estime que 65 à 70 unités de méthanisation dédiées traitent annuellement 360 000 tonnes de matière sèche de boues de STEU, et produisent 600 000 tonnes de digestats bruts. Une partie (impossible à quantifier) de ces boues digérées est ensuite compostée. La Figure 1-4 illustre la répartition spatiale des quantités de boues destinées à la valorisation agronomique en 2011 pour les filières de production de boues de STEU activées et à biofiltres⁶ (les plus largement représentées en France en termes de nombres d'habitants desservis ou de débits d'eaux usées traitées).

Il est possible de réduire les quantités produites en jouant sur le fonctionnement des stations d'épuration. La destination des boues peut aussi évoluer. Elles représentent ainsi un gisement intéressant de substrat méthanisable (potentiel de 5,3 Mt MB). Les choix des collectivités peuvent aussi modifier rapidement les flux partant en valorisation organique. Ainsi le département de Seine-et-Marne envisage une diminution de 30% des boues de STEU envoyées en épandage agricole, arguant de difficultés rencontrées dans la gestion des plateformes de stockage.

⁵ <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/services.php>

⁶ La plupart des eaux usées subissent un traitement biologique aérobie visant à dégrader leurs MO ; les bactéries soit se développent librement dans le bassin (procédé dit à "boues activées"), soit sont fixées sur un matériau à travers lequel l'eau percole (procédé dit "à biofiltres").

Figure 1-4. Répartition des quantités de boues d'épuration urbaines destinées à la valorisation agronomique en 2011



1.1.4. Matières résiduaire d'origine industrielle

Très peu de données sont disponibles pour quantifier les gisements de matières résiduaire d'origine industrielle, susceptibles d'être valorisées en Mafor, et la plupart d'entre elles sont anciennes. Les séries de données disponibles permettent d'approcher ces gisements selon 2 catégories : les matières issues des industries agroalimentaires (IAA), et celles issues des industries hors IAA.

Les principales données disponibles sont :

- deux études contemporaines de celle réalisée par Biomasse Normandie (centrée sur les effluents d'élevage), réalisées à partir de données datant de 2000. L'une portait sur les matières provenant des activités industrielles hors IAA (A.N.D. International, 2002) ; l'autre portait sur les matières provenant des IAA (CM International, 2002).
- une enquête réalisée en 2008 par l'INSEE, le service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agriculture, et Agreste, sur la production de déchets non dangereux dans l'industrie. L'INSEE a pris en charge le volet "industries hors IAA" (INSEE, 2011)⁷, et Agreste celui des "IAA" (Agreste primeur, 2010⁸). Les établissements interrogés ont été classés en fonction des codes NAF selon leur Activité principale exercée (APE), les types de déchets selon la nomenclature définie dans le cadre du règlement (CE) n° 2150/2002 relatif aux statistiques sur les déchets.
- l'évaluation des ressources en biomasse disponibles en France réalisé par l'ADEME à partir de données datant majoritairement de 2010 (les données ne proviennent pas des mêmes sources selon les gisements examinés par FranceAgriMer). Ces gisements ont été classés par grands types de sources de biomasses suivies dans l'ONRB, et les matières répertoriées de façon spécifique selon les sources de biomasses examinées (sans suivre une nomenclature prédéterminée)

Dans le cadre de l'ESCo ont été retenus les chiffres issus de l'enquête INSEE-SSP-Agreste de 2008 (qui portent sur tous types d'industries). Ceux de l'étude réalisée par FranceAgriMer (restreints aux déchets organiques des IAA) sont présentés en annexe 1-1-4 de la section 1.1. Ces travaux divergent par la typologie de secteurs industriels retenue pour recenser les divers gisements, et par la typologie des divers types de déchets recensés. Cette différence d'approche rend difficile le travail d'articulation de ces deux jeux de données (les dénominations employées étant différentes), mais offre deux visions complémentaires de la manière d'estimer les gisements.

⁷ http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=dechets - http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1335

⁸ <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/industries-agroalimentaires-529/enquete-sur-la-production-de/>

Les chiffres globaux de 2008 issus de l'enquête de l'INSEE-SSP-Agreste ont cependant été retenus car l'enquête couvre l'ensemble des secteurs de l'industrie, qui ont ainsi été enquêtés de la même manière et permettent de comparer les secteurs industriels entre eux.

Les résultats des deux études datées de 2002, sont également rapportés en annexe 1-1-4, en guise de compléments.

Le tableau 1-1-5 présente les quantités totales de matières issues des industries en 2008, par type de matières (selon la nomenclature européenne).

Tableau 1-1-5. Quantités de matières résiduares d'origine industrielle en 2008, par types de matières

Types de matières	Quantités produites en 2008 (Mt de matière sèche)
déchets hors boues et déchets organiques	16,9
déchets banals (= déchets en mélange, verre, métaux, plastiques, papiers et cartons, textiles, caoutchouc, bois)	14,5
déchets minéraux	2,3
équipements hors d'usage	< 0,01
véhicules mis au rebut	< 0,001
déchets d'espaces verts	0,02
déchets alimentaires	0,03
boues	4,9 (matière sèche)
déchets organiques	0,9 (matière sèche)

Source : INSEE – SSP - Agreste

A priori, les matières susceptibles d'être valorisées en tant que Mafor sont :

- les déchets d'espaces verts
- les déchets alimentaires
- les boues
- les déchets organiques

Parmi les déchets minéraux, certaines cendres peuvent être susceptibles d'être épandues sur sols agricoles ou forestier, mais les données de l'enquête INSEE-SSP-Agreste ne permet pas de distinguer les cendres des autres déchets minéraux.

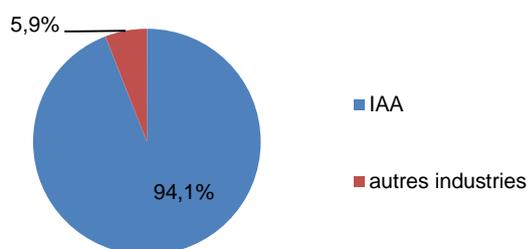
Les déchets d'espaces verts et les déchets alimentaires représentent des gisements très minoritaires, et les données statistiques disponibles ne permettent pas d'identifier précisément les diverses voies de valorisation vers lesquelles ces matières sont dirigées (une seule valeur est donnée sous l'appellation "recyclage, valorisation matière, épandage"). Pour ces raisons, seuls les gisements des boues et des déchets organiques issus des activités industrielles sont présentés dans ce chapitre.

La figure 1-1-7 représente la part qu'occupent les IAA et les autres industries dans la production de déchets organiques (a) et de boues (b).

Figure 1-1-7. Parts occupées par les IAA et les autres industries dans la production de certaines matières résiduares en 2008

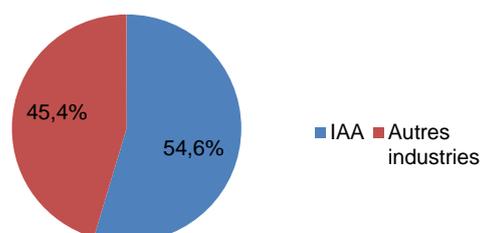
a) production de déchets organiques

(0,86 Mt matière sèche)



b) production de boues industrielles

(4,9 Mt matière sèche)



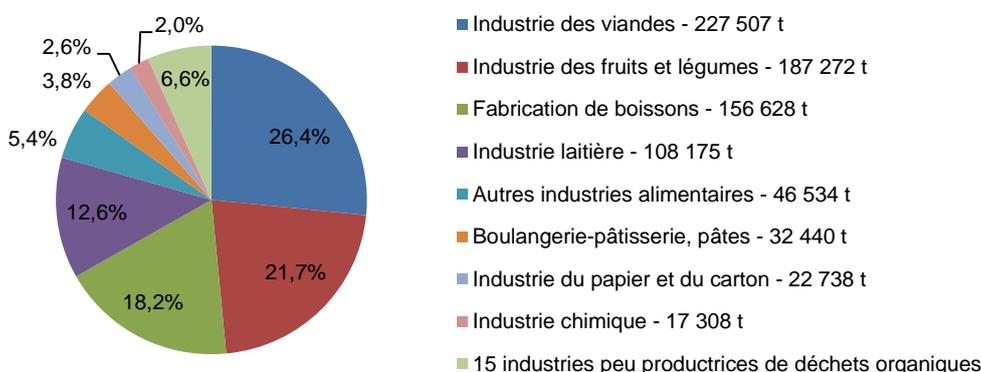
Source : INSEE – SSP - Agreste

Les déchets organiques provenant des industries hors IAA sont très minoritaires, et la représentativité de leurs diverses voies de valorisation/élimination similaire à celle des déchets organiques issus des IAA. Pour ces raisons, les statistiques relatives au gisement de déchets organiques sont présentées dans ce chapitre sans distinction entre IAA et autres industries (le détail se trouve en annexe 1-1-4). En revanche, les gisements de boues et effluents provenant des IAA d'une part et des autres industries d'autre part sont présentés séparément dans ce chapitre.

1.1.4.1. Déchets organiques d'origine industrielle (0,86 Mt matière sèche en 2008)

La figure 1-1-8 représente les principales industries génératrices de déchets organiques : il s'agit des industries des viandes⁹, des fruits et légumes, de la fabrication de boissons, et l'industrie laitière, qui génèrent près de 80% de l'ensemble des déchets organiques.

Figure 1-1-8. Part des diverses industries productrices de déchets organiques en 2008, et quantités associées (en tonnes de matière sèche)¹⁰



Source : INSEE-SSP-Agreste 2008

Le tableau 1-1-6 présente les principales régions françaises dont les industries génèrent des déchets en 2008. Sept régions ont généré 72% des déchets organiques des IAA.

Tableau 1-1-6. Principales régions productrices de déchets industriels organiques en 2008

région	% du total
Poitou-Charentes	15,2
Aquitaine	12,1
Bretagne	10,9
Basse-Normandie	10,1
Pays de la Loire	9,6
Nord Pas-de-Calais	8,3
Rhône-Alpes	6,2

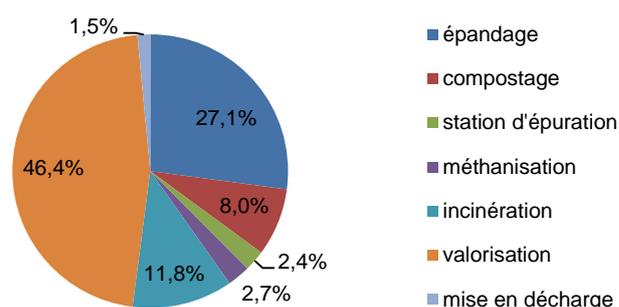
Source : INSEE-SSP-Agreste 2008

La figure 1-1-9 présente les destinations des déchets organiques des industries en fonction de leur mode de valorisation ou d'élimination. De l'ordre de 35% de ces matières résiduaire sont destinés à l'épandage sur des surfaces cultivées, majoritairement sans traitement biologique préalable (c'est notamment le cas des gâteaux de filtration issus de l'industrie des boissons, et du lactosérum généré par l'industrie laitière). L'on peut supposer que les boues issues du traitement des 2,4% de déchets redirigés en station d'épuration sont comptabilisées dans les quantités de boues de STEP rapportées en section 1.1.3.2. **Environ 0,3 Mt de matières sèches au moins étaient donc destinées à l'épandage agricole en 2008** (épandage direct + compostage).

⁹ Les déchets dits "à risques" (notamment les organes vecteurs de l'ESB) ne sont pas pris en compte dans l'enquête.

¹⁰ Les IAA peu productrices de déchets organiques s'entendent comme celles qui produisent individuellement moins de 2% de la quantité produite par l'ensemble des IAA. Quelques industries (hors IAA) ont fait valoir le secret statistique.

Figure 1-1-9. Voies de valorisation et d'élimination des déchets industriels organiques en 2008¹¹



Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

1.1.4.2. Boues et effluents des IAA (2,7 Mt de matières sèches en 2008)

La figure 1-1-10 représente les principales IAA génératrices de boues et d'effluents : il s'agit des industries des viandes, laitière, des fruits et légumes, et dans une moindre mesure la fabrication de boissons, qui génèrent près de 87% de l'ensemble des boues et effluents des IAA.

Figure 1-1-10. Part des diverses IAA productrices de boues et effluents en 2008, et quantités associée (en tonnes de matière sèche)



Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

Le tableau 1-1-7 présente les 8 principales régions françaises dont les IAA ont généré 82% du total des boues et effluents en 2008.

Tableau 1-1-7. Principales régions productrices de déchets organiques issus d'IAA en 2008

Région	% du total de boues produites en 2008
Bretagne	28,3
Aquitaine	11,8
Pays de la Loire	8,6
Rhône-Alpes	8,1
Poitou-Charentes	8,1
Nord Pas-de-Calais	6,9
Champagne-Ardenne	5,6
Bourgogne	4,6

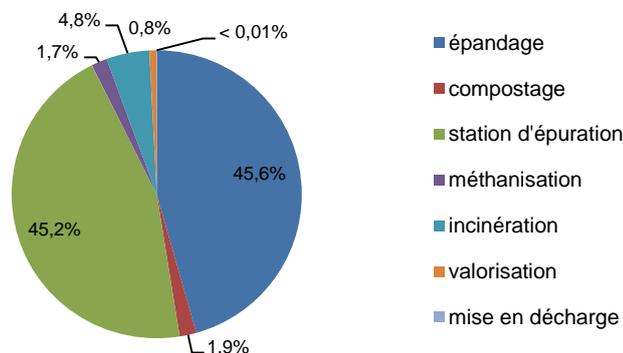
Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

La figure 1-1-11 présente les destinations des boues et effluents des IAA en fonction de leur mode de valorisation ou d'élimination. 9,4% des boues et effluents sont traités par des stations d'épuration industrielles (STEP présentes au sein d'établissements industriels). De l'ordre de 45% sont destinés à l'épandage sur des surfaces cultivées sans traitement biologique préalable (le compostage et la méthanisation des boues et effluents des IAA restent très marginaux), et une quantité équivalente est redirigée vers des stations d'épurations, sans que le devenir des boues qui en résultent soit précisé. L'on peut faire l'hypothèse que ces effluents redirigés vers des

¹¹ "Valorisation" s'entend comme les voies de recyclage hors organique.

STEP sont comptabilisés dans la section 1.1.3.2. **Au moins 1,3 Mt de matières sèches étaient donc dirigées vers l'épandage sur sols agricoles en 2008** (épandage direct + compostage).

Figure 1-1-11. Voies de valorisation et d'élimination des boues et effluents des IAA¹²



Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

1.3.4.3. Boues et effluents des industries hors IAA (2,2 Mt de MS en 2008)

La figure 1-1-12 représente les principales industries hors IAA génératrices de boues et d'effluents : il s'agit des industries du papier/carton, extractive, de la chimie, et de la métallurgie, qui génèrent plus de de 89% de l'ensemble des boues et effluents industriels hors IAA.

Figure 1-1-12. Part des diverses industries hors IAA productrices de boues/effluents en 2008, et quantités associée (en tonnes de matière sèche)¹³



Source : INSEE-SSP-Agreste

Le tableau 1-1-8 présente les 8 régions françaises dont les industries ont généré 78% du total des boues et effluents hors IAA en 2008.

Tableau 1-1-8. Principales régions productrices de boues et effluents hors IAA en 2008

Région	% du total de boues et effluents produits en 2008 (hors IAA)
Aquitaine	25,4
Haute-Normandie	11,4
Lorraine	10,1
Nord Pas-de-Calais	9,8
Rhône-Alpes	6,4
Champagne-Ardenne	5,6
Picardie	4,9
Midi-Pyrénées	4,5

Source : INSEE-SSP-Agreste

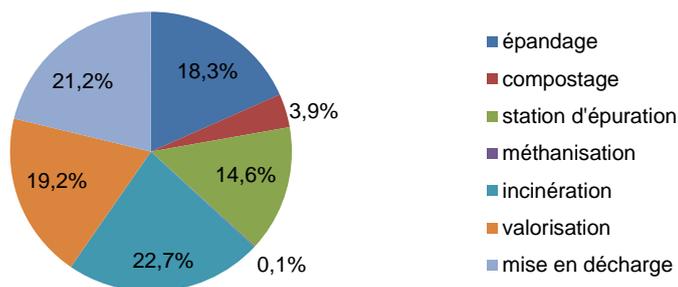
¹² "Valorisation" s'entend comme les voies de recyclage hors organique.

¹³ Les industries peu productrices de déchets organiques s'entendent comme celles qui produisent individuellement moins de 2% de la quantité produite par l'ensemble des IAA.

La figure 1-1-13 présente les destinations des boues et effluents hors IAA en fonction de leur mode de valorisation ou d'élimination. 22,2% sont valorisés par épandage agricole, principalement sans traitement biologique préalable. Les boues papetières sont les matières les plus valorisées en agriculture (épandage direct de 32% de ces boues, soit environ 0,2 Mt de matière sèche).

14,6% des boues et effluents industriels hors IAA sont redirigés vers des stations d'épuration, et l'on peut faire l'hypothèse que les boues issues de ce traitement en STEP sont comptabilisées dans la section 1.3.2.2. Les autres destinations de ces boues et effluents se répartissent équitablement entre l'incinération, les autres types de valorisation et la mise en décharge. **Environ 0,5 Mt de matières sèches ont donc été valorisées en épandage agricole en 2008** (épandage direct et compostage).

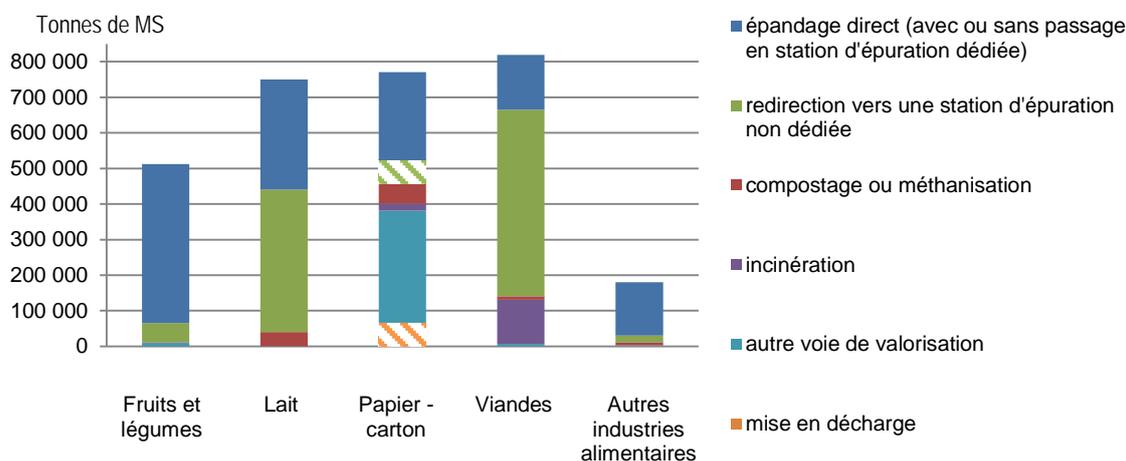
Figure 1-1-13. Voies de valorisation et d'élimination des boues et effluents hors IAA¹⁴



Source : INSEE-SSP-Agreste

En résumé, la figure 1-1-14. Illustre le devenir des **boues et effluents** issus des principaux secteurs qui contribuent à l'épandage agricole : les industries des fruits et légumes, du lait, du papier-carton, des viandes, et des autres IAA

Figure 1-1-14. Devenir des boues et effluents issus des principaux secteurs qui contribuent à l'épandage agricole



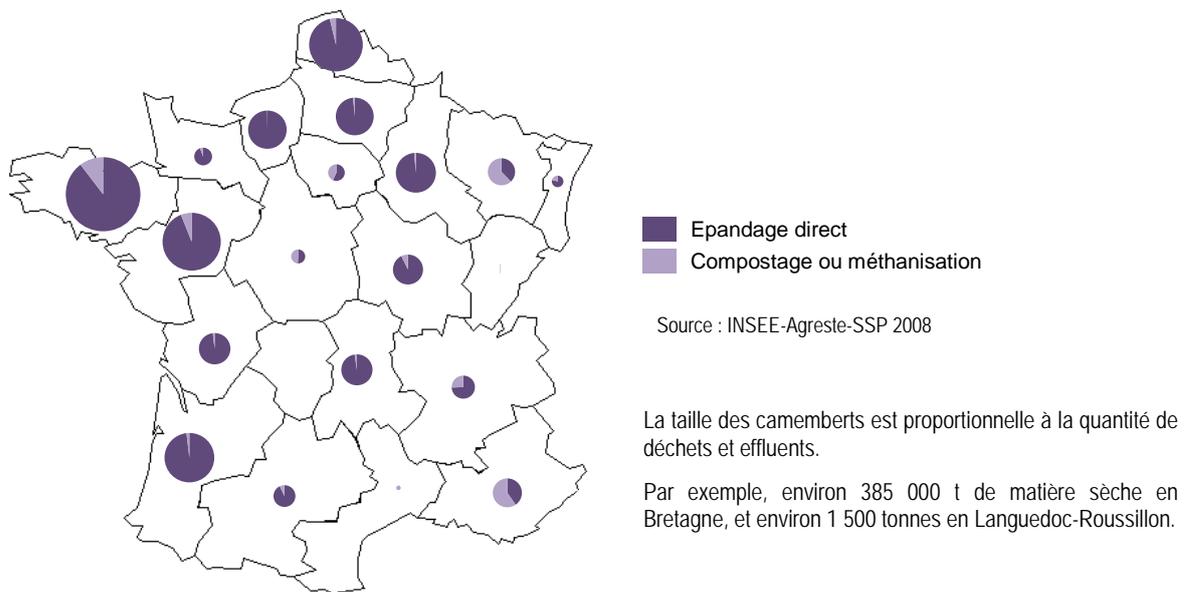
Les données hachurées sont des ordres de grandeur incertains en raison du secret statistique (la couleur des hachures renvoie aux couleurs de la légende). "Autre voie de valorisation" pour la filière papier-carton : essentiellement utilisation en briqueterie et cimenterie, fabrication de matériaux pour le bâtiment.

Source : INSEE-Agreste-SSP 2008.

La figure 1-1-15 illustre la répartition spatiale des 2,1 Mt de matières sèches d'**effluents et déchets organiques** industriels destinées à la valorisation agronomique (épandage direct ou compostage/méthanisation) en 2008.

¹⁴ "Valorisation" s'entend comme les voies de recyclage hors organique.

Figure 1-1-15. Répartition géographique des quantités de déchets et effluents industriels destinées à la valorisation agricole en 2008



1.1.5. Autres matières susceptibles d'être valorisées en Mafor

1.1.5.1. Cendres

Les cendres sont des résidus solides issus de la combustion ou de l'incinération de substances organiques (y compris charbon et lignite). On ne considèrera pas ici les cendres volcaniques, celles issues du brûlis et de l'écobuage, ni celles résultant des incendies de forêts.

Les cendres issues des installations de combustion de biomasse (chaufferies bois) sont des matières inorganiques potentiellement valorisables comme Mafor car riches en certains éléments utiles aux plantes et aux sols (notamment calcium, silice, potassium). On distingue deux types de cendres : les cendres volantes qui sont de fines particules entraînées par les gaz de combustion et qui sont récupérées dans des dépoussiéreurs et autres systèmes de filtration de gaz et des cendres de foyer (ou cendres de lit ou mâchefer) récupérées dans le « cendrier ».

Cendres issues de centrales thermiques au charbon

3.7% de la consommation d'énergie primaire en France (Chiffres 2011) provient du charbon (Commissariat général au développement durable, 2012). La proportion cendres de foyer / cendres volantes varie de 15 à 85% pour les centrales thermiques au charbon (Rossi et al, 2009). En 2011 EDF a produit 431,2 ktonnes de cendres volantes et 36,3 ktonnes de cendres de foyer provenant des tranches charbon de France continentale¹⁵. Toutes ces cendres (ainsi qu'une partie des stocks) ont été valorisées (cimenteries, techniques routières, etc.).

Cendres de centrales à bois

Sur les 40 Mm³ de bois utilisés annuellement pour la production d'énergie, 42% sont issus de déchets de bois et 7% de bois spécifiquement récolté pour cet usage. On estime à 3000 le nombre de chaufferie bois installées en France, dont 1500 pour des collectivités et 1000 pour des industriels (DGIS – PIPAME, 2012). La production de cendres est estimée entre 2 et 4% du tonnage entrant. En 2001, pour un nombre de chaufferies bois estimé à 430, la production de cendres était évaluée entre 18 000 à 37 000 t/an (ADEME DVNAC, 2001), ce qui n'est pas d'une grande précision. Le taux de cendres varie fortement en fonction de la matière première (Tableau 1-1-9).

¹⁵ Chiffres EdF (<http://fr.edf.com/edf-en-france-51243.html> consulté le 12/08/2013)

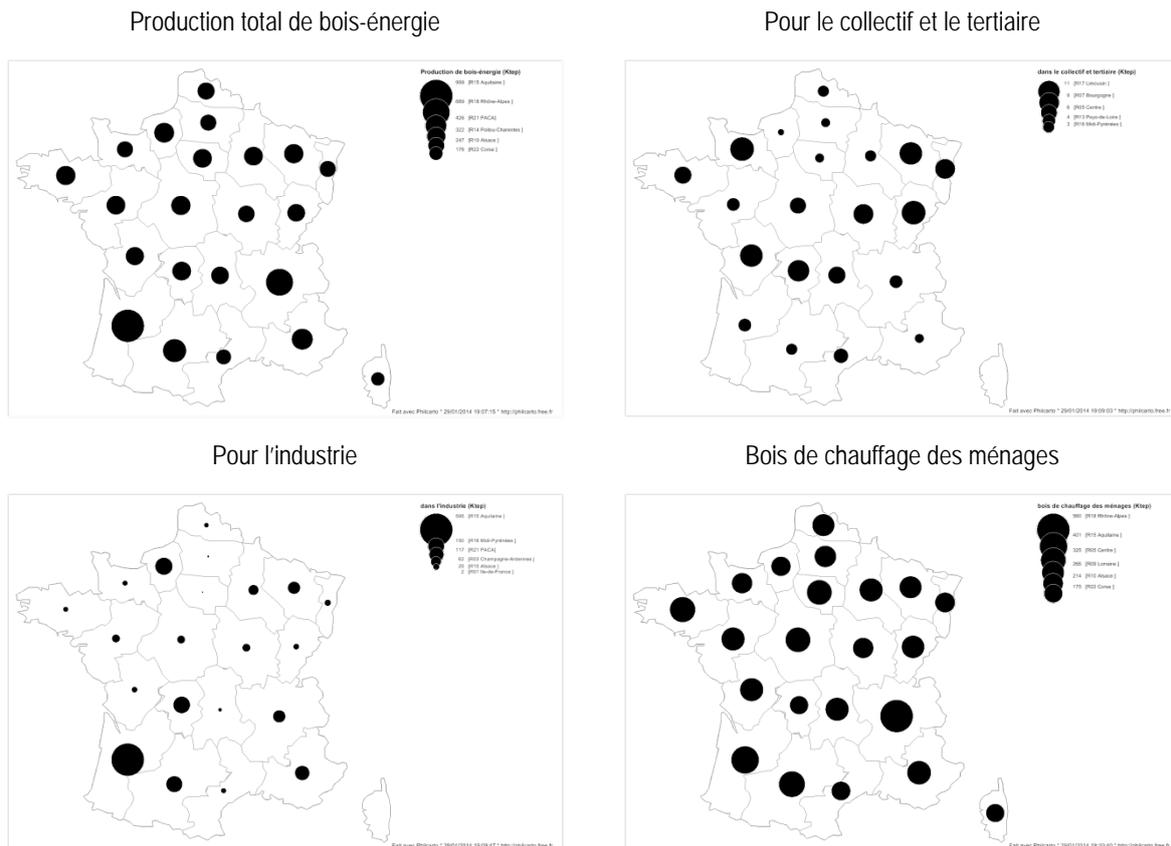
Tableau 1-1-9. Taux de cendres en fonction du combustible

Type de combustible	Description	Taux de cendres
Plaquette forestière	Un mélange "bois+écorces+feuilles/aiguilles" provenant du déchetage des rémanents de coupe et houppiers, des bois de petits diamètres et des bois dépréciés	1,5 à 3% en fonction de la proportion de feuilles ou d'aiguilles
Combustibles issus des industries du bois	Provenant du déchetage des chutes très grossières, courtes ou longues	0,8 à 1,5% (possibilité de corps étrangers comme les agrafes métalliques de cagettes non conformes)
Combustibles issus des déchets de bois (bois de rebut non traités)	Provenant du déchetage de bois en fin de vie	0,8 à 3% (possibilité de corps étrangers métalliques)
Granulés de bois	Compactage de sciures de bois préalablement séchées	0,4 à 1%
Ecorces	Provenant du déchetage d'écorces	4 à 10%

Source : Mivière, 2008

Il ressort des données statistiques de la base EIDER, qu'en 2009, 77% du bois énergie consommé en France l'était par les ménages, pour lesquels les cendres ne sont pas récupérables. L'utilisation de bois énergie à des fins industrielles représentent 21%, le reste étant dédié à des usages collectifs et tertiaire. Si la production de bois énergie est assez bien répartie sur le territoire, on peut voir dans la Figure 1-1-14 que cela est surtout dû à l'utilisation de bois de chauffage par les ménages.

Figure 1-1-14. Répartition géographique de la production de bois-énergie en France



De compositions très variables selon l'essence du bois notamment, elles sont actuellement utilisées de façon très marginale en épandage agricole ou forestier (seules ou mélangées avec des matières organiques). Lorsqu'elles ne sont pas valorisées en agriculture, les cendres sont mises en décharge. Les autres voies de valorisation explorées concernent l'industrie de la céramique et les domaines de la construction et des travaux publics.

Les cendres issues des chaufferies bois devraient voir leur gisement augmenter avec le développement des chaufferies à biomasse. Cependant, il est difficile d'avancer des chiffres pour les raisons précédemment énoncées.

1.1.5.2. Résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères (REFIOMs)

Outre les cendres volantes et de foyer, ils contiennent également les gâteaux de filtration des eaux de lavage des fumées (on compte environ 2kg de gâteau de filtration et 20 à 25 kg de cendres par tonne d'ordures ménagères¹⁶). La réglementation en vigueur impose de les envoyer en décharge de classe 1.

1.1.5.3. Sédiments de curage

Les opérations de curage du domaine fluvial (rivières, fleuves, canaux) génèrent chaque année environ 6 Mt de sédiments de dragage. L'arrêté du 30 mai 2008 relatif aux opérations d'entretien des cours d'eau ou canaux privilégie la réintroduction des sédiments curés dans la voie d'eau pour maintenir l'équilibre du lit et, en second ordre de priorité, la transformation en granulats utilisés en construction routière, mais d'autres destinations sont prévues parmi lesquelles l'épandage agricole. Cependant, les éventuelles situations d'épandage de ces matières sont trop peu nombreuses pour être rapportées dans la littérature, et les quantités épandues ne sont donc pas évaluables. Il faut noter que le mode de détermination de la dangerosité des sédiments et de l'acceptabilité de l'impact environnemental de leur gestion à terre n'est pas précisé à ce jour par un texte réglementaire ou un guide.

La quantité de sédiments dragués serait susceptible d'augmenter, même si leur usage en tant que Mafor est actuellement très peu développé. En effet, selon Voies Navigables de France, il faudrait extraire 9 Mt de sédiments des cours d'eaux pour assurer la navigabilité et l'écoulement naturel des eaux (Dréal Nord Pas-de-Calais, 2011).

1.1.5.4. Digestats issus de la méthanisation de certaines matières

Certaines matières résiduaire sont susceptibles de faire l'objet d'une valorisation organique indirecte, principalement après méthanisation¹⁷. Ce sont les digestats qui pourraient alors être épandus sur sols agricoles ou forestiers. L'étude de FranceAgriMer a identifié les matières résiduaire issues de l'agriculture et de la sylviculture susceptibles d'être valorisées (tous types de valorisation inclus). L'ADEME a également estimé les gisements potentiels de matières utilisables en méthanisation à l'horizon 2030, en tenant compte des voies de valorisation actuelles de ces matières, des leviers et contraintes relatives à leur mobilisation, et de la vitesse de développement de la filière "méthanisation" (ADEME, 2013)¹⁸. Les résidus de cultures annuelles, les cultures intermédiaires à vocation énergétique et les issues de silos dans une moindre mesure, seraient susceptibles d'être méthanisés (à condition que la collecte de ces matières soit organisée, condition qui n'a pas été examinée dans le cadre de cette ESCo).

- Résidus de cultures annuelles (pailles de céréales et d'oléagineux, cannes de maïs)

D'après FranceAgriMer, de l'ordre de 70% sont laissées au sol pour le maintien de la fertilité, et 14% sont valorisés comme litière pour les animaux d'élevage. Le reste (environ 11 605 milliers de tonnes de matière sèche par an estimés en 2010) est susceptible d'être méthanisé, les digestats pourraient être valorisés par épandage. L'ADEME estime le gisement de résidus de culture mobilisables en méthanisation en 2030 à 13 400 milliers de tonnes de matières brutes (en tenant compte de la part laissée au sol pour l'entretien de la fertilité, et de la part utilisée comme litière animale).

¹⁶ <http://www.syctom-paris.fr/pdf/cendresvolantes.pdf> téléchargé le 12/08/2013

¹⁷ sous réserve du développement de cette voie de valorisation et des équipements associés, élément contextuel qui n'a pas été étudié spécifiquement dans le cadre de la présente ESCo

¹⁸ N'ont pas été incorporés dans cette étude deux ressources supplémentaires : les herbes de bords de route (912 000 ha équivalent de bord de route associés à une production moyenne de 10t/ha par fauchage) et les prairies (2 millions d'ha équivalent, avec une production potentielle de 5 tMS/ha qui pourraient être libérés à l'horizon 2050 pour une utilisation en méthanisation)

- Cultures intermédiaires à vocation énergétique

Si ces cultures se développent, l'ADEME estime le gisement mobilisable en méthanisation en 2030 à environ 13 600 milliers de tonnes de matières brutes.

- Issues de silos

D'après FranceAgriMer, de l'ordre de 439 milliers de tonnes sont produites annuellement, actuellement majoritairement utilisées en alimentation du bétail. Les projets de valorisation énergétique se développant, ces issues sont susceptibles d'être incinérées ou méthanisées (en association avec du lisier par exemple), le digestat pourrait alors être épandu.

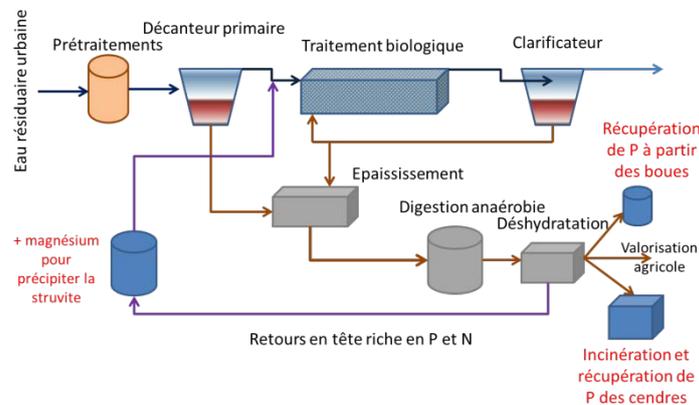
1.1.5.5. Mafor non utilisées mais qui font l'objet de recherches

Des travaux de recherches explorent diverses possibilités de produire des matières possédant une valeur agronomique à partir de déchets. Il s'agit notamment des biochars, matières composées de charbon de bois obtenu par pyrolyse de résidus agricoles (non déjà valorisés par ailleurs) ou de biomasse végétale renouvelable et non valorisable. Les biochars sont considérés comme étant des puits de carbone et donc bénéfiques pour la maîtrise des gaz à effet de serre. Leur production est encore très peu répandue.

La récupération de l'azote et du phosphore à partir d'effluents liquides (lisiers, boues d'épuration par exemple) et de digestats est un autre sujet de nombreux projets de recherche. L'azote est généralement récupéré sous la forme de sulfate d'ammonium, tandis que le phosphore l'est sous forme de struvite (phosphate d'ammonium et de magnésium) ou d'apatite (phosphate de calcium). Certains procédés font l'objet d'essais (Figure 1-1-15) pilotes, mais la littérature ne mentionne pas d'étude de leur rentabilité économique.

Le développement de ces techniques pourrait générer de nouveaux gisements de Mafor, sous réserve de leur innocuité.

Figure 1-1-15. Quelques possibilités de récupération du phosphore dans une installation de traitement d'eaux résiduaires urbaines



D'après Pons, M.-N.

Annexe 1-1-1. Données détaillées concernant les quantités de déjections émises par le cheptel français en 2000

D'après Biomasse Normandie, 2002.

1. Déjections bovines

Nature des déjections récupérables :

Type d'animal	Fumier (%)	Lisier (%)
Vaches laitières	80	20
Vaches allaitantes	94	6
Taurillons	94	6
Veaux de boucherie	0	100

Quantités de déjections bovines en 2000 (en milliers de tonnes) :

	Matière brute		Matière sèche		Matière organique	Eléments fertilisants (Qté)		
	Qté	%	Qté	%	Qté	Azote	Phosphore	Potasse
Déjections émises au champ	134 740	55	14 820	38	11 120	539	269	674
Déjections récupérables	108 340	45	24 260	62	18 190	565	271	740
- Dont fumiers	89 330	82	22 340	92	16 730	491	232	643
- Dont lisiers	19 010	18	1 920	8	1 440	74	39	97
Total	243 000	100	39080	100	29 310	1 104	540	1 414

2. Déjections porcines

Quantités de déjections porcines en 2000 (en milliers de tonnes) :

	Matière brute		Matière sèche		Matière organique	Eléments fertilisants (Qté)		
	Qté	%	Qté	%	Qté	Azote	Phosphore	Potasse
Déjections émises au champ	120		10		10			
Déjections récupérables	24 590	99,5	2 630	99,6	1 970	18	94	77
- Dont fumiers	6 080	25	1 520	58	1 140	25	20	21
- Dont lisiers	18 510	75	1 110	42	830	93	74	56
Total	24 710	100	2 640	100	1 980	118	94	77

3. Déjections avicoles et cunicoles

L'essentiel de ces élevages se situent en Bretagne et dans les Pays de Loire, régions auxquelles il faut ajouter :

- Vendée, Maine-et-Loire, Deux-Sèvres pour la production de lapins
- Drôme pour les poules pondeuses et les dindes
- Aquitaine et Midi-Pyrénées pour les canards et les oies.

Nature des déjections produites :

Type de production	Mode d'élevage	Type de déjection
Lapins	Sans litière	Lisiers liquides
Poules pondeuses et poulettes		Fientes humides à sèches selon le mode d'évacuation et de stockage
Volailles de chair hors palmipèdes	Avec litière	Fumiers
Canards et oies	Mixte : 90% sans et 10% avec litière	Lisiers liquides ou fumiers

Quantités de déjections avicoles produites en 2000 (en milliers de tonnes) :

	Matière brute		Matière sèche		Matière organique	Eléments fertilisants (Qté)		
	Qté	%	Qté	%	Qté	Azote	Phosphore	Potasse
Fumiers	2 970	33	1320	69	990	54	58	38
Lisiers et fientes ⁽¹⁾	6 020	67	600	31	450	39	48	30
Total	8 990	100	1920	100	1 440	93	106	68

(1) : fientes considérées à l'état humide

4. Déjections ovines, caprines et équines

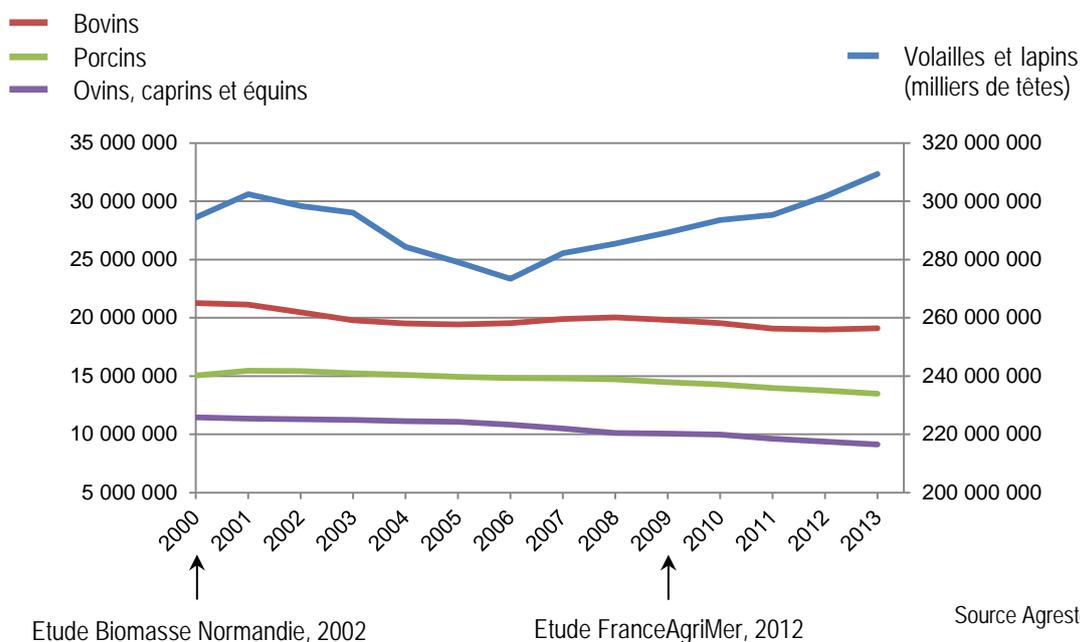
Répartition des cheptels ovins, caprins et équins :

Type	Effectif (milliers de têtes)	Zones géographiques principales
Ovins	8 830	Viande : Près Salés, Marais Poitevin, Massif Central, Pyrénées, sud des Alpes Lait : Tarn, Aveyron, Lozère, Pyrénées Atlantiques, Corse
Caprins	1 200	Deux-Sèvres, Vienne
Equidés	468	Répartition nationale avec une certaine concentration en Normandie

Quantités de déjections ovines, caprines et équines produites en 2000 (en milliers de tonnes) :

	Matière brute		Matière sèche		Matière organique	Eléments fertilisants Qté		
	Qté	%	Qté	%	Qté	Azote	Phosphore	Potasse
Déjections émises au champ	13 560	65	1 490	37	1 129	83	48	124
Fumiers	7 460	35	2 590	63	1 940	52	31	70
Total	21 020	100	4 080	100	3 060	135	79	194

5. Evolution du cheptel français entre 2000 et en 2013



¹⁹ Statistique Agricole Annuelle – Données en ligne DISAR

Annexe 1-1-2. Evolution des quantités d'OMR et de déchets verts et biodéchets, et de leurs principaux modes de valorisation, entre 2005 et 2011

	2005	2007	2009	2011
DMA	36 101 381	37 699 945	37 831 755	38 536 660
- OMR	20 467 175	20 139 568	19 185 599	18 783 381
Valorisation matière	140 863	115 291	229 492	186 269
Valorisation organique	563 381	805 189	706 762	881 511
Valorisation énergétique	9 762 125	10 181 663	10 693 439	10 986 941
Incinération sans récupération d'énergie	409 313	492 293	394 460	395 607
Stockage	8 033 469	7 895 678	7 035 798	6 270 717
- Déchets verts et biodéchets (total)	3 556 138	4 290 209	4 689 059	4 793 691
Valorisation organique (collecte)	860 845	985 753	1 105 655	1 195 323
Valorisation organique (déchèterie)	2 105 962	2 892 485	3 355 251	3 296 781

Source : <http://www.sinoe.org/>

Le traitement biologique des ordures ménagères résiduelles (OMR), qu'il s'agisse de compostage ou de digestion anaérobie, est généralement précédé d'opérations mécaniques (dilacération, tri), l'ensemble formant une plate-forme de tri mécano-biologique (TMB). En 2013 il y a 37 installations TMB en fonctionnement (Adler et Eveillé, 2013).

Les déchets verts c'est-à-dire les déchets organiques formés de résidus (feuilles mortes, tontes de gazon, tailles de haies, d'arbustes et d'arbres, déchets d'entretien de massifs) issus de l'entretien des espaces verts, des zones récréatives, des jardins privés (des particuliers collectés séparément ou par le biais des déchetteries), des serres, des terrains de sports... représentent 61% des déchets envoyés en compostage. Les déchets verts souillés par des substances dangereuses (résidus phytosanitaires par exemple) sont des déchets dangereux et ne doivent pas être utilisés.

Annexe 1-1-3. Les boues issues du traitement des eaux usées urbaines

Systèmes d'épuration des eaux résiduaires

Eaux résiduaires

Dans le cas d'un réseau d'assainissement séparatif, les eaux résiduaires urbaines dirigées vers les stations d'épuration (STEU) résultent du mélange d'eaux résiduaires d'origine :

- domestique
 - o Eaux vannes (provenant des toilettes et contenant de l'urine, des fèces et des résidus médicamenteux)
 - o Eaux grises provenant d'opérations de lavage
 - Linge (machines)
 - Vaisselle (évier, machines)
 - Hygiène corporelle (douches, bains, lavabos)
 - Préparation de nourriture (éviers)
 - Différentes surface (sols, etc.)
- artisanale et commerciale : il est à noter que certains métiers doivent récupérer certains de leurs effluents liquides : ex : bac à graisse chez les restaurateurs, huiles chez les garagistes, etc.)
- collective : hôpitaux, établissements scolaires et universitaires, etc.

Si le réseau est unitaire, s'ajoutent les eaux provenant du ruissellement des eaux de pluie sur les surfaces imperméabilisées (toits, murs, chaussées, trottoirs, etc.) et celles résultant du lavage de la voirie.

Il faut noter que les matières de vidange et boues de curage issues de l'entretien des réseaux d'assainissement industriels et urbains ou des installations d'assainissement autonome dans les zones rurales et péri-urbaines (fosses septiques, puits d'infiltration) sont souvent prises en charge par les plus grosses STEP en amont du dégrillage.

Ces eaux véhiculent une pollution sous formes soluble, colloïdale et particulaire (solides dont la taille varie largement, allant du μm à plusieurs dizaines de centimètres). La première étape de tout traitement d'eaux résiduaires est donc le piégeage des solides les plus gros (macrosolides) à l'aide de systèmes de grille (dégrillage). Ils risquent en effet de détériorer les systèmes mécaniques situés en aval. Les refus de dégrillage sont incinérés ou mis en décharge.

Après cette étape, le but de la filière de traitement est de débarrasser les eaux résiduaires du reste de leur pollution particulaire et de réduire, en accord avec les normes de rejet dans le milieu aquatique et celles portant sur le rendement épuratoire spécifiées par la réglementation, la pollution soluble, de type carbone, azote et phosphore.

Traitement des eaux résiduaires

Les boues activées et le lagunage représentent respectivement 44% et 28% des installations de traitement des eaux résiduaires.

Les systèmes à boues activées

Les systèmes à boues activées sont les plus répandus en France. Il s'agit d'un traitement biologique intensif reposant sur l'utilisation de bactéries organisées en floccs. La cohésion des floccs est assurée par des exopolymères (mélange de polysaccharides et de protéines principalement) synthétisées par les bactéries elles-mêmes. Le traitement est organisé suivant deux files : la file « eau » et la file « boues ».

Avant le traitement proprement dit des étapes de dégraissage, de dessablage et de décantation primaire sont souvent mises en œuvre :

- Le but du dessablage est de récupérer les particules les plus minérales (denses et décantant rapidement) contenues dans les eaux résiduaires (« sables » provenant notamment du ruissellement). Les sables récupérés sont lavés et peuvent être réutilisés.
- Le dégraissage vise à récupérer, souvent par flottation et raclage de la surface, les graisses. Elles peuvent être évacuées ou hydrolysées biologiquement. L'hydrolysate est alors réinjecté dans la file « eau ».
- La décantation primaire consiste à récupérer une grande partie (en général autour de 70%) des particules solides, de nature essentiellement organiques, qui n'ont pas été piégées lors du dessablage. Les **boues primaires** ainsi récupérées seront traitées ensuite dans la file « boues ». La décantation primaire est facultative. Elle conduit en effet à une perte en carbone organique, qui peut être préjudiciable en aval lors de l'élimination de la pollution azotée.

Après ces prétraitements les eaux résiduaires sont mélangées dans un bassin biologique aux boues activées recyclées depuis le clarificateur final. L'azote et le carbone sont ainsi éliminés par des bactéries qui s'en servent pour leur croissance. Afin de rejeter dans le milieu naturel un effluent exempt de ces boues, une étape de sédimentation intervient généralement (ou une filtration dans les réacteurs à membranes) et les boues récupérées sont recyclées dans le bassin biologique. Pour maintenir la quantité de bactéries présentes dans le système constante, une partie d'entre elles est soutirée régulièrement. Ces boues en excès constituent ce que l'on appelle les boues secondaires. Le mélange des boues primaires et des boues secondaires constitue les **boues mixtes**.

Le cas de l'élimination du phosphore est plus complexe et plus délicat. L'élimination biologique met en jeu plusieurs types de bactéries et les procédés reposent sur un séquençement de phases aérobie et anaérobie. Comme il est difficile d'atteindre en toutes circonstances les limites de rejet en phosphore par une simple élimination biologique, on fait souvent appel à un traitement physico-chimique, par précipitation à l'aide de sels métalliques (à base de fer ou d'aluminium). Lorsqu'il s'agit d'un post-traitement, les boues récupérées sont essentiellement minérales. Mais dans certains procédés, les sels sont injectés directement dans l'étage biologique. Les précipités métalliques sont alors incorporés dans les flocs bactériens des boues activées et éliminés du système via les boues secondaires.

