

19855



Les micro-polluants métalliques dans les boues résiduaires des stations d'épuration urbaines



19855



Agence de l'eau
Rhodan-Alpin



COLLECTION
Valorisation agricole
des boues d'épuration

CONNAÎTRE POUR AGIR
Guides et cahiers techniques

Ademe



Agence de l'Environnement
et de la Maitrise de l'Energie

ministère de l'agriculture et de la pêche

"Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau"



Institut National
de la Recherche Agronomique

Sommaire

JBS

AVANT-PROPOS	7
--------------	---

INTRODUCTION	9
--------------	---

1- LES MICRO-ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT	11
1-1/ TERMINOLOGIE	11
1- 1.1/ Les éléments minéraux dans l'environnement : métaux et métalloïdes	11
1-1.2/ Les éléments minéraux dans la croûte terrestre : éléments majeurs et éléments traces	11
1-1.3./ Les éléments minéraux dans le monde vivant : macro- et micro-éléments	12
1- 1.4/ Contamination et pollution	13
1-1.5/ Polluants	13
1-2/ CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE DES MICRO-ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT	13
1-3/ CONTRIBUTION DES BOUES RÉSIDUAIRES URBAINES AU CYCLE BIOGÉOCHIMIQUE DES MICRO-ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES	15

2- LES MICRO-POLLUANTS MÉTALLIQUES DANS LES BOUES RÉSIDUAIRES DES STATIONS D'ÉPURATION URBAINES	17
2-1/ ORIGINE	17
2-1.1/ Les micro-polluants métalliques dans les eaux usées urbaines	17
2-1.1.1 Sources	17
2-1.1.2/ Concentrations moyennes	19
2-1.1.3/ Etat des micro-polluants métalliques dans les eaux usées	19
2-1.2/ Destinée des micro-polluants métalliques au cours du traitement des eaux usées dans la station d'épuration	19
2-1.2.1/ Production des boues	19
2-1.2.2/ Traitement des boues obtenues	19
2-1.2.3/ Devenir des micro-polluants métalliques	20
2-1.2.4/ Concentrations moyennes dans les boues	20
2- 1.31 Effet des micro-polluants métalliques sur les processus intervenant lors de l'obtention et du traitement des boues	21
2-2/ LOCALISATION ET LIAISON DES MICRO-POLLUANTS MÉTALLIQUES DANS LES BOUES	21
2-2.1/ Localisation en fonction de la taille des particules	21
2-2.2/ Localisation et liaison en fonction de la nature des particules solides et du micro-polluant	23
2-2.3/ Localisation et liaison des micro-polluants en fonction du traitement subi par la boue	23

7- PRODUIRE DES BOUES PROPRES	71
7-1/ LE "TOUT À L'ÉGOUT" : UNE EXPRESSION MALHEUREUSE	71
7-2 / PRÉVENTION/SÉPARATION À LA SOURCE	71
7-3/ QUE FAIRE EN CAS DE BOUES CONTAMINÉES ?	75
7-4/ NOTION DE "BRUIT DE FOND"	76

ESSAI DE CONCLUSION	79
----------------------------	-----------

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	85
------------------------------------	-----------

ANNEXES	101
----------------	------------

FICHES	
Aluminium	107
Arsenic	113
Bore	119
Cadmium	125
Chrome	133
Cobalt	139
Cuivre	145
Fer	153
Manganèse	159
Mercure	165
Molybdène	171
Nickel	177
Plomb	185
Sélénium	193
Thallium	199
Zinc	203

Avant propos

Les recherches sur les micro-polluants métalliques dans les boues et leur comportement, une fois introduits dans les sols, ont été nombreuses depuis le début des années soixante-dix, non seulement en France grâce aux crédits de recherche alloués par le Ministère de l'Environnement et notamment son service Recherche, le SRETIE (devenu SRAE en 1994), mais également en Europe, dans le cadre du programme COST 68/681 (Coopération Scientifique et Technique) de la C.E.E. (*) sur "les boues de stations d'épuration et déchets agricoles liquides", qui a duré de 1972 à 1990. Ce programme a donné lieu à des rencontres fréquentes entre spécialistes de haut niveau dans différents pays, ainsi qu'à des actions de recherches coordonnées thématiques qui ont très sensiblement amélioré les connaissances en ce domaine.

