

# Coûts de la filière d'utilisation agricole des boues d'épuration municipales

Michel Ferry<sup>1</sup> et Jacques Wiart<sup>2</sup>

*Ce document propose une analyse des coûts de fonctionnement des différentes étapes de la filière d'utilisation agricole des boues de stations d'épuration : traitement, stockage, travaux de reprise, transport et épandage, pratiques culturales spécifiques, études et suivis. Les données ont été obtenues à partir d'une enquête réalisée en 1998 sur 71 cas réels répartis sur le territoire français, choisis parmi des situations considérées comme optimales au regard des règles de l'art et de la réglementation actuelle. Les résultats sont présentés par types de filière et exprimés en € HT selon quatre expressions : par équivalent-habitant, par tonne de matière sèche, par tonne de matière brute et par mètre cube d'eau potable distribué. Ils permettent notamment d'évaluer l'importance des coûts de la « production des boues » par rapport à ceux des opérations liées au « recyclage agricole ».*

Les informations présentées ici sont tirées d'une étude ADEME-Cemagref, ayant pour objet l'évaluation des coûts de fonctionnement (amortissement des investissements et coûts d'exploitation) des filières de traitement et de recyclage agricole des boues de stations d'épuration de collectivités (Ferry et Wiart, 1999). Cette étude s'appuie sur une enquête réalisée en 1998 sur 71 cas réels répartis sur le territoire français, choisis parmi des situations considérées comme optimales au regard des règles de l'art et de la réglementation actuelle.

Les informations recueillies concernent les différentes étapes de la filière boues, la voie d'élimination retenue ici étant le recyclage en agriculture : traitement, stockage, reprise, transport, épandage, pratiques culturales spécifiques, études et suivis. Les principales filières ont été considérées (boues liquides, boues pâteuses et solides, chaulées ou non, boues sèches), ainsi que quelques situations plus particulières, telles que l'utilisation des boues de lagunage et le compostage. L'enquête a pris en compte des cas relativement variés dans la plupart des régions françaises, notamment en secteur de grandes cultures et plus marginalement, en zones de prairies, d'arboriculture fruitière et de viticulture.

## Méthodologie

L'enquête s'est déroulée en plusieurs phases avec envois de questionnaires et visites de sites. De nombreux acteurs de terrain ont été contactés : Missions-déchets des chambres d'agriculture, SATESE, bureaux d'études, municipalités, syndicats

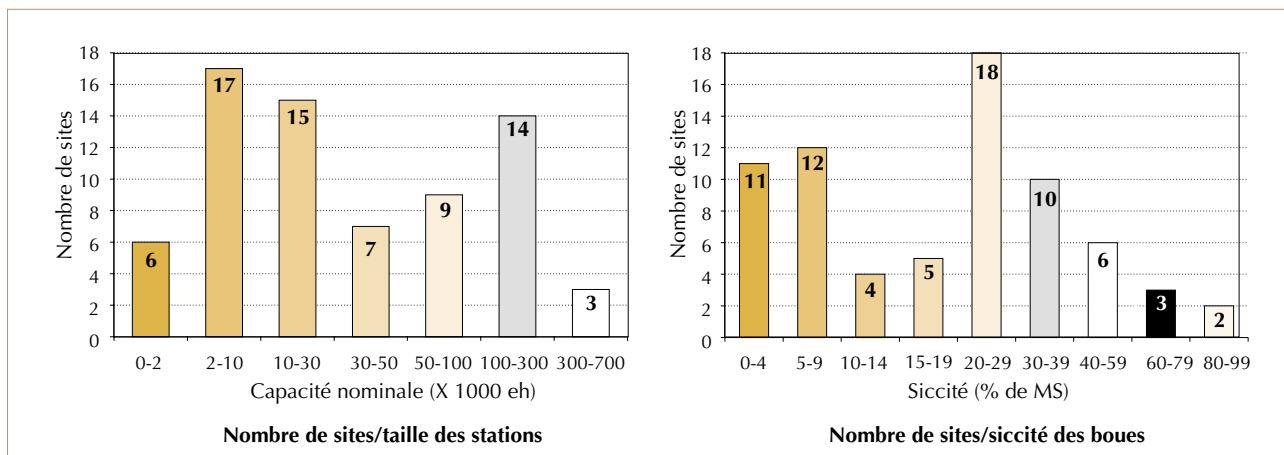
des eaux, exploitants de stations d'épuration, agriculteurs, entreprises d'épandage, etc. Les informations demandées concernaient les caractéristiques de la station d'épuration et de la filière boues, ainsi que les coûts d'investissement (génie civil, équipement, matériels, etc.) et d'exploitation (main d'œuvre, énergie, produits, services, etc.) des différentes étapes de la filière. Les graphiques de la figure 1 (p. 60) représentent la répartition des sites étudiés par tailles de stations (capacité nominale) et par types de boues (siccité).