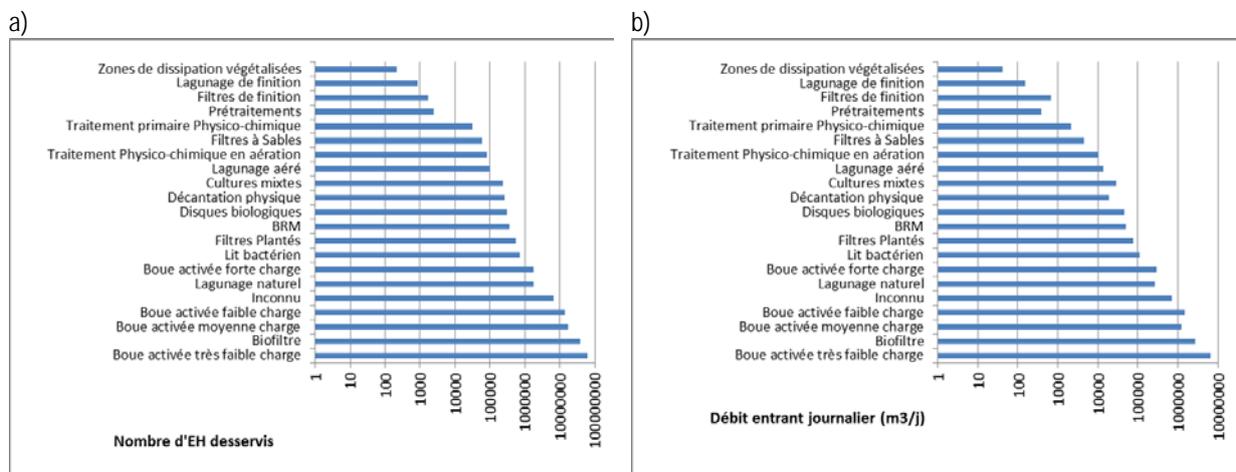
Le lagunage

Le lagunage est une technique extensive d'épuration des eaux résiduaires par laquelle le procédé d'auto-épuration des eaux s'effectue dans des bassins peu profonds, préalablement à leur rejet dans le milieu naturel. L'écoulement s'effectue lentement par gravité. Les bassins sont étanchéifiés (géomembrane, argile compactée) pour éviter les exfiltrations vers les eaux souterraines. Les eaux résiduaires (après dégrillage, voire dégraissage et dessablage) transitent dans une série de bassins (en général trois) de profondeur décroissante. La dépollution est le résultat de l'action de bactéries et d'algues (dont le développement est favorisé par la photosynthèse). Des macrophytes (roseaux, jonc, etc.) peuvent être plantés pour favoriser l'oxygénation et absorber des éléments minéraux. Des aérateurs peuvent être également mis en œuvre dans les premiers bassins.

Des boues (microorganismes morts, matières en suspension des eaux usées, débris de plantes, etc) s'accumulent au fond des bassins et doivent être évacués tous les cinq ou dix ans. Un faucardage des plantes aquatiques doit être effectué chaque année.

La figure 1 donne la représentativité des différents types de filière "eau" résiduaire urbaine en fonction du nombre total d'équivalents-habitants desservis et en fonction du volume total journalier d'eaux résiduaires traitées par chacun de ces types. Cette répartition a été établie sur l'ensemble des 19531 stations urbaines de France métropolitaine et des DOM. Malheureusement quelques 3000 installations ne sont pas documentées en ce qui concerne la filière eau dans la base de données du MEDDE²⁰. Les procédés les plus utilisés sont ceux mettant en œuvre des boues activées (avec différentes charges) et les biofiltres. Il y a par ailleurs très peu d'information sur le type de traitement des « boues » (chaulage, séchage) pour ce qui ne relève pas du compostage ou de la méthanisation.

Figure 1. Classement de l'importance des types de filières de traitement des eaux résiduaires urbaines en fonction du nombre total d'équivalents-habitants desservis et du volume total journalier d'eaux résiduaires traitées.



Type « inconnu » = non renseigné dans la base de données

²⁰ Base de données 2011 – MEDDE <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/services.php>

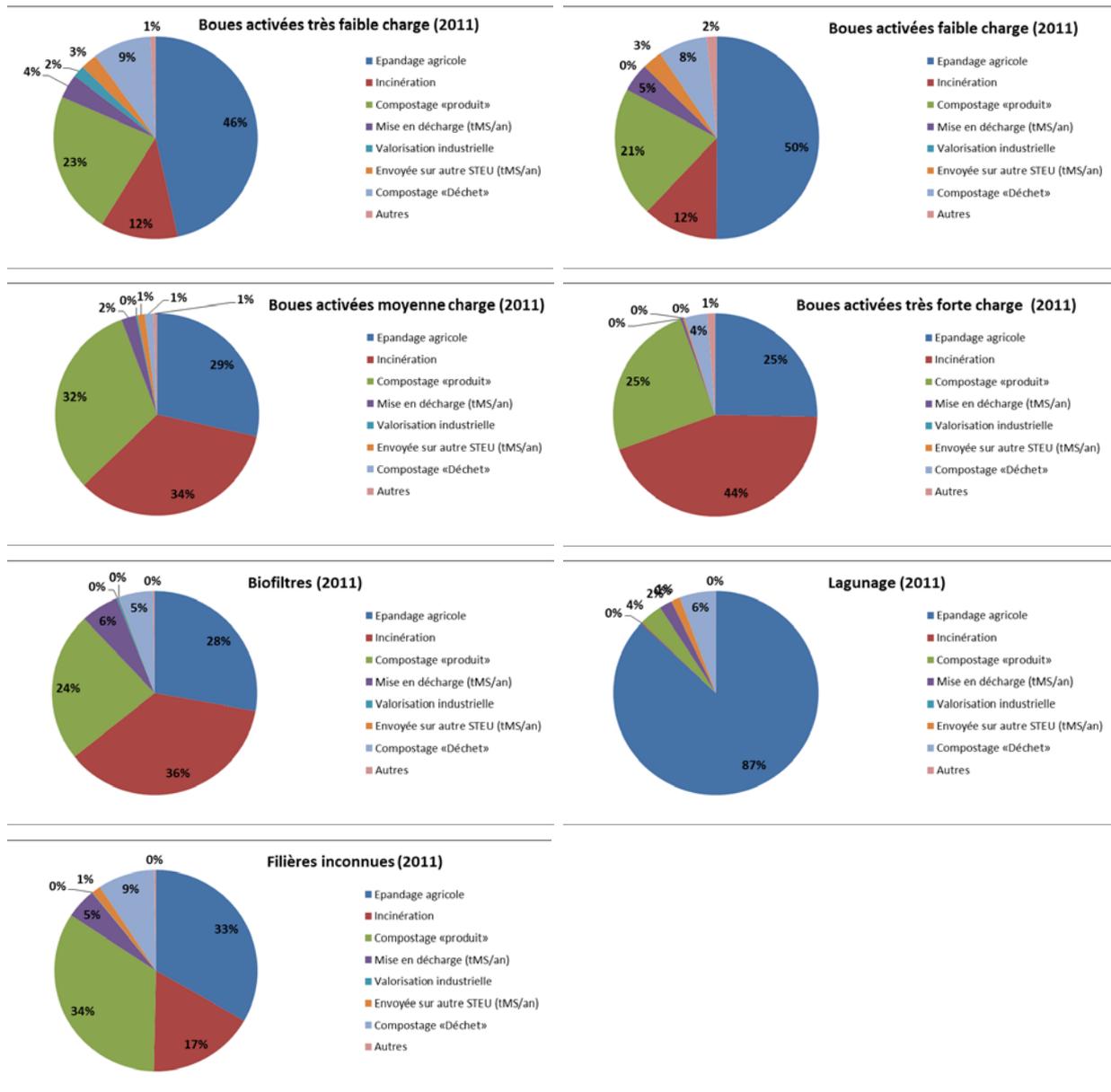
Boues

Les boues issues des stations d'épuration, et notamment de la filière « eau » des systèmes à boues activées, sont liquides, avec un fort pouvoir fermentescible. Trois types de traitement sont applicables :

- stabilisation pour réduire la fermentescibilité
- réduction de leur teneur en eau
- hygiénisation, pour réduire les pathogènes

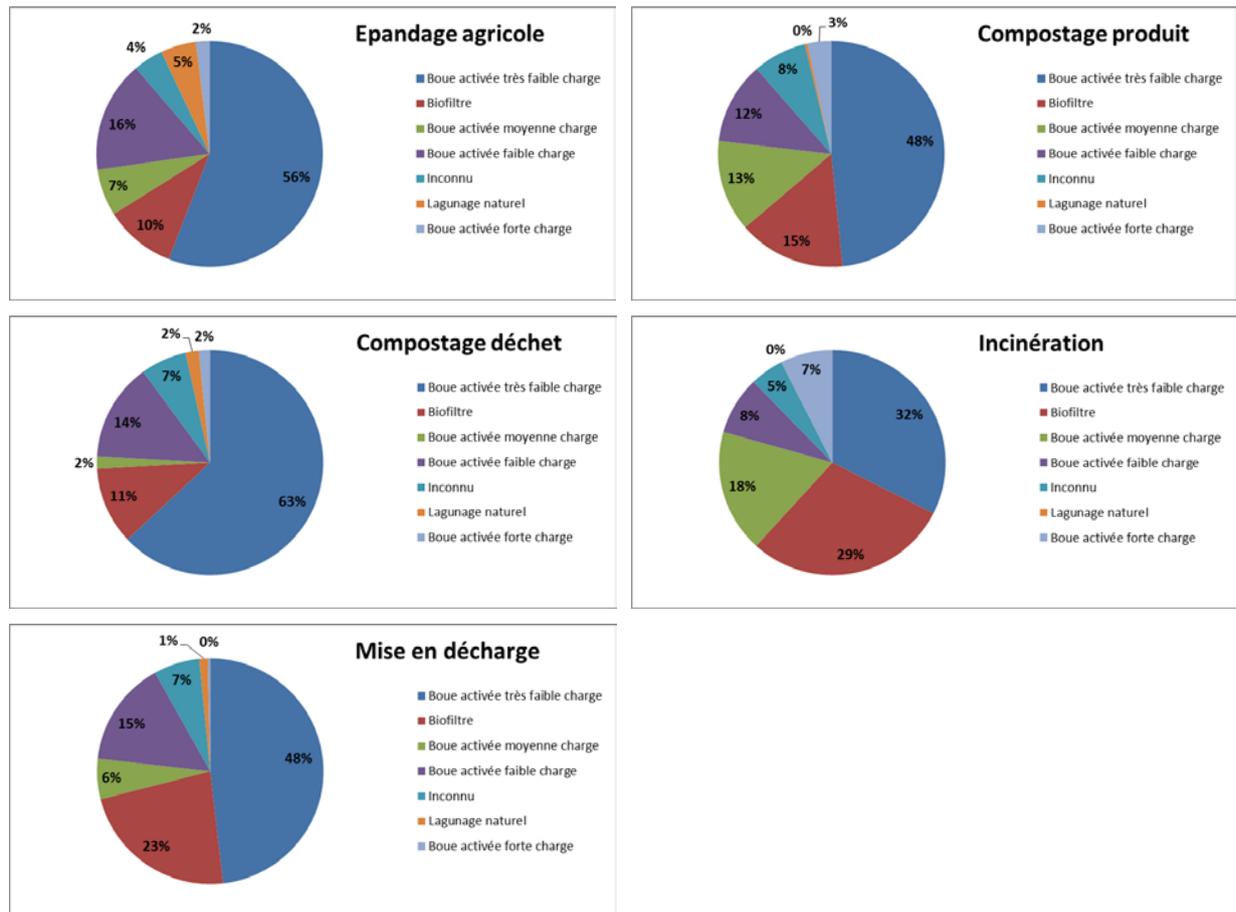
La figure 2 permet de comparer les destinations des boues en excès récupérées en fonction du type de filière « eau ». Si pour les boues activées à très faible charge (ou aération prolongée) et à faible charge, les boues sont principalement valorisées 1) en épandage agricole et 2) en compostage « produit », l'incinération est privilégiée pour les boues activées à moyenne et forte charge ainsi que pour les biofiltres.

Figure 2. Destination des boues en excès en fonction de la filière « eau »



Si on se place maintenant du côté de la filière "boues", on retrouve la prédominance des systèmes à boues activées à très faible charge pour les différentes fins de vie (Figure 3).

Figure 3. Origine des boues pour les différentes filières "eau"



Chaulage des boues

L'utilisation de chaux sur les boues permet le blocage des fermentations par augmentation du pH (>11), une réduction des émissions de certains composés volatils (hydrogène sulfureux). A contrario l'augmentation de pH favorise l'émission d'ammoniac. Deux grands types de chaux peuvent être utilisés : des chaux calciques (carbonate de calcium CaCO_3) et des chaux magnésiennes (CaCO_3 et de MgCO_3), sous trois formes : chaux vive (CaO et MgO), chaux éteinte (Ca(OH)_2) et lait de chaux (suspension de particules d'hydroxyde de calcium en milieu aqueux).

Typologie des boues chaulées

Type	Dénomination	Commentaires
1	Boues physico-chimiques	Apport de chaux pour corriger le pH lors de la coagulation des colloïdes par des sels de fer ou d'aluminium. Souvent utilisés pour des installations dans des sites touristiques avec une grande variabilité de population
2	Boues liquides chaulées	Stabilisation et évacuation à l'état liquide
3	Boues chaulées avant déshydratation	Chaulage avant déshydratations sur filtre à bandes ou sur centrifugeuse
4	Boues conditionnées à la chaux	

Séchage solaire

Le but est d'obtenir une siccité élevée (taux de MS en %) de 70 à 80% par évaporation naturelle de l'eau contenue dans les boues. L'opération est conduite dans des serres ouvertes (à ventilation naturelle) ou fermées (à ventilation contrôlée), dans des conditions naturelles (seul le soleil est utilisé) ou mixte (avec un apport énergétique complémentaire par plancher chauffant ou air préchauffé). (cf Brison et al, 2010).

Compostage

Le compostage est un procédé de décomposition de la matière organique (résidus de culture, déchets animaux, invendus de grandes surfaces, restes de restauration collective et alimentaires des particuliers, certains déchets industriels et urbains, etc). Il y a deux catégories de compostage :

- le compostage anaérobie (en absence ou quasi absence d'oxygène) qui s'apparente plus à de la digestion anaérobie avec production de méthane, dioxyde de carbone et hydrogène sulfuré) : l'opération s'effectue à basse température et les pathogènes et graines d'adventices ne sont pas affectés.
- le compostage aérobie, qui est un procédé exothermique, avec des températures pouvant atteindre 70°C), ce qui permet de détruire certains pathogènes et graines d'adventice. L'apport d'oxygène est assuré par un retournement de la matière. Les gaz produits sont le dioxyde de carbone, l'ammoniac et la vapeur d'eau.

Le vermicompostage est une variante du compostage dans laquelle on utilise des vers de terre, friands de matière organique et qui peuvent en consommer leur propre poids chaque jour. Plusieurs espèces peuvent être mises en œuvre, suivant leur résistance à la température. Les turricules (excréments des vers de terre) sont riches en nitrates et en formes disponibles de phosphore, calcium, magnésium et potassium.

Résumé des conditions de mise en décharge dans différents pays européens

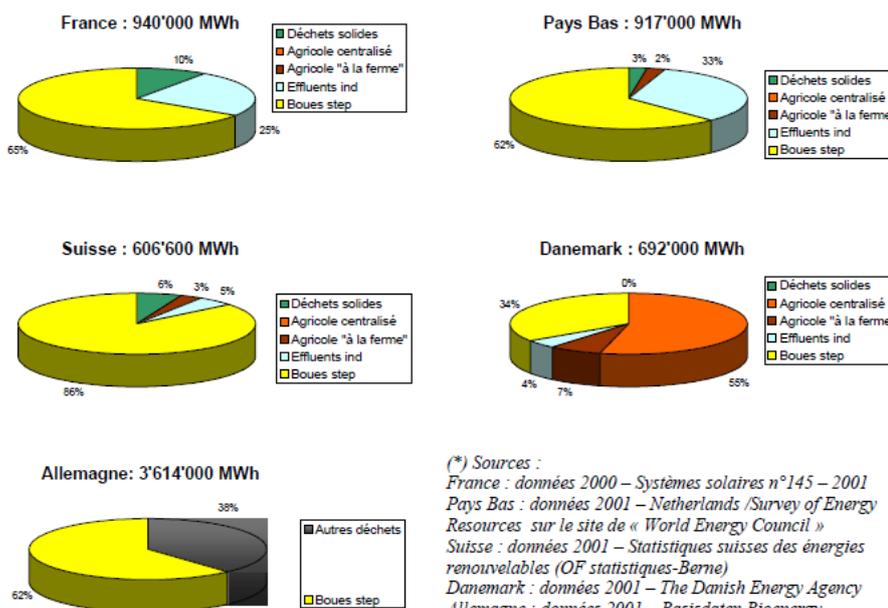
Pays	Exigences sur la mise en décharge des déchets urbains
Europe	Par rapport aux tonnages en de déchets biodégradables produits en 1995 ; réduction de la mise en décharge de ces déchets à : 75% en 2006 50% en 2009 35% en 2016
Allemagne	Moins de 5% sur sec de matière organique dans les déchets urbains ou moins de 18% de COT pour les déchets issus d'un traitement mécano-biologique
Danemark	Existence d'une taxe (sur l'incinération ou le stockage) et d'un objectif de recyclage
Pays-Bas	Mise en décharge interdite
Suisse	Mise en décharge interdite
France	Mise en décharge limitée aux déchets « ultimes »

Digestion anaérobie ou méthanisation

La digestion anaérobie, appelée également méthanisation, met en jeu un ensemble de microorganismes dans le but de dégrader de la matière organique en l'absence d'oxygène et dans des conditions contrôlées de pH et surtout de température. Cette dégradation permet d'obtenir :

- Du biogaz, c'est-à-dire un mélange de dioxyde de carbone et de méthane (la teneur de ce dernier varie entre 50 et 70%) avec des traces d'hydrogène et d'hydrogène sulfuré ;
- un produit plus ou moins humide, le digestat, qui contient de la matière organique plus ou moins stabilisée. Ce digestat peut être épandu directement mais aussi mûri ou composté avant épandage.

Figure 4. Production de biogaz (hors décharge) par secteur dans les pays étudiés



(*) Sources :
 France : données 2000 – Systèmes solaires n°145 – 2001
 Pays Bas : données 2001 – Netherlands /Survey of Energy Resources sur le site de « World Energy Council »
 Suisse : données 2001 – Statistiques suisses des énergies renouvelables (OF statistiques-Berne)
 Danemark : données 2001 – The Danish Energy Agency
 Allemagne : données 2001 – Basisdaten Bioenergy Deutschland- Biomass info-Zentrum - Septembre 2002

En France, la digestion est essentiellement mono-produit et concerne essentiellement des effluents industriels et les boues de station d'épuration ;

La digestion anaérobie peut être mise en œuvre dans différents types de réacteurs, la siccité étant un des facteurs guidant le choix.

Les boues de station d'épuration doivent être épaissies à environ 5% avant méthanisation dans des réacteurs continus parfaitement mélangés. Les déjections animales sont en général traitées en co-digestion. La siccité résultante est proche de celle des boues de station d'épuration et le même type de réacteur est utilisé. Si la siccité augmente, des systèmes de type piston ou discontinu peuvent être utilisés. Pour les déchets solides, le choix de la technologie est basé sur la siccité obtenue après les pré-traitements (réacteur parfaitement agité ou piston). La nature même de ces déchets solides, qu'ils soient ménagers ou industriels, impose au moins un tri et un broyage, voire l'ajout d'eau. Pour les effluents liquides industriels, dans lesquels la charge soluble est souvent très importante, des systèmes à biomasse floculée ou granulaire (UASB ou IC) avec recyclage de la biomasse ou fixée (filtre anaérobie, lit fluidisés) sont privilégiés.

Siccité des boues

Les boues peuvent être classées selon leur siccité (% en poids de matières sèches). On distingue ainsi :

- Les boues liquides : entre 3 et 10%, les boues liquides égouttées ayant une siccité minimale de 6%
- Les boues pâteuses : entre 10 et 18% pour les boues pâteuses simples et entre 18 et 25% pour les boues pâteuses chaulées.
- Les boues solides, avec une siccité supérieure à 25% : entre 30 et 35% pour les boues solides chaulées et entre 25 et 35% pour les boues solides digérées chaulées.
- Les boues sèches : avec une siccité de 95%

Annexe 1-1-4. Matières résiduaire issues des industries

1. Enquête INSEE-SSP-Agreste concernant les déchets organiques issus des IAA²¹

Les déchets des industries agroalimentaires de transformation et de conditionnement de produits alimentaires végétaux et animaux sont en grande partie organiques, mais des déchets minéraux tels que cendres issues de l'incinération des marcs de café, sont aussi générés. Les données disponibles ne permettent cependant pas de quantifier ce gisement de cendres.

Le code NAF désigne la typologie suivante des IAA :

10 Les industries alimentaires :

- 10.1 Industrie des viandes (inclut l'abattage et la charcuterie)
- 10.2 Industrie du poisson
- 10.3 Industrie des fruits et légumes
- 10.4 Industrie des corps gras
- 10.5 Industrie laitière
- 10.6 Travail des grains, fabrication de produits amyliacés = inclut la meunerie, l'amidonnerie, la féculerie
- 10.7 Boulangerie-pâtisserie, pâtes
- 10.8 Autres industries alimentaires (inclut notamment la fabrication de sucre à partir de betterave)
- 10.9 Fabrication d'aliments pour animaux

11 L'industrie de la fabrication de boissons

Les chiffres concernant les déchets organiques produits par les IAA en 2008 diffèrent légèrement dans l'extrait présenté sur Agreste par rapport aux tableaux présentés sur l'INSEE qui englobent toutes les activités industrielles. Cependant, la différence de l'ordre de 0,5% est minime, et les chiffres présentés sur Agreste sont retenus dans ce chapitre car ils donnent lieu à la parution d'une analyse par les services du SSP (Agreste primeur paru en 2010).

Déchets organiques = 0,8 millions de tonnes de matières sèches

La figure 1 représente les principales IAA génératrices de déchets organiques : il s'agit des industries des viandes²², des fruits et légumes, laitière et la fabrication de boissons, qui génèrent près de 85% de l'ensemble des déchets organiques des IAA.

Figure 1. Part des diverses IAA productrices de déchets organiques en 2008, et quantités associées (en tonnes de matière sèche)²³



Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

Le tableau 1 présente les principales régions françaises dont les IAA génèrent des déchets en 2008. Sept régions ont généré 75% des déchets organiques des IAA.

²¹ <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/industries-agroalimentaires-529/enquete-sur-la-production-de/>

²² Les déchets dits "à risques" (notamment les organes vecteurs de l'ESB) ne sont pas pris en compte dans l'enquête.

²³ Les IAA peu productrices de déchets organiques s'entendent comme celles qui produisent individuellement moins de 2% de la quantité produite par l'ensemble des IAA.

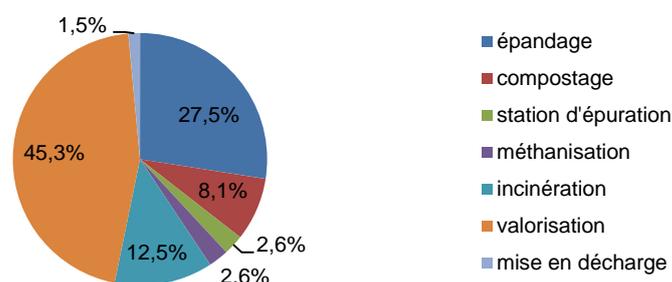
Tableau 1. Principales régions productrices de déchets organiques issus d'IAA en 2008

région	% du total
Poitou-Charentes	16,1
Bretagne	11,4
Aquitaine	11,3
Basse-Normandie	10,8
Pays de la Loire	10,0
Nord Pas-de-Calais	8,9
Rhône-Alpes	6,4

Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

La figure 2 présente les destinations des déchets organiques des IAA en fonction de leur mode de valorisation ou d'élimination.

Figure 2. Voies de valorisation et d'élimination des déchets organiques des IAA²⁴



Source : Agreste 2010 d'après l'enquête INSEE-SSP-Agreste

De l'ordre de 36% de ces matières résiduaire sont destinés à l'épandage sur des surfaces cultivées, majoritairement sans traitement biologique préalable (c'est notamment le cas des matières issues des industries laitière et de la fabrication de boissons). L'on peut supposer que les boues issues du traitement des 2,6% de déchets redirigés en station d'épuration sont comptabilisées dans les quantités de boues de STEP rapportées en section 1.3.2.2. **Près de 0,3 Mt de matières sèches au moins étaient donc destinées à l'épandage agricole en 2008** (épandage direct + compostage).

2. Evaluation des ressources en biomasse issues des industries agroalimentaires, réalisée par FranceAgriMer à partir de données diverses (majoritairement 2010)

D'après FranceAgriMer, 2012.

Déchets organiques de l'industrie des viandes

FranceAgriMer estime à **1,86 Mt brutes** la quantité de déchets organiques produites en 2010 par l'industrie des viandes, Ces déchets sont composés des sous-produits de catégories 1 et 2²⁵ ainsi que des protéines animales transformées (PAT²⁶) et des graisses animales issues des abattoirs.

Environ **137 000 t** auraient été épandues sur sols agricoles en 2010 au titre d'**engrais organiques**, principalement des matières stercoraires²⁷ et des PAT. Cette voie est minoritaire, les autres voies de valorisation/élimination étant l'incinération avec récupération d'énergie (94% des C1 et C2) puis l'alimentation animale (80% des PAT et 55% des graisses) et l'usage industriel (36% des graisses).

A noter que dans un rapport de 2011, l'UNIFA rapporte l'évolution des quantités de PAT (en l'occurrence de la poudre de viande) valorisée en tant que fertilisant, entre 2005 et 2010 (voir tableau 2).

²⁴ "Valorisation" s'entend comme les voies de recyclage hors organique.

²⁵ Pour une définition précise des catégories 1 et 2, voir la note de service " Application du règlement (CE) n°1774/2002 en abattoir : guide pour le tri des sous-produits" en date du 9/12/2003. <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dgain20038189z.pdf> - Page consultée le 19/02/2014

²⁶ Incluent sang, peau, sabot, corne, soies, plumes.

²⁷ excréments contenus dans les viscères des animaux abattus, classées en C2. Les matières sont les seules sous-produits des catégories 1 et 2 qui peuvent être épandues (soient directement soit après compostage ou méthanisation).

Tableau 2. Evolution des quantités de poudre de viande valorisée en tant que fertilisant, entre 2005 et 2010

Quantités (milliers de tonnes)				
05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
6 000	94 000	93 000	104 000	80 000

Source : UNIFA, 2011 d'après statistiques du Syndicat des industries françaises des coproduits animaux (SIFCO)

Déchets organiques de l'industrie des fruits et légumes

FranceAgriMer estime qu'en 2009-2010, les refus d'usine, écarts de triage et déchets de découpe, parage et préparation des fruits et légumes²⁸ ont généré **289 000 t brutes de déchets organiques**, hors mesures de retrait²⁹ et matières laissées au champ. L'alimentation animale représente la principale voie de valorisation (86% des quantités), suivie de **l'épandage agricole pour 40 000 t**.

Déchets organiques de l'industrie laitière

Les matières résiduelles concernées sont le babeurre et le lactosérum. Le babeurre n'a pas été suivi par l'ONRB. FranceAgriMer estime que 756 000 t de matières sèches de lactosérum ont été produites en 2010, très majoritairement utilisée en alimentation humaine et animale. Aucun épandage de lactosérum n'a été recensé dans le cadre de cette étude.

Déchets organiques des autres industries alimentaires

Dans cette catégorie entrent les activités de production de sucre, dont l'industrie de la betterave sucrière est la plus susceptible de produire des matières valorisables en Mafor. Les déchets organiques générés sont multiples : tares terreuses issues du nettoyage des betteraves (eaux fortement chargées de terre), débris végétaux (herbes et racines), pulpes, écumes et mélasses, vinasses concentrées. Les matières susceptibles d'être épandues sous forme de Mafor sur les sols agricoles ou forestiers sont les écumes et les vinasses (les tares terreuses ne sont pas considérées dans l'ESCo comme des Mafor car leur épandage vise à restaurer au sol la terre prélevée lors de la récolte des betteraves, et non à fertiliser les terres cultivées).

Les débris végétaux, les écumes (produit normalisé) et les mélasses n'ont pas été suivies par l'ONRB. En revanche, FranceAgriMer estime que **1,7 Mt de matières sèches ont été produites en 2010** : 1,4 Mt de pulpes entièrement valorisées en alimentation animale, et **300 000 t de vinasses intégralement valorisées en épandage agricole direct** (produit normalisé).

A noter que le groupe CM International estimait qu'environ 750 000 t brutes d'écumes avaient été produites en 2001, épandues intégralement (ou quasi intégralement) sur les sols agricoles en tant que produit normalisé.

Déchets organiques de la fabrication de boissons

Les industries suivies dans l'ONRB et pour lesquelles FranceAgriMer a pu collecter des données sont les distilleries vinicoles et la cidrerie.

Pour le secteur distillerie vinicole, FranceAgriMer estime que **100 000 t de pulpes de raisin déshydratées** ont été produites en 2010, dont **57 000 t épandues sous forme d'engrais organique** (les autres voies de valorisation étant l'alimentation animale et la méthanisation, sans que le devenir des digestats soit précisé). De plus, **200 000 t d'amendements et d'engrais organiques normés** (issus de mélanges de marcs, vinasses et rafles notamment) ont été produits, et intégralement valorisés en épandage agricole.

Pour le secteur cidrerie, **11 000 t de matière sèche** de marcs de pommes semblent avoir été produits en 2010, sans que les modes de valorisation ou d'élimination soient renseignés, mais FranceAgriMer indique que ces matières sont mal valorisées bien qu'elles possèdent un potentiel énergétique utilisable en méthanisation.

En complément, l'UNIFA rapportait en 2011 l'évolution des quantités d'écumes de sucrerie et de vinasses de betterave valorisées en tant que fertilisant, entre 2005 et 2010 (voir tableau 3).

Tableau 3. Evolution des quantités d'écumes et de vinasses de l'industrie betteravière valorisées en tant que fertilisant, entre 2005 et 2010

Type de Mafor	unité	Quantités (milliers de tonnes)				
		05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
Ecumes de sucrerie	matière brute	1 066 000	920 000	1 047 000	1 122 000	989 000
Vinasses de betterave	matière sèche	597 000	664 000	731 000	721 000	653 000

Source : UNIFA, 2011 d'après les statistiques Association nationale professionnelle pour les engrais et les amendements (ANPEA), et les professionnels de l'industrie betteravière

²⁸ tomates, champignons et maïs

²⁹ Mesure de gestion de crise. L'un des types de retraits est la mise à disposition de fruits et légumes en vue de leur distribution gratuite.

3. Etude réalisée par CM International (2002) sur les IAA, à partir de données de 2000-2001

Sous-produits de l'abattage

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Matières stercoraires	120 kt (bovins) 80 à 100 kt (ovins – caprins) 170 à 200 kt (porcs)	120 kt (bovins) 200 à 250 kt (autres)	+
Déchets de dégrillage abattage		13 kt (bovins)	++
Boues abattage	500 000 à 780 000 m ³	30 000 à 420 000 m ³	-
Eaux usagées abattage	20 à 25 millions de m ³	0 à 1 million de m ³	-

sous-produits de la charcuterie

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Eaux usagées et boues	3,9 à 6,9 millions de m ³	De 195 000 à 345 000 m ³	-

secteur fruits et légumes

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Déchets de parage et découpe	Légumes (hors maïs) 114 kt Tomates : 24 kt Champignons : 26 kt Oignons : 9 kt (total : 173 kt)	80 à 173 kt	-
Eaux de process, blanchiment et lavage	Légumes (hors maïs) 5,3 millions de m ³ Tomates : 2,11 millions de m ³ Champignons : 1,4 millions de m ³ Oignons : 0,14 millions de m ³ (total : 9 millions de m ³)	8 à 9 millions de m ³	+

secteur laitier

Sous-produit	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Eaux résiduaires	600 00 m ³	++
Boues	70 kt	++
Boues + effluents	630 000 m ³	++

industrie betteravière

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Terre	6 Mt	De 5 à 6 Mt	+
Herbes et radicelles	De 900 à 1 800 kt	De 0 à 100kt	-
Mélasses	900 kt	0	++
Pulpes sèches	1650 t	0	+
Ecume (produit normalisé)	750 kt	720 à 750 kt	++
Vinasses concentrées (produit normalisé)	300 à 500 kt	213 à 250 kt	++
Eaux de transport et lavage	9 millions de m ³	1 à 2 millions de m ³	-
Condensat	1,5 millions de m ³	1,2 à 1,4 millions de m ³	-

secteur malterie

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Boues	12 kt	10 à 12 kt	+
Effluents	6 250 000 m ³	0 à 20 000 m ³	+

secteur viti-vinicole

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Vinasses de marc	917 kt	880 à 917 kt	++
Vinasses de lies ou bourbes	270 kt	220 à 270 kt	+
Condensats	420 kt	390 à 420 kt	++
Marc épuisé de raisin (produit normalisé)	910 kt	0 à 50 kt	

secteur cidrerie

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Marc de pomme épuisé	11,5 kt	0 à 5 kt	-
Gâteau de filtration	55 t à 200 t	40 à 200 t	-
Boues	1 kt	0 à 1 kt	-
Effluents	528 000 m ³	400 000 à 528 000 m ³	-

secteur de la brasserie

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Drèches de malt et houblon	370 kt	0 kt	+
Boues de station	30 à 38 kt	25 à 38 kt	-
Effluents	10 millions de m ³	0 à 20 000 m ³	+

secteur amidonneries / féculeries

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Eaux de féculerie	A minima 2 millions de m ³	A minima 1,5 millions de m ³	-
Produits solides (45%MS)		100 à 125 kt	+

boissons non alcoolisées

Sous-produit	Gisement total brut	Volume épandu en 2001	Niveau de fiabilité
Boues	10 à 15 kt	10 à 15 kt	+
Eaux de process	Eaux : 6 333 000 m ³ Sirops : 408 000 m ³ Jus de fruits : 421 000 m ³ Boissons rafraichissantes sans alcool : 5 430 000 m ³ (total : 12,5 millions de m ³)	0 à 200 000 m ³	-

Quantification générale des secteurs et filières agro-alimentaires concernés par l'épandage en 2000 (y compris les produits homologués et normalisés)

	Sous-produits solides en kt (eq. MB)	Sous-produits liquides en millions de m ³ (eq MB)
Filière betteravière (sucre et distilleries)	5 933 à 7100	2,2 à 3,4
Filière viande (abattage et charcuterie)	333 à 383	0,5 à 1,765
Secteur distilleries (autres que betteravières)	1 535 à 1 725	0,4 à 0,6
Secteur fruits et légumes	80 à 173	8 à 9
Secteur boissons non alcoolisées	10 à 15	0 à 0,2
Secteur amidonneries/féculeries	100 à 125	A minima 1,5
Secteur laitier	70	1,3

En ce qui concerne les plumes et duvets (ADEME, 2002) on distingue les plumes neuves (provenant de l'élevage et de l'abattage des palmipèdes et des oiseaux terrestres (poulets, dindes, pintades), les plumes de récupération provenant d'articles textiles et les déchets provenant des traitements des deux types de plumes précédemment nommés.

30 à 45% des plumes neuves de palmipèdes (12 000 t/an) sont des déchets (grandes plumes). Ces grandes plumes constituent 90 à 95% des déchets. 15 à 25% de ces quantités sont utilisées pour la fabrication de compost ou d'engrais.

La production de plumes d'oiseaux terrestres est de 250 000 tonnes de plumes humides soit l'équivalent de 75 000 tonnes par an de plumes sèches. Depuis l'arrêté du 14 novembre 2000 les plumes issues de l'abattage d'oiseaux sains sont des déchets valorisables de classe 3 et peuvent être transformées en farines animales. Cette voie de valorisation est privilégiée et un seul abattoir en 2001 valorisait les plumes par compostage. 76 500 tonnes de farines ont été produites en 2001 (10% de l'ensemble de farines animales produites) et la plus grande partie a été stockée (85%). 10% ont été incinérées et moins de 5% ont été utilisées pour la production d'engrais.

4. Enquête INSEE-SSP-Agreste concernant les déchets industriels organiques hors IAA³⁰

Déchets organiques = 51 190 tonnes de matières sèches

La figure 3 représente les principales industries génératrices de déchets organiques : il s'agit des industries du papier/carton, de la chimie, et dans une moindre mesure du bois et du cuir/chaussure, qui génèrent près de 92% de l'ensemble des déchets organiques industriels hors IAA.

Figure 3. Part des diverses industries productrices de déchets organiques en 2008, et quantités associée (en tonnes de matière sèche)³¹



Source : INSEE-SSP-Agreste

Le tableau 4 présente les 9 principales régions françaises, dont les industries ont généré 84% du total des déchets organiques hors IAA en 2008.

Tableau 4. Principales régions productrices de déchets organiques hors IAA en 2008

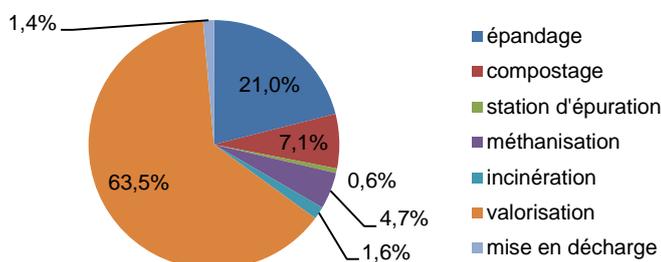
Région	% du total de déchets organiques hors IAA en 2008
Aquitaine	22,6
Alsace	17,3
Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse	15,0
Midi-Pyrénées	11,4
Champagne-Ardenne	5,2
Pays de la Loire	4,6
Bretagne	4,1
Ile de France	4,0

Source : INSEE-SSP-Agreste

La figure 4 présente les destinations des déchets organiques hors IAA en fonction de leur mode de valorisation ou d'élimination. La grande majorité est dirigée vers des voies de valorisation autres qu'agricole. 28,1% sont valorisés par épandage agricole, principalement sans traitement biologique préalable mais pour ¼ d'entre eux après compostage. La méthanisation ne concerne que 4,7% de ces matières, et le devenir des digestats non précisé. En résumé, **moins de 15 000 t de matières sèches ont été valorisées par épandage agricole en 2008** (épandage direct + compostage).

Figure 4. Voies de valorisation et d'élimination des déchets organiques hors IAA³²

Source : INSEE-SSP-Agreste



³⁰ http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=dechets - http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1335

³¹ Les industries peu productrices de déchets organiques s'entendent comme celles qui produisent individuellement moins de 1% de la quantité produite par l'ensemble des IAA.

Sur 22 secteurs industriels enquêtés, 8 font valoir le secret statistique. La part du graphique a été ici calculée en déduisant de la quantité totale de déchets organiques industriels hors IAA, la somme des valeurs disponibles (c'est-à-dire les quantités connues pour chaque secteur qui ne fait pas valoir le secret statistique). Cependant, cette part et le tonnage total de déchets organiques sont peut-être sous-estimés.

³² "Valorisation" s'entend comme les voies de recyclage hors organique.

Déchets de bois

Ces déchets présentent dans une large gamme de granulométrie et peuvent être bruts ou traités (produit de préservation ou de finition, colle). Le bois non traité n'est pas dangereux.

- Filière bois

- Arbres provenant d'activités sylvicoles (exploitation forestière et première transformation) : Houppiers, branchage, souches, Ecorces, dosses, délignures, sciures, chutes de tronçonnages par exemple
- Planches de bois, panneaux à base de bois (seconde transformation)

- Autres sources : caquettes, caisses, palettes traitées ou non traitées, traverses de chemins de fer, panneaux de particules, bois créosoté, poteaux télégraphiques, bois utilisé par les entreprises de bâtiment, arbres urbain

Le gisement provenant des entreprises de première et seconde transformations est estimé à 12 millions de tonnes est valorisé à 90%. Celui provenant des industries du bâtiment est estimé à 4 millions de tonnes.

Matières de vidange

Les matières de vidange et boues de curage sont issues de l'entretien des réseaux d'assainissement industriels et urbains ou des installations d'assainissement autonome dans les zones rurales et peu urbaines (fosses étanches, fosses septiques, puits d'infiltration). Elles peuvent être introduites dans le circuit des eaux résiduaires urbaines, séchées sur des lits de roseaux, voire épandues directement.

1.2. Cadrage réglementaire

Claire Etrillard

Introduction

L'objet de cette contribution est d'examiner le droit applicable aux Mafor. Juridiquement, les matières fertilisantes comprennent « *les engrais, les amendements et, d'une manière générale, tous les produits dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols* ». Elles sont régies par les articles L. 255-1 et suivants et R. 255-1 et suivants du Code rural et de la pêche maritime, issus de la loi du 13 juillet 1979 *relative à l'organisation du contrôle des matières fertilisantes et des supports de cultures* (cf. de Malafosse, 2000, pour un aperçu de l'organisation du contrôle des matières fertilisantes). L'objectif du droit est double : garantir que les matières fertilisantes utilisées soient suffisamment efficaces et prévenir les risques que leur utilisation pourrait entraîner pour la santé humaine et l'environnement.

L'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime³³ prévoit un régime principal qui soumet la vente et l'utilisation des matières fertilisantes à une procédure d'autorisation préalable (homologation ou autorisation provisoire de vente principalement). Il prévoit aussi que, pour certaines matières fertilisantes répondant à des caractéristiques générales connues, une autorisation ne soit pas nécessaire puisqu'elles ont fait l'objet d'une normalisation nationale ou européenne. Ces procédures d'autorisation/normalisation ont pour fonction le contrôle des matières fertilisantes mises sur le marché.

Mais toutes les matières fertilisantes ne relèvent pas de ces procédures. L'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime exclut du régime de l'autorisation certains déchets, résidus, produits et sous-produits organiques qui possèdent des propriétés fertilisantes, soit parce que leur production et leur épandage relèvent d'une autre procédure d'autorisation ou de déclaration (législation sur l'eau ou législation sur les installations classées / L. 255-2 3° C. rur), soit parce qu'ils remplissent certaines conditions et sont cédés directement par l'exploitant (L. 255-2 4° C. rur).

Dans le cadre de l'expertise, l'accent sera mis sur les déchets et les sous-produits possédant des propriétés fertilisantes et amendantes. Ces déchets et sous-produits fertilisants dérogent au régime principal de l'autorisation préalable institué par le Code rural et de la pêche maritime. Ils relèvent des 3° et 4° de l'article L. 255-2 du Code rural : les réglementations sur l'eau et sur les installations classées prévues par le Code de l'environnement leur sont applicables, ainsi que les règles sanitaires (art. L. 1311-1 C. santé pub.) et les prescriptions des règlements sanitaires départementaux (RSD). Mais certaines de ces matières peuvent, après traitement notamment, acquérir le statut de produits homologables ou normalisables (boues homologuées, composts de boues normalisés...), il convient donc d'examiner également les procédures d'homologation, d'autorisation et de normalisation prévues aux 1° et 2° de l'article L. 255-2 précité.

Compte tenu de cette diversité de cas de figure, de nombreux textes sont applicables aux Mafor ; textes qui découlent pour partie de la transposition de directives européennes. Selon que les Mafor proviennent d'une installation classée ou qu'elles relèvent des règles relatives à la protection de l'eau, voire qu'elles répondent,

³³ L'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime énonce que : « *Il est interdit d'importer, de détenir en vue de la vente, de mettre en vente, de vendre, d'utiliser ou de distribuer à titre gratuit, sous quelque dénomination que ce soit, des matières fertilisantes et des supports de culture lorsqu'ils n'ont pas fait l'objet d'une homologation ou, à défaut, d'une autorisation provisoire de vente, d'une autorisation de distribution pour expérimentation ou d'une autorisation d'importation. Toutefois, sous réserve de l'innocuité des matières fertilisantes ou supports de culture à l'égard de l'homme, des animaux, ou de leur environnement, dans des conditions d'emploi prescrites ou normales, les dispositions du premier alinéa ne sont pas applicables :*

1° *Aux produits dont la normalisation, au sens de la loi du 24 mai 1941, a été rendue obligatoire ;*

2° *Aux produits mis sur le marché dans les conditions prévues par les dispositions réglementaires prises en application de directives des communautés européennes, lorsque ces dispositions ne prévoient ni homologation ni autorisation préalable à la mise en vente ;*

3° *Aux rejets, dépôts, déchets ou résidus dont l'évacuation, le déversement ou l'épandage sur des terrains agricoles est réglementé, cas par cas, en application de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution ou du livre V (titre Ier) du code de l'environnement ou de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, eu égard à la conservation de la fertilité des sols ;*

4° *Aux produits organiques bruts et aux supports de culture d'origine naturelle non mentionnés au 3°, livrés en l'état ou mélangés entre eux, lorsqu'ils sont obtenus à partir de matières naturelles sans traitement chimique, qu'ils constituent des sous-produits d'une exploitation agricole ou d'un établissement non agricole d'élevage ou d'entretien des animaux et sont cédés directement, à titre gratuit ou onéreux, par l'exploitant ».*

après transformation, aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation (nationale ou européenne), des textes différents s'appliquent. De plus, la réglementation peut varier selon le lieu de la zone d'épandage des Mafor. De ceci, il résulte la nécessité d'appréhender l'ensemble des textes applicables afin de pouvoir : cartographier les textes qui s'appliquent ou qui ne s'appliquent pas selon les Mafor, leurs qualifications et leurs régimes juridiques, et d'identifier les éventuelles lacunes juridiques, incertitudes, incohérences ou difficultés d'application de cette réglementation écartée.

Cette analyse des textes applicables doit permettre de révéler une image fidèle de l'état du droit en matière de Mafor en agriculture.

Une bonne appréhension de l'état du droit en matière de Mafor en agriculture nécessite d'examiner la qualification juridique de ces Mafor (I), d'une part, et le régime juridique c'est-à-dire les règles applicables à leur production et leur utilisation ou épandage (II), d'autre part.

Corpus bibliographique utilisé

La recherche bibliographique révèle que la question des Mafor en agriculture fait l'objet d'assez peu de publications académiques en droit. Comme en économie et en sociologie, il existe une abondante littérature juridique sur la thématique plus large des déchets. Cette littérature fait toutefois une place plus importante aux déchets de types ménager et industriel qu'aux déchets d'origine agricole (Langlais, 2004 ; Langlais, 2007 ; Baltazar, 2012). Elle concerne surtout la qualification juridique des déchets, leur gestion (plan, collecte, transport, valorisation, élimination...) et la prévention des risques.

Cette littérature sur les déchets est intéressante dans la mesure où l'épandage sur le sol des Mafor au profit de l'agriculture constitue une voie de valorisation des déchets, mais elle se révèle néanmoins beaucoup trop générale et par là même insuffisante pour permettre un réel examen approfondi de la question juridique de l'utilisation en agriculture des Mafor, en tant que déchets, voire produits (soumis à homologation ou normalisation) après transformation. Cette littérature est toutefois utile s'agissant du statut juridique des Mafor (en particulier en termes de responsabilité).

Aussi, en l'absence de références bibliographiques suffisantes, apparaît-il pertinent de procéder, pour le volet juridique de l'expertise Mafor, à l'étude du droit applicable aux Mafor utilisées en agriculture. L'examen portera donc, non pas exclusivement sur l'analyse de la bibliographie, mais également sur l'étude des textes applicables.

1.2.1. Qualification juridique des Mafor

La qualification est une opération intellectuelle d'analyse juridique qui consiste à prendre en considération l'élément qu'il s'agit de qualifier (les Mafor) et à le faire entrer dans une catégorie juridique préexistante en reconnaissant en lui les caractéristiques essentielles de la catégorie de rattachement. Les Mafor sont susceptibles d'entrer dans plusieurs catégories juridiques : elles peuvent recevoir la qualification de déchet, celle de sous-produit, ou encore celle de produit (1.2.1.1). De la qualification retenue dépend le caractère plus ou moins contraignant des règles relatives à la protection de l'environnement (1.2.1.2).

1.2.1.1. Qualifications envisageables : déchet, sous-produit et produit

Les Mafor peuvent recevoir la qualification de déchet (a), mais aussi celle de sous-produit si elles répondent à certains critères (b). Elles peuvent également être qualifiées de produit si elles répondent, après transformation, aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation (c).

a) Mafor déchets

La qualification de déchet est longtemps apparue comme « un concept juridique indéterminé » (Van Lang, 2011). Autrefois défini par la loi du 15 juillet 1975 *relative à l'élimination des déchets et la récupération des matériaux* comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau,

produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon »³⁴, le déchet correspondait à un bien meuble abandonné volontairement ou non. La jurisprudence européenne et nationale interprétait assez largement la notion de déchet, en minimisant en particulier le critère de l'abandon, aux fins de limiter les inconvénients inhérents à la nature des déchets³⁵. La Cour de justice des Communautés européennes allait jusqu'à élargir la portée de la définition du déchet aux sols et terres pollués par des hydrocarbures³⁶. La Cour distinguait cependant le résidu et le sous-produit. Pour échapper au régime des déchets, l'identification du sous-produit supposait une réutilisation certaine de la matière « *sans transformation préalable et dans la continuité du processus de production* »³⁷.