Il est apparu indispensable de rassembler ces informations à la fois très riches, mais dispersées dans de nombreux articles scientifiques français et étrangers, rapports d'étude, actes de colloque ou de séminaire, centres de documentation, etc., pour en faire une synthèse directement utilisable par les ingénieurs et techniciens chargés de conseiller, d'encadrer ou de contrôler les opérations de valorisation agricole des boues résiduaires. Dans ce domaine également, le décalage reste trop important entre la recherche, qu'elle soit fondamentale ou finalisée, et la mobilisation de ses résultats par les opérateurs de terrain. En réalisant cette brochure, en co-financement avec le FNDAE/ Ministère de l'Agriculture, l'Ademe veut contribuer à réduire cet écart.

Depuis environ 1970, des équipes de l'INRA et plus particulièrement celle de la Station d'Agronomie du Centre de Bordeaux ont développé des travaux de recherche consacrés à l'étude du comportement, dans les sols et les végétaux des micro-polluants métalliques issus des boues résiduaires, des composts et des engrais. Bon nombre de ces travaux s'appuient sur l'exploitation d'expériences de longue durée conduites en plein champ : c'est ainsi, par exemple, que beaucoup de résultats obtenus par le laboratoire INRA de Bordeaux proviennent de dispositifs mis en place il y a plus de vingt ans. C'est d'ailleurs à l'équipe spécialisée de cette station que l'Ademe a confié la tâche un peu particulière de "vulgarisation scientifique"; mobilisation d'autant plus remarquable que les équipes de recherche sont surtout notées par le nombre de publications scientifiques de pointe, éditées de préférence en anglais dans des revues internationales.

L'Ademe remercie Christian Juste, Directeur de Recherche à l'INRA et Président de la Commission des matières fertilisantes et supports de culture au Ministère de

(*) Depuis le traité de Maastricht, il ne faut plus utiliser le terme de C.E.E mais d'Union Européenne. Toutefois pour bien nous faire comprendre des lecteurs, le terme CE E. sera encore utilisé dans ce texte.

l'Agriculture, pour sa contribution à l'élaboration et la réalisation de cette brochure. Le contenu de cette dernière fait en effet de larges emprunts aux travaux qu'il a conduits depuis vingt cinq années avec son équipe dans le domaine des micro-polluants métalliques. Ces travaux ne sont d'ailleurs que le prolongement logique des études réalisées dans le courant des années 1960 sur la toxicité du cuivre par J. Delas et sur celle de l'aluminium par C. Juste. Toute l'équipe de l'INRA doit également être associée à ces remerciements, car leur engagement dans la rédaction de cette brochure a été total. Les travaux des Centres INRA de Dijon, Grignon, Nancy et Versailles ont aussi été valorisés dans cette synthèse et un hommage reconnaissant doit être rendu à leurs auteurs.

A défaut d'être tout à fait satisfait par les informations apportées par ce document, le lecteur exigeant pourra se reporter à la bibliographie et procéder à une analyse plus fouillée sur tel ou tel point de son intérêt. Toutes les références indiquées sont consultables au Centre National de Documentation de l'Ademe à Angers, ouvert au public. Cette bibliographie est volontairement dense pour rassembler au maximum les travaux des vingt-cinq années passées et servir de base documentaire au développement de nouvelles recherches. En effet, ainsi que le lecteur pourra s'en rendre compte, un certain nombre de mécanismes demandent encore à être compris, même si les connaissances solides déjà disponibles permettent de cadrer avec sérénité les opérations de terrain.

I troduction

L'importance du rôle joué par les boues résiduaires urbaines dans les cycles biogéochimiques des micro-éléments minéraux est apparue notamment à l'occasion d'essais de longue durée en Angleterre au cours desquels des symptômes aigus de phytotoxicité, dus à des excès de métaux, de zinc en particulier, furent observés sur des cultures de légumineuses. Les eaux usées urbaines parvenant en tête des stations d'épuration ont en effet un contenu en micro-polluants métalliques très supérieur à celui caractérisant les eaux potables, les eaux de rivière ou l'eau de mer. Cette surcharge est provoquée par le déversement dans le "tout-à-l'égout" de toute une série d'effluents produits par diverses activités : domestiques, urbaines, commerciales, artisanales ou industrielles. Ainsi qu'il a été dit dans l'avant-propos, de nombreux travaux ont été publiés sur cette problématique au cours des vingt-cinq dernières années.