À partir des éléments recueillis en bibliographie et sur les cas réels, une typologie des filières de traitement et de recyclage agricole des boues a été définie. Cinq étapes clés ont été considérées : 1) traitement ; 2) stockage ; 3) travaux de reprise, transport et épandage ; 4) pratiques culturales spécifiques ; 5) études et suivis. Vingt et un types de filières, appelés ici « filières-types », ont été retenus. Les filières-types ont été différenciées par l'état physique des boues et leur siccité, la taille de la station d'épuration, le type de traitement, le type de stockage et sa localisation.

Les résultats présentés sont des coûts annuels de fonctionnement, qui incluent donc l'amortissement des investissements et les coûts d'exploitation. Par contre ils ne prennent pas en compte les réductions éventuelles telles que les subventions ou les économies de fertilisants et d'amendements, les contextes locaux étant très diversifiés. Les coûts ont été établis en trois phases principales : coût de chaque étape sur les cas étudiés, coût moyen de ces étapes par type de filière et coûts globaux de

## Les contacts

1. Cemagref  
Parc de Tourvoie  
BP 44,  
92163 Antony Cedex  
2. ADEME  
10 rue des Émeraudes  
69006 Lyon



▲ Figure 1 – Répartition des sites étudiés par taille de stations et siccité des boues.

chaque type de filière par sommation des coûts moyens par étape. Afin de se situer dans le cas de figure le plus exigeant, l'évaluation des coûts tient compte notamment de la réglementation actuelle concernant les études et analyses et d'une durée de stockage des boues de neuf mois.

Les coûts de fonctionnement sont exprimés en € HT selon quatre expressions :

- par équivalent-habitant nominal (eh) ;
- par tonne (t) de matières sèches produites (MS) ;
- par tonne (t) de matières brutes produites (MB) ;
- par mètre cube (m<sup>3</sup>) d'eau potable distribué.

Le passage d'une unité à l'autre n'est pas le résultat de l'application de ratios théoriques, mais est effectué en utilisant les corrélations mises en évidence sur l'échantillon de sites étudiés, entre le nombre d'équivalents-habitants (valeur nominale), la quantité de matières sèches produites et le volume d'eau potable distribué (valeurs réelles). Le coût à la tonne de matières brutes est déduit du coût à la tonne de matières sèches par application du taux de siccité des boues.

### Coûts de fonctionnement par filière-type

Les résultats obtenus pour les quinze filières-types principales (n° 1 à 15) sont rassemblés dans des tableaux indiquant l'importance relative des coûts des différentes étapes, les coûts absolus des étapes

et les coûts totaux<sup>1</sup>. Ces derniers sont mentionnés avec et sans le traitement afin de différencier la « production des boues » du « recyclage agricole ». Les coûts de l'étape « pratiques culturales spécifiques » sont présentés à part, au paragraphe « Coûts des pratiques culturales spécifiques ».