- Contours de la notion et déchets utilisables en agriculture

La clarification en matière de déchet est venue de la transposition en droit interne de la directive n° 2008/98/CE du parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets³⁸. L'ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 et le décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011 sont en effet venus redéfinir plusieurs notions et mettre fin à certaines incertitudes. Tout d'abord, le déchet est dorénavant défini à l'article L. 541-1-1 du Code de l'environnement comme « *toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire* »³⁹ et l'article L. 541-4-1 exclut expressément de son champ les sols non excavés (y compris les sols pollués non excavés et les bâtiments reliés aux sols de manière permanente), ainsi que certaines matières parmi lesquelles « *les sédiments déplacés au sein des eaux de surface aux fins de gestion des eaux et des voies d'eau, de prévention des inondations, d'atténuation de leurs effets ou de ceux des sécheresses ou de mise en valeur des terres, s'il est prouvé que ces sédiments ne sont pas dangereux* », ainsi que « *la paille et les autres matières naturelles non dangereuses issues de l'agriculture ou de la sylviculture et qui sont utilisées dans le cadre de l'exploitation agricole ou sylvicole* ». Ensuite, la distinction entre déchets et sous-produits est précisée : l'article L. 541-4-2 du Code de

³⁴ Ancien article L. 541-1-II du Code de l'environnement (issu de la loi du 15 juillet 1975 transposant la directive 75/442/CE).

³⁵ CJCE 18 avril 2002, Palin Granit Oy, C-9/00 ; CE 13 mai 1983, SA René Moline, Rec., p.191.

³⁶ CJCE 7 septembre 2004, Van de Walle aff. C-1/03.

³⁷ CJCE, 18 avril 2002, Palin Granit Oy, C-9/00 ; CJCE 11 sept. 2003, Avesta Polarit Oy, C-9/00.

³⁸ La réglementation française relative aux déchets est aujourd'hui codifiée aux articles L. 541-1 à L. 541-50 du Code de l'environnement (Titre IV du livre V du Code de l'environnement), ainsi qu'aux articles D. 541-1 et suivants et R. 541-7 et suivants. Toutefois, d'autres dispositions des codes de l'urbanisme, rural, de la santé publique et des collectivités territoriales traitent également des déchets.

³⁹ L'article L. 541-1-1 définit également l'ensemble des vocables inhérents à la matière :

Prévention : toutes mesures prises avant qu'une substance, une matière ou un produit ne devienne un déchet, lorsque ces mesures concourent à la réduction d'au moins un des items suivants : - la quantité de déchets générés, y compris par l'intermédiaire du réemploi ou de la prolongation de la durée d'usage des substances, matières ou produits ; - les effets nocifs des déchets produits sur l'environnement et la santé humaine ; - la teneur en substances nocives pour l'environnement et la santé humaine dans les substances, matières ou produits ;

Réemploi : toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus ;

Gestion des déchets : la collecte, le transport, la valorisation et, l'élimination des déchets et, plus largement, toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce ou de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations ;

Producteur de déchets : toute personne dont l'activité produit des déchets (producteur initial de déchets) ou toute personne qui effectue des opérations de traitement des déchets conduisant à un changement de la nature ou de la composition de ces déchets (producteur subséquent de déchets) ;

Détenteur de déchets : producteur des déchets ou toute autre personne qui se trouve en possession des déchets ;

Collecte : toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets ;

Traitement : toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination ;

Réutilisation : toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau ;

Préparation en vue de la réutilisation : toute opération de contrôle, de nettoyage ou de réparation en vue de la valorisation par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de prétraitement ;

Recyclage : toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage ;

Valorisation : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets.

Élimination : toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances, matières ou produits ou d'énergie.

l'environnement définit le sous-produit comme « *une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet* »⁴⁰. Par définition, le sous-produit n'est pas un déchet. Enfin, le déchet peut, dans un souci de valorisation, connaître une seconde vie en cessant d'être un déchet grâce à la procédure de sortie du statut de déchet de l'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement⁴¹. La qualification de déchet n'est donc pas définitive. Avec l'article L. 541-1-1 du Code de l'environnement qui définit ce qu'est un déchet et les articles L. 541-4-1, 2 et 3 qui précisent les hypothèses où il n'y a pas ou plus de déchet, il est donc possible de retenir ou au contraire d'écarter la qualification de déchet s'agissant des diverses Mafor. Mais d'ores et déjà, on s'aperçoit que cette qualification n'est pas intangible : elle dépend du détenteur et de ses intentions, et elle évolue également dans le temps.

Quels sont les déchets susceptibles d'utilisation en agriculture en qualité de Mafor ? Il peut s'agir de déchets issus de l'agriculture elle-même (Petitjean, 1996), de déchets issus des industries agro-alimentaires (déchets de transformation, boues, vinasses...), de déchets issus de certaines activités industrielles (cendres...), ou encore des déchets des ménages et des collectivités (boues de stations d'épuration, déchets verts...). Une liste des déchets figure actuellement à l'annexe II de l'article R. 541-8 du Code de l'environnement⁴². Cette liste n'est pas exhaustive. En outre, il ne suffit pas pour une matière d'y figurer pour être un déchet, il convient qu'elle réponde à la définition légale du déchet de l'article L. 541-1-1 du Code de l'environnement précité. Cette liste classe les déchets en vingt catégories selon leur origine⁴³. Plusieurs catégories de cette liste apparaissent susceptibles de contenir des Mafor :

La catégorie 02 « *Déchets provenant de l'agriculture, de l'horticulture, de l'aquaculture, de la sylviculture, de la chasse et de la pêche ainsi que de la préparation et de la transformation des aliments* » regroupe les déchets de type : - Fèces, urine et fumier (y compris paille souillée), effluents, collectés séparément et traités hors site (rubrique 02 01 06) ; - Déchets provenant de la préparation et de la transformation des fruits, des légumes, des céréales, des huiles alimentaires, du cacao, du café, du thé et du tabac, de la production de conserves, de la production de levures et d'extraits de levures, de la préparation et de la fermentation de mélasses (rubrique 02 03) ; - Déchets provenant de la transformation du sucre (rubrique 02 04), notamment terre provenant du lavage et du nettoyage des betteraves (rubrique 02 04 01) ; - Déchets provenant de l'industrie des produits laitiers (rubrique 02 05) ; - Déchets de boulangerie, pâtisserie, confiserie (rubrique 02 06) ; - Déchets provenant de la production de boissons alcooliques et non alcooliques (rubrique 02 07).

La catégorie 03 « *Déchets provenant de la transformation du bois et de la production de panneaux et de meubles, de pâte à papier, de papier et de carton* » prévoit notamment les boues de désencrage provenant du recyclage du papier (rubrique 03 03 05).

La catégorie 10 « *Déchets provenant de procédés thermiques* » contient les déchets provenant de centrales électriques et autres installations de combustion, parmi lesquels les mâchefers, scories et cendre sous chaudière (rubrique 10 01 01) et les cendres volantes de charbon (rubrique 10 01 02).

⁴⁰ Selon l'article L. 541-4-2 du Code de l'environnement, « *une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet ne peut être considéré comme un sous-produit et non comme un déchet (...)* que si l'ensemble des conditions suivantes est rempli : – l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ; – la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ; – la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ; – la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation ultérieure ; – la substance ou l'objet n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine » (voir infra).

⁴¹ A noter qu'une opération de valorisation ne fait toutefois pas perdre automatiquement sa qualité au déchet. En effet, la Cour de Justice de l'Union Européenne considère que « *même lorsqu'un déchet a fait l'objet d'une opération de valorisation complète qui a pour conséquence que la substance en question a acquis les mêmes propriétés et caractéristiques qu'une matière première [en l'espèce, des anciens poteaux de télécommunication enduits Cca], il demeure néanmoins que cette substance peut être considérée comme un déchet si, conformément à la définition (du déchet), son détenteur s'en défait ou a l'intention ou l'obligation de s'en défaire* » (arrêt du 7 mars 2013, Lapin elinkeino c/ lapin luonnonsuojelupiiri ry, n° C-358/11, § 47, Droit de l'environnement n° 213, juin 2013, p. 211).

⁴² L'article R. 541-8 du Code de l'environnement définit en outre les expressions : déchets dangereux et déchets non dangereux, déchets inertes, déchets ménagers (déchet dont le producteur est un ménage), déchets d'activités économiques (déchet dont le producteur n'est pas un ménage), biodéchets (déchet non dangereux de jardin ou de parc, déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que déchets comparables provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires). S'agissant des biodéchets, les personnes qui en produisent ou en détiennent des quantités importantes doivent, depuis le 1^{er} janvier 2012, en assurer le tri à la source en vue de leur valorisation organique (art. L. 541-21-1 et R. 543-225 C. env.). La valorisation de ces biodéchets se concrétise par un retour au sol, habituellement après compostage ou méthanisation (cf. circ. 10 janvier 2012 relative aux modalités d'application de tri à la source des biodéchets par les gros producteurs).

⁴³ http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/10327 et <http://www.legifrance.gouv.fr> (Code de l'environnement, rubrique Annexes).

La catégorie 17 « Déchets de construction et de démolition » prévoit les boues de dragage contenant des substances dangereuses (rubrique 17 05 05) et les autres boues de dragage (rubrique 17 05 06).

La catégorie 19 « *Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation de l'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel* » mentionne : - Les cendres volantes ne contenant pas de substance dangereuses (rubrique 19 01 14) ; - Les déchets de compostage (rubrique 19 05) ; - Les déchets provenant du traitement anaérobie des déchets (rubrique 19 06) ; - Les déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées, notamment les boues provenant du traitement des eaux usées urbaines (rubrique 19 08 05) ; - Les déchets provenant de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine ou d'eau à usage industriel (rubrique 19 09).

Enfin, la catégorie 20 « *Déchets municipaux (déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations) y compris fractions collectées séparément* » prévoit notamment les déchets de cuisine et cantine biodégradables (rubrique 20 01 08) et les déchets de jardins et de parcs (rubrique 20 02).

- Exclusion de la paille et des effluents agricoles

Parmi les déchets issus de l'agriculture, la paille et les matières naturelles non dangereuses utilisées dans le cadre de l'exploitation agricole posent question. En effet, si les « *fèces, urine et fumier (y compris pailles souillées), effluents, collectés séparément et traité hors site* » figurent dans la liste des déchets de l'annexe II de l'article R. 541-8 du Code de l'environnement précité, l'article L. 541-4-1 du même code exclut quant à lui expressément du champ des déchets « *la paille et les autres matières naturelles non dangereuses issues de l'agriculture ou de la sylviculture et qui sont utilisées dans le cadre de l'exploitation agricole ou sylvicole* »⁴⁴. Il convient donc de distinguer selon que la paille et les autres matières naturelles non dangereuses sont traitées « hors site » ou bien utilisées « dans le cadre de l'exploitation ». La paille et les effluents agricoles divers ne sont pas des déchets dès lors qu'ils sont utilisés, soit dans le cadre de l'exploitation agricole qui les a produits, soit dans le cadre d'une autre exploitation que celle où ils ont été produits : ce sont des sous-produits (cf. infra) (Langlais, 2012).

- Boues d'épuration qualifiées de déchets et autres déchets

Parmi les déchets issus des collectivités et des industries agroalimentaires, une autre variété présente des particularités : les boues de station d'épuration. Longtemps, la nature juridique des boues de station d'épuration a donné lieu à des débats entre les partisans de la qualification de produit et ceux préférant la qualification de déchet ; les premiers privilégiant leur valeur fertilisante, les autres leur risque polluant (Etrillard, 2014 ; Nicourt et Giraud, 2003 ; Nicourt et Giraud, 2005 ; Deschamps, 2001 ; Faberon, 2000 ; Wertenschlag, 1998 ; Borraz, 2000 ; Courtois, 2000 ; Dudkowski, 2000 ; D'Arcimoles *et al.*, 2001 ; Pibot, 1998). L'utilisation de ces boues doit en effet tenir compte des besoins nutritionnels des plantes sans compromettre, notamment en raison de la présence de certains métaux lourds, la qualité des sols ou celle des eaux. Les boues sont aujourd'hui définies à l'article R. 211-26 du Code de l'environnement comme « *des sédiments résiduels des installations de traitement ou de prétraitement biologique, physique ou physicochimique des eaux usées* ». L'article R. 211-27 du même code prévoit expressément qu'elles ont « *le caractère de déchets* ». Il s'agit donc d'une qualification légale. L'utilisation agricole des boues d'épuration a d'abord été encadrée au niveau européen par la directive n° 86/278/CEE du 12 juin 1986 *relative à la protection de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture*. En vertu de cette directive, les boues d'épuration peuvent être utilisées en agriculture à condition que les Etats réglementent leur utilisation. La directive prévoit à cet égard des valeurs limites de concentration en métaux lourds dans les sols, dans les boues... La Commission européenne procède actuellement à une enquête sur l'opportunité de procéder à la révision de cette directive de 1986 (voir à cet égard : Millieu Ltd, 2008a et 2008b). Au niveau national, la réglementation des boues résulte de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 *sur l'eau*, du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 (qui pose le principe de la qualification de déchet) et de l'arrêté du ministre de l'Agriculture du 8 janvier 1998 *fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles*. L'article R. 211-27 précité énonce que l'épandage des boues « *est au nombre des activités entrant dans le champ d'application* » des

⁴⁴ L'article L. 541-4-1 du Code de l'environnement reprend en partie le contenu de l'article 2 f de la directive 2008/98/CE sur les déchets qui exclut expressément de son champ d'application « *les matières fécales, à condition qu'elles ne relèvent pas du paragraphe 2, point b [relatif aux sous-produits animaux], la paille et autres matières naturelles non dangereuses issues de l'agriculture ou de la sylviculture et qui sont utilisées dans le cadre de l'exploitation agricole ou sylvicole ou pour la production d'énergie à partir d'une telle biomasse au moyen de procédés ou de méthodes qui ne nuisent pas à l'environnement et ne mettent pas en danger la santé humaine* ».

installations ne figurant pas à la nomenclature des installations classées⁴⁵ et les articles suivants fixent les règles générales concernant les principes et modalités d'épandage (cf. infra). Assez, récemment, un fonds de garantie des risques liés à l'épandage des boues a été créé (loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 *sur l'eau et les milieux aquatiques* ; décret n° 2009-550 du 18 mai 2009 *relatif à l'indemnisation des risques liés à l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines ou industrielles*), dont le financement repose sur une taxe assise sur la quantité de matière sèche de boues produites (Billet, 2007 ; Billet, 2009a, 2009b). S'agissant de la qualification de déchet des boues provenant d'une station d'épuration urbaine, la chambre commerciale de la Cour de cassation a récemment affirmé dans un arrêt du 26 juin 2012 que leur réutilisation ne leur fait pas perdre leur qualité de déchet⁴⁶.

On notera, qu'à l'instar des boues de station d'épuration, les cendres issues des chaufferies bois peuvent également être considérées comme des déchets valorisables en agriculture (ADEME, Couturier et Brassat, 2006 ; ADEME, 2008). Longtemps, ces cendres n'ont été régies par aucun texte réglementaire spécifique, ni au niveau européen, ni au niveau national. Certains préconisaient néanmoins leur retour au sol avec plan d'épandage comme c'est le cas pour les boues d'épuration⁴⁷. Récemment, un arrêté du 24 septembre 2013 *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2910-B (installations de combustion) de la nomenclature des ICPE* prévoit, dans son chapitre VIII intitulé « déchets », que « les cendres issues de la combustion de biomasse récupérée par voie sèche ou humide sous l'équipement de combustion peuvent être épandues, dans la limite d'un volume annuel de 5 000 tonnes/an (...) ». Les dispositions techniques à appliquer pour ce type d'épandage sont fixées dans une annexe III.

De même, les sédiments de dragage issus des opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux, peuvent aussi être valorisés en agriculture⁴⁸. A défaut de pouvoir être remis dans le cours d'eau ou de pouvoir être utilisés comme granulats, ces sédiments peuvent notamment faire d'un épandage agricole. Dans ce cas, les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur sols agricoles fixées par l'arrêté du 8 janvier 1998 précité, doivent être respectées.

- Sortie du statut de déchet

Ainsi que cela a été dit plus haut, les déchets sont susceptibles de connaître une seconde vie (Voir à cet égard : Enckell, 2013). Ils peuvent « cesser d'être déchet » après avoir subi, dans une installation classée ou une installation soumise à la loi sur l'eau, « une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation ». Cette possibilité de sortie du statut de déchet est énoncée à l'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement. Elle doit notamment permettre de limiter l'utilisation de ressources vierges et de faciliter les échanges commerciaux. La sortie du statut de déchet doit répondre à plusieurs critères : la substance doit être couramment utilisée à des fins spécifiques ; il doit exister une demande pour celle-ci ; elle doit remplir des exigences techniques et respecter la législation et les normes applicables aux produits ; enfin son utilisation ne doit pas avoir d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine⁴⁹. Une fois sorti du statut de

⁴⁵ Sont exclues des dispositions citées les boues normalisées ou homologuées et les boues dont l'épandage fait l'objet d'une réglementation spécifique au titre des installations classées (ICPE).

⁴⁶ Cass. Com., 26 juin 2012, pourvoi n° 11-10.770, CABB c/ Directeur régional des douanes et droits indirects du Léman. En l'espèce, une communauté d'agglomération avait réceptionné des boues provenant d'une station d'épuration dans les années 2002 – 2003 pour végétaliser un site. L'administration avait considéré que ces boues étaient des déchets qui devaient être inclus dans l'assiette de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP). La communauté d'agglomération avait assigné l'administration aux fins de voir juger que les boues constituaient en réalité des sous-produits car les critères cumulatifs permettant de qualifier une substance de sous-produit étaient réunis. Les juges ont rejeté la qualification de sous-produit au motif que 1/ la ville n'avait pas à l'origine un projet de réutilisation de ces boues (l'autorisation préfectorale sollicitée pour l'épandage des boues en vue de végétalisation était postérieure à la réception des boues), 2/ les boues, ayant subi des traitements de stabilisation biologique, avaient fait l'objet d'une transformation préalable incompatible avec la définition de sous-produit, 3/ la communauté d'agglomération n'ayant pas elle-même produit les boues en question, il ne pouvait s'agir d'une réutilisation de ces boues dans la continuité d'un même processus de production. Ainsi, les juges ont vérifié si des boues remplissaient les critères des sous-produits. Tel n'était pas le cas en l'espèce ; les boues en question ont donc conservé leur statut de déchet.

⁴⁷ Voir par exemple : http://www.biomasse-normandie.org/aspects-reglementaires-reglementation-concernant-recyclage-cendres_529_fr.html.

⁴⁸ Arrêté du 30 mai 2008 fixant les prescriptions générales applicables aux opérations d'entretien de cours d'eau ou canaux soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

⁴⁹ Le décret n° 2012-602 du 30 avril 2012 *relatif à la procédure de sortie du statut de déchet*, entré en vigueur le 1^{er} octobre 2012, organise cette sortie en créant une « commission consultative sur le statut de déchet » et en fixant le circuit de sortie. Celui-ci s'organise autour d'une demande d'exploitation sur le fondement d'un dossier comprenant l'ensemble des informations permettant d'établir que le déchet, pour l'opération de valorisation envisagée, satisfait aux conditions définies à l'article L. 541-4-3 précité jusqu'à la réponse de l'autorité administrative qui, avant de formuler sa réponse sous la forme d'une « attestation de conformité », peut exiger « la production aux frais de demandeur, d'une

déchet, ce n'est plus la réglementation relative aux déchets qui s'applique mais celle sur les produits⁵⁰. Ces produits seront soumis à la libre circulation et non plus aux contraintes liées au transfert transfrontalier par exemple (voir infra). Il convient de noter que la sortie du statut de déchet fait actuellement l'objet de réflexions au niveau européen. Plusieurs règlements européens ont été récemment adoptés pour permettre la sortie de statut de déchet de filières comme les débris métalliques⁵¹, le calcin de verre⁵² ou les débris de cuivre⁵³. Un autre règlement européen est en préparation s'agissant de la sortie de statut de déchet des composts et digestats de méthanisation⁵⁴. Ce projet pourrait toutefois être abandonné, faute d'accord entre les experts nationaux du groupe de travail technique de l'Institut de prospective technologique du Centre commun de recherche de la Commission européenne (European commission's joint Research / JRC) (Enckell, 2013). Missionné pour définir la nature des intrants dans les process de compostage et de méthanisation, le JRC propose de limiter ceux-ci aux seuls biodéchets collectés séparément. Il recommande l'établissement d'un champ d'application excluant les composts de boues et de TMB (Traitement Mécano Biologique), tout en laissant la possibilité aux Etats membres de définir eux-mêmes des sorties nationales du statut de déchet de ces matières.

Si les Mafor peuvent recevoir la qualification de déchet, elles peuvent aussi, depuis la transposition en droit interne de la directive 2008/98/CE, recevoir la qualification de sous-produit lorsqu'elles remplissent un certain nombre de conditions.

b) Mafor sous-produits

L'article L. 541-4-2 précité du Code de l'environnement définit le sous-produit⁵⁵ comme « *une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet* ». Pour qu'il y ait sous-produit (et non déchet), plusieurs conditions doivent être remplies : « - *l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ; - la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ; - la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ; - la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation ultérieure ; - la substance ou l'objet n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine* ».

- Contours de la notion et sous-produits utilisables en agriculture

En dépit de la clarification apportée par la directive n° 2008/98/CE⁵⁶ et la définition de l'article L. 541-4-2 du Code de l'environnement, la distinction entre déchet et sous-produit reste parfois mal aisée en pratique, compte tenu

analyse critique d'éléments du dossier justifiant des vérifications particulières » (art. D. 541-12-4 s. C. env.). Le décret prévoit l'application d'un « *système de gestion de la qualité* » couvrant les processus de contrôle des critères de sortie du statut de déchet. Cette procédure doit garantir l'innocuité de la substance ainsi libérée de son statut de déchet (Billet, P., 2012. Et le déchet fit sa révolution... *Environnement et développement durable*, 11: p. 42). Aussi, un arrêté du 2 août 2012 relatif aux principes du système de gestion de la qualité et un arrêté du 3 octobre 2012 relatif au contenu du dossier de demande de sortie du statut de déchet sont-ils venus compléter le dispositif.

⁵⁰ Ainsi que le remarque un auteur, ni la directive n° 2008/98/CE, ni l'ordonnance du 17 décembre 2010, ni le décret du 30 avril 2012, ne précisent la qualification juridique qui doit être donnée au déchet qui n'en est plus un. L'ensemble des textes est muet sur ce point. Le déchet « *cesse d'être un déchet* », sans pour autant devenir explicitement un produit ou un sous-produit (Darson, A., 2012. Sortie du statut de déchet et valorisation énergétique de la biomasse : l'absence regrettable de corrélation. *Droit de l'environnement*, 206: p. 326.). La qualification de sous-produit apparaît toutefois impossible dans la mesure où la substance doit pouvoir être « *utilisée directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes* » pour être qualifiable de sous-produit (art. L. 541-4-2 C. env.). La qualification de produit semble devoir être retenue. L'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement sur la sortie du statut de déchet pose d'ailleurs expressément l'exigence du respect de « *la législation et (des) normes applicables aux produits* », or celles-ci ne sont autres que les procédures d'homologation et de normalisation posées par l'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime qui permettent à une matière fertilisante de se voir qualifier de produit (voir infra). L'articulation entre la nouvelle procédure de sortie du statut de déchet et l'homologation et la normalisation apparaît à ce jour assez floue. La première exigeant pour sa mise en œuvre la réalisation des secondes, un alourdissement procédural est à craindre (A. Darson, précité).

⁵¹ Règlement (UE) n° 333/2011 du Conseil du 31 mars 2011 établissant les critères permettant de déterminer à quel moment certains types de débris métalliques cessent d'être des déchets au sens de la directive 2008/98/CE du Parlement et du Conseil.

⁵² Règlement (UE) n° 1179/2012 de la Commission du 10 décembre 2012 établissant les critères permettant de déterminer à quel moment le calcin de verre cesse d'être un déchet au sens de la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil.

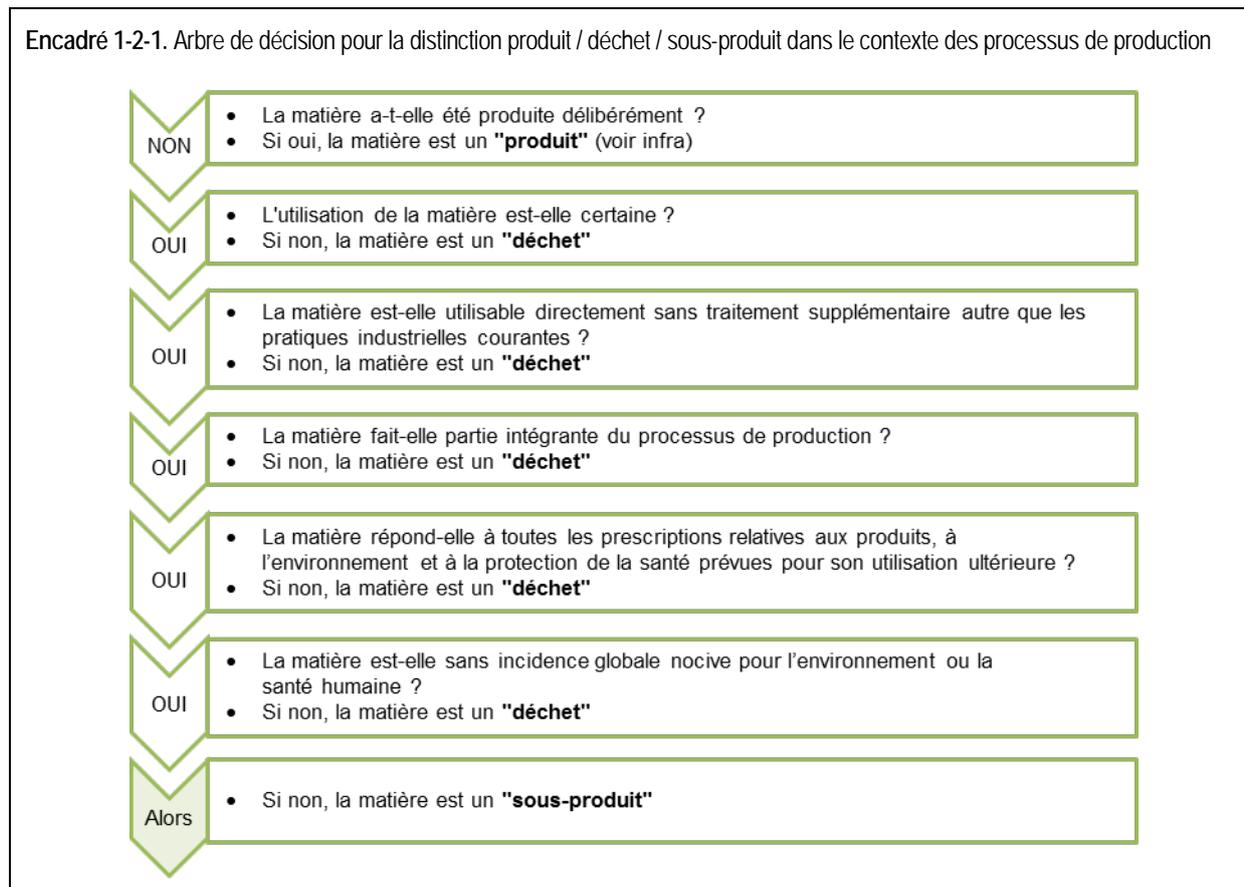
⁵³ Règlement (UE) n° 715/2013 du 25 juillet 2013 établissant les critères permettant de déterminer à quel moment les débris de cuivre cessent d'être des déchets au sens de la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil.

⁵⁴ Rapport du JRC disponible à l'adresse : <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC87124.pdf>

⁵⁵ La notion de sous-produit, consacrée par la directive 2008/98/CE, est issue de la jurisprudence communautaire qui, dès 2002, en avait précisé les éléments constitutifs (voir supra).

de la multitude de situations techniques envisageables (cf. encadré 1-2-1). Un décret d'application pourrait faciliter l'interprétation (Enckell, 2013).

Encadré 1-2-1. Arbre de décision pour la distinction produit / déchet / sous-produit dans le contexte des processus de production



Les sous-produits peuvent être issus de l'agriculture, des industries agro-alimentaires, ou encore des industries du bois⁵⁷. Les sous-produits peuvent faire l'objet de plusieurs types de valorisation : « valorisation matière » (pâte à papier grâce aux sous-produits du bois, alimentation animale grâce aux sous-produits animaux⁵⁸ et végétaux des IAA, lait en poudre grâce aux sous-produits de l'industrie laitière...), « valorisation énergétique » (granulés bois grâce aux sous-produits des industries du bois...), ou bien « valorisation agronomique » par retour au sol. S'agissant de la valorisation agronomique, on observe que des traitements sont néanmoins souvent nécessaires avant retour au sol : traitement en station d'épuration (des effluents industriels...), compostage (des sous-produits végétaux), méthanisation (des sous-produits animaux et végétaux), ou encore séchage. Dans ce cas, les matières en question ne répondent pas aux critères du sous-produit. Le retour au sol sans traitement concerne pour l'essentiel les déjections animales issues de l'activité d'élevage. Il semble pouvoir aussi

⁵⁶ Avant la directive 2008/98/CE, une communication du 21 février 2007 de la Commission au Conseil et au Parlement européen *relative à la Communication interprétative sur la notion de déchet et de sous-produit* est venue clarifier la distinction entre ce qui est déchet et ce qui ne l'est pas dans le contexte des processus de production (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2007/com2007_0059fr01.pdf).

⁵⁷ Parmi les sous-produits issus de l'agriculture, les résidus de culture peuvent être utilisés directement comme litière pour les animaux et les sous-produits végétaux peuvent être utilisés pour l'alimentation animale (ensilage). Parmi les sous-produits issus des industries du bois, les sciures, écorces, copeaux peuvent être utilisés directement comme paillis...

⁵⁸ La réglementation relative aux sous-produits animaux (et aux produits qui en sont dérivés) prescrit que les sous-produits animaux ne peuvent plus retourner dans la chaîne alimentaire humaine et fixe les conditions pour que seuls ceux ne présentant aucun danger pour la santé humaine ou animale puissent entrer dans la filière de l'alimentation animale. Voir : [Règlement \(CE\) N°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement \(CE\) n°1774/2002](#) (ce règlement classe les sous-produits animaux en trois catégories sur la base de leur risque potentiel pour la santé humaine et animale et l'environnement) ; [Règlement \(UE\) N°142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement \(CE\) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine](#) ; [Arrêté du 8 décembre 2011 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés en application du règlement \(CE\) n°1069/2009 et du règlement \(UE\) n°142/2011](#).

concerner, mais de manière plus anecdotique, des matières comme les sarments de vigne ou les fruits et légumes de retrait, qui peuvent être dégradés directement par les sols (CRITT Agro-alimentaire PACA, 2006).

- Effluents d'élevage qualifiés de sous-produits

Les déjections animales issues de l'activité d'élevage, dès lors qu'elles font partie intégrante du fonctionnement d'une exploitation agricole et répondent ainsi aux conditions posées par la loi, constituent des sous-produits (Langlais, 2012 ; Langlais, 2002a, 2002b ; Gilardeau, 2005 ; Académie d'Agriculture de France, 2010) (cf. supra). Dès les années 2005 (c'est-à-dire avant la directive n° 2008/98/CE), la Cour de justice des Communautés européennes s'est prononcée sur la qualification des effluents d'élevage à l'origine de pollution et elle a retenu la qualification de sous-produit⁵⁹. Dans un arrêt du 8 septembre 2005 Commission/Espagne C121/03, elle indique que « *des effluents d'élevage peuvent (...) échapper à la qualification de déchet, s'ils sont utilisés comme fertilisants des sols dans le cadre d'une pratique légale d'épandage sur des terrains bien identifiés et si le stockage dont ils font l'objet est limité aux besoins de ces opérations d'épandage* » (point 60) et elle précise qu'« (...) il n'y a pas lieu de limiter cette analyse aux effluents d'élevage utilisés comme fertilisants sur les terrains relevant de la même exploitation agricole que celle qui a généré ces effluents (...) » (point 61)⁶⁰. Ainsi, les effluents d'élevage échappent à la qualification de déchets s'ils sont utilisés comme fertilisants des sols conformément aux règles d'épandage. Peu importe que ces effluents soient utilisés sur les terrains de l'exploitation qui les a générés ou sur les terrains d'autres exploitations. Pour la Cour, une substance ne peut pas être considérée comme un déchet si elle est utilisée avec certitude pour les besoins d'autres opérateurs économiques que celui qui l'a produite. Récemment, dans un arrêt du 3 octobre 2013, la Cour de justice de l'Union européenne a rappelé les deux principes posés dans l'arrêt de 2005 (point 45 et 46) et énoncé que « *du lisier produit dans une exploitation d'élevage intensif de porcs et stocké dans l'attente d'être livré à des exploitants agricoles pour être utilisés par ceux-ci comme fertilisant sur leurs terres constitue non pas un "déchet" (...), mais un sous-produit, lorsque ledit producteur entend commercialiser ce lisier dans des conditions économiquement avantageuses pour lui, dans un processus ultérieur, à condition que cette réutilisation ne soit pas seulement éventuelle mais certaine, sans transformation préalable, et dans la continuité du processus de production* » (point 60)⁶¹. En conséquence, la jurisprudence récente de la Cour de justice de l'Union européenne vient clarifier un point de droit préoccupant : dès lors que la preuve peut être apportée que les effluents sont destinés à être épandus sur une autre exploitation que celle de production, ils échappent à la qualification juridique de déchet pour répondre à celle de sous-produit. Il convient toutefois de préciser que dans tous les cas le respect des règles d'épandage de ces effluents doit pouvoir être assuré (cf. infra), à défaut la qualification de déchet s'appliquerait.

Les Mafor peuvent ainsi recevoir la qualification de sous-produit si elles remplissent un certain nombre de conditions. Mais elles peuvent aussi recevoir la qualification de produit si elles répondent, après transformation, aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation.

c) Mafor produits : homologation et normalisation

Si les déchets et les sous-produits fertilisants dérogent au régime principal de l'autorisation préalable institué par le Code rural et de la pêche maritime (puisque'ils relèvent des 3° et 4° de l'article L. 255-2 du Code rural), certains d'entre eux peuvent néanmoins, après transformation, acquérir le statut de produit homologué ou normalisé (boues homologuées, composts de boues normalisés...) prévu aux 1° et 2° de l'article L. 255-2 précité. Ainsi, les Mafor peuvent accéder au statut de produit si elles répondent aux conditions d'une homologation ou d'une autorisation provisoire de vente, ou bien aux conditions d'une norme (cf. encadré 1-2-2).

Pour accéder au statut de produit homologué ou autorisé, une Mafor doit faire l'objet d'« *une homologation ou, à défaut, d'une autorisation provisoire de vente, d'une autorisation de distribution pour expérimentation ou d'une autorisation d'importation* ». La personne désirant mettre une Mafor sur le marché doit déposer une demande d'homologation (cf. infra).

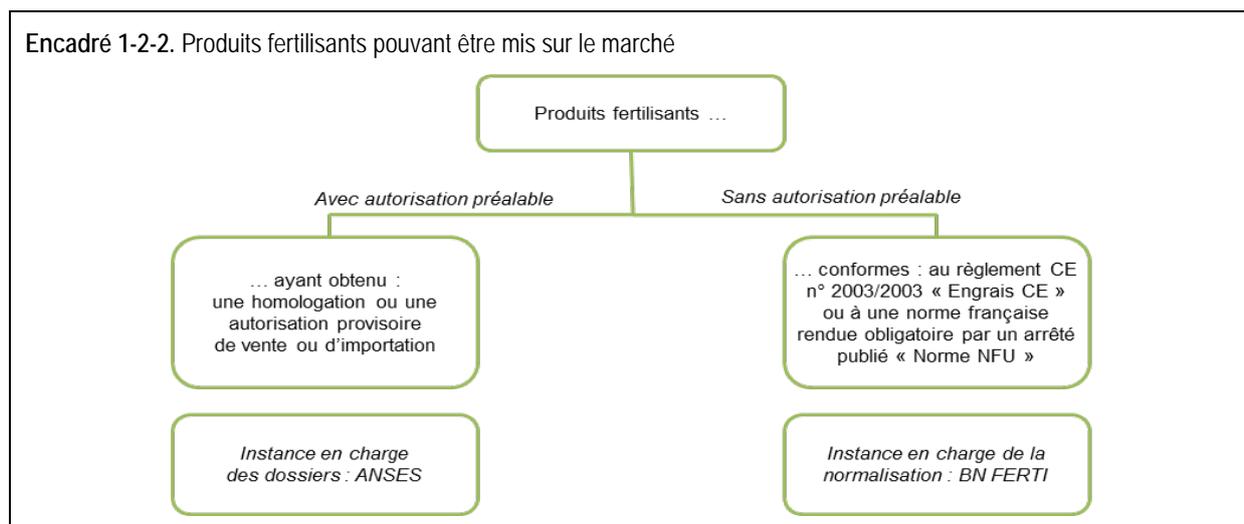
⁵⁹ Cette qualification de sous-produit s'agissant des effluents d'élevage était critiquée. La qualification de déchet, loin d'empêcher toute utilisation des effluents, apparaissait pouvoir potentiellement permettre une meilleure traçabilité, un meilleur suivi agronomique et un meilleur contrôle. (Voir : Doussan, 2005 ; et voir plus récemment Langlais, 2012.

⁶⁰ Cf. arrêts 8 sept. 2005, Commission contre Royaume d'Espagne, affaires C-121/03 et C-416/02.

⁶¹ Arrêt 3 oct. 2013, Demande de décision préjudicielle de la Supreme Court, Irlande, Donal Brady/Environmental Protection Agency, affaire C-113/12. Cf. Langlais, 2014.

Pour accéder au statut de produit normalisé, une Mafor doit répondre aux conditions posées par une norme nationale ou européenne. Pour les matières fertilisantes répondant à des caractéristiques générales connues, le législateur estime en effet qu'aucune évaluation ou décision préalable à leur mise sur le marché n'est nécessaire. L'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime exclut donc du champ de l'homologation « *les produits dont la normalisation, au sens de la loi du 24 mai 1941, a été rendue obligatoire* », ainsi que « *les produits mis sur le marché dans les conditions prévues par les dispositions réglementaires prises en application de directives des communautés européennes, lorsque ces dispositions ne prévoient ni homologation ni autorisation préalable à la mise en vente* », sous réserve de leur innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de leur environnement. Cela recouvre d'une part les produits répondant à des normes NFU et d'autre part les « engrais CE ». Pour ces produits, il appartient au responsable de la mise sur le marché du produit de s'assurer que celui-ci répond bien aux conditions de la norme qu'il revendique ou bien d'apporter les informations et analyses justifiant de la dénomination « engrais CE » (cf. infra).

Encadré 1-2-2. Produits fertilisants pouvant être mis sur le marché



Ainsi, les Mafor sont susceptibles de recevoir la qualification de déchet, celle de sous-produit si elles remplissent un certain nombre de conditions, ou celle de produit si elles répondent, après transformation, aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation. Selon la qualification retenue, les règles relatives à la protection de l'environnement sont plus ou moins contraignantes.

1.2.1.2. Incidences de la qualification quant aux règles applicables

D'une manière générale, les enjeux liés à la qualification de déchet tiennent à la réglementation relative à l'environnement plus contraignante en matière de déchets⁶². L'application de la réglementation déchet se fait sous l'égide du ministère chargé de l'écologie, qui comprend une direction générale de la prévention des risques (DGPR) en charge notamment de la politique de réduction et de traitement des déchets. Elle implique aussi le Conseil national des déchets (qui peut être saisi par le ministre pour avis sur les questions relatives aux déchets et qui assure le suivi de la mise en œuvre de la politique de gestion des déchets) et la Commission d'harmonisation et de médiation des filières de collecte sélective et de traitement des déchets⁶³. Dès lors que les Mafor reçoivent la qualification de déchets, elles sont soumises à des principes de gestion protecteurs de l'environnement (a) et entraînent la mise en œuvre de responsabilités particulières (b).

⁶² La nécessité du développement d'une politique de gestion des déchets naît avec la loi du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et la récupération des matériaux et la directive 75/442 relative aux déchets. De nombreux textes sont venus apporter des compléments par la suite : loi du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets et aux ICPE, loi Barnier du 2 février 1975, loi du 27 février 2002, loi Bachelot du 30 juillet 2003, ordonnance du 8 septembre 2005 portant simplification en matière d'ICPE et d'élimination des déchets, puis directive 2008/98/CE qui refonde la matière... La France a transposé cette directive déchet de 2008 au travers de l'ordonnance n°2010-1579 du 17 décembre 2010 et du décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011 (aujourd'hui codifiés aux articles L. 542-1 et suivants du Code de l'environnement et au titre IV du Livre V du code de l'environnement).

⁶³ Cf. art. D. 541-1 et s. C. env.

a) Incidences en matière de gestion

Les objectifs de la réglementation en matière de déchets sont formulés à l'article L. 541-1 du Code de l'environnement et ils prennent implicitement en compte l'idée de « cycle de vie » des matières.

- Objectifs de la réglementation relative aux déchets

Les objectifs de la réglementation relative aux déchets sont les suivants :

- la prévention et la réduction de la production et de la nocivité de déchets (en agissant notamment sur la conception, la fabrication et la distribution des substances et des produits et en favorisant le réemploi) et la diminution des incidences globales de l'utilisation des ressources et l'amélioration de l'efficacité de leur utilisation.
- la mise en œuvre d'une hiérarchie des modes de traitements des déchets consistant à privilégier, dans l'ordre, la préparation en vue de la réutilisation, le recyclage, toute autre forme de valorisation, et l'élimination.
- l'élimination apparaissant comme le dernier recours, la politique de traitement des déchets est orientée vers la valorisation, conçue comme « toute opération dont le résultat principal est que les déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits ».
- la réalisation de la gestion des déchets sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement, notamment sans créer de risque pour l'eau, l'air, le sol, la faune ou la flore, sans provoquer de nuisances sonores ou olfactives et sans porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier.
- le « principe de proximité » qui prévoit d'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume.
- l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et de gestion des déchets, ainsi que sur les mesures destinées à en prévoir ou à en compenser les effets préjudiciables.

- Organisation de la prise en charge des déchets

La gestion des déchets, qui s'entend comme « la collecte, le transport, la valorisation et l'élimination des déchets et, plus largement, toute activité participant de l'organisation de la prise en charge des déchets depuis leur production jusqu'à leur traitement final, y compris les activités de négoce et de courtage et la supervision de l'ensemble de ces opérations » (art. L. 541-1-1 C. env.), apparaît strictement encadrée. La première étape de la gestion des déchets consiste en une analyse des gisements de déchets. Pour connaître les types de déchets, leurs lieux de production, leurs flux..., des diagnostics sont réalisés par les entreprises⁶⁴ et une planification est organisée par les pouvoirs publics. Les départements sont en particulier tenus d'établir des plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux (art. L. 541-14 C. env.). Ces plans départementaux recensent les déchets, les installations et les décisions des acteurs publics dans le domaine des déchets. Ils ont également un rôle prospectif : ils fixent des objectifs en termes de prévention, de valorisation, de capacité du stockage et d'incinération⁶⁵. Ces plans départementaux énoncent par exemple des priorités en termes de valorisation des boues produites par les stations d'épuration avec retour au sol, de valorisation de la fraction organique des ordures ménagères par compostage.

Dans un deuxième temps, les déchets doivent être collectés et souvent transportés. Les activités de transport sont réglementées par le Code de l'environnement. Les articles L. 541-40 et R. 541-62 et suivants du code prévoient le cas des transferts transfrontaliers. Le transport des déchets est soumis aux dispositions du règlement communautaire n°1013/2006 du 14 juin 2006 concernant les transferts de déchets⁶⁶. Ce règlement vise à encadrer l'ensemble des opérations de transfert par l'adoption de procédures destinées à protéger

⁶⁴ Ces diagnostics sont volontaires ou imposés notamment pour certaines installations classées. Ces études déchets comportent une description de la situation existante en ce qui concerne la production, le gestion et l'élimination des déchets, une étude des solutions alternatives pour la production, la gestion et l'élimination des déchets, et la présentation et justification des filières retenues pour l'élimination des déchets.

⁶⁵ En vertu du principe de proximité, les plans départementaux visent également à favoriser le traitement des déchets au plus près de leur lieu de production.

⁶⁶ Article premier du Règlement (CE) n° 1013/2006 du parlement européen et du Conseil, 14 juin 2006 : « Champ d'application : 1. Le présent règlement établit les procédures et les régimes de contrôle applicables au transfert de déchets, en fonction de l'origine, de la destination et de l'itinéraire du transfert, du type de déchets transférés et du type de traitement à appliquer aux déchets sur leur lieu de destination. 2. Le présent règlement s'applique aux transferts de déchets: a) entre États membres à l'intérieur de la Communauté ou transitant par des pays tiers; b) importés dans la Communauté en provenance de pays tiers; c) exportés de la Communauté vers des pays tiers; d) qui transitent par la Communauté sur leur trajet depuis ou vers des pays tiers; (...) »

l'environnement. Les déchets transférés doivent à cette fin être gérés « *d'une manière écologiquement rationnelle* », ce qui signifie qu'il faut prendre « *toutes mesures pratiques permettant d'assurer que les déchets sont gérés d'une manière qui garantisse la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les effets nocifs que peuvent avoir ces déchets* » (art. 2 § 8)⁶⁷. Techniquement, le règlement communautaire soumet les transferts de déchets à des procédures de contrôle⁶⁸ : les transferts sont tantôt libres sous condition d'information, tantôt soumis à une procédure d'autorisation⁶⁹.

Les transferts qui ont lieu à l'intérieur d'un Etat membre relèvent quant à eux de la compétence de cet Etat. Chaque Etat membre doit s'assurer de la cohérence du régime qu'il adopte avec le dispositif communautaire. En France, le transport des déchets est envisagé aux articles L. 541-8 et R. 541-49 et suivants du Code de l'environnement. Le producteur de déchets doit s'assurer de leur bon acheminement. Cette condition est considérée comme remplie lorsque le producteur de déchets s'en charge lui-même. L'article R. 541-50 du Code de l'environnement précise que sont exemptées de l'obligation de déclaration de transport des déchets « *les entreprises qui transportent les déchets qu'elles produisent* ». Mais les producteurs de déchets sont de plus en plus souvent amenés à trouver des terres d'épandage éloignées du lieu de production des déchets (acheminement de boues de stations d'épuration...). Ils confient alors le transport à un tiers professionnel. Pour exercer cette activité, l'entreprise choisie doit respecter de nombreuses dispositions⁷⁰ : déposer une déclaration auprès du préfet de département pour tout chargement supérieur à 500 kg de déchets non dangereux, renouveler cette déclaration tous les 5 ans, etc.

Après leur transport, les déchets peuvent recevoir un traitement. Le traitement s'entend comme une « *opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination* ». Il s'effectue selon l'ordre établi par la hiérarchie des déchets (art. L. 541-1-1 C. env.) et il peut avoir lieu dans des installations classées⁷¹. Les opérations de valorisation sont définies et codifiées selon un code R dans une liste non exhaustive⁷². L'opération de valorisation R10 consiste en un épandage sur le sol au profit de l'agriculture ou de l'écologie (cf. infra). Le suivi de la gestion des déchets est assuré au moyen d'outils de traçabilité. Les producteurs et transporteurs de déchets doivent notamment tenir à jour un registre retraçant par ordre chronologique la production, l'expédition, la réception, et le traitement des déchets (R. 541-43 C. env.). Les exploitants d'installations classées liées aux activités de déchets et soumises à autorisation ou à enregistrement doivent aussi adresser une déclaration annuelle des déchets à l'administration (R. 512-75 C. env.). La traçabilité des déchets « *qui cessent d'être des déchets* » est également assurée puisque les exploitants des installations classées et des installations soumises à la loi sur l'eau tiennent un registre chronologique de la nature, du traitement et de l'expédition des substances concernées (art. 541-46 C. env. / cf. supra).

En comparaison des Mafor sous-produits et produits, les Mafor déchets sont soumises à des principes de gestion plus contraignants. La qualification de déchet emporte aussi des conséquences spécifiques en matière de responsabilité.

⁶⁷ Pour faciliter la mise en œuvre de ce principe de gestion écologiquement rationnelle des déchets, le règlement communautaire liste en annexe VIII les lignes directrices adoptées par la convention de Bâle du 22 mars 1989 sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination, par l'OCDE dans ses décisions C(90) 178/final du 31 juillet 1991 relative à la réduction des mouvements transfrontaliers de déchets et C (92) 32/final du 30 mars 1992 concernant le contrôle des mouvements transfrontières de déchets destinés à des opérations de valorisation, par l'Organisation maritime internationale (OMI) et l'Organisation internationale du travail (OIT).

⁶⁸ Le régime applicable est fonction de l'origine des déchets, de leur destination et de leur itinéraire. Il dépend également du type de traitement appliqué aux déchets sur le lieu de destination (valorisation ou élimination) et du type de déchets transférés selon leur degré de dangerosité. Des annexes au règlement communautaire listent les déchets : annexe III (déchets non dangereux ou « liste verte » de déchets, annexe III A (déchets non dangereux en mélange de la liste verte), annexe III B (déchets figurant sur la liste verte en attente d'être inclus dans les annexes pertinentes de la Convention de Bâle ou de la décision de l'OCDE), annexe IV (déchets dangereux ou « liste orange » de déchets)...

⁶⁹ La Cour de cassation a par exemple jugé que le transfert de lisier de porcs (qualifiés ici de déchets) d'un Etat membre à un autre nécessitait une autorisation même lorsqu'il s'agit de lisier destiné à être épandu sur les terres d'une même exploitation située de part et d'autre de la frontière Belgique – France (Cass. Crim. 21 mars 2001, Bull. Crim. n° 77 : décision rendue sous l'empire du précédent règlement n° 259/93/CEE).