C'est avec plaisir que j'ai accepté la proposition de l'Ademe conviant la Station d'Agronomie INRA à réaliser un document de synthèse concernant les principaux résultats acquis dans le domaine des micro-polluants métalliques. Il s'agissait notamment de réunir les principales données sur :

- 1. l'importance relative des différents modes de contamination des agrosystèmes (fonds géochimique, retombées atmosphériques, apports liés à l'activité agricole, apports de boues,...) ;*
- 2. La spéciation et Le devenir des micro-polluants dans Les sols ;*
- 3. Les mécanismes et les facteurs influençant Les transferts sol-plantes, en relation avec La qualité des récoltes;*
- 4. La hiérarchie des principaux mécanismes de dispersion dans l'environnement (qualité des récoltes, de l'eau, risques pour La population,. . .) ;*
- 5. La signification et Les conditions d'utilisation des outils de diagnostic de l'état des systèmes (teneurs totales, mobilité, biodisponibilité,. . .) ;*
- 6. les différentes règles d'utilisation des boues,...*

En revanche, les aspects sur les transferts vers les animaux et la contamination de la chaîne alimentaire qui constitue une voie d'exposition pour l'homme ne font pas l'objet de cette synthèse. Quelques éléments d'information tirés de Smith (1988), Merian (1991) et National Research Council (1980) sont néanmoins fournis dans les fiches.

Ce travail revêtait d'autant plus d'importance pour la Station d'Agronomie qu'il a permis de faire le point des travaux conduits par Christian Juste durant sa carrière sur ce thème scientifique : toute l'équipe qui a participé à ce travail tient à

le remercier pour la patience et la passion dont il a fait preuve au cours de la réalisation du document.

Je tiens également à remercier les participants de l'Ademe, Jacques Wiart et Isabelle Feix, avec qui nos rencontres se sont avérées intéressantes et fructueuses. Tout au long de la réalisation de ce document, ils ont joué le rôle d'intermédiaires entre le monde de la recherche et celui du développement. Qu'ils soient assurés ici de l'excellent souvenir que nous garderons de nos réunions de travail. Enfin, je remercie l'Ademe pour son appui financier dans la réalisation de cet ouvrage qui, je l'espère, permettra aux lecteurs d'y trouver les réponses aux principales questions qu'ils sont ou seront amenés à se poser.

Cette brochure comprend un texte de synthèse organisé sur le modèle des cycles biogéochimiques : présence dans l'environnement, passage dans les eaux usées puis dans les boues, introduction dans les sols, et enfin devenir et transferts possibles dans les autres compartiments (notion de mobilité et de biodisponibilité). Une place assez importante est dévolue aux questions analytiques (échantillonnage et méthodes d'analyses) car le fait de travailler avec des traces nécessite une rigueur méthodologique accrue. Pour terminer, il a semblé utile de procéder à un large tour d'horizon de la réglementation en place dans les différents pays d'Europe, ainsi qu'aux Etats-Unis, pour d'autant mieux situer la pertinence des règles françaises ou relativiser toute règle en général.

La seconde partie de la brochure comporte un ensemble de 16 fiches correspondant à 16 micro-éléments métalliques qui figurent, pour la plupart d'entre eux, dans des textes réglementant l'emploi des produits qui les renferment : cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se) et zinc (Zn) (norme AFNOR NF U 44-041), les mêmes plus arsenic (As) et molybdène (Mo) (norme AFNOR NF U 44-051), les mêmes plus le thallium (Tl) et le cobalt (Co) pris en compte par les normes suisses OSOL 1987 et OSUBST 1992. On a ajouté, à la liste des éléments relevant de textes réglementaires l'aluminium (Al) et le fer (Fe) en raison de leur usage fréquent comme agent de floculation dans la filière de traitement des boues ainsi que le bore (B) et le manganèse (Mn) qui existent à concentration notable dans les boues et dont la fonction d'oligo-élément ne peut être ignorée.

Pierre Chassin
Directeur de la station d'Agronomie de Bordeaux, mars 1994.

Essai de conclusion proposé par l'Ademe

L'épandage des boues de stations d'épuration constitue l'une des voies de circulation des micro-éléments métalliques dans l'environnement. En raison des risques potentiels de toxicité, d'accumulation et de transfert dans la chaîne alimentaire qu'ils sont susceptibles d'engendrer, ils ont justifié depuis plus de vingt-cinq ans un effort de recherche important en France et en Europe (programme COST 68/681) ainsi que dans certains autres pays et notamment aux États-Unis. A l'issue de cette synthèse, la conclusion comprendra un bilan résumé des connaissances acquises et des points restant à approfondir, d'une part, et une réflexion critique sur la filière valorisation agricole des boues, basée sur les connaissances acquises vis-à-vis de la circulation des micro-polluants métalliques dans l'environnement, d'autre part.

