

# Avant-propos

## Contexte de la demande d'expertise

**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 xx<sup>e</sup> 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 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 ainsi estimé 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, 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 « Élevage et azote » pour ce qui concerne les effluents d'élevage des régions à

forte concentration de productions animales (Peyraud *et al.*, 2014). 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 micro-organismes pathogènes. Ce type d'apports ne concerne pas les déchets d'origine industrielle ou ménagère.

## 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) (encadré p. 8) 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 les sols agricoles et forestiers, en envisageant ces effets, à court et à long termes, sur les plans agrono-

miques et environnementaux et en tenant compte des intérêts, des contraintes et des 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 présentes 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 de l'ESCO n'inclut 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 donné 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.

## 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 le but de fertiliser et/ou d'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 agroalimentaires, 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 (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.

## L'ESCo, principes et méthodes.

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.

### L'expertise scientifique en appui aux politiques publiques

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 devient en effet une nécessité dans les négociations internationales. Or, les connaissances scientifiques sont de plus en plus nombreuses, dispersées 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.

### La charte de l'expertise scientifique à l'Inra

Cette activité est encadrée par une charte qui 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 une 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 établit un état des lieux des connaissances scientifiques académiques dont sont extraits et assemblés les éléments répondant aux questions posées par les commanditaires. Les questions adressées à l'Inra, au CNRS et à Irstea sont énoncées dans un cahier des charges (annexe 1) qui est le résultat d'une itération entre les commanditaires et le groupe d'experts fixant les contours et le contenu du champ de l'expertise. Un comité de suivi, réuni à l'initiative des commanditaires, sert d'interface entre les experts et les commanditaires et veille au bon déroulement des travaux.

Les experts rédigent chacun une contribution faisant état des références bibliographiques utilisées. L'ensemble des contributions forme le rapport d'expertise qui est mis en ligne par les organismes de recherche en charge de la réponse (Inra, CNRS et Irstea). Les experts scientifiques sont responsables du rapport et des conclusions de l'ESCO.

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.

À ce jour, neuf 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 » et « Flux d'azote en élevage »\*.

\* Les différentes ESCo sont consultables sur le site de l'Inra à l'adresse suivante : [http://institut.inra.fr/liste/actualites/1513/\(iLimit\)/5/\(iLimit\)/5](http://institut.inra.fr/liste/actualites/1513/(iLimit)/5/(iLimit)/5)

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 des 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'eaux 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 :

- la nature des matières premières en amont des procédés de traitement et des Mafor ;
- 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...) ;
- les pratiques d'application au sol (mode, qualité et fréquence de l'épandage) ;
- les caractéristiques pédoclimatiques de la parcelle et plus généralement du milieu récepteur (depuis la parcelle où a lieu l'épandage jusqu'au bassin versant) ;
- le contexte socio-économique local (exploitation, collectivité, pays, mais également éventuels cahiers des charges définis par des filières) ;
- 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.

## Méthodes et portée de l'ESCO

**L'ESCO SE FONDE SUR LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE CERTIFIÉE**, ce qui explique que certains phénomènes, en particulier récents, ne puissent être renseignés, soit parce que les recherches disponibles ont été conduites dans des contextes trop éloignés des conditions observées en France, soit faute de travaux publiés dans les revues référencées dans les bases de données bibliographiques internationales (Web of Science pour l'essentiel). Ainsi, les Mafor utilisées de façon très anecdotique (par exemple les cendres, les biochars, les sédiments de dragage) sont très peu renseignées.

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 par l'équipe projet Inra. 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.

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 scien-

tifiques le plus complet possible des impacts liés à l'épandage de Mafor en agriculture et en forêt, à travers une approche pluridisciplinaire associant sciences du vivant et sciences économiques et sociales. Elle identifie également les problématiques peu renseignées et pour lesquelles les besoins de recherche semblent prioritaires.

## Présentation des chapitres

**L'OUVRAGE QUI SUIT EST STRUCTURÉ EN QUATRE CHAPITRES.** Dans un premier temps, sont examinés, dans le contexte français actuel, les modes d'usage des Mafor en agriculture et en forêt, les quantités disponibles et la provenance de ces différentes Mafor, ainsi que les règles régissant leur usage. On analyse ensuite plus spécifiquement les effets agronomiques (fertilisants et amendants) du recours aux Mafor, puis la nature et les devenir possibles des contaminants qu'elles contiennent. Enfin, un dernier chapitre propose une synthèse des recherches tentant d'établir la balance entre les effets positifs et les risques associés, ainsi qu'un premier bilan, plus qualitatif, des impacts positifs et négatifs des différentes Mafor utilisées en France, bilan que les experts tirent de la littérature scientifique spécifique.

Cet ouvrage ne mentionne pas les références bibliographiques mobilisées, qui figurent dans le rapport d'ESCO.