⁷⁰ Cf. art. R. 541-50 à R. 541-54 du Code de l'environnement.

⁷¹ Elles sont classées dans la nomenclature des installations classées sous le régime de l'autorisation, de la déclaration ou de l'enregistrement, notamment sous les rubriques 2710 et suivantes.

⁷² Cf. annexe II de la Directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008.

b) Incidences en matière de responsabilité

Selon la qualification juridique des Mafor, la responsabilité du « producteur » est plus ou moins étendue. Si pour les produits, sa responsabilité s'étend en principe jusqu'à la mise sur le marché du produit, sa responsabilité va jusqu'à la valorisation ou l'élimination pour les déchets.

- Responsabilité élargie du producteur de déchets

Le producteur de déchets est responsable jusqu'à la valorisation ou l'élimination finale de ceux-ci. Il doit veiller aux bonnes conditions de stockage, de transport, d'élimination ou de recyclage. Il doit pouvoir justifier de la destination finale de ses déchets et de leur mode de valorisation ou d'élimination, y compris des modalités et des lieux d'épandage. En vertu de l'article L. 541-2 du Code de l'environnement en effet, « *Tout producteur ou détenteur de déchet est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers. Tout producteur ou détenteur de déchets s'assure que la personne à qui il les remet est autorisée à les prendre en charge* ».

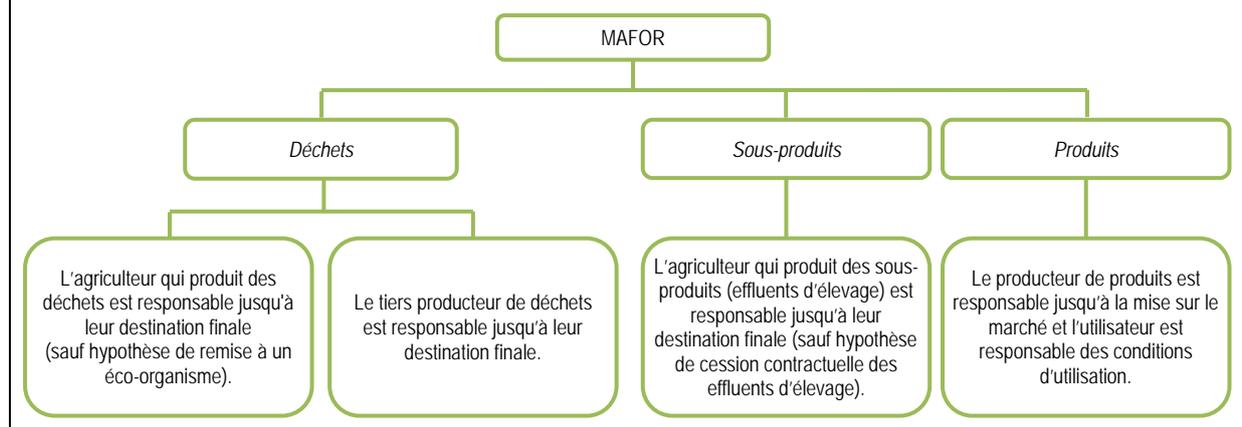
Cette notion de *Responsabilité élargie du producteur* (REP) a initialement été développée par l'Organisation pour la Coopération et le Développement Economique (OCDE). L'objectif est notamment de transférer les coûts de gestion des déchets du contribuable vers le producteur du déchet, en application du principe « pollueur-payeur ». Le régime français de REP prévoit que certains producteurs, importateurs et distributeurs de produits générateurs de déchets puissent être contraints de pourvoir ou de contribuer à la gestion des déchets qui en proviennent (art. L. 541-10 C. env.). Ils peuvent assumer cette responsabilité de manière individuelle (en mettant en place un système individuel de collecte et de traitement) ou de manière collective dans le cadre d'un éco-organisme qui gère une filière de valorisation ou d'élimination respectueuse de l'environnement. Lorsque des filières, bâties sur une REP, sont proposées aux agriculteurs (producteurs de déchets), leur responsabilité pour l'élimination du déchet s'arrête lors de la remise dudit déchet à l'organisme collecteur, conventionné ou agréé par l'éco-organisme. Une attestation de remise de déchet dans la filière concernée est donnée à l'agriculteur. Lorsque le déchet n'est pas repris dans une filière gérée par un tel éco-organisme, l'agriculteur en est en revanche responsable jusqu'à sa destination finale.

Contrairement à ce qui se passe pour les produits pour lesquels le producteur n'est responsable que jusqu'à leur mise sur le marché⁷³, le producteur de déchets est donc responsable dès que le déchet est produit et jusqu'à l'étape finale de valorisation ou d'élimination (cf. encadré 1-2-3). Sa responsabilité ne cesse pas au moment où il remet contractuellement ses déchets à un transporteur ou à tout autre qu'une personne autorisée à les prendre en charge (art. L. 541-23 C. env.) ; le producteur est solidairement responsable avec ce tiers des dommages causés par les déchets. Ainsi, l'agriculteur qui produit des déchets est donc responsable de ceux-ci jusqu'à leur destination finale. En revanche, l'agriculteur qui reçoit les déchets produits par un tiers (boues par exemple) n'est pas responsable de ces déchets en vertu de la réglementation sur les déchets (sauf dans l'hypothèse où il ne respecterait pas les conditions d'épandage). Enfin, l'agriculteur qui utilise des Mafor ayant le statut de produit est seulement responsable en cas de non-respect des conditions d'utilisation. Quant à l'agriculteur producteur de sous-produits (effluents d'élevage), il est responsable jusqu'à leur destination finale s'il épand au sein de son exploitation. Il peut aussi confier les effluents que son exploitation génère à un autre agriculteur utilisateur (en général par contrat prévoyant le transfert de la responsabilité de ces sous-produits).

Un régime de sanctions administratives pour les producteurs de déchets ne respectant pas leurs obligations a été introduit dans le Code de l'environnement en 2010 (art. L. 541-10 C. env.). Elles concernent le non-respect de l'obligation de pourvoir ou de contribuer à la gestion des déchets, l'inobservation du cahier des charges lors de la mise en place d'un système individuel, ou encore l'inobservation du cahier des charges par un éco-organisme agréé.

⁷³ Sauf hypothèses de produits défectueux : en vertu de l'article 1386-1 du Code civil, le producteur est responsable pour les dommages causés par les produits « *qui n'offrent pas la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre* » qu'il a mis en circulation, et, alors même que toutes les précautions ont été prises.

Encadré 1-2-3. Responsabilité du producteur de Mafor



- Responsabilités pénale, civile et administrative

S'agissant de la *responsabilité pénale* (qui est engagée en cas d'infraction), le Code de l'environnement prévoit de nombreuses dispositions répressives quelle que soit la qualification de la Mafor (déchet, sous-produit ou produit). Ces dispositions répressives concernent les installations classées, le droit de l'eau... L'article L. 172-1 de ce code détermine des catégories de fonctionnaires et d'agents habilités à exercer les fonctions de police judiciaire. Ces « inspecteurs de l'environnement »⁷⁴, qui sont habilités à rechercher et à constater les infractions, peuvent intervenir au moyen de visites de locaux et d'installations, de saisie, de prélèvements d'échantillons pour analyses, etc.⁷⁵ Pour les déchets plus spécifiquement, le code de l'environnement détermine de nombreuses infractions pénales avec les sanctions correspondantes. Elles concernent en particulier le refus d'information, le dépôt ou l'abandon de déchets, le non-respect des règles relatives au transport de déchets, etc. L'article L. 541-46 du Code de l'environnement punit ainsi de deux ans d'emprisonnement et 75 000 € d'amende, le fait de refuser de fournir à l'administration « *les informations, de fournir des informations inexactes* », ou de « *se mettre volontairement dans l'impossibilité matérielle de fournir ces informations* », d'« *abandonner, déposer ou faire déposer, dans des conditions contraires aux dispositions, des déchets* », de gérer « *des déchets sans être titulaire de l'agrément* », de procéder ou faire procéder « *à un transfert de déchets sans avoir notifié ce transfert aux autorités compétentes françaises ou étrangères ou sans avoir obtenu le consentement préalable desdites autorités* » etc. Outre les peines d'emprisonnement et d'amende, le tribunal peut ordonner la remise en état des lieux endommagés par les déchets, la fermeture temporaire ou définitive d'installation, ou encore l'interdiction de participer à des transferts transfrontaliers.

S'agissant de la *responsabilité civile* (qui est engagée en cas de dommage causé à autrui ou à l'environnement), elle trouve aussi à s'appliquer quelle que soit la qualification (déchet, sous-produit ou produit). Elle est fondée sur les articles 1382 à 1386 du Code civil⁷⁶ et sur la théorie jurisprudentielle des troubles anormaux de voisinage. Elle pèse sur l'auteur du dommage à l'origine de l'inconvénient, de l'accident, de l'incendie, de la pollution, etc. provoqués par la matière. L'auteur du dommage peut avoir commis une faute quelconque d'imprudence ou de négligence (souvent il n'a pas respecté toutes les règles applicables) : il a par exemple provoqué une pollution et il devra alors indemniser les victimes si sa faute est prouvée (art. 1382 et 1383 C. civ.). L'auteur du dommage peut aussi ne pas avoir commis de faute (il a respecté toutes les règles applicables), sa responsabilité civile

⁷⁴ Les personnes chargées de la recherche et de la constatation des infractions à la réglementation en vigueur sont les officiers et agents de police judiciaire (les personnes ayant cette qualité sont les inspecteurs et les commissaires de police, les maires, les sous-officiers de gendarmerie...), les fonctionnaires et agents commissionnés à cet effet (inspecteurs des installations classées, agents de l'ONF, de l'ONEMA...).

⁷⁵ L'article L. 173-3 prévoit en outre une aggravation des sanctions lorsque la commission de l'infraction porte « *gravement atteinte à la santé ou à la sécurité des personnes* » ou « *provoque une dégradation substantielle de la faune et de la flore ou de la qualité de l'air, du sol ou de l'eau* ».

⁷⁶ Elle peut aussi être fondée sur l'article 1147 du Code civil lorsque le dommage résulte de l'inexécution ou de la mauvaise exécution d'un contrat. La responsabilité peut être engagée lorsque l'un des cocontractants n'a pas rempli les obligations mises à sa charge par un contrat d'épandage par exemple. Des litiges peuvent également survenir entre l'exploitant agricole et le propriétaire bailleur des terres. Un nouvel exploitant agricole, qui découvre à l'occasion d'un bail ou d'une vente que les terres ont été polluées du fait d'épandages, peut par exemple engager une action en garantie des vices cachés (art. 1641 et 1721 C. Civ). *A contrario*, un propriétaire bailleur, qui s'aperçoit que son fonds est compromis du fait d'épandages, peut également se retourner contre le preneur qui n'a pas veillé à l'innocuité des produits épandus. (Martinet, 2011 ; Lachaud et Mandeville, 2002).

pourra alors être recherchée sur le fondement de l'article 1384 al. 1^{er} du Code civil (responsabilité du fait des choses dont on a la garde). L'application de cette disposition pose toutefois le problème du gardien de la chose, en particulier quand il s'agit de déchets confiés par un producteur de déchets à un agriculteur afin que ce dernier réalise l'épandage. Le transfert de la garde n'est pas automatiquement opéré par la délivrance de la substance en raison de la Responsabilité Elargie du Producteur (voir supra)⁷⁷.

L'auteur d'un « trouble anormal de voisinage » peut également être amené à indemniser son voisin (il s'agit d'un principe dégagé par la jurisprudence). La victime n'a pas dans ce cas à prouver que l'auteur du trouble a commis une faute. Elle doit démontrer l'existence d'un trouble excédant la limite des inconvénients normaux de voisinage. Selon la jurisprudence, le fait que l'auteur du trouble se soit installé sur le site avant le plaignant ne l'exonère pas de sa responsabilité. Mais, le Code de la construction et de l'habitation prévoit toutefois que le voisin de l'exploitation agricole ou industrielle n'a pas droit à réparation lorsque son permis de construire a été établi postérieurement à l'existence des activités occasionnant les nuisances, dès lors que ces activités s'exercent en conformité avec les dispositions législatives ou réglementaires en vigueur et que les conditions de fonctionnement de l'exploitation n'ont pas été modifiées (art. L. 112-16, C. constr. hab.)⁷⁸.

S'agissant de *la responsabilité de l'administration*, les collectivités territoriales qui exploitent ou font exploiter des installations de traitement de déchets sont responsables des dommages et nuisances causés aux tiers par celles-ci. La responsabilité existe sans qu'il soit nécessaire de prouver de faute⁷⁹. Cette responsabilité sans faute n'empêche pas la responsabilité née de la faute de l'exploitant de l'ouvrage public qui n'a pas respecté les prescriptions réglementant son fonctionnement (*cf.* Editions législatives). La responsabilité de l'Etat peut également être recherchée en cas de faute ou de carence de ses services en charge du contrôle du respect de la réglementation ou bien en charge du conseil technique aux maîtres d'ouvrage⁸⁰.

- Fonds de garantie des risques liés à l'épandage des boues d'épuration

Enfin, un *fonds de garantie* des risques liés à l'épandage agricole des boues a été créé en 2006 aux fins d'indemniser le préjudice subi par l'exploitant agricole et le propriétaire foncier dont les terres sont devenues partiellement ou totalement impropres à la culture en raison de l'épandage de boues d'épuration urbaines ou industrielles, dont on a vu qu'elles ont le statut de déchet (*cf.* supra). Les modalités de fonctionnement de ce fonds de garantie ont été précisées dans un décret en 2009 (Décret n° 2009-550 du 18 mai 2009 *relatif à l'indemnisation des risques liés à l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines ou industrielles*). En apportant une garantie financière en cas de dommage, le législateur a souhaité vaincre la résistance de la profession agricole à l'égard de l'épandage des boues (Billet, 2009b), mais en faisant cela il a aussi implicitement admis l'existence de risques spécifiques liés à cette pratique (Baltazar, 2012) (*cf.* infra).

Ainsi, les Mafor sont susceptibles de recevoir plusieurs qualifications (déchet, sous-produit si elles remplissent un certain nombre de conditions, et produit si elles répondent après transformation aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation), mais la qualification de déchet entraîne des conséquences juridiques particulières en termes de gestion et de responsabilité. Les conditions de production et d'utilisation des Mafor sont également dépendantes du régime juridique qui leur est applicable.

⁷⁷ Lorsqu'il s'agit de produits, la loi du 19 mai 1998 relative aux produits défectueux peut trouver à s'appliquer : le producteur est responsable pour les dommages causés par les produits « *qui n'offrent pas la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre* » qu'il a mis en circulation, et, alors même que toutes les précautions ont été prises (art. 1386-1 C. Civ.).

⁷⁸ A l'occasion d'une question prioritaire de constitutionnalité, le Conseil constitutionnel a récemment déclaré que l'article L. 112-16 du Code de la construction et de l'habitation, qui exonère l'auteur de nuisances dues à une activité, notamment agricole, de réparer les dommages causés aux personnes installées postérieurement au démarrage de cette activité, est conforme à la Charte de l'environnement. La victime de la nuisance causée par une telle activité créée avant son installation ne peut donc pas engager la responsabilité de l'auteur sur le fondement du trouble anormal de voisinage (Décision n° 2011-116 QPC du 8 avril 2011).

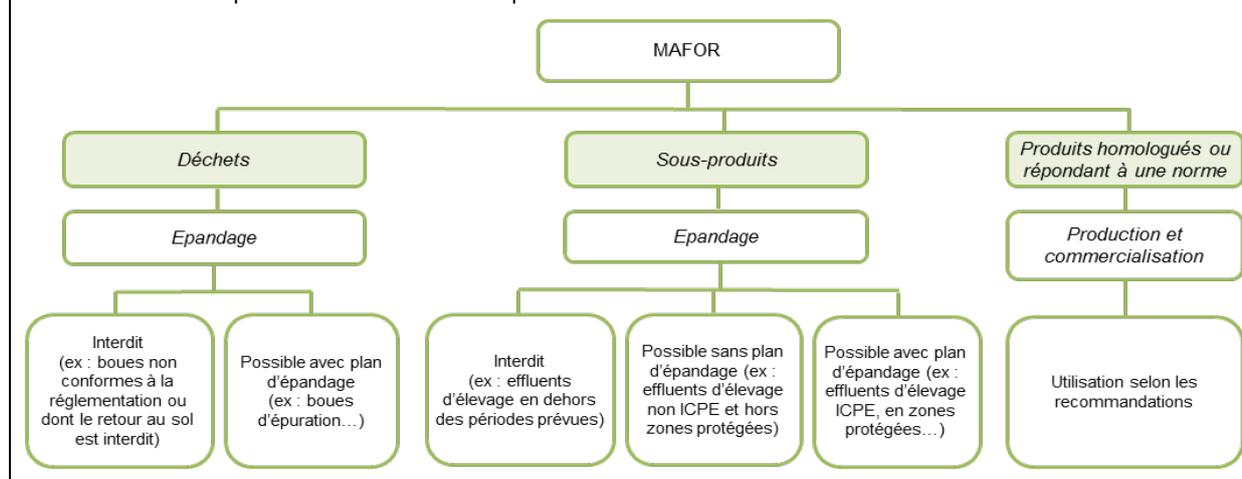
⁷⁹ Une jurisprudence administrative constante qualifie d'ouvrages ou travaux publics ces installations (sous réserve que les établissements en question aient été créés par ou pour le compte d'une collectivité publique, qu'ils se voient confier une mission publique, en l'occurrence la gestion des déchets, et qu'ils soient aménagés de façon à remplir cette mission). Dans un arrêt du Conseil d'Etat de 1935, on peut ainsi lire « *le service d'enlèvement des ordures ménagères contribuant à l'entretien de la voie publique, le préjudice pouvant résulter des dépôts effectués par ce service doit être regardé comme un dommage de travaux publics* » (CE, 25 janv. 1935, n° 27.610, Sieur Loubal et autres, Rec. CE 1935, p 111). Cette qualification est fondamentale car elle entraîne l'application d'un régime spécial de responsabilité, la responsabilité pour dommages de travaux publics, qui est très favorable aux victimes (en particulier celles qui sont tiers par rapport à l'ouvrage ou aux travaux). Ces dernières n'ont pas à prouver la faute de l'administration pour être indemnisées, mais seulement le lien de causalité existant entre leur préjudice et l'ouvrage public. Il s'agit d'un régime de responsabilité dite objective, c'est-à-dire sans faute, fondée sur les risques de l'activité.

⁸⁰ Sur la responsabilité de l'administration s'agissant des effluents d'élevage (qui sont des sous-produits), voir : Langlais, 2012.

1.2.2. Régime juridique des Mafor

L'opération de qualification juridique permet de déterminer le régime juridique applicable, c'est-à-dire l'ensemble des règles de droit relatives à une matière. Les Mafor étant susceptibles de plusieurs qualifications (déchet, sous-produits si elles remplissent un certain nombre de conditions, et produits si elles répondent après transformation aux conditions d'une homologation ou d'une normalisation), plusieurs régimes juridiques sont envisageables (cf. encadré 1-2-4). Les Mafor déchets et sous-produits (essentiellement les effluents d'élevage) présentent des similitudes : elles ont une composition qui n'est pas nécessairement stable, leur production ne dépend pas réellement du marché (Hermon et Doussan, 2012), et surtout elles sont soumises au Code de l'environnement et aux règlements sanitaires départementaux (RSD). Les Mafor produits font pour leur part l'objet d'une autorisation du ministère chargé de l'agriculture ou bien elles répondent aux conditions fixées dans une norme, et elles sont soumises au régime de contrôle spécifique prévu dans le Code rural et de la pêche maritime. Qu'il s'agisse du Code de l'environnement ou du Code rural, tant la production (1.2.2.1) que l'utilisation ou l'épandage (1.2.2.2) des Mafor sont règlementées.

Encadré 1-2-4. Emploi des Mafor selon leur qualification



1.2.2.1. Production des Mafor

La production des Mafor déchets et sous-produits s'inscrit dans le cadre de deux dispositifs destinés à protéger l'environnement : la législation sur les Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) du Livre V, Titre I du Code de l'environnement, d'une part (a), et la législation sur les milieux aquatiques du Livre II, Titre I du même code, d'autre part (b). Le cadre législatif est déterminé par le statut de l'activité productrice de déchets ou de sous-produits et il entraîne l'intervention de services instructeurs et contrôleurs différents⁸¹. Quant à la production des Mafor produits, elle est soumise au régime de contrôle spécifique prévu par le Code rural et de la pêche maritime (c).

a) Production des Mafor relevant de la législation sur les installations classées

Selon l'article L. 511-1 du Code de l'environnement, sont soumis à la réglementation ICPE « les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie (...) ».

⁸¹ Au niveau local, les services exerçant les polices de l'environnement (police des installations classées, police de l'eau...) sont :

- l'Inspection des ICPE (exercée notamment au sein des Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement / DREAL et des Directions départementales (de la cohésion sociale) et de la protection des populations / DD(CS)PP) est chargée des missions de contrôle et d'instruction des dossiers d'épandage agricoles des boues d'origine industrielle par exemple ;
- les Directions départementales des territoires (et de la mer) ou DDT(M) sont chargées des missions de contrôle et d'instruction des dossiers d'épandage agricoles des boues de stations d'épuration urbaine par exemple ;
- les préfets peuvent également mandater des organismes indépendants pour assurer le suivi agronomique des épandages de boues d'épuration par exemple.

Pour savoir si une installation est soumise à la réglementation ICPE et pour connaître son régime de classement (autorisation, enregistrement ou déclaration)⁸², il convient de consulter la nomenclature ICPE (art. R. 511-9 C. env.)⁸³. La surveillance des installations ICPE est assurée par les inspecteurs des installations classées. Les déchets et sous-produits issus d'installations ICPE sont variés ; il peut s'agir de boues d'épuration⁸⁴, de cendres⁸⁵, d'effluents issus de l'industrie, d'effluents d'élevage, de composts, de digestats de méthanisation, etc.

- Déchets ICPE

D'une manière générale, lorsque l'installation est une ICPE soumise à autorisation, elle doit respecter les règles générales ministérielles fixées dans l'arrêté intégré du 2 février 1998 *relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation* dit « arrêté intégré »⁸⁶ (modifié par un arrêté du 17 juin 2014⁸⁷), qui constitue le droit commun des prélèvements d'eau et de rejets divers de toutes les ICPE soumises à autorisation (mais qui ne concerne pas les établissements d'élevage). Les principaux articles de cet arrêté intégré qui concernent la gestion des déchets sont : l'article 44 relatif aux dispositions à prendre dans la conception et l'exploitation de l'installation pour assurer une bonne gestion des déchets produits⁸⁸, l'article 45 relatif au stockage temporaire⁸⁹ et l'article 46 relatif à l'élimination des déchets non valorisables⁹⁰. L'annexe VII de cet arrêté intégré précise les valeurs limites de concentration en éléments-traces métalliques (ETM) et en composés-traces organiques (CTO) que les déchets et les effluents provenant de l'installation classée ne doivent pas dépasser pour pouvoir être épandus (*cf.* encadré 1-2-5). L'installation productrice de déchets soumise à autorisation doit aussi respecter son « *arrêté d'exploitation* » délivré par le préfet qui fixe les conditions dans lesquelles l'installation peut être exploitée ; ces conditions portent notamment sur l'élimination des déchets.

Lorsque l'installation productrice de déchets est une ICPE seulement soumise à autorisation simplifiée, c'est-à-dire à enregistrement, elle doit respecter les prescriptions générales édictées par le ministre chargé des installations classées. Contrairement au régime d'autorisation, il y a ni prescription individualisée de mesures par le préfet, ni étude d'impact, ni enquête publique. Le préfet pourra néanmoins assortir si nécessaire l'enregistrement de l'installation de prescriptions particulières pour compléter les prescriptions générales ou les aménager au vu des circonstances locales. Il peut aussi décider, pendant l'instruction de la demande, de revenir à la procédure d'autorisation.

⁸² Le régime de classement est fixé par seuils qui prennent en compte notamment les flux de matière, les stocks (notamment de déchets), les puissances installées, la taille de l'installation ou le volume de production.

⁸³ Disponible sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Nomenclature-des-installations.html> et sur <http://www.legifrance.gouv.fr> (Code de l'environnement, rubrique Annexes).

⁸⁴ Cf rubriques ICPE n° 2750, 2751, 2752.

⁸⁵ Cf rubrique ICPE n° 2910-B et arrêté du 24 septembre 2013 *relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2910-B de la nomenclature des ICPE*.

⁸⁶ Ainsi que l'arrêté du 3 avril 2000 relatif à l'industrie papetière, qui adapte l'arrêté du 2 février 1998 au cas particulier des papeteries.

⁸⁷ Arrêté du 17 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 février 1998 *relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation*.

⁸⁸ L'exploitant doit prendre toutes les dispositions nécessaires dans la conception et l'exploitation de ses installations pour assurer une bonne gestion des déchets produits. A cette fin, il doit, conformément à la partie déchets de l'étude d'impact du dossier de demande d'autorisation d'exploiter, successivement : « limiter à la source la quantité et la toxicité de ses déchets en adoptant des technologies propres ; trier, recycler, valoriser ses sous-produits de fabrication ; s'assurer du traitement ou du prétraitement de ses déchets, notamment par voie physico-chimique, biologique ou thermique ; et s'assurer, pour les déchets ultimes dont le volume est strictement limité, d'un stockage dans les meilleures conditions possible ».

⁸⁹ Les déchets et résidus produits doivent être stockés, avant leur revalorisation ou leur élimination, « dans des conditions ne présentant pas de risques de pollution (...) pour les populations avoisinantes et l'environnement. Les stockages temporaires, avant recyclage ou élimination des déchets spéciaux, sont réalisés sur des cuvettes de rétention étanches et si possible protégés des eaux météoriques ».

⁹⁰ Les déchets qui ne peuvent pas être valorisés doivent être éliminés dans des installations réglementées à cet effet conformément au livre V du titre Ier du Code de l'environnement, dans des conditions permettant d'assurer la protection de l'environnement. L'exploitant doit être en mesure d'en justifier l'élimination sur demande de l'inspection des installations classées. Il tiendra à la disposition de celle-ci une caractérisation et une quantification de tous les déchets spéciaux générés par ses activités. Il justifie aussi le caractère ultime des déchets mis en décharge. Il a interdiction de pratiquer des brûlages à l'air libre.

Enfin, lorsque l'installation productrice de déchets est une ICPE soumise à déclaration, elle doit respecter les prescriptions générales édictées par le préfet, c'est-à-dire l'arrêté préfectoral type correspondant à chaque rubrique ICPE à laquelle elle est soumise⁹¹.

Encadré 1-2-5. Les déchets et effluents ICPE : valeurs limites de concentration en éléments-traces métalliques (ETM) et en composés-traces organiques (CTO)

(Annexe VII a, tableau 1 a et b, de l'arrêté du 2 février 1998 dit « arrêté intégré »)

Teneurs limites en éléments-traces métalliques dans les déchets ou effluents :		
ETM	VALEUR LIMITE dans les déchets ou effluents (mg/kg MS)	FLUX CUMULÉ MAXIMUM apporté par les déchets ou effluents en 10 ans (g/m ²) sur les sols à pH>6
Cadmium	10 (depuis 01/01/2004)	0,015 (depuis 01/01/2001)
Chrome	1000	1,5
Cuivre	1000	1,5
Mercurure	10	0,015
Nickel	200	0,3
Plomb	800	1,5
Zinc	3 000	4,5
Chrome + cuivre + nickel + zinc	4 000	6

Teneurs limites en composés-traces organiques dans les déchets ou effluents :				
CTO	VALEUR LIMITE dans les déchets ou effluents (mg/kg MS)		FLUX CUMULÉ MAXIMUM apporté par les déchets ou effluents en 10 ans (mg/m ²)	
	Cas général	Epandage sur pâturages	Cas général	Epandage sur pâturages
Total des 7 principaux PCB (*)	0,8	0,8	1,2	1,2
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo(a)pyrène	2	1,5	3	2

(*) PICS 28, 52, 101, 118, 138, 153,180.

- Effluents d'élevage ICPE

L'arrêté intégré du 2 février 1998 ne concerne pas les établissements d'élevage⁹². Pour ces établissements, ce sont trois arrêtés du 27 décembre 2013 qui fixent les règles auxquelles ils doivent satisfaire : le premier concerne les installations relevant du régime de l'autorisation, le deuxième celles relevant du régime de la déclaration et le troisième celles relevant du régime de l'enregistrement⁹³. S'agissant de la production d'effluents d'élevage, ces trois

⁹¹ On notera que, selon la nomenclature des ICPE, la plupart des installations de stockage, de traitement et d'élimination de déchets sont soumises à autorisation, enregistrement ou déclaration. Les conditions d'exploitation de ces installations, et notamment les conditions d'admission des déchets sont donc régies par des arrêtés. Dans certaines de ces installations, l'admission d'un déchet est soumise à une procédure d'acceptation préalable.

⁹² Les élevages les plus importants, à partir de certains seuils fixés par la nomenclature des ICPE, constituent des ICPE soumises soit à déclaration, à enregistrement ou à autorisation. Les seuils de la nomenclature ICPE sont fixés par l'annexe de l'article R. 511-9 du Code de l'environnement. A titre d'exemple, la rubrique 2101 de la nomenclature prévoit pour les vaches laitières (Décret n° 2011-842 du 15 juillet 2011) : élevage de plus de 200 vaches laitières : autorisation de fonctionnement du Préfet ; élevage de 151 à 200 vaches laitières : enregistrement ; élevage de 101 à 150 vaches laitières : déclaration avec contrôle périodique ; et élevage de 50 à 100 vaches laitières : déclaration de l'installation de l'élevage auprès de la préfecture. Quant à la rubrique 2102 de la nomenclature pour les porcs en stabulation ou en plein air, elle a récemment été modifiée comme suit (Décret n° 2013-1301 du 27 décembre 2013) : installation dont les activités sont classées au titre de la rubrique 3660 (élevage intensif) : autorisation ; installation de plus de 450 animaux : enregistrement ; et installation de 50 à 450 animaux : déclaration.

⁹³ Ces trois arrêtés sont venus remplacer deux arrêtés du 7 février 2005 qui ne traitaient que des installations relevant des régimes de l'autorisation et de la déclaration.

arrêtés réglementent principalement la collecte et le stockage des effluents. Les rejets directs d'effluents vers les eaux naturelles sont strictement interdits. Les effluents doivent être collectés par un réseau étanche et dirigés vers les équipements de stockage ou de traitement des eaux résiduaires ou des effluents d'élevage. Les équipements de stockage et de traitement doivent être suffisamment dimensionnés : la capacité minimale de stockage (y compris sous les animaux dans les bâtiments et, le cas échéant, sur une parcelle d'épandage) doit permettre de stocker la totalité des effluents produits pendant quatre mois minimum. Les fumiers compacts non susceptibles d'écoulement peuvent être stockés ou compostés sur une parcelle d'épandage à l'issue d'un stockage de deux mois sous les animaux ou sur une fumière dans des conditions précisées par le préfet et figurant dans l'arrêté d'autorisation / d'enregistrement. Le stockage du compost et des fumiers doit respecter certaines distances et ne peut être réalisé sur des sols où l'épandage est interdit. La durée de stockage ne dépasse pas dix mois et le retour sur un même emplacement ne peut intervenir avant un délai de trois ans. Dans les zones vulnérables aux pollutions par les nitrates, les capacités minimales des équipements de stockage des effluents d'élevage doivent répondre aux dispositions des programmes d'actions en vue de la protection des eaux (cf. infra).

- Composts et digestats de méthanisation

Les effluents d'élevage relevant des trois arrêtés du 27 décembre 2013, de même que les déchets relevant de l'arrêté intégré du 2 février 1998, constituent en outre des matières susceptibles de faire l'objet d'opérations de compostage ou de méthanisation (ADEME, 2012).

Le *compostage* est une activité réglementée qui consiste à transformer, grâce à un procédé biologique naturel et en présence d'oxygène, des déchets et sous-produits organiques⁹⁴ en matières fertilisantes. Le compostage est visé à la rubrique 2780 de la Nomenclature des ICPE qui concerne les « installations de traitement aérobie de déchets non dangereux ou matière végétale brute, ayant, le cas échéant, subi une étape de méthanisation » et elle prévoit trois rubriques⁹⁵. Des arrêtés fixent les prescriptions générales pour les installations relevant des trois régimes : **régime de la déclaration** ([arrêté du 12/07/11](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à déclaration sous la rubrique n° 2780) ; **régime de l'enregistrement** ([arrêté du 20/04/12](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à enregistrement sous la rubrique n° 2780) et **régime de l'autorisation** ([arrêté du 22/04/08](#) fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement⁹⁶).

La *méthanisation* est également une activité réglementée qui consiste à transformer, grâce à un procédé biologique naturel mais en l'absence d'oxygène, des déchets et sous-produits organiques en matières fertilisantes (Roussel, 2010 ; Roussel et Roussel, 2012). La méthanisation entraîne la production de biogaz et de digestats. Les digestats de méthanisation conservent les fertilisants que sont l'azote et le phosphore. Ces digestats peuvent donc être valorisés via l'épandage sur sol agricole. Ils peuvent aussi être homologués comme produits fertilisants ou être conformes à une norme (après notamment une phase de compostage) (Etrillard, 2013 ; Balny et Roussel, 2012) (cf. infra). La rubrique 2781 de la nomenclature des ICPE concerne les « installations de méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale brute, à l'exclusion des installations de méthanisation d'eaux usées ou de boues d'épuration urbaines lorsqu'elles sont méthanisées sur

⁹⁴ Pour déterminer les matières premières entrantes potentielles, se référer aux normes NF U 44-051/A1 (décembre 2010). *Amendements organiques. - Dénominations, spécifications et marquage* et NF U 44-095/A1 (octobre 2008). - *Amendements organiques. - Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux*.

⁹⁵ Trois sous-rubriques sont prévues en fonction de la nature des matières traitées, et leur quantité détermine le régime de l'autorisation, de l'enregistrement ou de la déclaration :

1. Compostage de matière végétale ou déchets végétaux, d'effluents d'élevage, de matières stercoraires :	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 50 t/j	Autorisation
b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 50 t/j	Enregistrement
c) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 3 t/j et inférieure à 30 t/j	Déclaration
2. Compostage de fraction fermentescible de déchets triés à la source ou sur site, de boues de station d'épuration des eaux urbaines, de papeteries, d'industries agroalimentaires, seuls ou en mélange avec des déchets admis dans une installation relevant de la rubrique 2780-1 :	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 20 t/j	Autorisation
b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 2 t/j et inférieure à 20 t/j	Déclaration
3. Compostage d'autres déchets	Autorisation

⁹⁶ Cet arrêté renvoie, dans le cas d'épandage de déchets compostés sur les terres agricoles, aux dispositions de l'arrêté intégré du 2 février 1998.

leur site de production »⁹⁷. Des arrêtés fixent également les prescriptions générales pour les installations relevant des trois régimes : **régime de la déclaration** ([arrêté du 10/11/09](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n° 2781-1) ; **régime de l'enregistrement** ([arrêté du 12/08/10](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2781-1 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement) et **régime de l'autorisation** ([arrêté du 10/11/09](#) fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation en application du titre 1er du livre V du code de l'environnement⁹⁸).

En matière de compostage et de méthanisation, les textes apparaissent relativement nombreux. Les matières fertilisantes qui sortent de ces installations de compostage et de méthanisation posent néanmoins question à ce jour (cf. encadré 1-2- 6). Quoiqu'il en soit les règles prévues en matière d'épandage de ces matières fertilisantes issues du compostage ou de la méthanisation sont assez proches les unes des autres (cf. infra).

La production des Mafor déchets et sous-produits relève ainsi pour partie de la législation sur les installations classées et de nombreux textes fixant les conditions des activités productrices sont applicables. Parmi ceux-ci, il convient également de mentionner la rubrique 2782 de la nomenclature des ICPE qui concerne les « installations mettant en œuvre d'autres traitements biologiques de déchets non dangereux que ceux mentionnés aux rubriques 2780 et 2781 à l'exclusion des installations réglementées au titre d'une autre législation » qui sont soumises à autorisation, ou encore la rubrique 2170 qui est relative aux « engrais, amendements et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques, à l'exclusion des rubriques 2780 et 2781 » qui sont soumis à autorisation (lorsque la capacité de production est supérieure ou égale à 10 t/j, et à déclaration lorsque la production est supérieure à 1 t/j et inférieure à 10 t/j). De nombreux textes sont également applicables aux Mafor relevant de la législation sur l'eau.

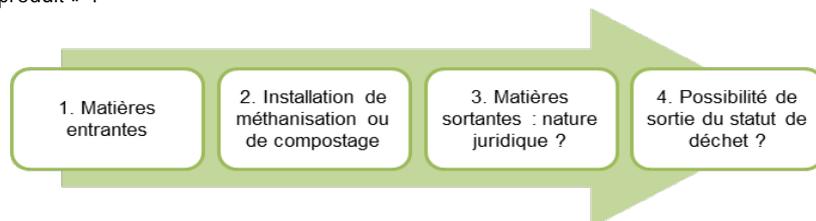
⁹⁷ Deux sous-rubriques sont prévues en fonction de la nature des matières traitées, et leur quantité détermine le régime de l'autorisation, de l'enregistrement ou de la déclaration :

1. Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires :	
a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 50 t/j	Autorisation
b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 50 t/j	Enregistrement
c) La quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j	Déclaration contrôlée
2. Méthanisation d'autres déchets non dangereux	
	Autorisation

⁹⁸ Cet arrêté renvoie, dans le cas d'épandage de déchets compostés sur les terres agricoles, aux dispositions de l'arrêté intégré du 2 février 1998.

Encadré 1-2-6. Les digestats de méthanisation et les composts : difficultés liées à leur qualification

La nature juridique des matières sortant des digesteurs et des composteurs pose actuellement question. S'agit-il de « déchet » ou de « produit » ?



1 – Quelle est la nature juridique des matières qui peuvent être introduites dans les installations de méthanisation et de compostage ?

Il peut s'agir de sous-produits comme les effluents d'élevage, de déchets organiques (déchets de l'industrie agro-alimentaire, boues de stations d'épuration, résidus de culture...) ou de produits (cultures spécifiques...).

2 – Quel est le statut des installations de méthanisation et de compostage ?

Les installations de méthanisation et de compostage sont classées dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) :

Nomenclature des installations classées (Annexe article R. 511-9 C. env.)			
n°rubrique	Intitulé	Régime	Textes fixant les prescriptions techniques
Rubrique n°2780	Installations de traitement aérobique de déchets non dangereux ou matière végétale brute, ayant, le cas échéant, subi une étape de méthanisation.	Déclaration	Arrêté du 12/07/2011
		Enregistrement	Arrêté du 20/04/2012
		Autorisation	Arrêté du 22/04/2008
Rubrique n°2781	Installations de méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale brute, à l'exclusion des installations de méthanisation d'eaux usées ou de boues d'épuration urbaines lorsqu'elles sont méthanisées sur leur site de production.	Déclaration	Arrêté du 10/11/2009
		Enregistrement	Arrêté du 12/08/2010
		Autorisation	Arrêté du 10/11/2009

3 – Quelle est la nature juridique des matières qui sortent des installations de méthanisation et de compostage ?

3-1 Compostage

Les trois arrêtés relatifs aux installations de compostage susmentionnés prévoient que les matières produites par ces installations peuvent être des produits finis ou des déchets.

Les arrêtés du 12/07/2011 et du 20/04/2012 énoncent que : « Les matières produites par une installation sont de deux catégories :

1. Les produits finis, correspondant aux matières fertilisantes et supports de culture conformes à une norme rendue d'application obligatoire ou bénéficiant d'une homologation, d'une autorisation provisoire de vente ou d'une autorisation de distribution pour expérimentation ;
2. Les déchets, parmi lesquels :
 - 2-a : les matières intermédiaires, destinées à être utilisées comme matière première dans une autre installation classée, en vue de la production des produits finis visés ci-dessus ;
 - 2-b : les autres déchets et effluents produits par l'installation ».

L'arrêté du 22/04/2008 distingue trois types de déchets : « 2. Les déchets, parmi lesquels :

- 2 a : les matières intermédiaires, destinées à être utilisées comme matière première dans une autre installation classée, en vue de la production des produits finis visés ci-dessus. Elles doivent respecter au minimum les teneurs limites définies dans la norme NFU 44-051 en ce qui concerne les éléments traces métalliques, composés traces organiques, inertes et impuretés ;
- 2 b : les déchets stabilisés destinés à l'enfouissement ou au retour au sol après épandage ;
- 2 c : les autres déchets produits par l'installation ».

3-2 Méthanisation

L'arrêté du 12/08/2010 relatif aux installations de méthanisation prévoit que les matières produites par les installations sont des produits ou des déchets, puisque « L'exploitant établit un bilan annuel de la production de déchets et de digestats et tient en outre à jour un registre de sortie mentionnant la destination des digestats : mise sur le marché conformément aux articles L. 255-1 à L. 255-11 du code rural, épandage, traitement (compostage, séchage...) ou élimination (enfouissement, incinération, épuration...) et en précisant les coordonnées du destinataire ».

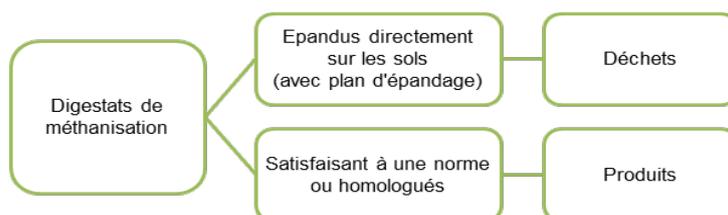
Les deux arrêtés du 10/11/2009 énoncent dans le même ordre d'idée que « si le digestat est destiné à l'épandage sur terres agricoles sans être mis sur le marché en tant que matière fertilisante, il fait l'objet d'un plan d'épandage (...) ».

3-3 Analyse

Qu'il s'agisse des matières sortantes des installations de compostage ou de méthanisation, la notion de « retour au sol » (c'est-à-dire d'usage comme amendement ou fertilisant) regroupe la destination des matières mises sur le marché, d'une part, et celle des déchets épandus sur terrain agricole dans le cadre d'un plan d'épandage, d'autre part.

Les digestats de méthanisation et composts peuvent être épandus directement sur les sols agricoles à condition de respecter les procédures de plan d'épandage. Dans ce cas, les digestats de méthanisation et composts reçoivent la qualification de déchets.

Les digestats de méthanisation et composts peuvent aussi, après une phase de transformation, satisfaire les prescriptions (selon leur composition, critères agronomiques et innocuité) prévues dans une norme NF ou les prescriptions nécessaires à l'obtention d'une homologation. Si tel est le cas, les digestats de méthanisation et composts deviennent des matières fertilisantes au sens des articles L. 255-1 et suivants du Code rural. Ces digestats de méthanisation et composts sont qualifiables de produits et ils peuvent être commercialisés au même titre que tout autre produit fini. Mais si les digestats de méthanisation et composts ont subi une phase de transformation, sans pour autant satisfaire aux prescriptions d'une norme ou aux conditions d'une homologation, ils n'accèdent pas à la qualification de produits et ils restent des déchets.



4 – Dans quelle mesure les matières qui sortent des installations de méthanisation et de compostage peuvent-elle bénéficier de la procédure de sortie du statut de déchet ?

Les composts et les digestats de méthanisation qui reçoivent la qualification de déchet peuvent théoriquement « cesser d'être des déchets » grâce à la récente procédure de sortie du statut de déchet, telle que prévue par l'article 6 de la directive 2008/98/CE.

Au niveau national, l'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement (Ord. n° 2010-1579 du 17 décembre 2010) prévoit que « *Un déchet cesse d'être un déchet après avoir été traité dans une installation visée à l'article L. 214-1 soumise à autorisation ou à déclaration ou dans une installation visée à l'article L. 511-1 soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration et avoir subi une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation, s'il répond à des critères remplissant l'ensemble des conditions suivantes :*

- la substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques ;
- il existe une demande pour une telle substance ou objet ou elle répond à un marché ;
- la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits ;
- son utilisation n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

Ces critères sont fixés par l'autorité administrative compétente. Ils comprennent le cas échéant des teneurs limites en substances polluantes et sont fixés en prenant en compte les effets nocifs des substances ou de l'objet sur l'environnement. Les modalités d'application du présent article sont fixées par décret ».

Si plusieurs règlements européens relatifs à la sortie du statut de déchet des calcins de verre, des débris métalliques, etc. ont été à ce jour adoptés, le règlement européen concernant les matières fertilisantes d'origine résiduaire est toujours en pourparlers. En outre, la France, qui a la possibilité de définir elle-même une sortie nationale du statut de déchet pour ces matières, n'a pas non plus pris de texte en ce sens pour l'instant.

En l'absence de texte nouveau, il semble que pour répondre à la troisième condition de l'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement (la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits), seule la procédure prévue à l'article L. 255-2 du Code rural (homologation, normalisation) soit à l'heure actuelle envisageable, en attendant l'établissement d'une procédure alternative dans notre droit interne.

b) Production des Mafor relevant de la législation sur les milieux aquatiques

Sont réglementés au titre de la législation sur les milieux aquatiques deux principaux types de Mafor : les effluents issus d'élevages non classés et les boues d'épuration non classées⁹⁹.

- Effluents d'élevages non ICPE

Les élevages de moindre importance ne sont pas réglementés au titre de la législation des ICPE. Il s'agit des élevages en dessous des seuils ICPE (par exemple un élevage de moins de 50 vaches laitières). Ces élevages doivent respecter les articles R. 211-48 à R. 211-53 du Code de l'environnement relatifs aux effluents. S'agissant de la production de ces effluents, l'article R. 211-48 interdit le déversement direct des effluents d'exploitations agricoles directement dans les eaux superficielles, souterraines ou les eaux de la mer et l'article R. 211-50 oblige l'agriculteur à disposer de capacités de stockage suffisantes. L'article R. 211-53 du Code de l'environnement prévoit qu' « un arrêté pris conjointement par les ministres chargés de l'agriculture, de l'environnement et de la santé, après avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail et du Comité national de l'eau, fixe les règles techniques d'épandage à respecter, les mesures nécessaires à la préservation des usages auxquels sont affectés les terrains faisant l'objet d'un épandage d'effluents agricoles et de la qualité sanitaire des produits destinés à la consommation humaine qui en sont issus. Il fixe également les distances minimales prévues à l'article [R. 211-52](#) ». Aucun arrêté n'ayant à ce jour été pris, il convient de se référer aux règles prévues dans le cadre des règlements sanitaires départementaux (RSD). Les RSD sont adoptés par les préfets, conformément à un règlement-type inscrit dans une circulaire modifiée du 9 août 1978¹⁰⁰. L'implantation d'un établissement soumis au respect du RSD donne lieu à déclaration auprès du maire. En vertu de l'article 153 en effet, « toute création, extension ou réaffectation d'un bâtiment d'élevage ou d'engraissement, à l'exception des bâtiments d'élevage de lapins et de volailles comprenant moins de cinquante animaux de plus de trente jours et des bâtiments consacrés à un élevage de type familial, doit faire l'objet, de la part du maître d'ouvrage, de l'établissement d'un dossier de déclaration préalable comportant les informations suivantes : un plan de masse (...), un plan détaillé de l'installation d'élevage précisant notamment l'emplacement des stockages de déjections et des installations de traitement, une note explicative précisant la capacité maximale instantanée de l'établissement d'élevage les volumes de stockage des déjections (...) et, le cas échéant, le plan d'épandage des eaux résiduaires et des déjections ». Le dossier de déclaration est adressé au maire en même temps que le dossier de demande de permis de construire¹⁰¹. Le RSD contient plusieurs dispositions relatives au stockage et à l'évacuation des fumiers et autres déjections solides (art. 155) et des purins, lisiers, jus d'ensilage et eaux de lavage des logements d'animaux (art. 156), et aux dépôts de matières fermentescibles destinées à la fertilisation des sols (art. 158)¹⁰². L'implantation des dépôts de ces matières ne doit pas entraîner une pollution des ressources en eau. Pour les fumiers, les dépôts sont par exemple interdits à moins de 35 mètres des puits, forages, sources, rivages, berges de cours d'eau... et ils doivent être établis à une distance d'au moins 50 mètres des zones d'habitation et de loisirs, et ils sont interdits à proximité immédiate des voies de communication. Les aires de dépôt et les ouvrages de stockage de ces matières doivent également être étanches.

⁹⁹ Ces boues proviennent de stations d'épuration qui relèvent de l'article L. 214-1 du Code de l'environnement : « les installations ne figurant pas à la nomenclature des installations classées, les ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou des modes d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, mêmes non polluants ». Ces installations sont soumises à une déclaration ou à une autorisation au titre de la protection sur l'eau. L'autorisation est requise pour les IOTA susceptibles de porter atteinte à la santé et à la sécurité publiques, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eaux, d'accroître notablement le risque d'inondation, de porter gravement atteinte à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique. Les IOTA qui ne présentent pas de tels dangers relèvent de la déclaration et elles doivent respecter des prescriptions particulières relatives à la qualité des eaux (art. L. 211-2 et 3 C. env.). Les installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) sont définies dans une nomenclature (art. R. 214-1 C. env.).

¹⁰⁰ Disponible sur legifrance.gouv.fr.

¹⁰¹ Le non-respect du RSD justifie de refus du permis de construire (Cf. not. : CE, 8 nov. 1993, req. N° 117.397, M. Le Rest et Mlle Mager ; CE, 26 mai 1995, req. N° 123.266, M. et Mme Van Bockstael).

¹⁰² Il s'agit des dépôts autres que les dépôts d'ordures ménagères non triées (soit les ordures ménagères ayant subi un traitement ou un tri en vue d'une utilisation agronomique, les résidus verts, etc.).