1. BILAN RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES ACQUISES ET POINTS RESTANT À APPROFONDIR

1 - Dans les eaux usées, 45 à 70 % du plomb, du nickel, du cobalt, du zinc, du cuivre, du cadmium, du manganèse et du chrome se trouvent à l'état dissous dans la phase liquide. Une fraction non négligeable du chrome et du cuivre, mais surtout du zinc (40 %) et du fer (34 %), est également présente dans la matière solide décantable. Une partie enfin de ces éléments se trouve sous forme colloïdale (matière solide non décantable).

2 - Le traitement en station d'épuration capte 70 à 90 % de ces éléments, qui se retrouvent dans les boues d'épuration formées. L'efficacité de cette rétention dépend de la nature des métaux : d'une façon générale, le nickel et le manganèse sont moins facilement fixés, alors que le mercure est, la plupart du temps, retenu à plus de 90 % par la matière organique de la boue. La fixation des éléments a lieu majoritairement lors de la

production de boues biologiques de décantation secondaire, les boues primaires de décantation ne retenant que 25 à 30 % des micro-polluants parvenant en tête de station, voire moins de 5 % dans le cas du nickel. Le fractionnement granulométrique des boues montre que la quasi-totalité (> 90 %) des micro-polluants qu'elles renferment est localisée dans la fraction la plus grossière (fraction particulaire de dimension supérieure à 100 µm). La phase liquide des boues est extrêmement pauvre en éléments métalliques. L'expérience montre que la force de liaison entre métaux et fraction solide de la boue est fonction de la nature de l'élément mais aussi du type de traitement qu'a subi la boue au cours de la stabilisation, de son conditionnement ou de sa déshydratation. Ainsi, les traitements de digestion anaérobie (formation de sulfures insolubles), ainsi que les opérations de conditionnement par des polyélectrolytes, du chlorure ferrique ou de la chaux, et surtout le conditionnement thermique (procédé Porteous) diminuent fortement la mobilité des micro-polluants métalliques fixés sur les boues. Pour le cuivre, à l'inverse, l'élévation de pH liée à l'addition de chaux conduit à la mise en solution d'une partie importante de ce métal, vraisemblablement par dissolution de la matière organique sur laquelle il est fixé. En tout état de cause, il est important de noter que cette fixation sur les boues, aussi forte soit-elle, ne préjuge pas nécessairement de la mobilité ou de l'immobilisation future des micro-polluants métalliques une fois introduits dans le sol.

3 - Dans le sol, les micro-polluants métalliques se répartissent essentiellement dans la phase solide, la phase liquide ne représentant qu'un infime pourcentage de la totalité du polluant. La mise en oeuvre de méthodes chimiques d'extraction séquentielle permet de connaître sur quelle(s) composante(s) préférentielle(s) du sol se fixe tel ou tel micro-polluant : phase argileuse, oxyde de fer et de manganèse, et matière organique sont les principaux compartiments

saxons). Les mêmes principes sont défendus au Danemark où le phosphore indigène (déjections animales, déchets et sous-produits divers) doit être utilisé en priorité par rapport au phosphore importé.

3 - Refuser l'épandage, c'est aussi faire preuve d'une sévérité forte (unilatérale ?) vis-à-vis du flux de micro-polluants qui se produit, alors même qu'une mise en perspective permet de positionner et relativiser ce flux dans la circulation générale des micro-polluants métalliques au sein des écosystèmes. Rappelons que la contribution des boues résiduelles à la pollution cadmiée des sols est finalement assez modeste (2 à 5 %) alors que la contribution de la fertilisation minérale est de 54 à 58 % et celle de l'atmosphère de 39 à 41 %. L'examen de ces différents micro-éléments a aussi montré que, pour la plupart, ils participent aux cycles vitaux, et qu'à défaut, il existe une charge dans l'environnement en-deçà de laquelle leur maîtrise est plus coûteuse qu'utile. Même le meilleur des engrais ou des amendements organiques (le fumier de bovin par exemple) peut véhiculer une charge micro-minérale. A défaut de refuser l'idée de "circulation", plus important sans doute est de savoir dans quel système de contraintes cette circulation peut être permise et contrôlée. L'analogie avec les sciences microbiologiques est intéressante : les hygiénistes acceptent l'idée d'un "microbisme ambiant" et préconisent de vivre en équilibre dans ce microbisme plutôt que de créer un milieu stérile, véritable absurdité sanitaire car susceptible alors d'une re-contamination massive par un seul germe pathogène. Il serait tout aussi absurde de vouloir vivre dans un milieu ne comprenant pas de micro-élément métallique.

4 - Force est enfin de reconnaître que l'interdiction pure et simple des épandages poserait de gros problèmes financiers à la plupart des petites stations d'épuration (taille inférieure à 5 000 ou 10 000 éq. hab.), c'est-à-dire à la grande majorité des communes rurales. Elles seraient alors obligées de passer d'une filière boues liquides à une filière boues pâteuses ou déshydratées, ce qui suppose des investissements et des charges de fonctionnement importants, et d'assurer par ailleurs les coûts de transport et d'élimination dans une unité d'incinération. Sans préjuger ensuite de la difficulté et des coûts que pose l'élimination des cendres : leur "stabilisation" ou "inertage" avant mise en décharge.

5 - Quel "micro-métallisme" ambiant est alors acceptable ? Aucune réponse tranchée ne peut être donnée. Les connaissances acquises autorisent

cependant à accepter l'idée que le flux de micro-éléments métalliques induit par les épandages de boues reste écologiquement acceptable de différents points de vue (sols, eaux, récoltes, chaîne alimentaire) lorsque ces épandages sont parfaitement cadrés dans un système de contraintes : normes de rejets, normes de produits, code de bonnes pratiques, contrôles réglementaires.

Toutefois, la réflexion sur ce thème conduit aux trois considérations suivantes :

a . Poursuivre l'action sur la prévention des rejets à la source pour minimiser à sa plus faible valeur possible le flux de polluants.

La politique de prévention des rejets contaminants dans les eaux usées et dans l'atmosphère mérite d'être poursuivie avec application par la promotion des technologies propres, le développement des éco-produits et l'incitation réglementaire. Cette politique a déjà donné des résultats appréciables puisque dans des pays possédant des données sur de longues années (Royaume-Uni, Autriche), l'amélioration de la qualité des boues est particulièrement nette. En France, par exemple, les boues de la région parisienne (station d'Achères) ont vu leur teneur en cadmium baisser de 90 % par la mise en oeuvre d'une telle politique sur 15 ans. L'arrêté du 1er mars 1993 (J.O. 28/03/93) relatif en particulier aux rejets des installations classées soumises à autorisation renforce le dispositif réglementaire dans le sens d'une sévérité accrue des paramètres de rejets : les valeurs-limites de rejets dans un réseau collectif doivent désormais être les mêmes que pour un rejet dans le milieu naturel. Les rejets atmosphériques sont également pris en compte dans cet arrêté : leur importance vis-à-vis des retombées ultérieures sur les sols urbains et agricoles a été largement soulignée. Ainsi l'action réglementaire conforte les incitations à l'innovation technologique. Des efforts restent également à mener vis-à-vis des sources plus diffuses de rejets constituées par les petites entreprises commerciales, artisanales ou de service.

Des organisations de collectes séparées des produits spéciaux polluants (huiles usagées, solvants, bains spéciaux,...) doivent être promues chaque fois que nécessaire en liaison avec l'interprofession concernée et les entreprises spécialisées de récupération. De même, la création d'un réseau de déchetteries (mobiles le cas échéant en zone rurale) permet de récupérer auprès des

particuliers les produits toxiques qu'ils détiennent. L'expression un peu malheureuse de "tout-à-l'égout" mériterait de disparaître pour conseiller à l'inverse des pratiques de rejets sélectifs. La notion d'éco-produit trouve tout à fait sa place dans ce dispositif, puisqu'elle vise à concevoir des produits indemnes de contaminants ce qui supprime d'emblée le problème des rejets et de leur traitement.

Beaucoup plus difficile à maîtriser en définitive, même s'il renvoie en partie aux aspects évoqués ci-dessus, est le problème de la pollution pluviale (lessivage des toitures et de la voirie communale) qui comprend une charge minérale aux caractéristiques néfastes du point de vue de la qualité des boues. Dans la mesure du possible, le traitement séparé de ce flux serait souhaitable. Dans ce domaine toutefois on se heurte aux limites de ce qu'il est possible de faire sur un plan économique (coût des réseaux séparatifs).