- Boues d'épuration non ICPE

Les boues d'épuration, qui sont définies comme « des sédiments résiduaire des installations de traitement ou de prétraitement biologique, physique ou physicochimique des eaux usées » par l'article R. 211-26 du Code de l'environnement, ont le statut de déchets (*cf. supra*). Il s'agit des boues produites par des unités de collecte, de prétraitement ou de traitement d'eaux usées, mais aussi de celles récoltées par les entreprises de vidange dans le cas de dispositifs non collectifs d'assainissement des eaux usées. Ces boues d'épuration sont réglementées par les articles R. 211-25 à R. 211-47 du Code de l'environnement. Il est expressément prévu que ces dispositions ne s'appliquent pas aux boues répondant aux conditions d'une homologation ou d'une norme obligatoire au sens de l'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime, ni à celle relevant du régime ICPE (art. R. 211-27 III. C. env.). S'agissant de la production des boues, l'article R. 211-30 du Code de l'environnement énonce que les producteurs de boues sont les exploitants des unités de collecte, de prétraitement et de traitement biologique, physique ou physico-chimique d'eaux usées. A ce titre, il leur incombe d'appliquer les dispositions précitées. Dans les cas de mélanges de boues d'origines diverses ou de boues et d'autres déchets, c'est le préfet qui désigne le producteur de boues. Pour les matières de vidanges, c'est l'entreprise de vidange qui est le producteur. Les boues épandables sont celles qui ont subi un traitement pour réduire leur pouvoir fermentescible et les risques sanitaires liés à leur utilisation (Legroux et Truchot, 2010 ; Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2009 ; ADEME, 2007 ; ADEME, 2005 ; ADEME, 1997). Elles doivent ne pas dépasser certaines valeurs limites de concentration en éléments-traces métalliques (ETM) et en composés-traces organiques (CTO) (*cf. encadré 1-2-7*). C'est ce que précise l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Cet arrêté précise également les règles relatives à l'épandage des boues (*cf. infra*).

Encadré 1-2-7. Les boues d'épuration urbaines et industrielles : valeurs limites de concentration en éléments-traces métalliques (ETM) et en composés-traces organiques (CTO)

(Arrêté du 8 janvier 1998 modifié)

Teneurs limites en éléments-traces dans les boues :		
ETM	VALEUR LIMITE dans les boues (mg/kg MS)	FLUX CUMULÉ MAXIMUM apporté par les boues en 10 ans (g/m ²) sur les sol à pH>6
Cadmium	10 (<i>depuis 01/01/2004</i>)	0,015 (<i>depuis 01/01/2001</i>)
Chrome	1000	1,5
Cuivre	1000	1,5
Mercurure	10	0,015
Nickel	200	0,3
Plomb	800	1,5
Zinc	3 000	4,5
Chrome + cuivre + nickel + zinc	4 000	6

Teneurs limites en composés-traces organiques dans les déchets ou effluents :				
CTO	VALEUR LIMITE dans les déchets ou effluents (mg/kg MS)		FLUX CUMULÉ MAXIMUM apporté par les déchets ou effluents en 10 ans (mg/m ²)	
	Cas général	Epandage sur pâturages	Cas général	Epandage sur pâturages
Total des 7 principaux PCB (*)	0,8	0,8	1,2	1,2
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo(a)pyrène	2	1,5	3	2

(*) PICS 28, 52, 101, 118, 138, 153,180.

La production des Mafor déchets et sous-produits relèvent tantôt de la législation sur l'eau ou de celle sur les installations classées. La production des Mafor produits relèvent quant à elle du régime de contrôle spécifique prévu par le Code rural et de la pêche maritime.

c) Production des Mafor produits

Les Mafor produits sont celles qui font l'objet d'une autorisation du ministère chargé de l'agriculture et celles qui répondent aux conditions fixées dans une norme (cf. supra). Elles font l'objet d'un suivi et d'un autocontrôle par leur producteur tout au long du processus de fabrication, puis d'une commercialisation (de Malafosse, 2000). L'agriculteur les applique ensuite, sous sa responsabilité, dans son champ selon les recommandations fournies, en fonction du milieu et des besoins de sa culture.

- Homologation et autorisation provisoire de vente

Pour accéder au statut de produit, une Mafor peut faire l'objet d'«une homologation ou, à défaut, d'une autorisation provisoire de vente, d'une autorisation de distribution pour expérimentation ou d'une autorisation d'importation» comme prévu à l'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime. La personne désirant mettre une Mafor sur le marché doit déposer une demande d'homologation qui comprend notamment un volet toxicologique (permettant d'évaluer les effets sur la santé humaine et l'environnement) et un volet biologique (permettant d'évaluer l'efficacité au regard des utilisations envisagées). Le contenu du dossier est fixé par l'arrêté du 21 décembre 1998 modifié relatif à l'homologation des matières fertilisantes et des supports de cultures. Les informations exigées portent sur le produit lui-même (sa composition et son procédé de fabrication notamment, avec les attestations concernant la filière, de l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la mise sur le marché), ainsi que sur son efficacité selon le mode d'application, les cultures concernées, ou encore les doses préconisées. La preuve doit être apportée de son innocuité à l'égard de la santé humaine et de l'environnement par des analyses effectuées par un laboratoire accrédité. Le demandeur doit indiquer les conditions d'utilisation du produit fini «selon les bonnes pratiques agricoles», ainsi que les mesures de précaution à prendre (port d'équipement, zones à ne pas traiter...). Les décisions relatives à l'homologation des produits relèvent de la compétence du ministère chargé de l'agriculture. Elles sont prises après avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), qui est chargée de l'évaluation des produits. L'homologation est prononcée pour une durée maximale de dix ans, dès lors que peuvent être assurées l'efficacité et l'innocuité du produit à l'égard de l'homme et de l'environnement, dans les conditions d'emploi normales. A défaut, l'autorisation sera refusée ou le dossier sera maintenu en attente d'informations et analyses complémentaires devant être fournies par le demandeur.

Lorsque les données sont insuffisantes pour évaluer les effets du produit, une autorisation provisoire est possible. Des auteurs font remarquer à cet égard qu'il est donc légalement possible de mettre sur le marché un produit dont il n'est pas possible de connaître l'ensemble des effets sur la santé et l'environnement (Hermon et Doussan, 2012). Ainsi, l'ANSES a par exemple, dans le cadre d'une demande d'homologation d'une matière fertilisante à base de boues de stations d'épuration et de broyats de palettes, émis un avis favorable avec une autorisation provisoire de vente d'une durée de quatre ans, après avoir pourtant observé que «les boues de stations d'épuration entrant dans la composition de l'ensemble de produits peuvent constituer une source de micropolluants divers et de microorganismes pathogènes pour l'homme et les animaux. Il serait nécessaire que le pétitionnaire propose une analyse des dangers. Certains contaminants microbiens sont fréquents (...) dans les matières issues du traitement des eaux (...) et peuvent être dangereux pour le consommateur»¹⁰³. L'autorisation provisoire, qui a une durée maximale de quatre ans, peut être prorogée pour une durée de deux ans. Dans ce cas, son détenteur est en principe tenu à une obligation d'information renforcée.

Sur la base des informations fournies par le demandeur, éventuellement complétées par les propositions de l'ANSES, l'arrêté d'homologation ou l'autorisation provisoire indique les conditions d'emploi du produit (cf. infra).

Enfin, le ministre chargé de l'agriculture peut, en vertu de l'article L. 255-6 du Code rural et de la pêche maritime, réglementer ou limiter par arrêté l'usage des matières fertilisantes «compte tenu de l'avancement des connaissances scientifiques et des conditions locales d'utilisation» pour «prévenir les inconvénients éventuels, directs ou indirects, de cet usage vis-à-vis de l'homme, des animaux et de leur environnement et assurer notamment la sauvegarde de la qualité des eaux et la conservation de la fertilité des sols». Le ministre chargé de l'agriculture peut également, en vertu de l'article L. 255-4 du même code, retirer l'homologation si le produit ne

¹⁰³ Dossier n° 2011-9015 GUELTAGRI, avis du 30 décembre 2011, disponible sur www.anses.fr.

satisfait plus aux conditions de celle-ci à la suite d'un fait nouveau ou en raison de son utilisation. Dans ce cas, « l'importation, la détention en vue de la vente, la mise en vente, la vente et la distribution à titre gratuit du produit en cause sont interdites ». Le ministre peut éventuellement accorder « un délai dont la durée est en rapport avec la cause du retrait » pour écouler les stocks de produits existants.

- Normalisation

Pour accéder au statut de produit, une Mafor peut également répondre aux conditions fixées dans une norme nationale ou européenne. Lorsque les matières fertilisantes répondent à des caractéristiques générales connues, le législateur considère en effet qu'aucune évaluation ou décision préalable à leur mise sur le marché n'est nécessaire. L'article L. 255-2 du Code rural et de la pêche maritime exclut donc du champ de l'homologation les « produits dont la normalisation, au sens de la loi du 24 mai 1941, a été rendue obligatoire », ainsi que les « produits mis sur le marché dans les conditions prévues par les dispositions réglementaires prises en application de directives des Communautés européennes, lorsque ces dispositions ne prévoient ni homologation ni autorisation préalable à la mise en vente », sous réserve de leur innocuité à l'égard de l'homme, des animaux et de leur environnement. Cela recouvre d'une part les produits répondant à des normes NFU et d'autre part les « engrais CE ». Pour ces produits, il appartient au responsable de la mise sur le marché du produit de s'assurer que celui-ci répond bien aux conditions de la norme qu'il revendique ou bien d'apporter les informations et analyses justifiant de la dénomination « engrais CE ».

L'Association française de normalisation (AFNOR)¹⁰⁴ est compétente pour élaborer des normes selon une procédure concertée entre les différentes parties prenantes. Ces normes sont en principe d'application volontaire, mais certaines sont rendues obligatoires par arrêté ministériel lorsque l'ordre public, et notamment la protection de la santé humaine et de l'environnement, le justifie. Tel est le cas pour les matières fertilisantes puisque l'arrêté du 5 septembre 2003 portant application obligatoire de normes établit une liste d'une vingtaine de normes parmi lesquelles :

- NF U 42-001 (décembre 1981). - Engrais. - Dénominations et spécifications, complétée par ses modificatifs n° 1 (mai 1989) et n° 2 (juin 1992) ainsi que par ses additifs n° 1 (février 1991), n° 2 (mai 1984), n° 4 (mars 1987), n° 5 (juillet 1991) et n° 6 (juillet 1991) ; et ses amendements A8 (déc. 2006), A10 (déc. 2009) et A11 (janv. 2014)
- NF U 42-002 (nov. 1990). - Engrais à teneur(s) déclarée(s) en oligo-élément(s) destinées à être apportés au sol
 - partie 1 "Oligo-élément(s) sous forme de combinaison(s) chimique(s) exclusivement minéral(s)" ; (juin 1992)
 - partie 2 "Oligo-élément(s) sous forme de combinaison(s) organique(s)"
- NF U 42-003 (nov. 1990). - Engrais à teneur(s) déclarée(s) en oligo-élément(s) pour pulvérisation foliaire
 - partie 1 "Oligo-élément(s) sous forme de combinaison(s) chimique(s) exclusivement minéral(s)" ; (juin 1992)
 - partie 2 "Oligo-élément(s) sous forme de combinaison(s) organique(s)"
- NF U 44-001 (avril 2009). - Amendements minéraux basiques. - Dénominations et spécifications ;
- NF U 44-051/A1 (décembre 2010). Amendements organiques. - Dénominations, spécifications et marquage¹⁰⁵ ;
- NF U 44-095/A1 (octobre 2008). - Amendements organiques – Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux.

Chaque norme correspond à un document qui fixe le champ d'application de la norme (les produits concernés), les définitions des termes employés, les dénominations, les spécifications relatives au produit, les critères d'innocuité, les modalités de contrôle du produit... Une norme peut également prévoir que des prescriptions particulières d'emploi figurent sur l'étiquette du produit ou sur les documents qui accompagnent celui-ci (voir infra).

S'il est possible de mettre sur le marché des produits lorsqu'ils répondent aux conditions fixées par une norme française rendue d'application obligatoire, il est aussi possible de mettre sur le marché des produits lorsqu'ils sont visés par le règlement (CE) n° 2003/2003 du 13 octobre 2003 relatif aux engrais. Ce règlement concerne les engrais minéraux composés d'une ou plusieurs substances nutritives pour les plantes. Ils sont composés d'« éléments fertilisants majeurs » (azote, phosphore, potassium), d'« éléments fertilisants secondaires » (calcium, magnésium, sodium et soufre), d'oligoéléments (cobalt, cuivre, fer...). L'annexe 1 du règlement établit la liste des

¹⁰⁴ Depuis le 1^{er} juillet 2012, le Bureau unique de Normalisation pour la Fertilisation (BN FERTI) gère la normalisation des matières fertilisantes et supports de culture. Il est placé sous la tutelle de l'AFNOR. La normalisation était auparavant assurée par deux instances : le Bureau de Normalisation des Amendements et Engrais (BNAME) pour les engrais et la Commission AFNOR-U44A pour les amendements organiques et les supports de culture.

¹⁰⁵ La révision de la norme NF U 44-051 envisage de distinguer à l'avenir entre les composts de biodéchets et les composts d'ordures ménagères résiduelles.

engrais pouvant être commercialisés sous la dénomination « engrais CE ». Ne doivent y figurer que des engrais dont l'évaluation a permis d'établir qu'ils « *apportent des éléments fertilisants de manière efficace* » et qu'ils n'ont pas d'effet préjudiciable sur la santé des hommes, des animaux ou des plantes, ni sur l'environnement, dans les conditions normales d'utilisation. Le règlement prévoit un certain nombre de mentions obligatoires devant figurer sur l'emballage et l'étiquetage des engrais. Il s'agit notamment de la mention « engrais CE », de la composition (la teneur en éléments fertilisants, en oligoéléments...), d'informations concernant le fabricant. D'autres mentions sont en revanche seulement facultatives : les consignes de stockage ou de manutention. Il appartient au responsable de la première mise sur le marché d'un « engrais CE » d'apporter les informations et les méthodes d'échantillonnage et d'analyses, indiquant que cet engrais répond aux exigences d'efficacité et d'innocuité¹⁰⁶. Il convient de noter que le règlement (CE) n° 2003/2003 relatif aux engrais minéraux étiquetés « engrais CE » fait l'objet de réflexions depuis quelques années (Arcadia International, 2012). Ce règlement qui ne concerne que les engrais minéraux pourrait laisser place à un nouveau règlement qui traiterait à la fois des engrais minéraux, des engrais organiques, des engrais organo-minéraux, des divers amendements, voire des « biostimulants » des plantes (qui contiennent des substances ou des micro-organismes qui stimulent les processus naturels et améliorent notamment l'assimilation des nutriments, la résistance aux stress...) (Bulot, 2013).

La production des Mafor relève donc de plusieurs réglementations : les Mafor produits sont des matières fertilisantes homologuées ou normalisées, les Mafor sous-produits (essentiellement les effluents d'élevage) et les Mafor déchets sont soumises à la législation sur les installations classées, à celle sur l'eau et aux RSD. Ces Mafor ont toutes vocation à être utilisées pour fertiliser les sols et optimiser le rendement et la qualité des cultures. Aussi, afin d'éviter le risque que constitue notamment leur utilisation en trop grande quantité (par rapport aux besoins des cultures et à la capacité d'absorption des sols) ou dans des conditions inappropriées, les réglementations précitées fixent des règles d'utilisation de ces Mafor.

1.2.2.2. Utilisation des Mafor

En termes d'utilisation, les Mafor produits, qui sont soumises au régime de contrôle spécifique prévu par le Code rural et de la pêche maritime, se voient imposer des conditions d'emploi relativement peu détaillées (voire facultatives pour les engrais CE). Les conditions d'emploi reposent principalement sur les indications fournies par le producteur (éventuellement complétées par les propositions de l'ANSES pour les produits homologués ou autorisés). Il est vrai que la composition et les effets de ces Mafor produits ont fait l'objet d'évaluations en amont (a). En revanche, les Mafor déchets et sous-produits voient quant à elles leur utilisation strictement réglementée au titre des législations sur les installations classées, sur l'eau et les RSD. De nombreuses dispositions viennent par conséquent encadrer l'épandage des Mafor déchets et sous-produits sur les sols (b). Avec la dégradation de la qualité des eaux, la réglementation de l'épandage a en outre été renforcée par la transposition en droit interne de la directive n°91/676 du 12 décembre 1991 relative aux nitrates et par la mise en place de zones protégées. L'épandage des Mafor déchets et sous-produits, ainsi d'ailleurs que l'utilisation des Mafor produits (lorsqu'il est prévu de prendre en compte l'ensemble des apports en fertilisants pour déterminer les quantités maximales utilisables), peut être plus contraint dans ces zones (c).

a) Utilisation des Mafor produits homologués ou normalisés

Ainsi que cela a été dit supra, l'utilisation des Mafor produits, qui sont soumises au régime de contrôle spécifique prévu par le Code rural et de la pêche maritime, doit simplement répondre aux conditions d'emploi prévues pour le produit en particulier ou pour la catégorie de produits concernés.

Pour l'homologation et l'autorisation provisoire de vente, les conditions d'emploi reposent sur les indications fournies par le producteur et éventuellement celles de l'ANSES (voir supra). L'arrêté d'homologation ou l'autorisation provisoire indique les conditions d'emploi du produit : cultures concernées, dosages, éventuellement ports d'équipement de protection, zones où l'utilisation du produit est interdite... Les prescriptions doivent être portées à la connaissance des distributeurs et des utilisateurs de manière claire (sur l'emballage même du

¹⁰⁶ Il dispose à cet égard du Guide d'élaboration du dossier technique concernant les engrais candidats à la mention « engrais CE » dans le cadre du règlement (CE) n° 2003/2003 (JO n° C 250, 8 octobre 2005).

produit, ou sur les documents obligatoires accompagnant les produits vendus en vrac). Ces prescriptions s'imposent aux utilisateurs des matières fertilisantes ; leur non-respect est pénalement sanctionné¹⁰⁷.

Pour la normalisation, chaque norme fixe le champ d'application de la norme, les spécifications relatives au produit, les critères d'innocuité, les modalités de contrôle du produit... (cf. supra). Une norme peut également prévoir que des prescriptions particulières d'emploi figurent sur l'étiquette du produit ou sur les documents qui accompagnent celui-ci. Ces prescriptions s'imposent aux utilisateurs des matières fertilisantes. De même, un certain nombre de mentions obligatoires doivent figurer sur l'emballage et l'étiquetage des engrais CE (cf. supra). Il s'agit notamment de la mention « engrais CE », de la composition, ou encore d'informations concernant le fabricant. D'autres mentions peuvent en revanche être seulement facultatives, notamment les consignes spécifiques d'utilisation comme le dosage par exemple.

L'utilisation des Mafor produits ne fait pas donc l'objet de texte particulier à l'image de ce qui existe pour l'épandage des Mafor déchets et sous-produits. Leur utilisation pourra toutefois être suivie voire contrôlée dans le cadre des mesures prises au titre de l'application de la directive n°91/676 du 12 décembre 1991 relative aux nitrates. Les règles applicables prévoient en effet de prendre en compte l'ensemble des apports fertilisants pour déterminer les quantités maximales utilisables en zone protégée (cf. infra).

b) Règles d'épandage des Mafor déchets et sous-produits

Les prémisses de la réglementation de l'épandage remontent aux années 1976-1977. Longtemps, la réglementation s'est révélée peu appliquée (Hérail, 1999). La mise en œuvre était purement formelle et des superpositions de plans d'épandage sur des mêmes parcelles, de même que l'inclusion dans certains plans de parcelles impropres à l'épandage, étaient fréquentes¹⁰⁸. A l'heure actuelle, les règles d'épandage des Mafor déchets et sous-produits, que celles-ci relèvent de la législation sur les installations classées, de celle sur l'eau ou des RSD, sont assez proches.

- Définition et organisation générale de l'épandage

L'épandage s'entend comme une opération de fertilisation des terres agricoles. L'arrêté intégré du 2 février 1998 précité le définit comme « *toute application de déchets ou effluents sur ou dans les sols agricoles* » et les arrêtés du 27 décembre 2013 relatifs aux installations d'élevage ICPE le définissent comme une « *action mécanique d'application d'un effluent brut ou traité dans ou sur le sol ou son couvert végétal* ». D'une manière générale, des multiples textes qui en traitent, il ressort que seules les matières ayant un intérêt pour les sols ou pour la nutrition des cultures peuvent être épandues, que les caractéristiques et les quantités destinées à l'épandage doivent être telles que leur manipulation et leur application ne portent pas atteinte à la santé de l'homme et des animaux, à la qualité et à l'état phytosanitaire des cultures, à la qualité des sols et des milieux aquatiques, et que les nuisances soient réduites au minimum¹⁰⁹. A noter également que la superposition d'épandages de différentes matières fertilisantes toutes origines confondues sur une même parcelle pour la même campagne doit être évité dans un souci de traçabilité, sauf cas particulier de complémentarité entre ces matières¹¹⁰.

L'épandage des effluents d'élevage ICPE est interdit « *sur sol non cultivé* »¹¹¹. L'épandage des effluents d'élevage non ICPE et des déchets ICPE est interdit « *en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies et des forêts normalement exploitées* »¹¹², sans que soit explicitée la notion de « normalement

¹⁰⁷ Art. R. 255-34 C. rur. (Contravention de cinquième classe).

¹⁰⁸ La mise en application de cette réglementation a par ailleurs eu des conséquences sur le marché foncier (Le Goffe et Salanie, 2005).

¹⁰⁹ A noter qu'en agriculture biologique, l'agriculteur ne peut pratiquer que « *l'épandage d'effluents d'élevage ou de matières organiques, de préférence compostés, provenant de la production biologique* » (art. 12 Règlement CE n° 834/2007 du 28 juin 2007 / La liste des matières premières utilisables se trouve à l'annexe I du Règlement CE n° 889/2008 du 5 septembre 2008) Cf. Langlais, 2002b.

¹¹⁰ Les superpositions de plans d'épandage d'effluents urbains et/ou industriels sont possibles en cas de complémentarité agronomiques des effluents, de respect des flux limites réglementaires ETM et CTO, de respect des bilans globaux de fertilisation, d'épandage d'un seul effluent au cours d'une année culturale sur une même parcelle. Les superpositions de plans d'effluents agricoles d'une part et d'effluents urbains ou industriels d'autre part sont possibles à condition de donner priorité à l'épandage des effluents agricoles, de respecter les bilans globaux de fertilisation, et qu'il y ait épandage d'un seul effluent au cours d'une année sur une même parcelle. (Cf : Artois Picardie, 2008a, b).

¹¹¹ Cf. arrêtés du 27 décembre 2013 relatifs aux installations d'élevage ICPE. La définition de la notion de « sols non cultivés » est donnée par l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. : « *Les sols non cultivés sont des surfaces non utilisées en vue d'une production agricole. Toute surface qui n'est ni récoltée, ni fauchée, ni pâturée pendant une campagne culturale est considérée comme un sol non cultivé* » (annexe I).

¹¹² Art. R. 211-51 C. env. (effluents d'élevage non ICPE) et art. 37 de l'arrêté « intégré » du 2 février 1998 (déchets ICPE).

exploitée ». Quant à l'épandage des boues d'épuration, il est interdit « *en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies normalement exploitées* »¹¹³. L'épandage des boues d'épuration sur les parcelles boisées est théoriquement possible à condition qu'aucune accumulation excessive de substances indésirables ne puisse avoir lieu dans le sol, que le risque pour le public fréquentant l'espace boisé (à des fins par exemple de loisir, chasse ou cueillette) soit négligeable, qu'aucune contamination de la faune sauvage ne soit causée et qu'aucune nuisance ne soit perçue par le public¹¹⁴. Mais tant que n'est pas pris l'arrêté devant fixer les règles, les prescriptions techniques et les caractéristiques des produits susceptibles de répondre à ces exigences (à l'image de celui du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions applicables aux épandages de boues sur sols agricoles), les épandages de boues en forêt doivent faire l'objet d'une autorisation spéciale donnée après avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques¹¹⁵. La demande d'autorisation comprend la description d'un protocole expérimental et d'un protocole de suivi (Voir à cet égard Bailly *et al.*, 2004).

La réglementation impose la surveillance des épandages. Celle-ci ne peut se faire sans la mise en place d'une organisation de l'épandage (le plan d'épandage) et l'identification des parcelles utilisées pour le mener à bien (périmètre d'épandage, parcelles épandables, parcelles épandues...). Le plan d'épandage est une expression couramment utilisée pour la réalisation et le suivi des épandages, mais il peut avoir des acceptions variables selon le contexte (effluents d'élevage, déchets...). En général, le plan d'épandage correspond à la description de l'organisation à mettre en place pour effectuer et contrôler l'épandage d'une ou plusieurs matières de nature similaire, issues d'une unité de production (une installation d'élevage par exemple), sur un parcellaire défini sous la responsabilité d'un ou plusieurs producteurs (SANDRE, 2004). Il permet d'identifier l'exploitant et les éventuels prêteurs de terres et il est constitué d'une carte permettant de localiser les surfaces où l'épandage est possible compte tenu des surfaces exclues de l'épandage.

Dans une première phase, le plan d'épandage prend la forme d'une étude préalable¹¹⁶ soumise aux services de l'Etat. Cette étude préalable démontre l'innocuité et l'intérêt agronomique des déchets et des sous-produits, ainsi que l'aptitude du sol à les recevoir et le périmètre d'épandage. L'étude préalable donne des indications relatives aux déchets et sous-produits épandus (leur origine, leur quantité...) et des indications relatives à la situation géographique des terrains concernés par l'épandage, aux sols et systèmes de culture. Elle justifie des doses et des fréquences des apports et elle décrit les modalités techniques de réalisation de l'épandage. L'étude justifie de la compatibilité de l'épandage envisagé avec les documents de planification existants (plans départementaux de prévention et de gestion des déchets non dangereux prévus à l'article L. 541-14 du Code de l'environnement, schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux ou SAGE prévus aux articles L. 212-1 et suivants du même code). Enfin, l'étude doit indiquer les noms des exploitants des parcelles concernées ainsi que les conventions entre ceux qui fournissent la matière fertilisante et ceux qui la reçoivent sur leurs terres.

Dans une deuxième phase, le plan d'épandage correspond aux actions liées à l'épandage et si nécessaire à son suivi, dans le respect des règles fixées dans l'étude préalable. Pour une bonne gestion de l'épandage, un *programme prévisionnel annuel d'épandage* est établi dans certains cas (par ex. boues de station d'épuration). Ce programme liste les parcelles concernées, les cultures, les dates, les matières épandues et leurs caractéristiques, etc. L'épandage peut également nécessiter la tenue d'un *cahier d'épandage* pour assurer le contrôle des opérations. Dans ce registre sont indiquées les quantités épandues, les dates, les parcelles, etc. Ce registre doit être régulièrement mis à jour et il doit être conservé dans le temps (dix ans pour les boues d'épuration par ex.).

Récemment, les arrêtés précités du 27 décembre 2013 relatifs aux installations d'élevage ICPE sont venus définir les objectifs d'un plan d'épandage, les éléments à prendre en compte pour sa réalisation, ainsi que sa composition et sa mise à jour¹¹⁷. En vertu de ces textes, le plan d'épandage doit répondre à trois objectifs :

¹¹³ Art. R. 211-41 C. env.

¹¹⁴ Art. R. 211-44 I C. env.

¹¹⁵ Art. R. 211-44 II C. env.

¹¹⁶ Qui est comprise dans l'étude d'impact lorsqu'elle est exigée.

¹¹⁷ A titre de comparaison, l'arrêté interministériel du 16 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 7 mars 2002 *relatif au projet d'amélioration des pratiques agronomiques, pris en application du décret 2002-26 du 4 janvier 2002 relatif aux aides pour la maîtrise des pollutions liées aux effluents d'élevage*, définissait le plan d'épandage comme « *un document de synthèse qui définit, en fonction de leur aptitude à l'épandage, les îlots culturels qui pourront faire l'objet d'épandage d'effluents organiques. Il montre que l'ensemble des effluents d'élevage peut être épandu dans des conditions environnementales satisfaisantes, y compris sur les parcelles mises à disposition par des tiers* ». Selon ce texte, le plan d'épandage « *comporte au minimum les éléments suivants : - l'identité et l'adresse de l'exploitant et des éventuels prêteurs de terres ; -*

- 1/ identifier les surfaces épandables exploitées en propre ou mises à disposition par des tiers ;
- 2/ identifier par nature et par quantité maximale les effluents d'élevage à épandre, qu'ils soient bruts, y compris ceux épandus par les animaux eux-mêmes, ou traités ;
- 3 / calculer le dimensionnement des surfaces nécessaires à l'épandage, y compris par les animaux eux-mêmes, de ces effluents.

Quant aux éléments à prendre en compte pour réaliser le plan d'épandage, ils sont au nombre de six. Il s'agit :

- des quantités d'effluents d'élevage bruts ou traités à épandre en fonction des effluents produits, traités, exportés et reçus sur l'exploitation ;
- de l'aptitude à l'épandage des terres destinées à recevoir les effluents d'élevage bruts ou traités ;
- des assolements, successions culturales, rendements moyens ;
- des périodes d'épandage habituelles des effluents d'élevage bruts et traités, le cas échéant, sur les cultures et les prairies ;
- des contraintes environnementales prévues par les documents de planification existants ;
- et des zones où l'épandage est interdit.

Techniquement, le plan d'épandage est constitué d'une carte à une échelle comprise entre 1/12 500 et 1/5 000 permettant de localiser les surfaces d'épandage et les éléments environnants (notamment les noms des communes et les limites communales, les cours d'eau et habitations des tiers). Cette carte fait apparaître les contours et les numéros des unités de surface permettant de les repérer ainsi que les zones exclues à l'épandage. Lorsque des terres sont mises à disposition par des tiers, il faut préciser les conventions d'épandage conclues entre l'exploitant et le prêteur de terres. Il faut aussi prévoir un tableau référençant les surfaces repérées sur le support cartographique et indiquant, pour chaque unité, le numéro d'ilot de la déclaration effectuée au titre de la politique agricole commune (« ilot PAC »), la superficie totale, l'aptitude à l'épandage, le nom de l'exploitant agricole de l'unité et le nom de la commune. Sont également mentionnés sur le document les éléments à prendre en compte pour la réalisation de l'épandage (quantité d'effluents, aptitude à l'épandage des terres...) et le calcul de dimensionnement du plan d'épandage. Enfin s'agissant de la mise à jour du plan d'épandage, toute intégration ou retrait de surface du plan d'épandage constitue un changement notable qui doit être notifié avant sa réalisation à la connaissance du préfet.

- Prescriptions techniques relatives aux épandages selon les Mafor

Des nombreux textes relatifs à l'épandage, il ressort que de multiples prescriptions techniques destinées à éviter la déperdition de matières fertilisantes dans le sol ou les milieux aquatiques sont prévues. Sont également fixées des périodes d'épandage, des quantités épandables, etc. de manière à ne pas excéder les besoins des cultures « *compte tenu des apports de toute nature, y compris les engrais, les amendements et les supports de culture* ».

→ Epandage des Mafor ICPE (hors effluents d'élevage)

S'agissant de l'épandage des Mafor (effluents, cendres, digestats etc.) issues des installations ICPE, l'arrêté intégré du 2 février 1998 *relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation* (modifié par un arrêté du 17 juin 2014) consacre les articles 36 à 42 aux modalités d'épandage¹¹⁸. Tout épandage est subordonné à une étude préalable. Le pH des effluents et des déchets ainsi que celui des sols ne doivent pas dépasser certains seuils. Les teneurs et flux en ETM sont encadrés. L'arrêté intégré exige également l'établissement d'un programme prévisionnel annuel d'épandage et la tenue d'un cahier d'épandage (cf. encadré 1-2-8).

l'identification des parcelles regroupées par ilot cultural et par exploitant ; - une représentation cartographique établie avec une précision au moins égale à une échelle au 1/12500 des ilots culturaux concernés, des surfaces exclues de l'épandage et du motif des exclusions en tenant compte de la réglementation (notamment distance vis-à-vis des cours d'eau et tiers, pentes) et des autres contraintes d'épandage (notamment localisation des parcelles, nature du sol) ; - les surfaces totale et épandable de chaque parcelle ; - les systèmes de culture (cultures en place et principales successions) ; - la nature, la teneur en azote avec indication du mode d'évaluation de cette teneur (analyses ou références) et la quantité des effluents qui seront épandus ; - les doses maximales admissibles par type d'effluent, de sol et de cultures en utilisant des références locales ; - un calendrier prévisionnel d'épandage rappelant, en zone vulnérable, les périodes d'épandage interdit et, en dehors de ces zones, les périodes d'épandage inapproprié ; - le cas échéant, le solde de la balance globale en phosphore avant engrais minéraux de l'exploitation, exprimé en kilogramme de phosphore par hectare de surface agricoles utile (SAU) ».

¹¹⁸ S'agissant du cas particulier des boues de papeterie (cf. supra), il convient de se référer à l'arrêté du 3 avril 2000 relatif à l'industrie papetière (art. 12).

Plus spécifiquement, pour les composts et les digestats de méthanisation, il convient de se référer à la rubrique 2780 de la nomenclature des ICPE pour le compostage (et aux trois arrêtés des 12/07/2011, 20/04/2012 et 22/04/2008 cités supra) et à la rubrique 2781 de la nomenclature des ICPE pour la méthanisation (et aux deux arrêtés du 10/11/2009 et du 12/08/2010 cités supra). De même, pour les cendres, il convient de se référer à l'arrêté du 24 septembre 2013 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2910-B de la nomenclature des ICPE.

Encadré 1-2-8. Principales règles d'épandage des Mafor ICPE	
(Arrêté intégré du 2 février 1998, mod. par arrêté du 17 juin 2014) Cf. aussi les arrêtés des 12/07/2011, 20/04/2012 et 22/04/2008 pour le compostage, les arrêtés du 10/11/2009 et du 12/08/2010 pour la méthanisation et l'arrêté du 24 septembre 2013 pour les cendres.	
Epandage interdit	<ul style="list-style-type: none"> - pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des déchets solides - pendant les périodes de forte pluviosité et pendant les périodes où il existe un risque d'inondation - en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies ou des forêts exploitées - sur les terrains à forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage - à l'aide de dispositifs d'aéro-aspersion
Périodes d'épandage	- adaptées de manière à assurer l'apport des éléments utiles aux sols ou aux cultures sans excéder les besoins, compte tenu des apports de toute nature, y compris les engrais, les amendements et les supports de culture
Distances et délais minimaux de réalisation d'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - respect de distances minimales : par ex. 50 mètres des habitations (100 mètres en cas de déchets odorants) - respect de délais minimaux : par ex pour les herbages ou cultures fourragères : 3 semaines avant la remise à l'herbe des animaux ou de la récolte de cultures fourragères en l'absence de risque lié à la présence d'agents pathogène (6 semaines sinon). - les déchets solides ou pâteux non stabilisés sont enfouis le plus tôt possible, dans un délai maximum de 48 heures, pour réduire les nuisances olfactives et les pertes par volatilisation (dérogations possibles pour les cultures non destinées à la consommation humaine)
Caractéristiques et quantités des matières épandues	<ul style="list-style-type: none"> - quantités épandues adaptées de manière à assurer l'apport des éléments utiles aux sols ou aux cultures sans excéder les besoins, compte tenu des apports de toute nature, y compris les engrais, les amendements et les supports de culture - pH des effluents ou des déchets est compris entre 6,5 et 8,5 - les déchets ou effluents ne peuvent être épandus dès lors que l'une des teneurs en éléments ou composés indésirables contenus dans le déchet ou l'effluent excède les valeurs limites - la dose d'apport est déterminée en fonction du type de culture et de l'objectif réaliste de rendement ; des besoins des cultures en éléments fertilisants disponibles majeurs, secondaires et oligo-éléments <p>Remarque : pour l'azote, ces apports (exprimés en N global), toutes origines confondues, ne dépassent pas les valeurs suivantes : sur prairies naturelles, ou sur prairies artificielles en place toute l'année et en pleine production : 350 kg/ha/an ; sur les autres cultures (sauf légumineuses) : 200 kg/ha/an ; sur les cultures de légumineuses : aucun apport azoté</p>
Caractéristiques des sols recevant l'épandage	- les déchets ou effluents ne peuvent être épandus si les teneurs en éléments-traces métalliques dans les sols dépassent des valeurs limites
Modalités d'organisation et de contrôle de l'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - tout épandage est subordonné à une étude préalable, comprise dans l'étude d'impact, montrant l'innocuité (dans les conditions d'emploi) et l'intérêt agronomique des effluents ou des déchets, l'aptitude du sol à les recevoir, le périmètre d'épandage et les modalités de sa réalisation - un programme prévisionnel annuel d'épandage doit être établi - un cahier d'épandage doit être tenu à jour - un bilan est dressé annuellement - les effluents ou déchets sont analysés lors de la première année d'épandage ou lorsque des changements dans les procédés ou les traitements sont susceptibles de modifier leur qualité, en particulier leur teneur en éléments-traces métalliques et composés organiques. En dehors de la première année d'épandage, les effluents ou déchets sont analysés périodiquement. - outre les analyses prévues au programme prévisionnel, les sols doivent être analysés sur chaque point de référence après l'ultime épandage et au minimum tous les dix ans

→ Epandage des effluents d'élevage ICPE

S'agissant de l'épandage des effluents d'élevage ICPE, les trois arrêtés du 27 décembre 2013 exigent également la production d'un plan d'épandage et d'un cahier d'épandage (cf. encadré 1-2-9). Ils interdisent l'épandage sur sol non cultivé, sur les légumineuses (sauf exception), sur certains sols et pendant certaines périodes. Ils exigent le respect de distances minimales vis-à-vis des tiers et d'autres éléments de l'environnement. La superficie du plan d'épandage doit être suffisante et des délais d'enfouissement respectés¹¹⁹. A noter que les trois arrêtés précisent que ces dispositions ne s'appliquent pas aux effluents aboutissant à des produits normés ou homologués.

Encadré 1-2-9. Principales règles d'épandage des effluents d'élevage ICPE (Arrêtés du 27 décembre 2013)	
Epandage interdit	- l'épandage des effluents d'élevage et des matières issues de leur traitement est interdit sur sol non cultivé, sur toutes les légumineuses sauf exceptions, sur les terrains en forte pente sauf s'il est mis en place un dispositif prévenant tout risque d'écoulement et de ruissellement vers les cours d'eau, sur les sols pris en masse par le gel (exception faite pour les fumiers ou les composts)
Périodes d'épandage	adaptées de manière à prévenir : la stagnation prolongée sur les sols ; le ruissellement en dehors des parcelles d'épandage ; et une percolation rapide vers les nappes souterraines
Distances et délais minims de réalisation d'épandage	- distances à respecter vis-à-vis des tiers : il faut respecter des distances minimales entre, d'une part, les parcelles d'épandage des effluents d'élevage bruts ou traités et, d'autre part, toute habitation ou local habituellement occupé par des tiers, les stades ou les terrains de camping agréés, à l'exception des terrains de camping à la ferme (par ex. 15 mètres pour les fumiers de bovins et porcins compacts non susceptibles d'écoulement, après un stockage d'au minimum deux mois) - distances vis-à-vis des autres éléments de l'environnement : l'épandage des effluents d'élevage et des matières issues de leur traitement est interdit à moins de 50 mètres des points de prélèvement d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines ou des particuliers et à 35 mètres dans le cas des points de prélèvement en eaux souterraines (puits, forages et sources) - les épandages sur terres nues sont suivis d'un enfouissement dans les vingt-quatre heures pour les fumiers de bovins et porcins compacts non susceptibles d'écoulement (après un stockage d'au minimum deux mois), dans les douze heures pour les autres effluents d'élevage ou les matières issues de leur traitement
Caractéristiques et quantités des matières épandues	- quantités épandues adaptées de manière à prévenir : la stagnation prolongée sur les sols ; le ruissellement en dehors des parcelles d'épandage ; une percolation rapide vers les nappes souterraines
Caractéristiques des sols recevant l'épandage	- la superficie du plan d'épandage est réputée suffisante lorsque la quantité d'azote épandable issue des animaux de l'installation et destinée à être épandue mécaniquement ou par les animaux eux-mêmes n'excède pas les capacités d'exportation en azote des cultures et des prairies exploitées en propre et/ou mises à disposition.
Modalités d'organisation et de contrôle de l'épandage	- l'épandage sur des terres agricoles des effluents d'élevage, bruts ou traités, est soumis à la production d'un plan d'épandage - mise à jour du plan d'épandage portée à la connaissance du préfet

→ Epandage des effluent d'élevage non ICPE

Pour l'épandage des effluents d'élevage non ICPE, les articles R. 211-48 à R. 211-52 du code de l'environnement s'appliquent ainsi que les dispositions des règlements sanitaires départementaux (cf. encadré 1-2-10). Il importe que la capacité des sols ne soit pas dépassée, compte tenu des apports de toutes les substances épandues sur les terres concernées et des exportations par les cultures. Aucune stagnation prolongée sur les sols, ni ruissellement en dehors des parcelles d'épandage, ni percolation rapide ne doit pouvoir se produire. L'épandage est interdit à certaines périodes, en dehors des terres agricoles régulièrement travaillées, ainsi que sur les terrains en fortes pentes. L'épandage doit en outre respecter certaines distances

¹¹⁹ S'agissant des élevages ICPE, le non-respect des prescriptions techniques peut notamment être sanctionné sur le fondement de l'article R. 514-4 du Code de l'environnement qui punit « de la peine d'amende prévue pour les contraventions de la 5^{ème} classe (...) le fait d'exploiter une installation » soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration « sans satisfaire aux règles générales et prescriptions techniques prévues » en la matière.

minimales par rapport aux berges et aux points de prélèvement d'eau, et aux habitations¹²⁰. On notera que l'établissement d'un plan d'épandage n'est pas obligatoire.

Encadré 1-2-10. Principales règles d'épandage des effluents d'élevage non ICPE (Articles R. 211-48 à R. 211-52 C. env. et modèle-type RSD)	
Épandage interdit	<ul style="list-style-type: none"> - pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des effluents solides, et pendant les périodes de forte pluviosité - en dehors des terres agricoles régulièrement travaillées et des forêts et prairies normalement exploitées - sur les terrains à forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage - à l'aide de dispositifs d'aérodispersion qui produisent des brouillards fins (art. R. 211-51 / art. 159 modèle-type RSD)
Périodes d'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - l'épandage doit être effectué de manière que, en aucun cas, la capacité d'épuration des sols ne soit dépassée, compte tenu des apports de toutes substances épandues sur les terres concernées et des exportations par les cultures L'épandage des effluents d'exploitations agricoles doit être effectué de telle sorte que ni la stagnation prolongée sur ces sols, ni le ruissellement en dehors des parcelles d'épandage, ni une percolation rapide ne puissent se produire (art. R. 211-50 / art. 159 modèle-type RSD)
Distances et délais minimum de réalisation d'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - distances minimales à respecter par rapport aux berges des cours d'eau, aux lieux de baignade et plages, aux piscicultures et zones conchylicoles, aux points de prélèvement d'eau, pour assurer la préservation des eaux superficielles et souterraines et le maintien de l'usage qui est fait de ces eaux, et par rapport aux habitations et aux établissements recevant du public pour protéger la salubrité publique et limiter les nuisances olfactives (art. R. 211-52) - interdiction à moins de 35 mètres des puits et forages ; des sources ; des aqueducs transitant des eaux potables en écoulement libre ; de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux, que ces dernières soient destinées à l'alimentation en eau potable ou à l'arrosage des cultures maraîchères ; des rivages ; des berges des cours d'eau (art. 159 modèle-type RSD) - interdit à moins de 100 mètres des immeubles habités ou habituellement occupés par des tiers, des zones de loisirs et des établissements recevant du public pour lisiers, purins, eaux résiduaires de lavage des locaux abritant le bétail (art. 159 modèle-type RSD) - s'agissant des fumiers et déjections solides, le modèle-type de RSD prévoit que sur les terres labourables, l'épandage des fumiers et déjections solides soit suivi d'un labour intervenant le plus tôt possible
Caractéristiques et quantités des matières épandues	<ul style="list-style-type: none"> - l'épandage doit être effectué de manière que, en aucun cas, la capacité d'épuration des sols ne soit dépassée, compte tenu des apports de toutes substances épandues sur les terres concernées et des exportations par les cultures (art. R. 211-50)
Caractéristiques des sols recevant l'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - l'épandage des effluents d'exploitations agricoles doit être effectué de telle sorte que ni la stagnation prolongée sur ces sols, ni le ruissellement en dehors des parcelles d'épandage, ni une percolation rapide ne puissent se produire (art. R. 211-50)
Modalités d'organisation et de contrôle de l'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - plan d'épandage pas obligatoire - s'agissant des lisiers, purins, aux résiduaires de lavage des locaux abritant le bétail, le modèle-type de RSD prévoit que lorsqu'un plan d'épandage, indiquant précisément les parcelles retenues pour recevoir les effluents, est établi et a reçu l'approbation de l'autorité sanitaire, les dispositions prévues par celui-ci (qualités et quantités d'effluents, modalités et périodicité de l'épandage, délai de remise à l'herbe des animaux) et définies en fonction des caractéristiques locales sont seules applicables. Et il prévoit qu'en l'absence de plan d'épandage, l'épandage est interdit sur les terrains affectés ou qui seront affectés dans un délai d'un an à des cultures maraîchères, et à moins de 200 mètres des cours d'eau si la pente du terrain est supérieure à 7 %

¹²⁰ S'agissant des élevages non ICPE, des sanctions en cas de non-respect des prescriptions en matière d'épandage sont prévues : l'article R. 216-8 du code de l'environnement énonce qu' « Est puni de l'amende prévue pour les contraventions de la 1^{re} classe l'épandage d'effluents d'exploitations agricoles sur les terrains à forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage ». Il punit « de l'amende prévue pour les contraventions de la 4^{ème} classe l'épandage des effluents agricoles : 1° Sur les sols pris en masse par le gel ou abondamment enneigés, exception faite des effluents solides, ou pendant les périodes de forte pluviosité ; 2° En dehors des terres agricoles régulièrement travaillées et des forêts et prairies normalement exploitées ; 3° A l'aide de dispositifs d'aérodispersion produisant des brouillards fins ; 4° A des distances des berges des cours d'eau, des lieux de baignade et des plages, des piscicultures et des zones conchylicoles, des points de prélèvement d'eau, des habitations et des établissements recevant du public, inférieures à celles fixées par l'arrêté (...) ». Enfin, il punit « de l'amende prévue pour les contraventions de la 5^{ème} classe le déversement direct d'effluents agricoles dans les eaux superficielles, souterraines ou de la mer ».

→ Epandage des boues d'épuration non ICPE

Quant aux boues non ICPE, leur épandage relève des articles R. 211-31 à R. 211-45 du code de l'environnement et de l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées (cf. encadré 1-2-11).