La norme française NF U 44-041 (1985) assure une protection élevée des sols, des récoltes et des populations, comparativement à la réglementation des Etats-Unis, même si toutefois certains pays de la CEE (l'Allemagne, le Danemark et surtout les Pays-Bas) présentent des exigences supérieures. Il est important de constater que dans la grande majorité des stations d'épuration françaises, les teneurs mesurées en éléments-traces métalliques dans les boues sont assez nettement inférieures aux teneurs de référence de la norme NF U 44-041. Toute démarche-qualité en ce domaine ne devrait pas se contenter d'être juste en deçà des normes, mais plutôt se rapprocher des valeurs dites de "bruit de fond", c'est-à-dire celles observées en l'absence de tout rejet polluant manifeste dans le réseau. Cependant, un certain nombre de questions restent posées concernant :

- les teneurs maximales admissibles dans les sols qui interdisent parfois tout apport, même sur des sols n'ayant jamais reçu de boues. C'est notamment le cas du nickel où l'interdiction stricte d'épandage au-delà de $50 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ dans le sol peut apparaître non fondée scientifiquement et pose des problèmes localement très gênants dans une douzaine de départements de la bordure orientale de la France. Le raisonnement en métaux totaux dans le sol montre ici toutes ses limites. Des études seraient à mener pour clarifier cette question.

- les facteurs du milieu qui déterminent les voies de dispersion et d'exposition des populations pour aboutir

à une estimation plus objective des risques (forme des fonctions de transfert sol-plante, spéciation dans les boues et dans les sols, effet des pratiques culturales, devenir à long terme des micro-polluants métalliques après cessation des apports de boues,...).

b . Accepter d'agir de façon relative.

Les connaissances acquises au cours des vingt-cinq dernières années permettent de beaucoup mieux cadrer les risques liés aux transferts de micro-polluants métalliques. Dans le cas de boues propres et d'épandage bien gérés, respectueux de la réglementation, il a été montré qu'aucune contamination perceptible des plantes et des sols ne se produisait.

Pour autant, un certain nombre de mécanismes et phénomènes demandent à être explicités. Accepter l'épandage des boues, c'est aussi agir avec ces plages d'incertitude, et non de façon absolue. Cela suppose en corollaire la possibilité de modifier des conseils et des pratiques selon les nouveaux résultats produits par la recherche. Le cheminement de la réglementation des Etats-Unis (E.P.A.) témoigne ainsi de cette adaptation entre recherche et pratique, quitte d'ailleurs à assouplir des règles considérées finalement comme trop strictes dans une précédente version.

La Recherche cependant ne doit pas seulement raisonner sur des simulations ou expériences en laboratoire mais s'appuyer au maximum sur l'expérience et les données de terrain, avec la réserve que toutefois l'information de base soit facilement mobilisable pour des analyses et synthèses.

c . Nécessité de disposer d'un système d'informations.

La norme AFNOR NF U 44-041, depuis sa parution en 1985 et sa mise en application obligatoire en 1988, est de plus en plus largement respectée, tant dans le cadre des études de faisabilité que dans le suivi de terrain des opérations d'épandage. De nombreuses analyses de boues et de sols sont ainsi réalisées.

Les enquêtes menées par l'Ademe en 1992 sur le fonds géochimique des sols cultivés (Pailler, 1992) et par l'AGHTM sur les teneurs en micro-polluants métalliques des boues d'épuration françaises (Wiert et Verdier, 1994), ainsi que la rédaction du rapport Français à la CEE relatif à l'application de la Directive 88/278 du 12 juin 1986 (conformément à l'article 17

de cette Directive), ont montré que l'appareil statistique français était tout à fait déficient pour collecter, consolider et traiter les données produites sur le terrain. Ce constat est regrettable pour plusieurs raisons : il entrave une bonne connaissance de la situation et met la France en situation de faiblesse dans les discussions internationales. Surtout, une masse de données reste ainsi non valorisée par les centres de recherches, ce qui ralentit l'acquisition des connaissances et la vitesse d'adaptation de la réglementation à la vérité-terrain.

Sans attendre que des outils spécifiques et performants de "structure de données" soient proposés aux opérateurs de terrain (1), il importe que l'encadrement des opérations d'épandage se généralise à toute station valorisant les boues en agriculture, en adoptant les recommandations formulées par la circulaire du 7 juillet 1986 ainsi que les méthodes-qualités mises au point par les Missions de Valorisation Agricole des Déchets (MVAD) des Chambres d'agriculture et par les bureaux d'étude spécialisés en valorisation agricole des déchets.