Encadré 1-2-11. Principales règles d'épandage des boues d'épuration non ICPE (principales règles issues des articles R. 211-31 à R. 211-45 C. env. et de l'arrêté du 8 janv. 1998)	
Epandage interdit	<ul style="list-style-type: none"> - pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des boues solides - pendant les périodes de forte pluviosité - en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies normalement exploitées (Epandage sur parcelles boisées nécessite une autorisation spéciale) - sur les terrains en forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage - à l'aide de dispositifs d'aérodispersion qui produisent des brouillards fins (art. R. 211-41)
Périodes d'épandage	- adaptées de manière à ne pas dépasser la capacité d'absorption des sols, compte tenu des autres apports de substances épandues et des besoins des cultures, et à éviter la stagnation prolongée sur les sols, le ruissellement en dehors de parcelles d'épandage et une percolation rapide (art. 211-40)
Distances et délais minimum de réalisation d'épandage	- distances minimales sont à respecter par rapport aux berges des cours d'eau, aux lieux de baignade, aux piscicultures et zones conchylicoles, aux points de prélèvements d'eau et des terrains affectés par des phénomènes karstiques, de manière à préserver la qualité des eaux souterraines et superficielles, et par rapport aux habitations et établissements recevant du public, de manière à protéger la salubrité publique et limiter les nuisances olfactives (art. R. 211-42)
Caractéristiques et quantités des matières épandues	<ul style="list-style-type: none"> - les boues doivent avoir fait l'objet d'un traitement, par voie physique, biologique, chimique ou thermique, par entreposage à long terme ou par tout autre procédé approprié de manière à réduire, de façon significative, leur pouvoir fermentescible et les risques sanitaires liés à leur utilisation (art. R. 211-32) - les quantités épandues sont adaptées de manière à ne pas dépasser la capacité d'absorption des sols, compte tenu des autres apports de substances épandues et des besoins des cultures, et à éviter la stagnation prolongée sur les sols, le ruissellement en dehors de parcelles d'épandage et une percolation rapide (art. R. 211-40) - modalités de surveillance : les analyses des boues portant sur les éléments-traces métalliques et les composés-traces organiques sont réalisées dans un délai tel que les résultats d'analyses sont connus avant réalisation de l'épandage ; les boues doivent être analysées lors de la première année d'épandage ou lorsque des changements dans la nature des eaux traitées, du traitement de ces eaux ou du traitement des boues sont susceptibles de modifier la qualité des boues épandues, en particulier leur teneur en éléments-traces métalliques et composés-traces organiques ; en dehors de la première année d'épandage, les boues sont analysées périodiquement (art. 14 de l'arrêté du 8 janv. 1998)
Caractéristiques des sols recevant l'épandage	- modalités de surveillance : les sols doivent être analysés sur chaque point de référence, après l'ultime épandage sur la parcelle de référence en cas d'exclusion de celle-ci du périmètre d'épandage, et au minimum tous les dix ans (art. 15 de l'arrêté du 8 janv. 1998)
Modalités d'organisation et de contrôle de l'épandage	<ul style="list-style-type: none"> - tout épandage est subordonné à une étude préalable réalisée à ses frais par le producteur de boues et définissant l'aptitude du sol à le recevoir, son périmètre, les modalités de sa réalisation, y compris les matériels et dispositifs d'entreposage nécessaires (art. R. 211-33) - les producteurs de boues doivent mettre en place un dispositif de surveillance de la qualité des boues et des épandages et ils doivent tenir à jour un registre (art. R. 211-34) - l'épandage de boues provenant d'ouvrages de traitement susceptibles de recevoir un flux polluant journalier supérieur à 120 kg de demande biochimique d'oxygène en cinq jours fait l'objet, par le producteur de boues : d'un programme prévisionnel d'épandage et d'un bilan agronomique à la fin de chaque campagne (comportant notamment le bilan de fumure, et les analyses réalisées sur les sols et les boues). Ces documents sont transmis par le producteur de boues au préfet (art. R. 211-39) - l'arrêté du 8 janv. 1998 précise le contenu de l'étude préalable d'épandage, du programme prévisionnel d'épandage, du bilan (bilan qualitatif et quantitatif des boues épandues, exploitation du registre d'épandage, bilans de fumure réalisés sur les parcelles représentatives) et du registre (quantité de boues produites dans l'année, mélange de boues, traitements...) - le préfet vérifie la validité des données fournies dans le cadre de la surveillance (à cet effet, il peut mettre en place un dispositif de suivi agronomique des épandages et faire appel à un organisme indépendant du producteur de boues)

L'épandage est possible seulement si les boues présentent un intérêt pour les sols ou la nutrition des cultures ou plantations. L'épandage est interdit à certaines périodes et dans les terrains à forte pente¹²¹. L'épandage est également interdit pendant la période de végétation pour les cultures maraîchères et fruitières (à l'exception des cultures d'arbres fruitiers). Des distances minimales par rapport aux berges et aux points d'eau sont à respecter et les dépôts temporaires de boues en bout de champ sont encadrés. Des délais minimums après réalisation de l'épandage sont également à respecter (par exemple 18 mois avant la récolte pour les produits en contact avec le sol et susceptibles d'être consommés crus, en cas d'épandage de boues non hygiénisées). L'épandage des boues nécessite la réalisation d'une étude préalable et d'un plan d'épandage, ainsi que la réalisation d'un programme prévisionnel annuel puis d'un bilan agronomique annuel (pour les boues provenant des moyennes ou grosses stations). Enfin, dans un souci de traçabilité, la tenue d'un registre d'épandage indiquant la provenance et les caractéristiques des boues, les dates d'épandage, les quantités épandues, etc., est prévue. Une synthèse est transmise au préfet chaque année sous la forme d'un bilan annuel des épandages. Les producteurs de boues doivent assurer la surveillance de la qualité des boues et des sols. Le préfet est chargé d'assurer le contrôle et des organismes indépendants peuvent être chargés du suivi des épandages. Il existe également un comité national de suivi de l'épandage des boues.

Si de nombreuses dispositions encadrent l'épandage des Mafor déchets et sous-produits, à celles-ci viennent s'ajouter d'autres règles liées cette fois au milieu récepteur. La directive n°91/676 du 12 décembre 1991 relative aux pollutions par les nitrates d'origine agricole a en particulier introduit des contraintes supplémentaires pour l'épandage des Mafor déchets et sous-produits, ainsi que l'utilisation des Mafor produits, dans certaines zones protégées.

c) Zones protégées

L'épandage des Mafor déchets et sous-produits, ainsi que l'utilisation des Mafor produits, peuvent être contraints dans certaines zones géographiques pour préserver les ressources naturelles existantes, et surtout pour endiguer les dégradations liées à l'agriculture¹²². La directive n°91/676 du 12 décembre 1991 *concernant la protection des eaux contre la pollution des nitrates à partir de sources agricoles* est en particulier à l'origine de la création de « zones vulnérables », mais d'autres zonages existent également (voir à cet égard : Langlais, 2012 ; Doussan, 2009).

- Epandage en zones vulnérables

Les zones vulnérables correspondent, d'une part, aux zones qui alimentent les eaux d'ores et déjà polluées (teneur en nitrate supérieure à 50 mg par litre) et, d'autre part, aux zones qui alimentent des eaux menacées de pollution (teneur en nitrate comprise entre 40 et 50 mg par litre montrant une tendance à la hausse). Dans ces zones vulnérables, des programmes d'action ont été adoptés. Ils prévoient des mesures propres à résorber l'excès d'azote d'origine agricole. Dans ces mesures, il est prévu de prendre en compte l'ensemble des apports en fertilisants (donc les Mafor déchets, sous-produits mais également produits) pour déterminer les quantités maximales utilisables sur les sols agricoles.

Les premiers programmes d'action ont été adoptés en 1996-1997. Ils reprenaient les mesures inscrites dans la directive n°91/676 : 1/ interdiction ou réglementation de l'épandage des fertilisants sur certaines parcelles (sols en forte pente, sols enneigés, gelés ou inondés, à proximité des eaux de surface) ; 2/ interdiction de l'épandage à

¹²¹ S'agissant des boues, le non-respect des prescriptions en matière d'épandage peut être sanctionné sur le fondement de l'article R. 216-7 du Code de l'environnement qui punit « de l'amende prévue pour les contraventions de la 5^{ème} classe : 1° Le fait d'épandre des graisses ou des sables, ou des matières de curage sans que celles-ci aient fait l'objet du traitement (...); 2° Le fait de mélanger des boues provenant d'installations de traitement distinctes ou avec d'autres produits ou déchets (...); 3° Le fait, pour le producteur de boues, de ne pas respecter l'obligation de traitement ou, à défaut, les précautions d'emploi (...); 4° Le fait, pour le producteur de boues ou, à défaut, l'entreprise chargée de la vidange des dispositifs d'assainissement non collectif, de ne pas mettre en place un dispositif de surveillance des épandages, ou de ne pas tenir à jour le registre (...), ou de ne pas fournir régulièrement aux utilisateurs de boues les informations figurant dans celui-ci ou de ne pas effectuer la transmission des informations (...); 5° Le fait, pour le producteur de boues, de n'avoir pas élaboré, avant l'épandage, l'étude (...) ou, le cas échéant, d'avoir réalisé l'épandage sans élaborer les documents prévus (...); 6° Le fait, pour quiconque, de ne pas respecter les prescriptions techniques applicables aux épandages (...) ».

¹²² Pour préserver les territoires disposant de ressources naturelles essentielles, de nombreux dispositifs ont été mis en place : les périmètres de protection des points de captage d'eau (art. L. 1321-2 C. santé publ.), les espaces protégés par le Conservatoire du littoral (art. L. 322-9 et s. C. env.), les réserves naturelles (art. L. 332-1 C. env.), les parcs nationaux (art. L. 331-1 C. env.), les arrêtés de biotope (art. R. 411-15 C. env.), le réseau Natura 2000 (art. L. 414-1 C. env.)... Sur les territoires concernés par ces dispositifs, des contraintes sont posées notamment à la production agricole (Hermon et Doussan, 2012).

certaines périodes ; 3/ obligation pour les agriculteurs d'établir un plan de fumure et de tenir un cahier des charges ; 4/ prescriptions relatives au stockage des effluents (capacité de stockage corrélée avec les périodes d'interdiction) et épandage des effluents limité à 210 kg d'azote par hectare de surface disponible pour l'épandage et par an.

Les deuxièmes, troisièmes et quatrièmes programmes d'action sont ensuite venus renforcer et étoffer le dispositif. Les deuxièmes et troisièmes programmes ont repris l'essentiel du contenu des premiers programmes (mêmes zones d'interdiction, mêmes périodes d'interdiction d'épandage...), tout en réduisant le seuil obligatoire de 210 kg à 170 kg d'azote par hectare et par an. Ils ont également mis l'accent sur des zones particulièrement sensibles (voir infra). Les quatrièmes programmes d'action ont quant à eux introduit de nouvelles contraintes destinées à ce que les sols ne restent pas nus (implantation de bandes enherbées ou boisées, implantation de cultures intermédiaires).

Les cinquièmes programmes d'action sont entrés en vigueur le 30 juin 2013. En vertu du décret n° 2011-1257 du 10 octobre 2011 modifié par le décret n°2013-786 du 28 août 2013 et de l'arrêté du 19 décembre 2011 *relatif aux programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole* modifié par l'arrêté du 23 octobre 2013, le programme d'action national prévoit les mesures communes à l'ensemble des zones vulnérables, et les programmes d'action régionaux viennent en complément¹²³. Ces programmes d'action régionaux viennent se substituer aux anciens programmes départementaux, dans un souci de meilleure homogénéité.

Le 5^{ème} programme d'action comprend huit mesures obligatoires¹²⁴ qui concernent les périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés qui varient selon les cultures et le type de fertilisant (ces périodes d'interdiction ont été augmentées par rapport aux plans d'action précédents), les capacités de stockage des effluents correspondant à minima aux périodes d'interdiction d'épandage, les limitations de l'épandage des fertilisants azotés basée sur l'équilibre de la fertilisation, des prescriptions relatives aux documents d'enregistrement (plan de fumure et cahier d'épandage), les limitations de quantités d'effluents d'élevage épandues par exploitation (170 kg N issus des effluents d'élevage mais cette fois par hectare de surface agricole utile, ce qui conduit à augmenter mécaniquement les capacités d'épandage des exploitations), les conditions particulières d'épandage des fertilisants azotés (cours d'eau, pentes, conditions de sols...), les prescriptions en matière de couverture des sols en périodes pluvieuses, et en matière de maintien de bandes végétalisées permanentes le long des cours et plans d'eau (cf. encadré 1-2-12).

Les mesures du programme d'actions national relatives aux périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés, à la limitation de l'épandage des fertilisants afin de garantir l'équilibre de la fertilisation azotée, à la couverture végétale pour limiter les fuites d'azote au cours des périodes pluvieuses et à la couverture végétale permanente le long de certains cours d'eau, sections de cours d'eaux et plans d'eau de plus de 10 hectares (soit les mesures 1, 3, 7 et 8 dans l'encadré 1-2-11)¹²⁵, sont renforcées dans les programmes d'actions régionaux (cf. encadré 1-2-13), lorsque les objectifs de préservation et de restauration de la qualité de l'eau, les caractéristiques pédoclimatiques et agricoles ainsi que les enjeux propres à chaque zone vulnérable ou partie de zone vulnérable l'exigent. Le renforcement des mesures nationales doit permettre de s'assurer que le programme d'actions composé du programme d'action national et du programme d'action régional garantisse un niveau de protection de l'environnement comparable à celui obtenu par le programme d'actions précédent.

¹²³ Cf. art. R. 211-80 C. env.

¹²⁴ Cf. art. R. 211-81 C. env.

¹²⁵ Cf. art. R. 211-81-1 I C. env.

Encadré 1-2-12. Contenu du 5^{ème} programme d'actions national		
<i>(Cf. arrêté du 19 déc. 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole)</i>		
1	Périodes minimales d'interdiction d'épandage	La définition de périodes d'interdiction vise à interdire les épandages d'effluents pendant les périodes où le risque de lessivage est important. <u>Cf. Annexe 1-2-1 de la section 1.2 : Calendrier des périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azoté en zone vulnérable.</u>
2	Prescriptions relatives au stockage des effluents d'élevage	- Les ouvrages de stockage des effluents doivent permettre d'avoir une capacité de stockage suffisante pour réaliser des apports à des périodes adaptées à leur bonne valorisation agronomique et pour couvrir les périodes d'interdiction d'épandage. Ces ouvrages doivent être étanches et ne permettre aucun écoulement dans le milieu. La capacité de stockage requise pour chaque exploitation et pour chaque atelier est exprimée en nombre de mois de production d'effluents pour chaque espèce animale . Le programme d'actions national définit des capacités de stockage minimales en fonction de l'espèce, du type d'effluent d'élevage. Pour les bovins, ovins, caprins, la capacité de stockage varie également en fonction du mode de conduite du troupeau et de la localisation géographique du bâtiment d'élevage. Pour toutes les autres espèces, la capacité de stockage minimale requise est de 6 mois. (A noter qu'un délai de mise aux normes est prévu). - Le stockage des effluents au champ est autorisé aux conditions minimales suivantes : .fumiers compacts pailleux à l'issue d'un stockage de 2 mois minimum sous les animaux ou sur une fumière, devant tenir en tas sans écoulement latéral de jus, .durée de stockage limitée à 10 mois, .temps de retour du stockage sur un même emplacement minimum de 3 ans, .stockage hors zone inondable, à plus de 35m des cours d'eaux, et hors zones d'infiltrations privilégiées.
3	Limitation de l'épandage des fertilisants azotés basée sur l'équilibre de la fertilisation	La mise en œuvre et le contrôle de l'équilibre de la fertilisation azotée à la parcelle constitue un fort enjeu du 5 ^{ème} programme d'actions. Celui-ci fixe la méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter par les fertilisants et liste le détail des postes nécessaires au calcul.
4	Prescriptions relatives aux documents d'enregistrement	Le Plan Prévisionnel de Fumure (PPF) et le Cahier d'Enregistrement (CE) permettent d'enregistrer les pratiques. La tenue de ces documents et leur conservation pendant 5 ans est obligatoire. Leur existence fait l'objet de contrôle « conditionnalité » et les enregistrements servent de justificatifs du respect de l'équilibre de la fertilisation. - Le PPF vise l'équilibre de la fertilisation contient au minimum : l'identification et surface de l'ilot cultural ; la culture pratiquée et la période d'implantation envisagée ; le type de sol ; la date d'ouverture du bilan ; lorsque le bilan est ouvert postérieurement au semis, la quantité d'azote absorbée par la culture à l'ouverture du bilan ; l'objectif de production envisagé ; le pourcentage de légumineuses pour les associations graminées / légumineuses ; les apports par irrigation envisagés et la teneur en azote de l'eau d'irrigation ; lorsqu'une analyse de sol a été réalisée sur l'ilot, le reliquat sortie hiver mesuré ou quantité d'azote total ou de matière organique du sol mesuré ; la quantité d'azote efficace et total à apporter par fertilisation après l'ouverture du bilan ; la quantité d'azote efficace et total à apporter après l'ouverture du bilan pour chaque apport de fertilisant azoté envisagé. - Le CE enregistre les pratiques de fertilisation réalisées contient au minimum : l'identification de l'ilot cultural (surface et type de sol) ; l'interculture précédant la culture principale (modalités de gestion des résidus de culture, modalités de gestion des repousses et date de destruction, modalités de gestion de la CIPAN ou de la dérobée : espèce, dates d'implantation et de destruction, et apports de fertilisants azotés réalisés avec date, superficie, nature, teneur en azote et quantité d'azote total) ; la culture principale (la culture pratiquée et la date d'implantation, le rendement réalisé, et pour chaque apport d'azote réalisé : la date d'épandage, la superficie concernée, la nature du fertilisant azoté, la teneur en azote de l'apport, et la quantité d'azote totale de l'apport) ; la date de récolte ou de fauche(s) pour les prairies.
5	Limitation des quantités d'effluents d'élevage épandue par exploitation	Afin de limiter la pression d'azote sur les parcelles de l'exploitation, la quantité d'azote issue des effluents d'élevage n'est plus calculée par rapport à la surface potentiellement épandable : elle est désormais fixée à 170 kg d'azote / ha de SAU . La production d'azote par les vaches laitières a en outre été revalorisée, de 20% en moyenne, en fonction du mode d'élevage (production laitière et temps passé à l'extérieur des bâtiments).
6	Conditions particulières d'épandage des fertilisants azotés	Le respect des conditions particulières d'épandage vise à limiter la fuite des nitrates vers les cours d'eau . <u>Cf. Annexe 2 : Synthèse de la réglementation Nitrates relatives aux conditions particulières d'épandage.</u>
7	Couverture des sols en période pluvieuse	La couverture végétale des sols en période pluvieuse permet de limiter les fuites d'azote par lixiviation. Le programme d'actions national fixe les principes généraux et cadre les possibilités d'adaptations régionales (qui sont définies dans les programmes d'actions régionaux).
8	Maintien des bandes végétalisées permanentes le long des cours et plans d'eau	La mise en place de couverture végétale permanente le long des cours d'eau et plans d'eau vise à limiter la fuite des nitrates vers ces cours d'eau. Une bande enherbée ou boisée non fertilisée doit être mise en place et maintenue le long des cours d'eau définis au titre des Bonnes conditions agricoles et environnementales (BCAE) et des plans d'eau de plus de dix hectares. Cette bande est d'une largeur minimale de 5 mètres . (Type de couvert autorisé et conditions d'entretien définis au titre des BCAE).

Encadré 1-2-13. Possibilités de renforcement des mesures 1, 3, 7 et 8 du programme d'actions national dans les programmes d'actions régionaux

(cf. arrêté du 23 octobre 2013 relatif aux programmes d'actions régionaux en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole)

1	<ul style="list-style-type: none"> - un prolongement des périodes d'interdiction d'épandage (cf. tableaux d'allongements des périodes d'interdiction d'épandage des fertilisants selon leurs types et selon les régions) - une déclinaison des catégories d'occupation du sol pendant ou suivant l'épandage - une restriction ou une interdiction de l'épandage de fertilisants de type I ou II sur les cultures intermédiaires piège à nitrates sur tout ou partie de zone vulnérable
3	<ul style="list-style-type: none"> - le calcul de la dose prévisionnelle pour tout apport de fertilisant azoté - l'ajustement de la dose totale prévisionnelle au cours du cycle de la culture en fonction de l'état de nutrition azotée mesurée par un outil de pilotage
7	<ul style="list-style-type: none"> - une date limite à partir de laquelle la récolte de la culture principale ne permet plus d'implanter une CIPAN ou une dérobée qui remplisse son rôle - des règles permettant de définir les îlots culturaux sur lesquels un travail du sol doit être réalisé pendant la période d'implantation de la culture intermédiaire piège à nitrates ou des repousses et les justificatifs correspondants - des règles permettant de définir les îlots culturaux sur lesquels les cannes de maïs grain, de tournesol ou de sorgho peuvent ne pas être broyées et enfouies et les justificatifs correspondants ; ce sont par exemple des zones inondables, des zones érosives ou des zones abritant une espèce animale dont la survie dépend de la présence en surface de ces cannes - l'interdiction de certaines espèces comme cultures intermédiaires pièges à nitrates - la limitation du recours aux repousses de céréales ou aux cannes de maïs grain, de sorgho et de tournesol broyées et enfouies. - l'obligation de recourir à l'implantation d'une culture intermédiaire piège à nitrates dans certaines intercultures courtes.
8	<ul style="list-style-type: none"> - un accroissement de la largeur de la bande végétale ou par l'extension de l'obligation à des ressources en eau non couvertes par la mesure du programme d'actions national

- Epandage en zones d'actions renforcées

Les zones d'actions renforcées (ZAR) correspondent aux zones mentionnées aux articles R. 211-81-1 II (parties de zones vulnérables atteintes par la pollution), R. 211-82 (cantons en excédent structurel d'azote) et R. 211-83 (certaines zones de bassins versants) du code de l'environnement¹²⁶.

S'agissant du cas général des zones ou parties de zones vulnérables atteintes par la pollution¹²⁷, elles correspondent aux « zones de captage de l'eau destinée à la consommation humaine fournissant plus de 10 mètres cubes par jour ou desservant plus de 50 personnes ainsi que les zones identifiées pour un tel usage dans le futur » lorsqu'elles présentent des concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l, et aux « bassins connaissant d'importantes marées vertes sur les plages » définis par les SDAGE. L'identification et la localisation précise de ces zones, à partir d'une liste de communes dont certaines parties peuvent être exclues, sont annexées au programme d'actions régional. Pour chacune de ces zones, le programme d'actions régional précise la ou les mesures supplémentaires qui sont mises en œuvre. Les préfets ont la possibilité de renforcer les mesures inscrites dans le programme régional et ils peuvent aussi prévoir « des exigences relatives à une gestion adaptées des terres » (notamment des prescriptions en matière de retournement de prairies), exiger une « déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées et des lieux d'épandage », exiger une « limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole », ou encore obliger à traiter ou à exporter « l'azote issu des animaux d'élevage au-delà d'un seuil d'azote produit par les animaux d'élevage à l'échelle de l'exploitation agricole ». Les préfets peuvent aussi mettre en place dans ces zones « un dispositif de surveillance annuelle de l'azote épandu issu des effluents d'élevage, des fertilisants azotés de synthèse et de toute autre nature ».

S'agissant du cas particulier des cantons en excédent structurel d'azote et des zones de bassins versants, les premiers correspondent aux zones où la quantité moyenne annuelle d'azote produite par l'ensemble du cheptel dépasse le seuil d'azote organique pouvant être épandu (170 kg par hectare)¹²⁸, c'est-à-dire aux zones où la concentration d'élevages est excessive (ou « zones d'excédent structurel ») (Langlais, 2012), et les secondes correspondent aux bassins versants situés en amont de prises d'eau superficielle destinée à la consommation

¹²⁶ Cf. art. 3 de l'arrêté du 23 octobre 2013 relatif aux programmes d'actions régionaux en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole.

¹²⁷ Cf. art. R. 211-81-1 II C. env.

¹²⁸ Art. R. 211-82 C. env.

humaine qui ne correspondent pas aux exigences de qualité des eaux brutes¹²⁹, c'est-à-dire qui excèdent la valeur seuil de 50 mg/L de nitrate. L'identification et la localisation précises de ces zones sont annexées au programme d'actions régional. Les mesures rendues obligatoires sur ces deux types de zones sont également précisées dans le programme d'actions régional.

- Dans les zones en excédent structurel, les textes de 2011 modifiés en 2013 précités sont venus réformer le système précédent qui imposait une étendue maximale de surface d'épandage mise à disposition par des tiers et interdisait aux exploitants d'augmenter leurs effectifs d'animaux tant qu'il n'y avait pas résorption de l'excédent structurel (Sur l'ancien système, voir Hermon et Doussan, 2012). Aujourd'hui, le décret et l'arrêté interministériel du 7 mai 2012 imposent dans les cantons en excédent structurel d'azote lié aux élevages (délimités au 21 déc. 2011) une « *déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées et des lieux d'épandage* », une « *limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole* », et l'obligation de traiter ou d'exporter « *l'azote issu des animaux d'élevage au-delà d'un seuil d'azote produit par les animaux d'élevage à l'échelle de l'exploitation agricole* ». De plus, le préfet doit mettre en place le dispositif de surveillance de l'azote dans les départements comportant au moins un canton en excédent structurel, de sorte qu'il soit possible de s'assurer que la quantité d'azote épandue issues des effluents d'élevage n'augmente pas. En cas de dépassement, le préfet doit mettre en place, dans les six mois suivants le constat de dépassement, un dispositif limitant dans la zone et pour chaque exploitation la production d'azote issue des animaux d'élevage. Ce nouveau système doit permettre d'éviter toute augmentation de l'épandage d'azote (Cf. avis critique de Hermon et Doussan, 2012).

- Dans les bassins versants situés en amont de prises d'eau superficielle destinée à la consommation humaine qui ne correspondent pas aux exigences de qualité des eaux brutes, le décret précité du 7 mai 2012 prévoit que le préfet de région rende obligatoire, soit la limitation des apports d'azote de toutes origines à l'échelle de l'exploitation, soit la déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées (ainsi que celle de leurs lieux d'épandage) et la limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole.

- Epandage et zones soumises à contraintes environnementales

Depuis une loi de 2003¹³⁰, le préfet doit délimiter des zones dites « zones d'érosion » dans lesquelles l'érosion des sols agricoles peut créer des dommages important en aval¹³¹. Il établit alors un programme d'actions visant à réduire l'érosion des sols dans ces zones. Ce programme d'actions, qui concernent les zones d'érosions, mais également les « zones humides d'intérêt environnemental particulier »¹³² et les « zones de protection des aires d'alimentation des captages » d'eau¹³³, précise les pratiques à promouvoir dont certaines peuvent être rendues obligatoires. Ce programme d'action, qui est compatible avec les dispositions du schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau, définit les mesures à promouvoir par les propriétaires et les exploitants, parmi plusieurs actions¹³⁴, dont certaines concernent directement la question de la maîtrise de la fertilisation :

1° *Couverture végétale du sol, permanente ou temporaire ;*

2° *Travail du sol, gestion des résidus de culture, apports de matière organique favorisant l'infiltration de l'eau et limitant le ruissellement ;*

3° *Gestion des intrants, notamment des fertilisants, des produits phytosanitaires et de l'eau d'irrigation ;*

4° *Diversification des cultures par assolement et rotations culturales ;*

5° *Maintien ou création de haies, talus, murets, fossés d'infiltration et aménagements ralentissant ou déviant l'écoulement des eaux ;*

6° *Restauration ou entretien d'un couvert végétal spécifique ;*

¹²⁹ Art. R. 211-83 C. env.

¹³⁰ Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (loi Bachelot).

¹³¹ Art. L. 114-1 C. rur.

¹³² Il s'agit des zones dont le maintien ou la restauration présente un intérêt pour la gestion intégrée du bassin versant, ou une valeur touristique, écologique, paysagère ou cynégétique particulière (cf. art. L. 211-3 II 4° a C. env.).

¹³³ Il s'agit des zones où il est nécessaire d'assurer la protection quantitative et qualitative des aires d'alimentation des captages d'eau potable d'une importance particulière pour l'approvisionnement actuel ou futur, des bassins versants identifiés par le SDAGE comme connaissant, sur les plages, d'importantes marées vertes de nature à compromettre la réalisation des objectifs de bon état en ce qui concerne les eaux côtières et de transition qu'ils alimentent et des zones dans lesquelles l'érosion diffuse des sols agricoles est de nature à compromettre la réalisation des objectifs de bon état ou de bon potentiel (cf. art. L. 211-3 II 5° C. env.)

¹³⁴ Art. R. 114-6 C. rur.

7° Restauration ou entretien de mares, plans d'eau ou zones humides¹³⁵.

A noter également, que la loi Grenelle 2¹³⁶ est venue délimiter de nouvelles zones en complément des zones précitées. En effet, l'autorité administrative peut, en premier lieu, dans le cas d'une atteinte à la qualité des eaux conduisant ou pouvant conduire au non-respect des normes de potabilité, délimiter tout ou partie de certaines des aires d'alimentation de captages d'eau potable « pour y limiter, dans un délai de trois ans, l'usage agricole des terres à une implantation de prairies permanentes extensives ou de cultures ligneuses sans intrants ou, à défaut, y soumettre le maintien d'autres cultures au respect de conditions limitant ou interdisant l'utilisation d'intrants de synthèse »¹³⁷ et établir à cette fin un « plan d'action » à l'image du programme d'action précité. L'autorité administrative peut, en second lieu, « délimiter des bassins connaissant d'importantes marées vertes sur les plages, tels que définis par le SDAGE et qui sont dès lors de nature à compromettre la réalisation des objectifs de bon état des masses d'eau, et y rendre obligatoire une déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées ainsi que des lieux d'épandage »¹³⁸. Cette obligation vise tout utilisateur ou producteur d'azote, d'origine organique ou minérale, et notamment les exploitants agricoles, les gestionnaires publics et privés d'équipements de traitement d'effluents et de déchets, les utilisateurs d'engrais ou d'amendements azotés dans le cadre de services publics qu'ils gèrent¹³⁹.

Bien que les effluents d'élevage soient clairement visés (sans être exclusifs) dans cette seconde hypothèse, c'est-à-dire les Mafor sous-produits, ce zonage à l'instar des autres zonages influent néanmoins sur la possibilité d'épandre ou d'utiliser également les Mafor déchets ou produits. D'une manière générale, de nombreuses règles prévoient en effet de prendre en compte l'ensemble des apports en fertilisants.

En conclusion, on constate que toutes les Mafor ne sont pas traitées de la même manière par le droit. Il faut distinguer les Mafor déchets et sous-produits dont la production et l'épandage sont réglementés au titre du Code de l'environnement (loi de 1976 sur les ICPE, lois sur l'eau de 1964 et 1992 et RSD) et les Mafor produits homologués ou normalisés qui sont soumises au régime de contrôle prévu dans le Code rural et de la pêche maritime (cf. encadré 1-2-14). Ces différences de traitement réglementaire et la multitude de textes relatifs à l'emploi des Mafor nécessitent en tout état de cause que soient à chaque fois recherchées les règles applicables à telle ou telle Mafor (selon son statut, sa production, son utilisation ou son épandage, les responsabilités susceptibles d'être engagées...). Aussi, peut-on se demander s'il ne serait pas plus simple et plus efficace, en terme de protection de l'environnement, de prévoir une réglementation spécifique à la fertilisation des terres agricoles quel que soit les matières fertilisantes employées (CGL Développement Durable, 2010).

¹³⁵ Le programme d'action détermine les objectifs à atteindre selon le type d'action pour chacune des parties de la zone concernées, en les quantifiant dans toute la mesure du possible, et les délais correspondants. Il présente également les moyens prévus pour atteindre ces objectifs et indique notamment les aides publiques dont certaines mesures peuvent bénéficier ainsi que leurs conditions et modalités d'attribution.

¹³⁶ Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

¹³⁷ Art. L. 211-3 II 7° C. env.

¹³⁸ Art. L. 211-3 II 8° C. env.

¹³⁹ A noter que l'article 4 du projet de loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt de 2014 prévoit la possibilité pour l'autorité administrative, dans les parties des zones vulnérables atteintes par la pollution dans lesquelles a été mis en place un dispositif de surveillance annuelle de l'azote épandu, d'imposer aux personnes qui détiennent à titre professionnel des matières fertilisantes azotées dans cette zones, y compris aux transporteurs de ces matières et aux prestataires de services d'épandage, une déclaration annuelle relative au quantité d'azote qu'ils ont traitées, reçues, livrées, cédées à titre gratuit ou onéreux dans la zone, ou qu'ils ont cédées ou livrées à partir de cette zone ; et d'imposer à toute autre personne qui expédie ou livre dans cette zone des matières fertilisantes azotées en vue d'un usage agricole, une déclaration annuelle relative aux quantités d'azote qu'elle y a expédiées ou livrées.

Encadré 1-1-14. Principales règles générales d'utilisation des Mafor selon leur qualification juridique et le régime juridique qui s'y applique					
Qualification juridique des Mafor	Déchets		Sous-produits		Produits homologués, normalisés
Principales Mafor concernées	Déchets issus d'ICPE boues d'épuration d'effluents industriels ou mixtes (eaux résiduaires urbaines et industrielles), déchets industriels, cendres, composts non normalisés ni homologués, digestats de méthanisation non homologués	Déchets non issus d'ICPE boues d'épuration urbaines (stations traitant uniquement des eaux résiduaires urbaines), sédiments issus de l'entretien des cours d'eau et des canaux	Effluents d'élevage ICPE	Effluents d'élevage non ICPE	
Régime juridique applicable	Code de l'environnement (législation sur les installations classées)	Code de l'environnement (législation sur l'eau)	Code de l'environnement (législation sur les installations classées)	Code de l'environnement (législation sur l'eau) + RSD	Code rural et de la pêche maritime
Stockage des matières	Dans des conditions ne présentant pas de risques de pollution pour les populations avoisinantes et l'environnement	Capacités d'entreposage aménagées suffisantes pour tenir compte des périodes où l'épandage est interdit ou impossible Entreposage n'entraînant pas de gênes pour le voisinage, ni de pollution des eaux ou des sols Solution alternative d'élimination ou de valorisation prévue	Collecte des effluents par un réseau étanche Equipements de stockage et de traitement suffisamment dimensionnés (possibilité de stocker la totalité des effluents produits pendant 4 mois minimum)	Implantation des dépôts n'entraînant pas de pollution des ressources en eau Aires de dépôt et ouvrages de stockage des matières étanches	Respect des conditions de stockage et d'emploi prévues pour le produit en particulier ou pour la catégorie de produits concernés (port d'équipement de protection individuelle, zones à ne pas traiter...)
Interdictions d'épandage ou d'utilisation	Pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des matières solides (déchets ICPE solides, boues solides, effluents d'élevage solides...) et pendant les périodes de forte pluviosité Sur les terrains à forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage A l'aide de dispositifs d'aéro-aspersion Sur les légumineuses (sauf exceptions) Respect de distances minimales par rapport aux habitations, aux berges et points d'eau... Interdit en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies ou des forêts exploitées	Interdit en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies normalement exploitées Remarque : l'épandage sur parcelles boisées nécessite une autorisation spéciale	Interdit sur sol non cultivé	En l'absence de plan d'épandage, le RSD interdit l'épandage sur les terrains affectés (ou qui le seront dans un délai d'un an) à des cultures maraichères	
Modalités d'organisation et de surveillance	Epannage soumis à la production d'un plan d'épandage Etablissement d'un programme prévisionnel annuel d'épandage Tenue à jour d'un cahier d'épandage Bilan annuel Analyse des déchets lors de la première année d'épandage ou lorsque des changements dans les procédés ou les traitements sont susceptibles de modifier leur qualité, en particulier leur teneur en certains contaminants organiques et inorganiques. Analyses périodiques ensuite. Analyse des sols après l'ultime épandage et au minimum tous les dix ans	Epannage soumis à la production d'un plan d'épandage Mise en place par les producteurs de boues d'un dispositif de surveillance de la qualité des boues et des épandages + tenue à jour d'un registre Programme prévisionnel d'épandage et bilan agronomique à la fin de chaque campagne (comportant notamment le bilan de fumure, et les analyses réalisées sur les sols et les boues) pour les ouvrages de traitement les plus importants Possibilité pour le préfet de mettre en place un dispositif de suivi agronomique des épandages et de faire appel à un organisme indépendant du producteur de boues Analyse des boues lors de la première année d'épandage ou lorsque des changements dans la nature des eaux traitées, du traitement de ces eaux ou du traitement des boues sont susceptibles de modifier la qualité des boues épandées, en particulier leur teneur en certains contaminants organiques et inorganiques. Analyses périodiques ensuite Analyses des sols, après l'ultime épandage sur la parcelle de référence en cas d'exclusion de celle-ci du périmètre d'épandage, et au minimum tous les dix ans	Epannage soumis à la production d'un plan d'épandage Mises à jour du plan d'épandage portées à la connaissance du préfet	Plan d'épandage non obligatoire Le modèle-type de RSD prévoit que lorsqu'un plan d'épandage est établi et a reçu l'approbation de l'autorité sanitaire, les dispositions prévues par celui-ci et définies en fonction des caractéristiques locales sont seules applicables	Vérification préalable de l'efficacité et de l'innocuité dans les conditions d'emploi prescrites ou normales Indication aux autorités administratives des faits nouveaux (découlant de l'amélioration des connaissances scientifiques, ou de l'observation de nouveaux effets) de nature à présenter un danger

Périodes d'épandage / d'utilisation, distances et délais	Périodes adaptées de manière à ne pas dépasser la capacité d'absorption des sols, compte tenu des autres apports de substances épandues et des besoins des cultures Epandages effectués de telle sorte que ni la stagnation prolongée sur ces sols, ni le ruissellement en dehors des parcelles d'épandage, ni une percolation rapide ne puissent se produire Enfouissement le plus tôt possible / dans les 12, 24, ou 48 heures selon les cas Délais minimaux à respecter avant la remise à l'herbe des animaux, les récoltes...			Respect des éventuelles indications figurant sur le produit
Caractéristiques des matières épandues / utilisées	<ul style="list-style-type: none"> - pH des effluents ou des déchets compris entre 6,5 et 8,5 - respect de teneurs max en certains contaminants organiques et inorganiques - dose d'apport déterminée en fonction du type de culture et de l'objectif réaliste de rendement ; des besoins des cultures en éléments fertilisants disponibles majeurs, secondaires et oligo-éléments - respect de doses max d'apport d'azote global (toutes origines confondues) : sur prairies naturelles ou artificielles en place toute l'année et en pleine production : 350 kg/ha/an ; sur les autres cultures (sauf légumineuses) : 200 kg/ha/an - déchets solides ou pâteux : au maximum 3 kg de MS par mètre carré sur 10 ans 	<ul style="list-style-type: none"> - traitement des boues de manière à réduire significativement leur pouvoir fermentescible et les risques sanitaires liés à leur utilisation - respect de teneurs max en certains contaminants organiques et inorganiques - dose d'apport calculée par rapport au niveau de fertilité des sols et aux besoins nutritionnels des plantes en éléments fertilisants (notamment P et N) en tenant compte des autres substances épandues - maximum 3 kg de MS par mètre carré, sur une période de dix ans. 	Quantité d'azote épandable issue des animaux de l'installation et destinée à être épandue ou émise directement par les animaux eux-mêmes ne doit pas dépasser les capacités d'exportation en azote des cultures et prairies	<p>Evaluation préalable des effets sur la santé humaine et l'environnement avant le dépôt des demandes d'homologation</p> <p>Respect des conditions fixées dans la norme pour les produits répondant à une norme</p>
Caractéristiques physico-chimiques des sols récepteurs	<ul style="list-style-type: none"> - respect de teneurs max en certains contaminants inorganiques - pH ≥ 6 ou pH > 5 + l'épandage permet de relever le pH au-delà de 6 + respect d'un flux cumulé max en certains contaminants inorganiques 	<ul style="list-style-type: none"> - respect de valeurs limites en éléments-traces dans les sols - pH avant épandage ≥ 6 ou pH > 5 + les boues ont reçu un traitement à la chaux + respect d'un flux cumulé max en certains contaminants inorganiques 		Respect des éventuelles indications figurant sur le produit
Incidence du milieu récepteur	<p>En zone vulnérable (directive Nitrates 1991), l'épandage nécessite :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un plan prévisionnel de fumure assurant l'équilibre de la fertilisation azotée, et un cahier d'épandage pour enregistrer les pratiques de fertilisation réalisées - le respect de périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azotés (minéraux et organiques) qui varient selon les cultures et le type de fertilisant, - des capacités de stockage des effluents correspondant <i>a minima</i> aux périodes d'interdiction d'épandage - une limitation de l'épandage des fertilisants azotés basée sur l'équilibre de la fertilisation, assortie de conditions particulières et interdictions d'épandage (cours d'eau, pentes, conditions de sols...), - une limitation de la quantité d'azote issu des effluents d'élevage de 170 kg épandu par hectare de surface agricole utile <p>En zone d'actions renforcées, le préfet peut :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans les parties de zones vulnérables atteintes par la pollution de l'art. R. 211-81-1 II C. env., exiger une déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées et des lieux d'épandage ; exiger une limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole ; mettre en place un dispositif de surveillance annuelle de l'azote épandu issu des effluents d'élevage, des fertilisants azotés de synthèse et de toute autre nature ; - dans les cantons en excédent structurel d'azote de l'art.R. 211-82 C. env., exiger la déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées, la limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole, et imposer le dispositif de surveillance annuelle de l'azote épandu issu des effluents d'élevage, des fertilisants azotés de synthèse et de toute autre nature ; - dans les zones de bassins versants de l'art. R. 211-83 C. env., rendre obligatoire soit la limitation des apports d'azote de toutes origines à l'échelle de l'exploitation, soit la déclaration annuelle des quantités d'azote de toutes origines épandues ou cédées (ainsi que celle de leurs lieux d'épandage) et la limitation du solde du bilan azoté calculé à l'échelle de l'exploitation agricole. <p>En zones soumises à contraintes environnementales, possibilité de mise en place d'actions visant à la maîtrise de la fertilisation</p>			

1.2.3. Fonds d'indemnisation portant sur les Mafor

Sylvie Lupton, Claire Etrillard

Des contrats d'assurance se développent pour les agriculteurs (Peterson, 2001), leur permettant de payer pour les dommages environnementaux prévisibles (comme la pollution de cours d'eaux par les nitrates ou phosphates causée par les déjections animales). Ces contrats permettent de couvrir les coûts de dépollution environnementale (Coble et al., 2003). Plusieurs désavantages sont à souligner. Si le pollueur n'admet pas sa responsabilité, la/les victime(s) de pollution (riverains, autres agriculteurs) doivent prouver le lien de causalité entre les activités de l'agriculteur et les dommages occasionnés (Bohm et Russell, 1985). Par ailleurs, le pollueur peut causer des dommages supérieurs aux moyens financiers dont il dispose pour y remédier (Summers, 1983 ; Shavell, 1986).

La bibliographie relative à cette section a été collectée à l'aide de mots-clefs spécifiques¹⁴⁰.

1.2.3.1. Fonds d'indemnisation sur les boues de STEP urbaines, boues industrielles et matières de vidange

En ce qui concerne l'existence de fonds d'indemnisation pour les Mafor, ceux-ci existent uniquement pour l'épandage des boues d'épuration urbaines, industrielles et matières de vidange en France et en Allemagne. Peu d'articles scientifiques existent à ce sujet.

Concernant les fonds d'indemnisation sur les Mafor, les seuls cas identifiés sont des fonds d'indemnisation portant sur l'épandage des boues d'épuration urbaines en Allemagne, et celui portant sur l'épandage des boues de stations d'épuration urbaines, les boues industrielles et les matières de vidange en France.

Le Superfund aux Etats-Unis

Bien que ne relevant pas du champ d'expertise de l'ESCO Mafor, il nous a paru opportun de mentionner l'existence d'un fond aux Etats-Unis, car un cas relève de l'épandage de boues urbaines non conformes. Il s'agit d'un fonds relatif aux déchets dangereux (Johnson et Ulen, 1986) aux Etats-Unis, communément nommé le Superfund. Celui-ci a été instauré en 1980 par le CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act). Il est financé par des taxes imposées sur le pétrole et les matières premières chimiques et par une taxe sur les recettes générales fiscales ; il est doté d'un fonds initial de 1,6 milliards de dollars. Une victime de contamination du sol suite à un entreposage de déchets dangereux peut faire appel au Superfund pour que le site contaminé soit dépollué. Le Superfund s'occupe de décontaminer ce site, et financera le coût même si les responsables de la pollution n'ont pas été identifiés. Si les pollueurs ont été identifiés, ils sont tenus de payer *in fine* les coûts de dépollution. Ce fonds a été employé pour un cas incluant l'épandage de boues. Une propriété a été achetée en 1988, et il s'est avéré que des boues de station d'épuration urbaines étaient contaminées et ne respectaient pas la réglementation¹⁴¹. Le site contaminé¹⁴² a été considéré comme relevant du fonds (Goldfarb *et al.*, 1999).

Ce fonds permet de réhabiliter ou diminuer la pollution sur certains sites, et de réduire les impacts environnementaux et sanitaires. Nonobstant l'intérêt de ce fonds, le fait que la victime puisse recourir directement au fonds déresponsabilise les pollueurs, qui payent la taxe, sans être conscients des dommages réels qu'ils ont générés. De même, les pollueurs ne sont pas encouragés à mettre en place des mesures préventives évitant la contamination future des sites (au-delà de la réglementation américaine existante) (Strand, 1983).

¹⁴⁰ "fonds d'indemnisation" or "compensation scheme for fertilisers" or "compensation scheme for waste spreading" or "compensation schemes for uncertain environmental damage and "fertilisers" or "compensation fund + sewage sludge" or "guarantee fund + sewage sludge" or "fond de garantie + boues"

¹⁴¹ Les boues contenaient des concentrations élevées de plomb, de trichloréthane, de trichloroéthylène, chloroforme, et d'autres substances dangereuses.

¹⁴² D'autres déchets dangereux étaient également entreposés sur le site.

Les fonds d'indemnisation et les Mafor : dimensions juridiques et économiques

Responsabilité civile et fonds d'indemnisation (Claire Etrillard)

A l'occasion de l'épandage de Mafor, de nombreux contentieux sont susceptibles de naître. Les producteurs de déchets ou de produits, de même que les agriculteurs qui les épandent, peuvent dans ce cas se retrouver tantôt en position de demandeur, tantôt de défendeur (Baltazar, 2012 ; Martinet, 2011).

La responsabilité civile peut tout d'abord être recherchée sur le fondement de la faute contractuelle (responsabilité civile contractuelle). La responsabilité est engagée en premier lieu lorsque l'un des cocontractants n'a pas rempli les obligations mises à sa charge par le contrat d'épandage. Des litiges de nature contractuelle peuvent également survenir entre l'exploitant agricole et le propriétaire bailleur des terres. Un nouvel exploitant agricole, qui découvre à l'occasion d'un bail ou d'une vente que les terres ont été polluées du fait d'épandages, peut par exemple engager une action en garantie des vices cachés (art. 1641 et 1721 C. Civ). *A contrario*, un propriétaire bailleur, qui s'aperçoit que son fonds est compromis du fait d'épandages, peut également se retourner contre le preneur qui n'a pas veillé à l'innocuité des produits épandus.

En l'absence de relation contractuelle, l'auteur du dommage qui a commis une faute (il n'a pas respecté toutes les règles applicables) peut voir sa responsabilité engagée sur le fondement des articles 1382 et 1383 du Code civil (responsabilité civile délictuelle). Les dommages causés par la pollution sont par exemple réparés sur ce fondement.

Même si l'auteur du dommage n'a pas commis de faute (il a respecté toutes les règles applicables), sa responsabilité civile peut être engagée sur le fondement de l'article 1384 al. 1^{er} du Code civil (responsabilité du fait des choses dont on a la garde). L'application de cette disposition pose le problème du gardien de la chose, en particulier quand il s'agit de déchets confiés par un producteur de déchets à un agriculteur afin que ce dernier réalise l'épandage. Le transfert de la garde n'est pas automatiquement opéré par la délivrance de la substance en raison de la Responsabilité Elargie du Producteur (voir supra). Lorsqu'il s'agit de produits, la loi du 19 mai 1998 relative aux produits défectueux peut trouver à s'appliquer : le producteur est responsable pour les dommages causés par les produits « qui n'offrent pas la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre » qu'il a mis en circulation, et, alors même que toutes les précautions ont été prises (art. 1386-1 C. Civ.).

Il convient également de mentionner la responsabilité pour troubles anormaux de voisinage. La victime doit démontrer l'existence de troubles excédents la limite des inconvénients normaux de voisinage¹⁴³.

Aux fins d'indemniser le préjudice subi par l'exploitant agricole et le propriétaire foncier dont les terres sont devenues partiellement ou totalement impropres à la culture en raison de l'épandage de boues d'épuration urbaines ou industrielles, un fonds de garantie des risques liés à l'épandage agricole de ces boues a été créé en 2006 (Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques). Les modalités de fonctionnement de ce fonds de garantie ont été précisées dans un décret en 2009 (Décret n° 2009-550 du 18 mai 2009 relatif à l'indemnisation des risques liés à l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines ou industrielles). L'indemnisation par le fonds est strictement encadrée (Billet, 2007, 2009 a, 2009 b). Pour être mise en œuvre, il faut que le risque ou le dommage :

- ne soit pas connu au moment de l'épandage, en l'état des connaissances scientifiques et techniques du moment ;
- ne soit pas assurable par les contrats d'assurance de responsabilité civile du producteur de boues ou par les contrats d'assurance relatifs à la production et à l'élimination des boues ;
- et que l'épandage ait été effectué dans des conditions conformes à la réglementation en vigueur.

Le financement de ce fonds repose sur une taxe assise sur la quantité de matière sèche de boues produites (Art. L. 425-1 C. Assurances). Un arrêté du 4 septembre 2009 est venu fixer la liste des rubriques de la nomenclature des ICPE dont l'épandage agricole des boues d'épuration donne lieu à intervention du fonds de garantie des risques liés à l'épandage des boues prévu à l'article L. 425-1 précité. Il limite les cas d'indemnisation aux boues provenant de l'industrie agroalimentaire et de l'industrie du papier et de la cartonnerie (rubriques 2220, 2225,

¹⁴³ A l'occasion d'une question prioritaire de constitutionnalité, le Conseil constitutionnel a récemment déclaré que l'article L. 112-16 du Code de la construction et de l'habitation, qui exonère l'auteur de nuisances dues à une activité, notamment agricole, de réparer les dommages causés aux personnes installées postérieurement au démarrage de cette activité, est conforme à la Charte de l'environnement. La victime de la nuisance causée par une telle activité créée avant son installation ne peut donc pas engager la responsabilité de l'auteur sur le fondement du trouble anormal de voisinage (Décision n° 2011-116 QPC du 8 avril 2011).

2226, 2230, 2240, 2250, 2251, 2252, 2253, 2255, 2260, 2265, 2270 et 2275 pour la première et rubriques 2430, 2440 et 2445 pour la seconde).

En apportant une garantie financière en cas de dommage, le législateur a souhaité vaincre la résistance de la profession agricole à l'égard de l'épandage des boues (Billet 2009 a), mais en faisant cela il a aussi implicitement admis l'existence de risques spécifiques liés à cette pratique (Baltazar, 2012).

Les fonds de garantie en Allemagne et en France : objectifs, couverture, dotation, et limites

Le fonds de garantie français s'est inspiré du fond d'indemnisation allemand¹⁴⁴. Le tableau 1-2-1 met en avant les points de similitudes de ces deux fonds.

Tableau 1-2-1. Les fonds de garantie en France et en Allemagne

	Fonds de garantie allemand (Klär Schlamm Entschädigungsfonds)	Fonds de garantie français
Date de création	1 ^{er} janvier 1999	Créé par la loi sur l'eau du 30 décembre 2006 (dispositions précisées par le Décret n° 2009-550 du 18/05/09)
Objectif	Indemniser toute victime d'un dommage lié aux boues de stations d'épuration urbaines indépendamment du fait générateur du préjudice. La victime aura la possibilité de choisir entre faire valoir son droit de réparation à l'égard du fonds ou s'adresser directement au producteur de boues en engageant la responsabilité civile de ce dernier.	Indemniser les exploitants agricoles et propriétaires, victimes de dommages causés aux terres agricoles et forestières, qui deviendraient impropres à la culture en raison de la réalisation d'un risque sanitaire ou de la survenance d'un dommage écologique lié à l'épandage de boues urbaines ou industrielles (industries agroalimentaires, de la papeterie et de la cartonnerie) ainsi que les matières de vidange ¹⁴⁵ .
Couverture	Couverture de tous les dommages corporels et matériels ainsi que les dommages consécutifs résultant de l'utilisation des boues urbaines. Le fonds ne couvre pas les dommages liés aux conditions de commercialisation des productions agricoles. Ce risque est à la charge de l'agriculteur. N.B. Couvertures des dommages non couverts par la responsabilité civile.	Couverture des dommages causés aux terres « dès lors que, du fait de l'état des connaissances scientifiques et techniques, ce risque ou ce dommage ne pouvait être connu au moment de l'épandage et dans la mesure où ce risque ou ce dommage n'est pas assurable par les contrats d'assurance de responsabilité civile » (article L 425-1).
Limites	Franchise par dommage : 562.5 € (1 125 DM) ; Plafond d'indemnisation par sinistre 2,5 millions € (5 M DM)	Le montant de l'indemnisation ne peut excéder la valeur de la terre qui aura subi les dommages.
Dotation du fonds	Contribution obligatoire des producteurs de boues de 10 euros/t (20 DM/t) de matière sèche de boues destinée à être épandue par an. Suspension de l'obligation de contribution dès que la dotation du fonds atteint 62.5 millions d'euros (125 M DM) et reprise dès que l'on descend en dessous de 50 millions d'euros (100 M DM). En cas d'épuisement des moyens du fonds, un versement complémentaire obligatoire sera demandé à tous les producteurs qui ont utilisé la filière d'épandage en agriculture depuis l'entrée en vigueur du fonds. En tout état de cause, le montant maximal du versement complémentaire ne pourra pas dépasser 125 millions d'euros (250 M DM). Le fonds a maintenant atteint son montant maximal (les versements obligatoires ont été suspendus).	Taxe annuelle des producteurs de boues de l'ordre de 0.5 euros/tonne. Le fond peut également inclure des avances de l'Etat si le montant du fonds est insuffisant pour couvrir les dommages causés. Le montant maximal du fonds est fixé à 45 millions d'euros.
Cas existants d'indemnisation	De 1990 à 1998, le fonds de garantie a été saisi 18 fois et 13 demandes ont été indemnisées pour un montant total de 18 000 € (Conseil Général de Haute-Garonne, 2007).	Aucun répertorié dans le cadre de notre recherche.

Source : APCA, 1999 ; Conseil Général de Haute-Garonne, 2007 ; Lupton, 2007, Evans, 2012

Quelques limites de ces fonds pourraient être signalées. La possibilité d'imputer aux boues la cause des dommages demeure incertaine compte tenu de l'étendue des différents types d'apports de substances sur les cultures (engrais, autres Mafor,...), et la possibilité qu'un délai important intervienne avant qu'une substance

¹⁴⁴ Trois Länder sont opposés à l'épandage de boues, alors que l'épandage est autorisé dans les 11 autres Länder.

¹⁴⁵ Il s'agit des matières issues de la vidange des installations d'assainissement non collectif par les professionnels de l'assainissement

dangereuse, inconnue jusqu'alors, ne soit identifiée. Par conséquent, il est difficile de séparer l'impact des boues et d'évaluer leur responsabilité propre. En Allemagne, cette difficulté d'imputation des dommages aux boues est surmontée par l'acceptation d'une relative flexibilité du fonds d'indemnisation : si des doutes subsistent concernant le lien de causalité, il y a une possibilité d'indemnisation partielle. Enfin, ces fonds d'indemnisation ne répondent pas aux risques de refus du secteur agro-alimentaire des produits agricoles cultivés sur des terres ayant reçu des boues : les dommages immatériels liés aux conditions de commercialisation des productions agricoles ne sont pas couverts.

Ces deux fonds d'indemnisation représentent des mécanismes originaux de couverture des risques. Ils couvrent les agriculteurs vis-à-vis de dommages imprévisibles, dus à une substance indétectable dans les boues au moment de l'épandage. Ils permettent une mutualisation des risques à travers une contribution obligatoire de chaque producteur de boues. La différence essentielle entre les deux fonds réside dans le fait que le système allemand couvre toute victime de dommages (agriculteurs, riverains, consommateurs...), alors que le fonds français est circonscrit aux pertes des propriétaires fonciers et des agriculteurs.

Annexe 1-2-1. Calendrier des périodes minimales d'interdiction d'épandage des fertilisants azoté en zone vulnérable

Le tableau ci-dessous (issu de l'arrêté du 19 déc. 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole), fixe les périodes minimales pendant lesquelles l'épandage des divers types de fertilisants est interdit. Ces périodes diffèrent selon l'occupation du sol pendant ou suivant l'épandage. Ces périodes s'appliquent à tout épandage de fertilisant azoté en zone vulnérable¹⁴⁶.

OCCUPATION DU SOL pendant ou suivant l'épandage (culture principale)	TYPES DE FERTILISANTS AZOTES			
	Type I		Type II	Type III
	Fumiers compacts pailleux et composts d'effluents d'élevage ⁽¹⁾	Autres effluents de type I		
Sols non cultivés	Toute l'année		Toute l'année	Toute l'année
Cultures implantées à l'automne ou en fin d'été (autres que colza)	Du 15 novembre au 15 janvier		Du 1er octobre au 31 janvier ⁽²⁾	Du 1er septembre au 31 janvier ⁽²⁾
Colza implanté à l'automne	Du 15 novembre au 15 janvier		Du 15 octobre au 31 janvier ⁽²⁾	Du 1er septembre au 31 janvier ⁽²⁾
Cultures implantées au printemps non précédées par une CIPAN ou une culture dérobée ⁽⁸⁾	Du 1er juillet au 31 août et du 15 novembre au 15 janvier	Du 1er juillet au 15 janvier	Du 1er juillet ⁽³⁾ au 31 janvier	Du 1er juillet ⁽⁴⁾ au 15 février
Cultures implantées au printemps précédées par une CIPAN ou une culture dérobée	De 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 15 janvier	Du 1er juillet à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 15 janvier	Du 1er juillet ⁽³⁾ à 15 jours avant l'implantation de la CIPAN ou de la dérobée et de 20 jours avant la destruction de la CIPAN ou la récolte de la dérobée et jusqu'au 31 janvier	Du 1er juillet ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ au 15 février
	Le total des apports avant et sur la CIPAN ou la dérobée est limité à 70 kg d'azote efficace/ha ⁽⁶⁾			
Prairies implantées depuis plus de six mois dont prairies permanentes, luzerne	Du 15 décembre au 15 janvier		Du 15 novembre au 15 janvier ⁽⁷⁾	Du 1er octobre au 31 janvier
Autres cultures (cultures pérennes - vergers, vignes, cultures maraîchères, et cultures porte-graines)	Du 15 décembre au 15 janvier		Du 15 décembre au 15 janvier	Du 15 décembre au 15 janvier

(1) Peuvent également être considérés comme relevant de cette colonne certains effluents relevant d'un plan d'épandage sous réserve que l'effluent brut à épandre ait un C/N ≥ 25 et que le comportement dudit effluent vis-à-vis de la libération d'azote ammoniacal issu de sa minéralisation et vis-à-vis de l'azote du sol soit tel que l'épandage n'entraîne pas de risque de lixiviation de nitrates.

(2) Dans les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Aquitaine l'épandage est autorisé à partir du 15 janvier.

(3) En présence d'une culture, l'épandage d'effluents peu chargés en fertirrigation est autorisé jusqu'au 31 août dans la limite de 50 kg d'azote efficace/ha. L'azote efficace est défini comme la somme de l'azote présent dans l'effluent peu chargé sous forme minérale et sous forme organique minéralisable entre le 1er juillet et le 31 août.

(4) En présence d'une culture irriguée, l'apport de fertilisants azotés de type III est autorisé jusqu'au 15 juillet et, sur maïs irrigué, jusqu'au stade du brunissement des soies du maïs.

(5) Un apport à l'implantation de la culture dérobée est autorisé sous réserve de calcul de la dose prévisionnelle dans les conditions fixées aux III et IV de la présente annexe. Les ilots culturaux concernés font ainsi l'objet de deux plans de fumure séparés : l'un pour la culture dérobée et l'autre pour la culture principale. Les apports réalisés sur la culture dérobée sont enregistrés dans le cahier d'enregistrement de la culture principale.

(6) Cette limite peut être portée à 100 kg d'azote efficace/ha dans le cadre d'un plan d'épandage soumis à autorisation et à étude d'impact ou d'incidence, sous réserve que cette dernière démontre l'innocuité d'une telle pratique et qu'un dispositif de surveillance des teneurs en azote nitrique et ammoniacal des eaux lixiviées dans le périmètre d'épandage soit mis en place.

(7) L'épandage des effluents peu chargés est autorisé dans cette période dans la limite de 20 kg d'azote efficace/ha. L'azote efficace est défini comme la somme de l'azote présent dans l'effluent peu chargé sous forme minérale et sous forme organique minéralisable entre le 15 novembre et le 15 janvier.

(8) L'épandage, dans le cadre d'un plan d'épandage, de boues de papeteries ayant un C/N supérieur à 30 est autorisé dans ces périodes, sans implantation d'une CIPAN ou d'une culture dérobée, sous réserve que la valeur du rapport C/N n'ait pas été obtenue à la suite de mélange de boues issues de différentes unités de production.

¹⁴⁶ Les périodes d'interdiction ne s'appliquent pas : à l'irrigation, à l'épandage de déjections réalisé par les animaux eux-mêmes, aux cultures sous abris, aux compléments nutritionnels foliaires, à l'épandage d'engrais minéral phosphaté NP-NPK localisé en ligne au semis des cultures d'automne dans la limite de 10 kg de N/ha. Les prairies de moins de six mois entrent, selon leur date d'implantation, dans la catégorie des cultures implantées à l'automne ou au printemps.

Annexe 1-2-2. Synthèse de la réglementation Nitrate relative aux conditions particulières d'épandage

		Type I		Type II	Type III
		fumiers compacts pailleux, compost effluents d'élevage et autres produits organiques solides	autres effluents types I		
Proximité des cours d'eau		Autorisé au-delà de 35m des berges des cours d'eau ou Autorisé au-delà de 10m lorsqu'une couverture végétale permanente de 10m ne recevant aucun intrant est implantée			Sur prairies : autorisé au-delà de 2m des berges des cours d'eau Sur autres cultures : au-delà des 5m des bandes enherbées
Sols en forte pente	Cultures arables	Autorisé sur une pente jusqu'à 15% Autorisé sur une pente de 15% à 20% si présence d'un dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente*		Autorisé sur une pente jusqu'à 10% Autorisé sur une pente de 10% à 15% si présence d'un dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente*	Autorisé sur une pente jusqu'à 15% Autorisé sur une pente de 15% à 20% si présence d'un dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente*
	Cultures pérennes	Autorisé sur une pente supérieure à 15% si l'apport vise à préserver l'érosion	Autorisé sur une pente jusqu'à 15% Autorisé sur une pente de 15% à 20% si présence d'un dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente*		Autorisé au-delà de 15% sous réserve d'une couverture herbacée ou d'un dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente* et Apport limité à 50kg d'azote efficace/ha/an
	Prairies de plus de 6 mois	Autorisé sur une pente jusqu'à 15% Autorisé sur une pente de 15% à 20% si présence d'une bande enherbée ou boisée pérenne d'au moins 5m de large Autorisé au-delà de 20% si présence d'un talus en bas de pente		Autorisé sur une pente jusqu'à 10% Autorisé sur une pente de 10% à 15% si présence d'une bande enherbée ou boisée pérenne d'au moins 5m de large Autorisé au-delà de 15% si présence d'un talus en bas de pente	Autorisé sur une pente jusqu'à 15% Autorisé sur une pente de 15% à 20% si présence d'une bande enherbée ou boisée pérenne d'au moins 5m de large Autorisé au-delà de 20% si présence d'un talus en bas de pente
Sols détremés et inondés		Interdit			
Sols enneigés		Interdit			
Sols gelés		Autorisé		Interdit	

* dispositif continu et perpendiculaire en bas de pente : bande enherbée ou boisée pérenne d'au moins 5 m de large, ou talus.

1.3. Utilisation des Mafor en France

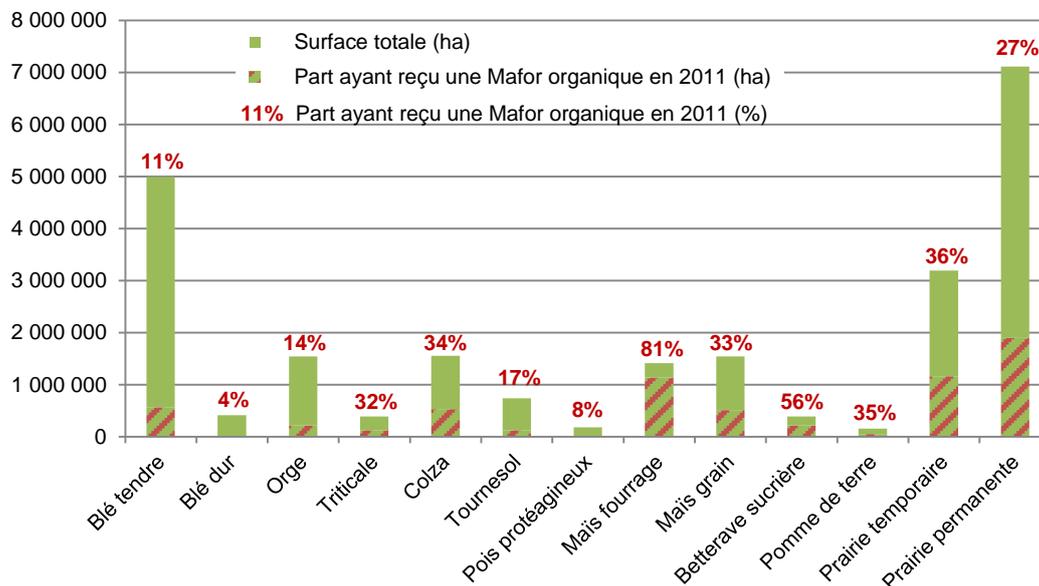
Seule l'enquête quinquennale "Pratiques culturales" du Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du ministère chargé de l'agriculture présente des données harmonisées et régionalisées sur la part de Surface Agricole Utile (SAU) qui reçoit des Mafor et sur le type de Mafor utilisé (seules les Mafor organiques sont répertoriées, et avec un degré de précision faible au regard de la diversité des Mafor existantes). Cette enquête couvre les principales grandes cultures et les prairies temporaires et permanentes¹⁴⁷, qui représentent environ 82,5% de la SAU française (28,8 millions d'hectares en 2013)¹⁴⁸.

1.3.1. Types de cultures recevant des épandages de Mafor

La Figure 1-3-1 présente la répartition des surfaces enquêtées qui ont fait l'objet d'un épandage de Mafor organiques par type de grandes cultures et de prairies en 2011. Sur 13,3 millions d'hectares (Mha) de grandes cultures objets de l'enquête, 26,5% (3,5 Mha) ont reçu un épandage de Mafor organiques en 2011. Pour les prairies, 3,1 Mha de prairies temporaires et permanentes (29,8% des surfaces totales) ont également fait l'objet d'une fertilisation organique.

Parmi les cultures les plus répandues en France, le maïs fourrage est la culture la plus fréquemment fertilisée avec des Mafor organiques. Environ 1/3 des surfaces de colza et de maïs grain le sont également. Le blé tendre est peu concerné par l'épandage de Mafor, mais il constitue la deuxième culture la plus "consommatrice" de Mafor du fait de son étendue en France (surface totale de près de 5 Mha). Enfin, la betterave sucrière et la pomme de terre sont des cultures peu répandues mais fréquemment fertilisées avec des Mafor.

Figure 1-3-1. Répartition des surfaces (hectares) qui ont reçu un épandage de Mafor organiques par type de grande culture et de prairies en 2011



Source : Agreste – Enquête "Pratiques culturales" 2011

¹⁴⁷ Représentativité de l'enquête $\geq 90\%$ pour blé tendre, maïs grain, colza, tournesol, betterave industrielle, prairies temporaires ; comprise entre 80 et 90% pour orge, triticale, pois protéagineux, pommes de terre ; de 75% pour le maïs fourrage, et de 69% pour les prairies permanentes.

¹⁴⁸ Un dépouillement spécifique des données de l'enquête 2011, concernant la fertilisation des cultures et des prairies, a été commandé au SSP, pour compléter une analyse partielle réalisée par le Ministère de l'écologie en 2012.

1.3.2. Types de Mafor épandues

Les prairies et les grandes cultures étant inégalement réparties sur le territoire français (grandes cultures plutôt dans la moitié Nord, prairies principalement établies dans le Grand Ouest et sur la diagonale Nord-Est/Sud-Ouest), la quasi-totalité du territoire est donc concernée par des épandages de Mafor mais de façon inégale. On peut cependant distinguer de façon assez significative ces deux types de surfaces en fonction du **type de Mafor épandues** (Figures 1-3-2 et 1-3-3).

Figure 1-3-2. Les divers types de Mafor épandues en grandes cultures et en prairies (part des surfaces ayant reçu des Mafor)

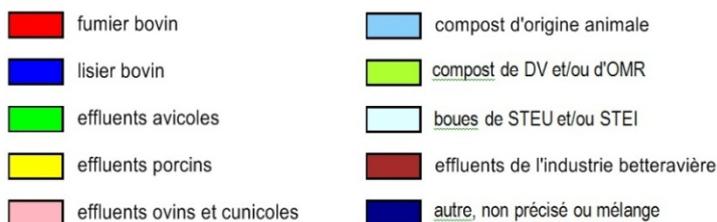
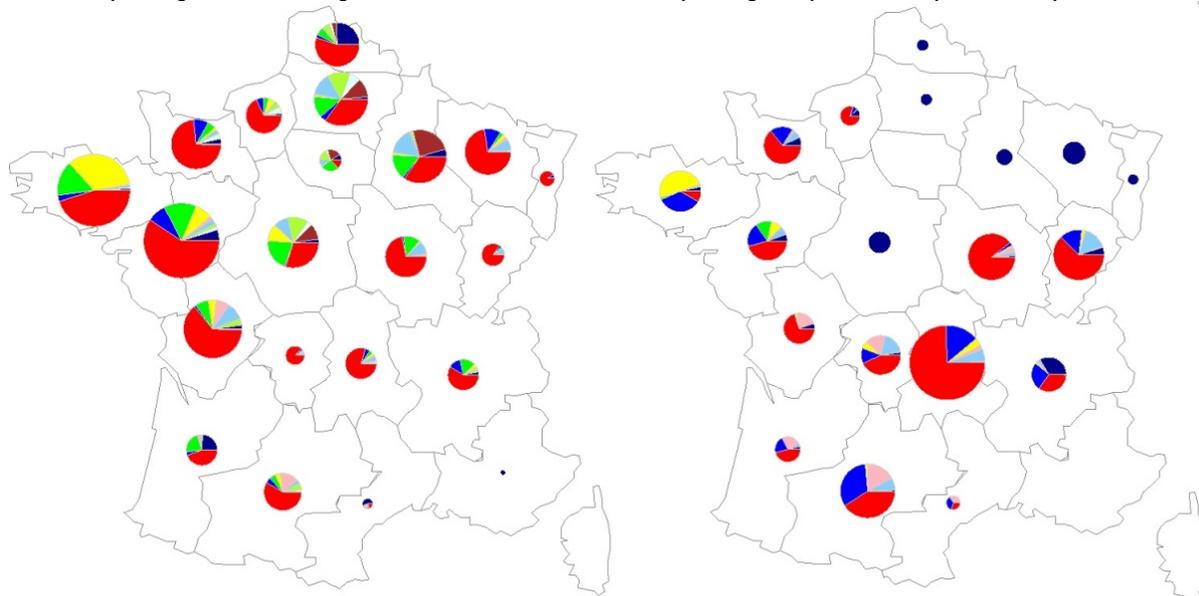


Source : Agreste – Enquête "Pratiques culturales" 2011

Figure 1-3-3. Répartition géographique des épandages des divers types de Mafor organiques en France en 2011

a. Epandage de Mafor en grandes cultures

b. Epandage en prairies temporaires et permanentes



La taille des camemberts est proportionnelle à la surface concernée par les épandages. Par exemple, environ 500 000 hectares de grandes cultures ont été fertilisés avec des Mafor organiques en région Pays de la Loire ; environ 700 000 hectares de prairies l'ont été en Auvergne.

Source : Agreste – Enquête "Pratiques culturales" 2011 - Cartes réalisées avec Philcarto. <http://philcarto.free.fr>

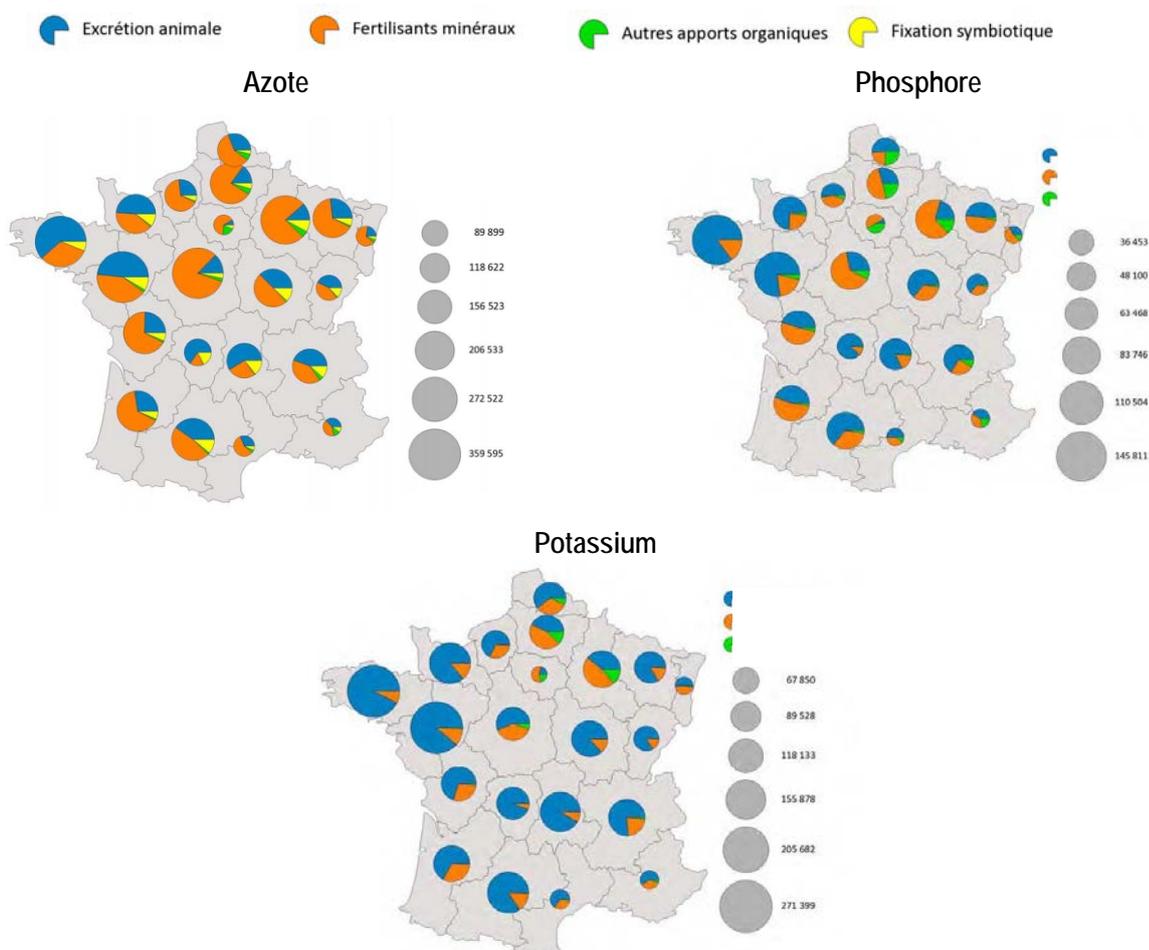
Les effluents d'élevage, qui sont le plus souvent utilisés au sein des exploitations qui les génèrent, sont épandus de façon largement majoritaire sur les 2 types de surfaces, mais plus particulièrement sur prairies. Certains types de cultures ou prairies reçoivent préférentiellement certains types d'effluents d'élevage : fumier bovin sur maïs fourrage, fientes de volailles essentiellement épandues sur colza, blé tendre et orge.

Des Mafor non agricoles (composts urbains, boues d'épuration, vinasses, eaux de sucrerie et écumes de l'industrie betteravière) ne sont épandues que sur environ 1% des surfaces de prairies recevant des Mafor en 2011, contre 9% des surfaces de grandes cultures. Ceci est lié au fait que les prairies appartiennent généralement à des exploitations d'élevage qui épandent majoritairement les effluents produits par leurs animaux. Les cultures qui reçoivent le plus de Mafor non agricoles sont la betterave et la pomme de terre, dont respectivement 34% et 50% des surfaces fertilisées avec des Mafor le sont avec des Mafor non agricoles, notamment des effluents de l'industrie betteravière (bouclage des cycles au sein de la filière betteravière).

1.3.3. Caractéristiques agronomiques des Mafor épandues

En dépit de la difficulté à rassembler les données, on estime qu'à l'échelle nationale, respectivement 39%, 70% et 82% de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K) utilisés en agriculture proviennent d'apports organiques exogènes, principalement des effluents d'élevage, déjections émises à la pâture incluses. Les Mafor autres que les effluents d'élevage ne représentent que 2, 5 et 3% du N, du P et du K utilisés en agriculture. Ces pourcentages varient sensiblement entre régions, conséquence de la forte hétérogénéité spatiale des gisements de Mafor disponibles à l'échelle du territoire français (Figure 1-3-4).

Figure 1-3-4. Répartition des apports moyens en N, P et K en France, selon leur origine



Source : UNIFA¹⁴⁹. Pour le N : données des apports réalisés lors de la campagne 2009-2010. Pour le P et le K : moyenne des trois campagnes 2008 à 2010

¹⁴⁹ <http://www.unifa.fr/le-marche-en-chiffres/la-fertilisation-en-france.html>

L'enquête "Pratiques Culturelles" 2011 recueille les teneurs en éléments fertilisants (azote N, phosphore P, potassium K) des Mafor épandues, dans le cas où ces teneurs sont connues des agriculteurs. Les teneurs peuvent être connues précisément *via* des analyses des mafor, et/ou approchées à l'aide de références techniques.

En moyenne en 2011 (tous types de cultures et prairies confondus), ces teneurs en NPK étaient inconnues pour 49% des surfaces fertilisées avec des Mafor. Les prairies permanentes et temporaires, et le triticale sont les couverts les plus fréquemment fertilisés avec des mafor dont les teneurs en NPK sont inconnues (respectivement 63%, 55% et 60% des surfaces).

Toujours en moyenne, 24% des surfaces ont été fertilisées avec des Mafor étaient connues grâce à des analyses. Le tableau 1-3-1 présente les teneurs en NPK relevées par Agreste dans l'enquête "Pratiques culturelles" 2011 (complété pour les composts de boues de STEU par les données UNIFA¹⁵⁰). Ces teneurs illustrent la grande variabilité des teneurs entre les grands types de mafor ainsi qu'au sein d'un même groupe de Mafor. Pour comparaison, les teneurs en NPK dans les Mafor sont 10 à 100 fois inférieures à celles des engrais minéraux.

Tableau 1-3-1. Principaux gisements de Mafor disponibles en France et quantités de NPK qu'ils contiennent

Mafor	Teneurs en NPK (kg/t ou m ³ de matière brute)		
	N	P ou P ₂ O ₅	K ou K ₂ O
Fumier bovin	5,5 à 6,3	2,4 à 3,7	7,2 à 10,1
Lisier bovin	1,6 à 3	0,8 à 2	2,4 à 4
Lisiers et fientes de volailles	13 à 25	14 à 29	12 à 25
Lisiers de porcs	3,3 à 5	1,8 à 4	1,8 à 3
Fumier de porcs	6 à 10	6 à 10	12 à 14
Compost d'effluents d'élevage	4 à 20	4,5 à 20	7,4 à 19
Compost de déchets verts et/ou d'ordures ménagères/ biodéchets	11 à 23	9 à 19,3	7 à 44,6
Industrie betteravière : vinasses, eaux de sucrerie, écumes	8 à 24	2 à 9	60 à 73
Boues issues des stations d'épuration des eaux urbaines et/ou industrielles	4 à 12,1 (médiane)	2 à 13	0,6 à 3,6
Compost de boues de station d'épuration	10	3,2	9,3
Engrais minéraux	50 à 300, voire 460 pour l'urée	50 à 225, voire 460 pour certains engrais composés	100 à 600

Les valeurs contenues dans ce tableau constituent des ordres de grandeur.

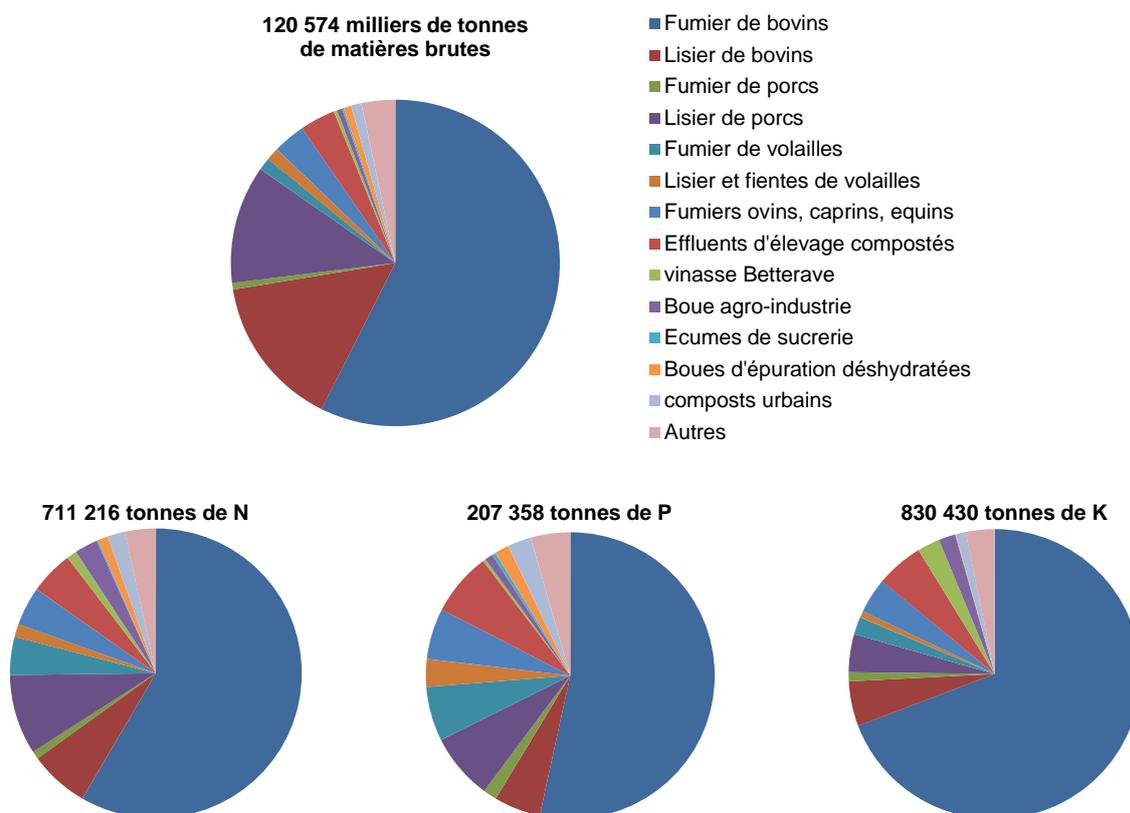
Les teneurs NPK des engrais minéraux sont données à titre comparatif.

Sources pour les teneurs NPK : Agreste, enquête "Pratiques Culturelles" 2011 (les teneurs présentées correspondent à des teneurs mesurées dans les Mafor *via* des analyses) ; sauf pour "compost de boues d'épuration" et "engrais minéraux" : UNIFA campagne 2012-2013.

En retenant des valeurs moyennes pour la composition des différentes Mafor, il apparaît qu'au niveau national, 69% du N apporté par les Mafor proviennent de fumiers et lisiers de bovins récupérables (Figure 1-3-5). C'est de même le cas de 52% du P et de 74% du K apportés aux sols agricoles *via* les Mafor. A l'inverse, les Mafor autres que celles issues d'effluents d'élevage n'apportent qu'une très faible fraction du N, P et K provenant des Mafor.

¹⁵⁰ <http://www.unifa.fr/le-marche-en-chiffres/la-fertilisation-en-france.html>

Figure 1-3-5. Masses de Mafor épandues (en milliers de tonnes MB par an) par grands types et quantités de N, P et K contenues dans ces Mafor



Calculs d'après les données de l'enquête "Pratiques culturales" 2011 : tonnages épandus, valeurs médianes des teneurs en N, P et K. Teneurs complétées par valeurs recensées dans le Chapitre 2 du rapport d'ESCo.

1.3.4. Outils d'aide à la gestion de la fertilisation avec des Mafor

Différents outils sont disponibles pour aider à la gestion de la fertilisation par les agriculteurs et notamment l'insertion des Mafor dans les systèmes de culture :

- Critères et outils réglementaires en lien avec la directive Nitrates, basés sur la dose maximale épandable de N, le C/N des Mafor qui détermine les périodes d'apport et les pratiques culturales associées (installation de CIPAN par exemple). Les instances mises en place au niveau régional (GREN) fixent les termes de la méthode du bilan prévisionnel (calcul de la fertilisation azotée basé sur l'équilibre du bilan d'azote dans le sol) pour calculer les doses d'engrais azoté et de Mafor qu'il est possible d'apporter pour chaque type de sol, en fonction des potentiels de rendement des cultures. Des tables de références de teneurs en N et de coefficients "équivalent engrais azoté" (Keq) sont disponibles pour un nombre assez important de Mafor de diverses origines.
- Grilles de références et typologies régionales disponibles pour les agriculteurs... Rappelons aussi les grilles détaillées d'émissions de N, P et K en fonction des différents modes d'élevage, et qui fournissent des références sans recours aux analyses. Si elles sont très détaillées, elles peuvent s'avérer imprécises à l'échelle du cas particulier précis.
- Outils d'aide à la décision (OAD) pour gérer la fertilisation azotée des cultures avec des Mafor. Certains OAD comme AZOFERT prennent en compte la dynamique de minéralisation du N après apport en fonction des dates d'apport, des autres pratiques culturales et des conditions pédoclimatiques. D'autres OAD, proposés par différentes instances agricoles ("Mes parcelles", "Farmstar"...), reposent sur un bilan statique de l'azote dans le sol : seul un coefficient équivalent azote est renseigné pour évaluer la disponibilité du N des Mafor.

Dans tous les cas, les arrières-effets et effets à long terme sont considérés très globalement, avec peu ou pas de diversité par type de Mafor.

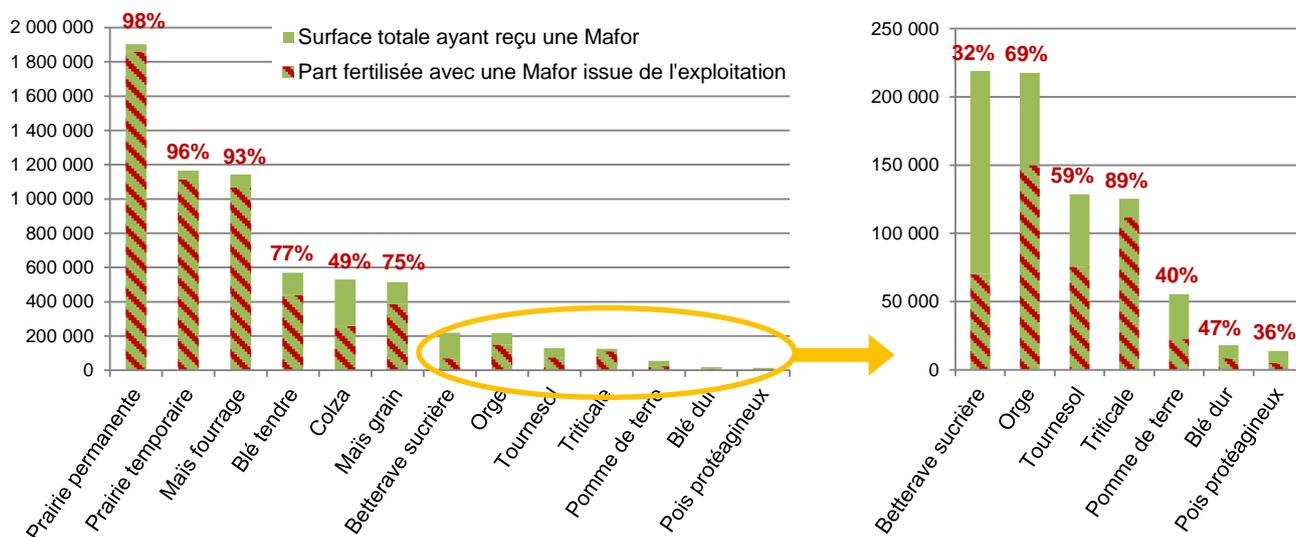
- Certains OAD ont pour vocation d'évaluer les impacts globaux des éléments fertilisants apportés par les Mafor, incluant les risques de lixiviation de nitrate ou d'émissions gazeuses ammoniacales. C'est le cas de SYST'N, qui calcule les grands flux du N à l'échelle d'une succession de cultures et en fonction de l'ensemble des pratiques. D'autres, comme MANNER au Royaume-Uni, calculent les quantités d'éléments fertilisants N, P et K potentiellement disponibles avec un apport de Mafor en prenant en compte les pertes pouvant diminuer les proportions d'éléments disponibles *via* la volatilisation d'ammoniac.

1.3.5. Transferts inter-régionaux

La concentration des principales Mafor disponibles au sein de territoires restreints (Grand Ouest...) implique l'existence de zones où les quantités d'éléments fertilisants issus des Mafor excèdent les besoins des productions végétales. En particulier, le déséquilibre de la distribution de l'élevage conduit à l'existence de zones excédentaires en ressources en effluents d'élevage par rapport aux surfaces agricoles et aux besoins des cultures pouvant les valoriser (zones d'excédents structurels) et d'autres zones déficitaires. Ainsi dans les ZES définies par la directive "Nitrates", les producteurs d'effluents d'élevage sont soumis à l'obligation d'exporter ou d'éliminer l'azote excédentaire que ces effluents contiennent. A l'inverse, il existe des zones sans élevage, où les ressources en Mafor se limitent aux Mafor d'origines urbaine et/ou industrielle, beaucoup moins abondantes. Cette hétérogénéité aboutit à une situation paradoxale caractérisée par l'élimination de la ressource en azote organique dans les zones excédentaires (traitement biologique de 24% des lisiers en Bretagne et 10% du N total éliminé par dénitrification) et le recours aux engrais minéraux dans les zones sans ressources en Mafor.

A l'échelle du territoire, on constate une superposition entre la cartographie des gisements de Mafor et celle des surfaces où elles sont épandues, laissant supposer que les transferts entre les principales régions excédentaires et déficitaires sont peu développés. L'extraction des données de l'enquête "Pratiques culturales" 2011 réalisée pour l'ESCo renseigne la provenance des Mafor épandues par type de cultures et de prairies (Figure 1-3-6). Ainsi, les surfaces les plus importantes recevant des Mafor (prairies, maïs, blé tendre), soit 80% des surfaces qui ont reçu des Mafor en 2011, ont été majoritairement fertilisées avec des Mafor provenant de l'exploitation. Notons que la betterave et la pomme de terre, dont la fertilisation azotée repose en grande partie sur l'apport de Mafor, reçoivent majoritairement des Mafor non issues de l'exploitation. Les exploitations qui ont le plus recours à des Mafor exogènes sont situées en Île-de-France (86% des Mafor épandues proviennent de l'extérieur de l'exploitation), Picardie, Champagne-Ardenne et Centre (environ 50%).

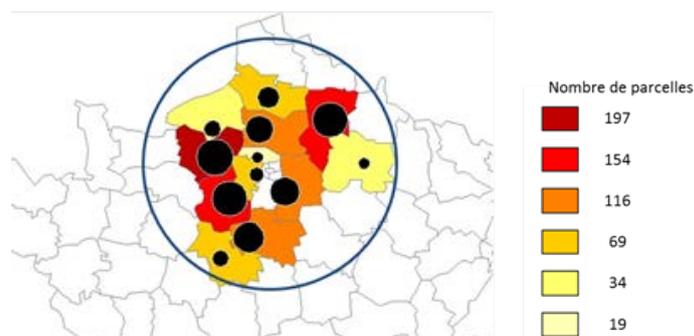
Figure 1-3-6. Part des Mafor épandues sur les divers types de grandes cultures et de prairies selon leur provenance en 2011



Source : Données Agreste – Enquête "Pratiques culturales" 2011

En pratique, on constate en effet que les effluents d'élevage sont majoritairement épandus dans un rayon de l'ordre de la dizaine de kilomètres autour du lieu de leur production. Cela est également valable pour les boues issues des STEU urbaines, excepté pour les STEU des très grosses agglomérations, dont la production de boues est plus élevée et qui sont amenées à épandre ces boues dans un rayon d'environ 150 km. Ainsi la station d'épuration de Seine-Aval (la plus grosse de France, située à Achères) avec une production de boues de 65 000 tonnes de MS en 2010 en a exporté 46 000 dans un rayon de 200 km (Figure 1-3-7).

Figure 1-3-7. Répartition géographique des épandages des boues issues de la station d'épuration Seine Aval en 2010



Le cercle bleu représente un rayon de 200 km centré sur la STEP de Seine-Aval.
La taille des disques noirs est proportionnelle au tonnage épandu.
Source : données SIAP, 2011¹⁵¹

D'après l'UNIFA, environ 275 000 tonnes de matières brutes de fientes de volailles et d'engrais issu de lisier de porc sont exportées annuellement de Bretagne (Tableau 1-3-2).

Tableau 1-3-2. Evolution des quantités de mafor d'origine agricoles exportées de Bretagne entre 2005 et 2010

Type de Mafor	Unité	Quantités (milliers de tonnes)				
		05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
Effluents d'élevage sortant de Bretagne (fientes, fumier de volailles, engrais NP issus de lisier de porc)	MB	80	90	100	275	275

Source : UNIFA, 2011 d'après IF2O et UGPVB

1.3.6. Spécificité de l'épandage en forêts et plantations forestières

Les couverts forestiers ne font pas l'objet d'enquêtes visant à recenser les pratiques de fertilisation, mais la littérature fait apparaître que les objectifs et modalités d'épandages de Mafor diffèrent sensiblement selon le type de peuplement. Tout d'abord, les grandes futaies destinées à la production de bois d'œuvre, les forêts d'altitude, et plus généralement les forêts plurispécifiques à régénération naturelle (forêts dont les cycles de production s'étalent sur plusieurs décennies), ne reçoivent jamais de Mafor. Deux cas de figure d'épandage de Mafor peuvent schématiquement être distingués :

- Dans les forêts gérées extensivement, les Mafor sont apportées pour améliorer/maintenir la fertilité de sols pauvres et/ou pour augmenter modérément la croissance des arbres. Un seul apport est généralement effectué dans la vie du peuplement,
- Dans les peuplements gérés intensivement, les Mafor sont apportées pour soutenir un haut niveau de productivité : les doses de Mafor et la fréquence des apports peuvent ainsi être relativement élevées. Sont concernés : des peuplements coupés jeunes ainsi que des taillis à courte, voire très courte, rotation (TCR et TTCR).

Les TCR et TTCR sont des plantations denses d'espèces de feuillus à croissance très rapide (saules, peupliers, eucalyptus...), récoltées respectivement tous les 4 à 10 ans (bois valorisé en papeterie, trituration ou énergie) et

¹⁵¹ http://www.seineavaldemain.siaap.fr/fileadmin/user_upload/pdf/BookletEpandage_2011%20DEF.pdf

tous les 2-3 ans (valorisation uniquement en biocombustible). Ces systèmes de ligniculture sont assez proches des systèmes de grande culture ; les effets de l'apport de Mafor en termes de dynamique des éléments dans le sol et de disponibilité pour les plantes seront globalement les mêmes.

Aujourd'hui, un intérêt croissant est porté à l'utilisation des TCR et TCCR dans une optique de phytoremédiation (décontamination des sols pollués par extraction des polluants par des végétaux) ou pour l'épandage d'effluents contaminés, notamment non agricoles et/ou considérés comme impropres à l'épandage en agriculture. Le choix d'espèces, puis la sélection de clones, très productifs, présentant une forte évapotranspiration, permettent d'obtenir des peuplements qui peuvent s'implanter sur des sols contaminés ou recevoir des effluents contaminés sans que le développement des arbres n'en soit affecté, et qui empêchent le transfert des contaminants vers les horizons profonds du sol et les nappes.

1.4. Techniques et pratiques d'épandage

Marilys Pradel

Cette section de chapitre fait le point sur les types de matériel d'épandage disponibles pour l'épandage des Mafor objet de l'ESCo, leur représentativité dans le parc matériel global des épandeurs en France, et présente les caractéristiques techniques d'un bon épandage.

1.4.1. La nature de la matière à épandre est une caractéristique fondamentale dans le choix de l'épandeur

L'état et la nature des mafor, ainsi que leurs propriétés physiques (taux de matière sèche) et biochimiques (teneurs en N, P et K), vont conditionner les doses à épandre mais également le choix de l'épandeur le plus approprié à l'épandage de la Mafor. Le tableau 1-4-1 extrait du guide d'écoconception des matériels d'épandage (Ecodefi, 2011), récapitule les caractéristiques des Mafor qu'un agriculteur doit connaître pour choisir l'épandeur approprié.

Tableau 1-4-1. Etat, nature et fourchette de doses des matières à épandre

	Etat de la matière à épandre	Nature de matière à épandre	Fourchette de doses à épandre en tonne (ou m ³) de Matière Brute par ha	
			Mini	Maxi
Solide dispersé	Sec pulvérulent	Farines	1	3
		Amendements calciques	0,3	18
		Scories phosphatées	0,3	1,5
	Sec granulé	Issue de centrifugation du lisier de porc	0,5	7
		Pellet de boue de station déshydraté	1	3
	Sec, vrac ou bouchonné	Fientes de volaille sèches	0,5	7
Solide divisé grossier	Solide sec	Compost de fientes de volaille avec litière	4	10
		Fumier de volaille de chair	4	10
		Compost de déchets vert	7	50
		Compost de boue (MIATE) avec déchets verts	4	10
		Boue chaulée de STEU	7	30
		Compost Urbain issu tri sélectif	7	50
Solide compact cohésif	Solide humide	Compost de fumier de bovin	7	50
		Fumier de bovin pailleux	7	50
		Fumier de Porc	7	50
Produit pâteux	Pâteuse (matériel d'épandage fumier)	Fumier bovin mou	7	50
Liquide pompable	Avec risque de bouchage	Lisier de Bovins	15	100
	Sans risque de bouchage	Lisier de porc engraissement	15	100
		Boue liquide égouttée de STEU	15	100

1.4.2. Principales techniques disponibles pour l'épandage des Mafor sur les sols agricoles

Les épandeurs de Mafor peuvent être classés en deux catégories définies par le type de matière à épandre (Tableau 1-4-1). On distingue ainsi les épandeurs de fumiers (aptés à l'épandage des Mafor solides (dispersé, divisé grossier, compact cohésif) et pâteuses) et les épandeurs de lisiers (aptés à l'épandage de Mafor liquides).

1.4.2.1. Les épandeurs de fumier (pour Mafor solides et pâteuses)

Les épandeurs de fumier sont utilisés pour l'épandage des Mafor de plus de 12% de matière sèche (MS). Ce sont des remorques semi-portées composées d'un châssis, d'un fond mouvant et d'organes d'épandage rotatifs situés à l'arrière et le plus couramment actionnés par la prise de force du tracteur (Cédra, 1997). Ces épandeurs sont classés en deux catégories selon le type d'organes d'épandage installés. On distingue ainsi principalement les épandeurs à hérissons verticaux et les épandeurs à table d'épandage. Ces épandeurs peuvent être également équipés d'équipement de maîtrise de dose.

Les épandeurs à hérissons verticaux sont principalement utilisés pour l'épandage des fumiers. Leur capacité varie de 5 à 15 tonnes suivant les propriétés physiques des Mafor et permettent des largeurs de travail de 6 à 12 m. Les doses généralement appliquées à l'aide de ces épandeurs varient de 20 à 30 tonnes/ha. Ces matériels présentent une grande polyvalence dans les Mafor à épandre du moment que ces dernières ont des textures suffisamment grossières (tels que des fumiers pailleux, boues solides chaulées...). Pour des produits plus fins et déjà émiétés (compost de boues avec déchets verts par exemple), les largeurs de travail sont plus faibles et l'obtention de la dose plus difficile (Mazoyer, 2012). Parmi les épandeurs à hérissons verticaux, on distingue les épandeurs à deux hérissons verticaux montés sur une remorque à caisse étroite dont l'efficacité est reconnue pour l'épandage des fumiers, les épandeurs à deux hérissons verticaux montés sur une remorque à caisse large pour les gros chantiers de plaine et les épandeurs à quatre hérissons verticaux, plus anciens mais moins coûteux à l'achat (Thirion et Chabot, 2003).

Les épandeurs à table d'épandage sont plutôt destinés aux produits solides fins et bien émiétés. La table d'épandage est constituée de plateaux à axe vertical de grand diamètre munis de pales qui expulsent le produit, préalablement fractionné par des hérissons horizontaux. La plupart de ces épandeurs possèdent des caisses étroites (Mazoyer, 2012). Leur capacité peut varier de 8 à 20 tonnes et les largeurs de travail sont assez importantes, de l'ordre de 14 à 20 m en fonction du produit épandu. Les doses apportées sont généralement comprises entre 5 et 15 tonnes/ha (Mazoyer, 2012).

Le cas particulier des épandeurs de produits pâteux

Les épandeurs de produits pâteux (cas des boues pâteuses ayant un taux de siccité compris entre 10 et 30% de MS par exemple) sont des épandeurs peu présents sur le marché mais spécifiques à ce type d'épandage. Ils ne sont munis que de tables d'épandage disposées en bout d'une trémie (ou caisse) étanche en forme de V et dont l'ouverture est réglée par une trappe. La forme de la trémie permet d'éviter tout angle mort et de ramener le produit sur les vis (une ou deux selon les modèles) disposées en fond de caisse. Ces vis sans fin convoient le produit par la trappe jusqu'aux disques en rotation qui le projettent sous forme de nappe (Thirion et Chabot, 2003).

1.4.1.2. Les épandeurs de lisier

L'épandage des Mafor liquides est communément réalisé avec une tonne à lisier. Ces épandeurs permettent à la fois le remplissage, le transport et l'épandage des produits liquides contrairement aux épandeurs de produits solides qui eux n'assurent que la partie épandage, la partie logistique étant gérée par d'autres types de matériels (camion...).

La tonne à lisier est semi-portée, comme les épandeurs de produits solides, et constituée d'un châssis à un, deux ou trois essieux selon la capacité de la machine, d'une citerne d'une capacité pouvant varier de 3 000 à 24 000 litres, d'un compresseur ou d'une pompe volumétrique et d'un organe de remplissage et d'un organe d'épandage (Cedra, 1997). La cuve est mise en dépression durant la phase de pompage, puis en pression pendant celle d'épandage afin d'expulser le liquide.

L'équipement de la tonne est complété par des dispositifs ou organes d'épandage pouvant être montés sur la citerne. Les principaux dispositifs sont les suivants :

Les organes d'épandage par projection ou aspersion : L'épandage est réalisé en appliquant la pression d'air du compresseur au-dessus du lisier dans la tonne et la projection est assurée par un simple système de diffusion appelé « buse palette » projetant le produit sur une largeur de 5 à 10 m. En fonction du diamètre et du type de « buse palette » utilisé (à nappe relevée, à nappe rabattue, à nappe relevée et vanne de réglage), on obtient un débit différent et donc au final une dose épandue différente (Cedra, 1997). Un recouvrement entre les apports

des passages successifs est nécessaire car la distribution obtenue est régulièrement décroissante de part et d'autre de l'axe de déplacement dans la parcelle.

Les rampes d'épandage : Il s'agit d'une technique plus précise que les systèmes d'aspersion par buse palette unique. Les rampes d'épandage sont caractérisées par leurs modes de distribution et de diffusion des produits liquides. Les trois principaux modes de distribution sont les rampes à distribution centrale statique, à distribution centrale rotative et à distribution en ligne. Les trois principaux modes de diffusion sont les diffuseurs buses palettes, les conduites souples appelées pendillards et les rampes à nappe verticale (Cedra, 1997).

Les enfouisseurs : ils permettent d'incorporer le produit à même le sol. Ils sont classés en trois catégories (Cedra, 1997) : les enfouisseurs spécialisés pour l'épandage sur prairies, disposant en moyenne de 10 à 24 éléments espacés de 20 à 25 cm et déposant le produit à une profondeur de 4 à 10 cm ; les enfouisseurs pour les sols travaillés, injectant le produit à une profondeur de 10 à 20 cm avec des éléments (disques, dents...) espacés de 50 à 70 cm où on retrouve sans cette catégorie les enfouisseurs à dents, les enfouisseurs à disques et à coutres uniques et les enfouisseurs à deux disques ; les enfouisseurs polyvalents qui, quant à eux, disposent de disques verticaux ou de socs injecteurs espacés de 40 à 70 cm pour une profondeur d'enfouissement de 10 à 20 cm.

La distribution transversale réalisée par les rampes d'épandage et les enfouisseurs est régulière sur la totalité de la largeur de travail, et ne nécessite donc pas de recouvrement des apports lors des passages successifs dans la parcelle.

Quelques cas particuliers :

L'épandage par rampe d'irrigation

Ce type d'épandage est généralement réalisé pour des produits liquides à l'aide d'un matériel d'irrigation. Le principe repose sur l'utilisation d'une rampe d'épandage tractée par un enrouleur et connectée à un camion-citerne stationné en bordure de parcelle. Ce système n'est pas très développé mais a été observé pour l'épandage de boues liquides (Thirion et Chabot, 2003).

L'épandage sans tonne

Technique similaire à la précédente, l'épandage sans tonne ou « épandage à tuyau ombilical » repose sur l'utilisation d'une rampe à pendillards, portée par un tracteur, mais alimentée par un tuyau qui peut être soit relié à un réseau, soit à un camion-citerne stationné en bord de parcelle (Thirion et Chabot, 2003).

1.4.2. Le cas particulier des techniques disponibles pour l'épandage des Mafor en forêt

L'épandage des matières fertilisantes ou amendantes est une pratique peu courante en forêt. Lorsqu'il est pratiqué, c'est principalement pour épandre des amendements calciques (chaux), afin de remonter le pH des sols, ou pour épandre des cendres. Certaines études ont également été conduites sur l'épandage de boues d'épuration et les techniques disponibles pour les épandre.

Trois types de matériels peuvent être utilisés en France pour réaliser de l'épandage de cendres ou d'amendements calciques en forêt : l'épandage par hélicoptère, l'épandage par porteur forestier et l'épandage par matériel agricole (Ademe, 2005).

L'épandage par hélicoptère, couramment pratiqué dans les pays scandinaves et plus particulièrement en Finlande que ce soit pour l'épandage de carbonate de calcium pour lutter contre l'acidification des forêts (ADEME, 2005) ou pour le recyclage des cendres (avec une capacité d'épandage de 60 à 70 tonnes par jour (projet Recash), n'est toutefois pas autorisé en France pour les boues d'épuration liquides.

L'épandage par autoporteur forestier a été testé en Finlande pour l'épandage de cendres avec une capacité d'épandage de 10 à 20 hectares par jour (projet Recash). Le type de matériel utilisé est un caisson d'épandage monté sur un débardeur forestier pouvant être solidaire du tracteur ou articulé. Le matériel forestier utilisé est adapté au milieu : pneus renforcés à basse pression, garde au sol importante. Il doit être conçu pour pouvoir circuler en conditions forestières strictes (pente légère, présence de rémanents, ornières, rochers...) mais dans de bonnes

conditions, c'est-à-dire que l'épandage de cendres en forêt doit être privilégié dans des peuplements résineux au stade 'éclaircie', des coupes rases de taillis de feuillus ou des futaies larges de feuillus ou résineux (Ademe, 2005).

L'épandage par matériel agricole classique est la technique d'épandage la plus privilégiée car elle est d'un moindre coût que l'usage d'un autoporteur forestier. Dans le cadre du projet Eresfor (Bailly et al., 2004), l'état de l'art avait montré qu'il n'existait pas de méthode permettant d'épandre les boues d'épuration sans l'utilisation de tracteur ou d'engin automoteur, l'aéroaspersion des boues d'épuration étant interdite, et qu'il n'existait pas de matériel d'épandage spécifiquement adapté à une utilisation en forêt. Les conclusions du rapport Eresfor (Carnus et Thomas-Chery, 2007) proposent donc des préconisations pour l'épandage des boues en forêt tenant compte principalement de l'accès à la plantation, du terrain et du type de boue épandue. Afin de réduire au minimum les chantiers d'épandage en forêt, il est préconisé de se rapprocher au maximum de conditions de type agricole pour utiliser du matériel largement diffusé qu'il sera possible de faire évoluer rationnellement (pas d'obstacles dans l'inter-rang, larges tournières, faible pente, accès facile...).

1.4.3. Représentativité des épandeurs de fumiers et lisiers dans le parc matériel des épandeurs en France

1.4.3.1. L'état du parc des épandeurs de fumier

Selon une étude réalisée en 2012 pour le compte du MAAPRAT (Mazoyer, 2012), les épandeurs à hérissons verticaux, en grande majorité achetés après 2006 par les CUMA et utilisés par les agriculteurs réalisant leur propre épandage, représentent près de 90% du parc matériel contre 3% pour les tables d'épandage. Une grande majorité de ces épandeurs (62%) a une capacité moyenne, comprise entre 10 et 15 m³. 7% des épandeurs à hérissons horizontaux sont encore sur le marché, mais il s'agit de matériels anciens acquis à 80% avant l'année 2000.

Pour les professionnels de l'épandage, gérant des chantiers d'épandage des produits plus fractionnés tels que des composts, des boues séchées ou des résidus d'industries agro-alimentaires, la tendance est plus à l'utilisation de tables d'épandage (56%) qu'à l'utilisation d'épandeurs à hérissons verticaux (46%) mieux adaptées à ce type de produit et ayant des capacités plus importantes (40% des épandeurs ont une capacité comprise entre 10 et 15 m³ et 48% ont des capacités supérieures à 15 m³).

1.4.3.2. L'état du parc des épandeurs de lisier

Selon Mazoyer (2012), les systèmes de diffusion par projection tels que les buses palettes (simples ou multiples) dominent encore le marché puisque presque 86% des tonnes à lisier des CUMA en sont équipées contre respectivement 6, 5 et 3% pour les rampes à buse, rampes à pendillards et enfouisseurs. La plupart des tonnes ont une capacité moyenne comprise entre 10 et 15 m³ pour plus de la moitié du parc des CUMA.

Cette tendance s'inverse pour les professionnels de l'épandage où la buse ne représente plus que 28% du parc contre respectivement 13, 28 et 31% pour les rampes à buse, rampes à pendillards et enfouisseurs. Les capacités des machines utilisées par les professionnels sont également plus importantes étant donné que 67% des tonnes à lisier du parc est constitué de tonnes d'une capacité supérieure à 15 m³.

1.4.4. Quelles sont les qualités d'un bon épandage ?

1.4.4.1. Les normes NF EN 13406 et NF EN 13080, base de l'évaluation des performances des épandeurs

Deux normes permettent à l'heure actuelle d'évaluer la précision de l'épandage des épandeurs de lisier NF EN 13406 (AFNOR 2003b) et des épandeurs de fumiers NF EN 13080 (AFNOR 2003a). Ces normes spécifient les prescriptions relatives aux caractéristiques d'épandage dans les directions transversales et longitudinales telles que coefficient de variation (CV) ou déviation moyenne aux différentes largeurs de travail, dose caractéristique,

débit caractéristique, étendue dans la zone de tolérance pour les deux types d'épandeurs et CV pour l'épandage longitudinal, uniquement pour les épandeurs de fumier, ainsi que les conditions d'essais à respecter pour obtenir les caractéristiques d'épandage citées.

Le tableau 1-4-2 récapitule les préconisations des normes vis-à-vis des différents critères d'épandage.

Tableau 1-4-2. Principaux critères d'épandage que doivent respecter les épandeurs dans les normes en vigueur

Prescriptions	NF EN 13406 Epandeurs de lisiers	NF EN 13080 Epandeurs de fumiers
Distribution transversale		
Largeur de travail – dispositif d'épandage en nappe	CV de la distribution transversale doit être inférieur à 20%	CV de la distribution transversale doit être inférieur à 30%
Largeur de travail – dispositif d'épandage localisateurs	Déviations moyennes doivent être inférieures à 15%	Non concerné
Distribution longitudinale		
Dose caractéristique	La plus basse spécifiée par le fabricant	Doit couvrir l'intervalle entre 1 kg/m ² (10 t/ha) et 4 kg/m ² (40 t/ha)
Etendue dans la zone de tolérance	Doit dépasser 90% du temps de déchargement*	Doit dépasser 35% du temps de déchargement
Coefficient de Variation	Non concerné	Doit être inférieur à 40%

*temps nécessaire pour vider 95% de la masse de fumier épandue

Définies pour fournir des prescriptions pour la conception et la construction des épandeurs de fumiers et lisiers, ces normes sont toutefois limitées pour évaluer une bonne qualité d'épandage. En effet, la qualité d'un bon épandage repose sur un certain nombre de facteurs, le premier étant le respect de la dose épandue suivi de la régularité d'épandage.

1.4.4.2. Comment évaluer la qualité de l'épandage ?

1^{er} critère : évaluer et maîtriser la dose à épandre

Selon une enquête réalisée par Thirion et Chabot (2003), les spécialistes de l'épandage placent le respect de la dose en exigence n°1 de la qualité d'épandage. Le respect de la dose en épandage de produits liquides se distingue de celui de l'épandage de produits solides par le fait que les dispositifs de contrôle du débit, jouant directement sur l'obtention de la dose sont différents entre les deux technologies.

La dose apportée par un matériel d'épandage dépend du débit de la machine, de la largeur de travail et de la vitesse d'avancement selon la formule suivante :

$$\text{Dose (kg ou m}^3\text{/ha)} = \frac{\text{Débit (kg ou m}^3\text{/min)} * 600}{\text{Largeur d'épandage (m)} * \text{vitesse d'épandage (km/h)}}$$

Pour les épandeurs de lisier, la dose apportée est généralement bien respectée et facilement maîtrisable du fait de l'usage de compresseurs ou de pompes volumétriques lors de la mise en pression de la tonne à lisier fournissant un débit régulier et réglable. La dose est alors obtenue en ajustant soit le débit (vanne), soit la vitesse d'avancement du tracteur, la largeur de travail étant connue et constante (CRAB, 2007a).

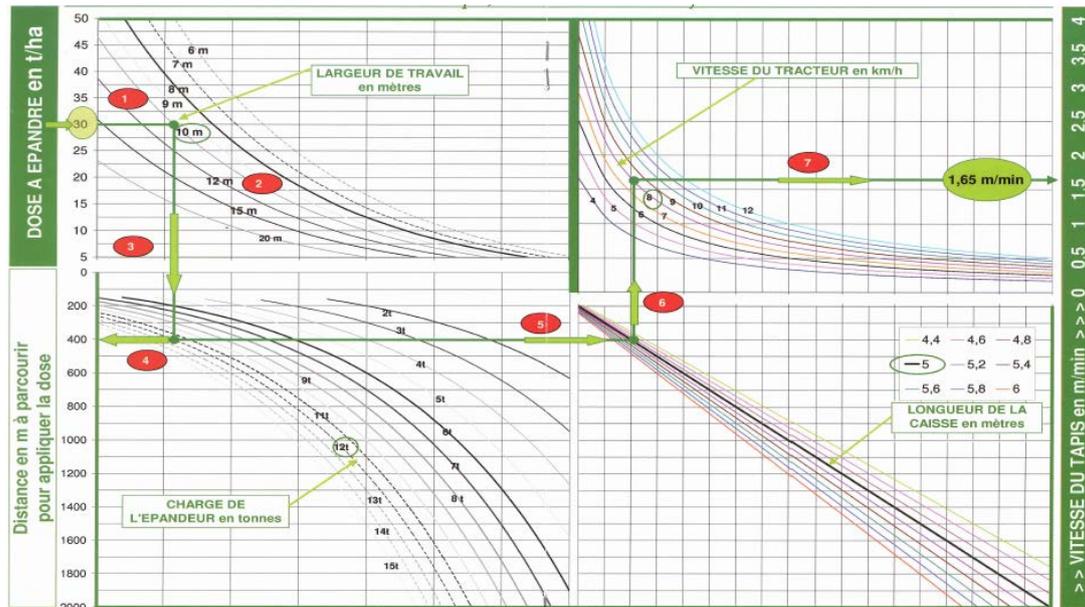
Pour une même tonne à lisier, il est donc possible de calculer la dose à apporter en ne jouant que sur la vitesse d'avancement ou de calculer le débit à délivrer en fonction de la dose que l'on souhaite obtenir. A titre d'exemple, à largeur d'épandage et ouverture de vanne équivalentes, on peut obtenir une dose de 50 à 60 m³/ha avec une vitesse d'avancement de 3 km/h et de 15 m³/ha avec une vitesse d'avancement supérieure de 10 km/h et un apport de 20 m³/ha effectué à 6 km/h sur une largeur de travail de 12 m devra se faire à un débit de 2.4 m³/minute. D'autres exemples sont donnés dans le tableau 1-4-3.

Pour les épandeurs de fumier, du fait d'une moins bonne connaissance des volumes et des caractéristiques des produits épandus et des difficultés de réglage du débit des épandeurs, le respect de la dose est plus difficile à obtenir malgré l'existence d'abaques fournis par les constructeurs ou par les services des Chambres d'agriculture (Figure 1-4-1).

Tableau 1-4-3. Variation des doses obtenues avec une tonne à lisier à partir des valeurs habituellement observées avec une simple buse

Débit (kg/s)	Largeur de travail (m)	Vitesse minimale (km/h)	Dose obtenue à la vitesse minimale (t/ha)	Vitesse maximale (km/h)	Dose obtenue à la vitesse maximale (t/ha)
40	6	3	80	10	24
50	6	3	100	10	30
40	8	3	60	10	18
50	8	3	75	10	22,5

Figure 1-4-1. Exemple d'abaque de réglage de l'épandeur de fumier en fonction des caractéristiques d'épandage (source : CRAB, 2007b)



Ainsi d'après Thirion et Chabot (2003), sur 37 chantiers d'épandage enquêtés en 2001, seulement 6% des agriculteurs maîtrisaient leur dose avec moins de 10% d'écart par rapport à la dose recherchée (Tableau 1-5-4).

Tableau 1-4-4. Ecart de dose constaté suivant les Mafor épandues

Source (Thirion et Chabot, 2003)	Dose recherchée (t/ha)	Ecart constaté
Bovin	25 – 40	De -50% à + 56%
Compost (bovin)	13 – 53	De 0% à +23%
Volaille	10 – 15	De 0% à +240%
Chèvre	15 – 40	De -1% à +125%
Lapin	16	+28%

Par ailleurs, il n'existe pas à l'heure actuelle de dispositif permettant de mesurer directement les éléments fertilisants au moment où ils sont épandus. Ainsi même s'il est possible d'avoir une bonne connaissance de la dose apportée par les épandeurs de lisier, cette méconnaissance des teneurs en éléments fertilisants des Mafor épandus peut être à l'origine d'apport en excès d'azote, de phosphore et de potassium.

Un autre point limitant la maîtrise de la dose concerne le respect de la largeur de passage. En effet, la dose apportée sur une trajectoire intra-parcellaire peut être maîtrisée mais un écart de trajectoire et un non-respect de cette largeur d'épandage entraîne des risques de surdosage et de sous-dosage par non-respect des recouvrements des nappes. Cette variabilité peut être connue en théorie mais il n'existe aucune donnée chiffrée car sur les défauts de doses apportées à la parcelle du fait d'un défaut de respect des jalonnages et des modes de jalonnage utilisés.

Une solution : équiper les épandeurs avec des équipements de maîtrise de dose

Pour pallier ces difficultés de respect de la dose à épandre, on trouve sur le marché un certain nombre d'équipements de maîtrise de dose. Ils sont au nombre de cinq (Mazoyer, 2012) :

- *Le DPA ou débit proportionnel à l'avancement (Epandeurs de fumier et lisier)*

Ce système vise à adapter automatiquement le débit de la machine à la vitesse réelle d'avancement dans la parcelle pour maintenir une dose distribuée constante. La mesure de la vitesse peut être réalisée soit par un capteur sur la roue du véhicule, soit par un radar, soit par GPS.

Sur les épandeurs de produits solides, le dispositif DPA agit sur la vitesse du tapis de fond mouvant. Pour un fonctionnement optimal, la hauteur de la porte, dont dépend la section de passage du produit, peut également être contrôlée. On obtient alors une maîtrise du débit volumique de la machine.

Sur les épandeurs de produits liquides, c'est l'ouverture de la vanne qui est régulée par le DPA.

- *Le débitmètre (Epandeurs de lisier)*

Ce dispositif de maîtrise de la dose est uniquement disponible pour les tonnes à lisier. Des débitmètres électromagnétiques sont utilisés de manière à ne pas gêner la sortie du produit. Si la vidange est assurée par une pompe volumétrique, c'est la vitesse de rotation de la pompe qui permet la mesure du débit.

- *Le tablier accompagnateur (Epandeurs de fumier)*

Il s'agit d'un dispositif évitant l'effondrement du produit dans la caisse et permettant de maintenir stable le débit volumique de l'épandeur pendant la vidange. C'est un volet qui suit le fond mouvant et qui est adapté aux épandeurs à hérissons verticaux.

- *Le pesage (Epandeurs de fumier)*

Il renseigne sur la masse du chargement et n'a de sens que sur les épandeurs de produits solides car ceux-ci présentent des masses volumiques très variables. Il existe deux méthodes de pesage :

- le pesage statique qui donne, à partir d'une pesée, le poids du véhicule chargé. Il permet de connaître les quantités épandues avec une bonne précision. Des capteurs sont le plus souvent montés sur l'essieu et le timon d'attelage.

- le pesage dynamique présent sur certains véhicules, surtout les automoteurs. Des capteurs sont placés entre la caisse et le châssis. Ce système, en l'associant à la largeur de travail et la vitesse d'avancement, calcule la dose épandue.

- *Le volet de bordure (Epandeurs de fumier)*

Cet équipement a pour but de réduire la largeur d'épandage lors du travail en bordure de parcelle pour éviter les épandages dans les fossés et/ou sur les chemins. Il s'agit en général d'un volet de forme appropriée dont la mise en position se fait de manière pilotée par le chauffeur. Sa position peut être réglable afin de couper plus ou moins le flux de matière épandue.

Malgré l'existence de ces dispositifs, ces derniers sont très peu utilisés, d'après l'étude menée par Mazoyer (2012). Par exemple, seulement 1,1% des épandeurs de fumier et 0,6% des épandeurs de lisier présents dans les CUMA sont équipés de DPA. A contrario, les épandeurs utilisés par les professionnels sont équipés à plus de 50% soit de DPA, soit de systèmes de pesée embarquée soit de volet de bordure.

2eme critère : maîtriser la régularité de répartition transversale et longitudinale

La régularité de répartition de la matière lors de l'épandage est le second facteur permettant de qualifier la bonne qualité de l'épandage. Cette régularité doit être observée tant dans le sens latéral (on parle de répartition transversale) que dans le sens d'avancement du tracteur (on parle alors de répartition longitudinale). Les répartitions transversale et longitudinale des machines d'épandage de lisier et de fumier sont définies dans les normes NF EN 13406 et NF EN 13080 respectivement par les critères de déviation moyenne et étendue dans la zone de tolérance pour le lisier et CV transversal et longitudinal pour le fumier (Tableau 1-2x).

Une étude menée par Irstea en 2006 sur l'état des lieux des performances des épandeurs d'engrais organiques (Rousselet et Mazoyer, 2006) a montré que, sur l'ensemble des 47 essais de machines réalisés avec du fumier de bovin et du compost de bovin, 27% des machines n'étaient pas conformes à la norme en ce qui concerne la

répartition transversale aux largeurs de travail optimales, 37% des machines n'étaient pas conformes à la norme en ce qui concerne la répartition longitudinale. Au final, ce sont près de 45% des machines qui ne sont pas conformes à la norme EN NF 13080. Des tests réalisés pour cette étude par la Station des Cormiers (Chambre régionale d'agriculture de Bretagne) avec du fumier de volailles ont montré que 50% des machines n'étaient pas conformes à cette même norme du fait d'une mauvaise répartition longitudinale.

1.4.5. Quels outils et méthodes pour évaluer et améliorer la qualité d'épandage des épandeurs de fumier et lisier ?

1.4.5.1. Un constat : peu de littérature scientifique traitant de la qualité d'épandage

Il n'existe que très peu de littérature scientifique permettant de faire état des performances techniques des épandeurs de lisier et de fumier sur la qualité d'épandage. La littérature est même inexistante dès lors que l'on se penche sur la variabilité intra parcellaire de la répartition au sol des Mafor couplée avec les critères technologiques des machines.

Une étude conduite à Irstea (Gueudet, 2012) a permis de creuser le sujet de la variabilité intra parcellaire de la répartition et du dosage en fonction de 4 facteurs considérés comme ayant une influence sur les résultats des chantiers d'épandage en termes de dosage et de répartition de la Mafor sur la parcelle : la nappe d'épandage, la forme de la parcelle, la taille de la parcelle et la courbe de débit. Deux indicateurs ont été mis au point pour évaluer cette variabilité : Ind(écart), évaluant la capacité du système à atteindre l'objectif de dosage fixé et s'obtenant en prenant la valeur absolue de la différence entre dose cible et dose moyenne et Ind(varrép), évaluant la répartition du produit sur la parcelle, sans relativité par rapport à la dose cible, en pondérant plus fortement les surfaces dont les dosages sont les plus éloignés de la dose moyenne. Un certain nombre de biais, principalement d'ordre méthodologique, ont été soulevés et n'ont pas permis d'obtenir des conclusions franches sur la hiérarchisation des facteurs influant la variabilité intra parcellaire de l'épandage démontrant ainsi le besoin de continuer ces travaux de recherche.

1.4.5.2. Une solution : développer des outils permettant d'évaluer et améliorer la qualité d'épandage

Travailler sur la qualité d'épandage nécessite au préalable de pouvoir développer et utiliser des outils destinés à cet effet. On peut noter dans le paysage actuel, un certain nombre d'initiatives pouvant contribuer à améliorer cette qualité d'épandage.

Le banc d'essai Cemob

Ce banc d'essai, localisé sur le site de recherche et d'expérimentation du centre Irstea de Clermont-Ferrand à Montdore (Allier), vise à améliorer l'efficacité des procédés d'épandage par l'optimisation des machines et des Mafor épandues (compost, boue, effluents d'élevage...). Ce banc permet de mesurer et caractériser les nappes d'épandage en 3D permettant ainsi de chiffrer l'aptitude d'un produit à l'épandage en grande largeur avec une machine donnée ou d'évaluer les performances optimisées des machines d'épandage.

Les outils de simulation d'épandage

A l'heure actuelle, seul le simulateur d'épandage mis au point par Irstea et finalisé lors du projet collaboratif Ecodefi¹⁵² permet de réaliser des simulations numériques de chantiers d'épandage. Cet outil logiciel valorise la connaissance de la réalité d'épandage d'un distributeur ou d'un épandeur en simulant un chantier d'épandage. Les paramètres liés à la parcelle et au chantier peuvent être saisis grâce à une interface : il s'agit des limites géographiques de la parcelle, des trajectoires suivies dans cette parcelle, des zones épandues en mode "plein champ" et en mode "bordure", des règles de conduite (ouverture et fermeture de l'alimentation en produit, ...). Les nappes d'épandage sont elles aussi saisies (plein champ et bordure), de même que les caractéristiques

¹⁵² <https://sites.google.com/site/cemibteam/logiciels-developpes/simulateur-d-epandage>

propres au débit d'alimentation de la machine (courbe d'alimentation, charge utile, ...). Le simulateur calcule grâce à ces informations la répartition du produit dans la parcelle, donnant accès aux distributions de doses infra parcellaires, permettant la visualisation des zones sur et sous-dosées. Tous les paramètres sont aussi stockés pour permettre de réaliser d'autres calculs, en particulier en ce qui concerne les impacts de quelque ordre qu'ils puissent être (émission de gaz à effet de serre, tassement...).

Il représente à l'heure actuelle le seul moyen envisageable pour évaluer et comparer avec une grande précision différentes options de réalisation d'un chantier d'épandage.

La certification environnementale

A l'initiative de deux constructeurs de machines d'épandage, la certification éco-épandage est une certification des performances des matériels d'épandage de produits organiques portant sur la précision de l'épandage et le respect des sols et mise en place en 2013. Cette certification garantit à l'utilisateur une machine ayant des performances techniques et environnementales basées sur un référentiel constitué de contrôles et vérifications des conformités réglementaires et de performances agronomiques mesurées par des passages en banc d'essai, des simulations par logiciel et des sondages auprès des utilisateurs ainsi que de l'ergonomie de fonctionnement des machines. Les premières machines d'épandage certifiées devraient être commercialisées en 2014.

Références citées dans le chapitre 1

Section 1.1

- ADEME; IDE Environnement, 2013. Réduire, trier et valoriser : les biodéchets des gros producteurs. Guide pratique. Angers: Ademe, (Contrat n°1206C0033), 132 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME, 2012. Installations de traitement des ordures ménagères (ITOM) : résultats 2010. Angers: ADEME, 16 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME, 2012. Déchets édition 2012 : Chiffres-clés. Angers : Ademe, 50 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME ;SOLAGRO; INDDIGO. 2013. Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation : rapport final. Angers: Ademe, 117 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME, 1999. Guide de révision des plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés – Fascicule 1 : Méthode de révision. Angers: Ademe.
- ADEME; DVNAC, 2001. Etude de valorisation des cendres de chaufferies bois,. Angers: ADEME, (TC899-011421-CL-PF-LCr-rév 5, novembre 2001), 92 p.
[Texte intégral](#)
- Agreste, 2008. L'aviculture en 2004. Agreste Les Dossiers, n°3: 168 p.
[Texte intégral](#)
- Agreste Primeur, 2010. Déchets des industries agroalimentaires : une bonne gestion des déchets organiques. Agreste Primeur, n°245: 4 p.
[Texte intégral](#)
- A.N.D. International, 2002. Evaluation des quantités actuelles et futures de déchets épandus sur les sols agricoles et provenant des activités industrielles hors agroalimentaire
- Biomasse Normandie, 2002. Evaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités - Lot 3 : Effluents d'élevage. 61 pages - Septembre 2002
- Commissariat général au développement durable, 2012. Les chiffres clés de l'énergie Edition 2012. Paris: Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques), Repères, 36 p.
[Texte intégral](#)
- A.N.D. International, 2002. Evaluation des quantités actuelles et futures de déchets épandus sur les sols agricoles et provenant des industries agroalimentaires.
- DGIS; PIPAME, 2012. Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020. Paris: Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME), 204 p.
[Texte intégral](#)
- Dréal Nord Pas-de-Calais, 2011. Sédiments Trois modes de gestion (mise à jour 2011), 6 p.
- FranceAgriMer; . . r, o., 2012. L'observatoire national des ressources en biomasse. Evaluation des ressources disponibles en France. Montreuil-sous-Bois cedex: FranceAgriMer, Les études de FranceAgriMer, 92 p.
[Texte intégral](#)
- Mivière, J.M., 2008. Les cendres des chaudières automatiques au bois et leurs possibilités de valorisation. Les cahiers du Bois énergie, Fascicule 1: 6-8.
- Peyraud, J.L.; Cellier, P.; Donnars, C.; Réchauchère, O.c.; Aarts, F.; Béline, F.; Bockstaller, C.; Bourblanc, M.; Delaby, L.; Dourmad, J.Y.; Dupraz, P.; Durand, P.; Faverdin, P.; Fiorelli, J.L.; Gagné, C.; Kuikman, P.; Langlais, A.; Le Goffe, P.; Lescoat, P.; Morvan, T.; Nicourt, C.; Parnaudeau, V.; Rochette, P.; Vertes, F.; Veysset, P., 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective. Paris: INRA, 68 p.
[Texte intégral](#)
- INSEE, 2011. La production de déchets non dangereux dans l'industrie manufacturière en 2008. INSEE Première, n°1335: 4 p.
[Texte intégral](#)
- Rossi, P.; Gavoi, L.; Raoul, G., 2009. Utilisation des sous-produits industriels - Les cendres volantes - Origine, production et caractéristiques ref : C 5 373. Les Techniques de l'Ingénieur, Doc. C 5 373: 14 p.
- UNIFA, 2011. *Eléments des bilans soufre et azote et indicateur d'efficacité de l'azote minéral sur blé tendre*, étude réalisée par G. Marques Bortoletto, La Défense, UNIFA, 36 p

Section 1.2

- Académie d'Agriculture de France, 2010. Elevages intensifs et environnement – les effluents : menace ou richesse ? *Les colloques de l'Académie d'Agriculture de France*, 137 p.
- ADEME; APESA; BIOMASSE NORMANDIE; RITMO, 2012. *Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage. Guide pratique*. Angers: Ademe, 82 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME; Baize, D.; Sterckeman, T.; Piquet, A.; Ciesielski, H.; Béraud, J.; Bispo, A., 2005. *Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration. Comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques ?* Angers: Ademe, 147 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME; Cabinet Arthur ANDERSEN, 1999. *Examen de la situation de la filière de recyclage agricole des boues d'épuration urbaines en Europe et dans divers autres pays du monde*. Angers: ADEME Éditions (n° 3358), 41 p.
- ADEME, Couturier, C.; Brassat, T., 2006. *Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois. Epandage en forêt*. Angers: Ademe; Aquasol; Solagro, 10 fiches.
[Texte intégral](#)
- ADEME; INDIGO, 2008. *Etat de l'art de la réglementation européenne sur la valorisation des déchets de bois et des cendres de bois*. Angers: Ademe, 32 p.
[Texte intégral](#)
- ADEME; SYPREA; FP2E; INERIS, 2007. Guide d'évaluation qualitative des risques sanitaires relatifs aux agents pathogènes. Angers: Ademe, Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de stations d'épuration, 14 p.
[Texte intégral](#)
- APCA; Renard, C., 1999. *Fonds d'indemnisation "boues", l'exemple allemand, la position française*. Paris: APCA, Etudes & Activités.
- Arcadia International; Van Dijk; BiPRO, 2012. *Study on options to fully harmonise the UE legislation on fertilizing materials including technical faisability, environmental and social impacts, Final report and Annexes to the Final Report*. Brussels: European Commission, Directorate-General for Enterprise and Industry, (30-CE-0392420/00-18), 150 p.
[Texte intégral](#) et [Texte intégral, annexes](#)

- Artois Picardie, 2008. *Recyclage agricole des effluents organiques. Suivi annuel des épandages des effluents urbains et industriels. Guide méthodologique*: Artois Picardie, 62 p.
[Texte intégral](#)
- Bailly, A.; Gautry, J.-Y.; Carnus, J.M.; Ben Brahim, M.; AFOCEL; ADEME, 2004. *Etat de l'art sur l'épandage en forêts de boues de stations d'épuration urbaine et de boues de papeteries*, (Marché AFOCEL-ADEME N° 99 75060), 72 p.
[Texte intégral](#)
- Balny, P.; Roussel, F.; Ministère de l'Agriculture, 2012. *Suivi des demandes d'homologation des digestats issus de méthanisation agricole, notamment en Bretagne*. Paris: Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Rapports du CGAAER, (Rapport n° 12095), 19 p.
[Texte intégral](#)
- Baltazar, M.-C., 2012. La gestion des déchets dans l'espace rural. *Revue de droit rural*, n°399: p. 61.
- Billet, P., 2007. Principales dispositions de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques intéressant l'agriculture. *Revue de droit rural*, n°351: p. 41.
- Billet, P., 2009a Taxe sur les boues d'épuration. Des précisions apportées au régime de la taxe sur les boues d'épuration. *Environnement*, n° 97: p. 33.
- Billet, P., 2009b Le régime de l'indemnisation des risques liés à l'épandage agricole des boues d'épuration urbaines ou industrielles. *Revue de droit rural*, n°12: p. 23.
- Bohm, P.; Russell, C.S., 1985. Comparative analysis of alternative policy instruments. *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, 1: 395-460.
[Texte intégral](#)
- Borraz, O., 2000. L'utilisation des boues d'épuration en agriculture : les ressorts d'une controverse. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 41: 25-32.
[Texte intégral](#)
- Bulot, S., 2013. Biostimulants : un marché neuf qui s'organise. *Semences et Progrès*, 159: 163-164.
[Texte intégral](#)
- CGL Développement Durable, 2010. *Etat, perspectives et enjeux du marché des engrais*. Paris: Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, Service de la Statistique et de la Prospective, 93 p.
[Texte intégral](#)
- Coble K., Hanson T., Miller J., et Shaik S. (2003) Agricultural Insurance as an Environmental Policy Tool. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 35, 2, 391-405.
- Conseil Général de Haute Garonne, 2007. Mission de Valorisation Agricole des Boues: aide à la bonne gestion des boues issues du traitement des eaux usées. *SATESE - MVAB - SMEPE du 10/01/07 - présentation MS*.
- Courtois, G., 2000. Evaluation de la réglementation concernant l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, aspects sanitaires. *Forêt méditerranéenne*, XXI (3): 416-421.
- CRITT Agro-alimentaire PACA, 2006. *CRICo-produits d'origine organique des industries agro-alimentaires de la région PACA*. Angers: Ademe, 123 p.
- D'Arcimoles, M.; Borraz, O.; Salomon, D., 2001. *Les Mondes des boues, La difficile institutionnalisation des filières d'épandage des boues d'épuration urbaines en agriculture*. Paris: Ademe/CNRS, (n°9875044), 159 p.
- de Malafosse, J., 2000. Règles de bonnes pratiques agricoles. *Juris-classeur Environnement et Développement durable*, Fascicule 432: 11 et s
- Deschamps, E., 2001. Le régime juridique des boues de station d'épuration. *Revue de droit rural*, n° 294: 343-353.
- Doussan, I., 2005 Considérés comme des « sous-produits », les effluents d'élevage répandus en violation des règles protectrices de l'environnement échappent à la qualification de déchets. *Droit de l'environnement*, 134: 286-287
- Doussan, I., 2009. Droit des pollutions azotées d'origine agricole. *Juris-classeur Environnement et Développement durable*, Fasc. 4090: 44 p.
- Dudkowski, A., 2000. L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 41: 134-135.
- Editions législatives. *Dictionnaire permanent environnement et nuisances*. Paris: Ed. Législative (Etude « Déchet », n° 95.)
- Enckell, C., 2013. Evolution du statut de déchet : une contribution à l'économie circulaire ? *Droit de l'environnement*, 218: 419-424.
[Texte intégral](#)
- Etrillard, C., 2013. La méthanisation agricole, Champ d'activité nouveau pour l'agriculteur. *Droit de l'environnement*, 215: 296-299
- Etrillard, C., 2014. L'agriculteur, acteur de la politique environnementale : le cas de l'épandage des boues d'épuration. *Revue de droit rural*, 422: 11-15
- Evans, T., 2012. Biosolids in Europe : Proceedings. *26th WEF Residuals & Biosolids Conference.25-28 March*. Raleigh, NC, USA. 10 p., Raleigh, NC, USA
- Faberon, J.-F., 2000. Le régime de l'épandage des boues des stations d'épuration urbaine en agriculture. *Les Petites Affiches*, 87: p.4
- Gilardeau, J.M., 2005. Epandage des effluents d'élevage : les droits à polluer sont en route. *Revue de droit rural*, 335: p. 300.
- Goldfarb, W.; Krogmann, U.; Hopkins, C., 1999. Unsafe Sewage Sludge or Beneficial Biosolids?: Liability, Planning, and Management Issues Regarding the Land Application of Sewage Treatment Residuals. *Environmental Affairs Law Review*, 26 (4): 687-768.
[Texte intégral](#)
- Hérail, M., 1999. La naissance du droit d'épandage en France. In: Barthélemy, D.; David, J., eds. *L'agriculture européenne et les droits à produire*. Paris: INRA éditions, 255-270
- Hermon, C.; Doussan, I., 2012. *Production agricole et droit de l'environnement*. Paris: Lexis Nexis, 400 p.
- Johnson, G.V.; Ulen, T.S., 1986. Designing public-policy toward hazardous wastes - The role of administrative regulations and legal liability rules. *American Journal of Agricultural Economics*, 68 (5): 1266-1271
[Texte intégral](#)
- Lachaud, Y.; Mandeville, B., 2002. L'agriculture confrontée aux contraintes environnementales : les contrats d'épandage des boues des stations d'épuration. *Gazette du Palais*, 24-25 juillet 2002: 10-14.
[Texte intégral](#)
- Langlais, A., 2002a La notion de "déchets assimilés" dans l'incertitude : l'exemple des effluents d'élevage. *Les Petites Affiches*, 31 janvier 2002 (23): 17-22.
- Langlais, A., 2002b L'agriculture biologique et les déjections animales. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 47: 79-82.
- Langlais, A., 2004. *Le droit et les déchets agricoles*. Paris: L'Harmattan (*Logiques juridiques*), 254 p.
- Langlais, A., 2007. *Les déchets agricoles et l'épandage : le droit et ses applications*. Paris: Editions Technip (*Environnement*), 158 p.
- Langlais, A., 2012. Le droit face à la gestion des effluents et des émissions d'azote. In: J.-L. Peyraud (coord.); P. Cellier (coord.); Aarts, F.; Béline, F.; Bockstaller, C.; Bourblanc, M.; Delaby, L.; Donnars, C.; Dourmad, J.Y.; P. Dupraz; Durand, P.; Faverdin, P.; Fiorelli, J.L.; Gaigné, C.; Girard, A.; Guillaume, F.; Kuikman, P.; Langlais, A.; Goffe, P.L.; Perchec, S.L.; Lescoat, P.; Morvan, T.; Nicourt, C.; Parnaudeau, V.; Réchauchère, O.; Rochette, P.; Vertes, F.; Veysset, P., eds. *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, rapport*. Paris: Inra, 413-460
- Langlais, A., 2014. Le lisier : fertilisant ou déchet ? Responsabilité et conséquences, *Revue de droit rural*, 423, comm. 112.
- Le Goffe, P.; Salanie, J., 2005. Le droit d'épandage a-t-il un prix? Mesure sur le marché foncier. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, (77): 35-63.)
- Legroux, J.-P.; Truchot, C., 2010. *Bilan de dix années d'application de la réglementation relative à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées : rapport de mission*. Paris: Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 33 p.
[Texte intégral](#)
- Lupton, S., 2007. Insurance regarding radical uncertainty: approaches in France and in Germany for sewage sludge land spreading. *International Journal of*

Agricultural Resources, Governance and Ecology, 6 (3): 378-392.

[Texte intégral](#)

Martinet, Y., 2011. Actualités des boues de stations d'épuration. *Revue de droit rural*, 4: p. 20.

Milieu Ltd; WRC; RPA; Gendebien, A., 2008a. *Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Draft Summary Report 1 Assessment of Existing Knowledge*. Brussels: European Commission, DG Environment, (DG ENV.G.4/ETU/2008/0076r.), 52 p. [Texte intégral](#):

Milieu Ltd; WRC; RPA; Gendebien, A., 2008b. *Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land. Draft Summary Report 2 Baseline Scenario, Analysis of Risk and Opportunities*. Brussels: European Commission, DG Environment, (DG ENV.G.4/ETU/2008/0076r.), 81 p. [Texte intégral](#)

Ministère de l'Ecologie de l'Energie du Développement durable et de l'Aménagement du territoire; Direction de l'Eau et de la Biodiversité, 2009. *Eléments de contexte et réglementation française relatifs à la valorisation des boues issus du traitement des eaux usées*. La Défense: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire 15 p. [Texte intégral](#)

Nicourt, C.; Giraud, J.-M., 2003. Qualification de déchets des boues de stations d'épuration et réorganisation de la filière, dans deux départements marqués par le moteur urbain. *Les Dossiers de l'environnement de l'INRA ("Agréde : Agriculture et épandage de déchets urbains et agro-industriels")*, 25: 125-138.

Nicourt, C.; Giraud, J.-M., 2005. De l'amendement agricole à l'épuration : le sort des vidanges dans l'assainissement parisien au XIX^e siècle. *International conference on Engineering for waste treatment*. Albi, France: 2005/05/17-19, 8.

Peterson C. (2001). Does your liability policy cover pollution? *Successful Farming*, 99, 1, B1.

Petitjean, S., 1996. Utilisation des déchets en agriculture. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 28: 116-117

Pibot, A., 1998. Le recyclage des sous-produits de l'épuration des eaux résiduaires urbaines en forêt méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*, XIX (1): 34-40

Robert, C., 2002. Epandage des boues en agriculture et statut du fermage. *Bulletin du Droit de l'Environnement Industriel*, n°1/2002: p. 6. ;

Roussel, F., 2010. La méthanisation agricole après la loi du 27 juillet 2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche. *Revue de droit rural*, 26: p. 72.

Roussel, P.; Roussel, F., 2012. *Freins au développement de la méthanisation dans le secteur agricole : rapport*. Paris: Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie; Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, (CGEDD N°008169-01-CGAAER N° 12025), 34 p. [Texte intégral](#)

SANDRE, 2004. *Présentation des données : Epandage de produits fertilisants*. Paris: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 91 p. [Texte intégral](#)

Shavell, S., 1986. The Judgment Proof Problem. *Internat. Rev. Law and Econ.*, 6: 45-58.

Strand, P.J., 1983. The inapplicability of traditional tort analysis to environmental risks - The example of toxic-waste pollution victim compensation. *Stanford Law Review*, 35 (3): 575-619. [Texte intégral](#)

Summers, J.S. (1983) The Case of the Disappearing Defendant. *U. Penn. Law Rev.* 132: 145- 85.

Van Lang, A., 2011. *Droit de l'environnement*. Paris: PUF (Thémis), 544 p.

Wertenschlag, B., 1998. L'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Aspects réglementaires et contractuels. *La Semaine Juridique Notariale et Immobilière*, 27 Mars 1998 (13): p. 497.

Section 1.3

SIAAP, 2011. Bilan de la campagne d'épandage 2010 des boues de Seine aval. Maisons-Laffite: SIAAP, Service public de l'assainissement francilien. [Texte intégral](#)

UNIFA, 2011. *Eléments des bilans soufre et azote et indicateur d'efficacité de l'azote minéral sur blé tendre*, étude réalisée par G. Marques Bortoletto, La Défense, UNIFA, 36 p

Section 1.4

Ademe; Couturier, C.; Brassat, T., 2005. Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois. Epandage en forêt. Angers: Ademe;Aguasol;Solagro, 7 p. [Texte intégral](#)

AFNOR, 2003a. Matériel agricole – Epandeurs de fumier – Protection de l'environnement – Prescriptions et méthodes d'essais. Paris: Association Française de Normalisation, 22 p.

AFNOR, 2003b. Matériel agricole – Epandeurs de lisier et dispositifs d'épandage – Protection de l'environnement – Prescriptions et méthodes d'essais pour la précision d'épandage. Paris: Association Française de Normalisation, 23 p.

Bailly, A.; Gautry, J.-Y.; Carnus, J.M.; Ben Brahim, M.; AFOCEL; ADEME, 2004. Etat de l'art sur l'épandage en forêts de boues de stations d'épuration urbaine et de boues de papeteries, (Marché AFOCEL-ADEME N° 99 75060), 72 p. [Texte intégral](#)

Carnus, J.M.; Thomas-Chery, A.L., 2007. Epandages expérimentaux de produits résiduaires sur parcelles boisées. Bilan et synthèse des expérimentations menées en France et recommandations techniques: Rapport ADEME/MAP, 84 pages + annexes.

Cedra, C., 1997. Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures. Anthony: Cemagref Editions (Collection Formagri), 343 p.

Chambre d'Agriculture de Bretagne, 2007. Les bonnes pratiques d'épandage du fumier. Rennes: Pôle Agronomie - Productions Végétales des Chambres d'Agriculture de Bretagne, 29 p. [Texte intégral](#)

Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, 2007a. Les bonnes pratiques d'épandage du lisier. Rennes: Pôle Agronomie - Productions Végétales des Chambres d'Agriculture de Bretagne, 34 p.

Ecodefi, 2011. Guide d'éco-conception des matériels d'épandage, 242 p. [Texte intégral](#)

Gueudet, A., 2012. Evaluation de la variabilité de la répartition et du dosage au cours de chantiers d'épandage en fonction de facteurs influant sur ces derniers. Livrable de l'action exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation » - Adapter et mettre en œuvre la méthodologie ACV au regard du poste fertilisation, 49 p.

Mazoyer, J., 2012. Etude du parc des matériels d'épandage de matière organique en France. Paris: MAAPRAT, 3 p.

Rousselet, M.; Mazoyer, J., 2006. Etude sur l'état des lieux des performances des épandeurs d'engrais organiques. Angers: Ademe, 60 p.

Thirion, F.; Chabot, F., 2003. Epandage des boues résiduaires et effluents organiques. Anthony: Cemagref Editions (Matériels et pratiques), 191 p.

Annexes 1 à 4

- ADEME, Etat des lieux et perspectives du recyclage des déchets issus du traitement des plumes et duvets en France, Rapport final, 2002
- Adler, E.; Eveillé, F., 2013. Tri mécano-biologique : l'enjeu des intrants à Angers Métropole. *TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural*, 108 (5): 24-28.
- Biomasse Normandie, 2002. Evaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités. Lot 3 : Effluents d'élevage, 56 p.
- Brison, C.; Perret, J.M.; Canler, J.P., 2010. Le séchage solaire des boues : État actuel de l'art et retours d'expérience CEMAGREF – Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse Document technique du FNDEA, 79 p.
[Texte intégral](#)
- CM International, 2002 – Evaluation des quantités actuelles et futures de sous-produits épandus sur les sols agricoles provenant des industries agroalimentaires – rapport final – avril 2002
- FranceAgriMer; 2012. L'observatoire national des ressources en biomasse. Evaluation des ressources disponibles en France. Montreuil-sous-Bois cedex: FranceAgriMer, *Les études de FranceAgriMer*, 92 p.
[Texte intégral](#)
- UNIFA (2011), *Eléments des bilans soufre et azote et indicateur d'efficacité de l'azote minéral sur blé tendre*, étude réalisée par G. Marques Bortoletto, La Défense, UNIFA, 36 p