### Filières boues liquides (filières-types n° 1 à 4)

Concernant les filières boues liquides (tableau 1) les éléments suivants peuvent être retenus :

– le coût du traitement représente 10 à 15 % du total dans le cas des boues liquides d'épaisseur et environ 55 % dans le cas des boues liquides égouttées (ou centrifugées) ;

– pour la filière-type n°1 (3 000 eh), caractéristique des situations rurales, les coûts totaux à la tonne de matières brutes<sup>2</sup> s'élèvent à 19,2 € HT/t MB et, les coûts hors traitement, à 16,3 € HT/t MB. Les opérations d'épandage et les études et suivis (dont analyses) représentent un coût de 8,7 € HT/t MB de charge « directe ». Le stockage est le poste qui pèse le plus lourd : 7,7 € HT/t MB. On notera le coût élevé à la tonne de matières sèches : 639,7 € HT avec traitement et 544,9 € HT hors traitement. Cette expression pénalise un peu artificiellement cette filière qui, en fait, est la seule accessible aux petites communes, compte tenu de leurs faibles capacités financières en investissement et fonctionnement ;

1. Dans les tableaux, certains totaux peuvent différer légèrement de la somme des valeurs de la colonne correspondante (imprécision sur le dernier chiffre) en raison des arrondis effectués à chaque niveau.

2. Pour les boues liquides, il est usuel de parler en mètre cube plutôt qu'en tonne de boues brutes, cependant cette dernière appellation a été retenue ici pour éviter les ambiguïtés entre m<sup>3</sup> de boues et m<sup>3</sup> d'eau potable distribué.

Coûts en € HT	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau
<b>Boues liquides (siccité 3 %), épaisseur statique ou hersé, silo sur la station</b>										
Filière-type n° 1 (3 000 eh)						Filière-type n° 2 (10 000 eh)				
Traitement	15	0,85	94,9	2,8	0,02	9	0,38	37,1	1,1	0,01
Stockage	40	2,30	255,2	7,7	0,06	41	1,65	160,3	4,8	0,05
Reprise, transport, épandage	28	1,59	176,2	5,3	0,04	33	1,34	130,6	3,9	0,04
Études et suivis	18	1,02	113,5	3,4	0,03	17	0,67	65,3	2,0	0,02
<b>Total hors traitement</b>	<b>85</b>	<b>4,90</b>	<b>544,9</b>	<b>16,3</b>	<b>0,14</b>	<b>91</b>	<b>3,66</b>	<b>356,3</b>	<b>10,7</b>	<b>0,10</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>5,76</b>	<b>639,7</b>	<b>19,2</b>	<b>0,16</b>	<b>100</b>	<b>4,04</b>	<b>393,4</b>	<b>11,8</b>	<b>0,11</b>
<b>Boues liquides égouttées (siccité 6 %), table d'égouttage (ou centrifugeuse), silo sur la station</b>										
Filière-type n° 3 (10 000 eh)						Filière-type n° 4 (20 000 eh)				
Traitement	54	2,52	244,9	14,7	0,07	54	2,12	191,2	11,5	0,06
Stockage	18	0,82	80,2	4,8	0,02	17	0,68	61,4	3,7	0,02
Reprise, transport, épandage	14	0,67	65,3	3,9	0,02	15	0,60	54,1	3,2	0,02
Études et suivis	14	0,67	65,3	3,9	0,02	14	0,53	48,1	2,9	0,02
<b>Total hors traitement</b>	<b>46</b>	<b>2,16</b>	<b>210,8</b>	<b>12,6</b>	<b>0,06</b>	<b>46</b>	<b>1,81</b>	<b>163,7</b>	<b>9,8</b>	<b>0,05</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>4,68</b>	<b>455,7</b>	<b>27,3</b>	<b>0,13</b>	<b>100</b>	<b>3,93</b>	<b>354,8</b>	<b>21,3</b>	<b>0,11</b>

– pour les filières-types n° 2, 3 et 4, et hors traitement, le coût à la tonne de matières brutes varie de 9,8 à 12,6 € HT. À la tonne de matières sèches, ce coût s'échelonne de 163,7 à 356,3 € HT et au mètre cube d'eau potable distribué, de 0,05 à 0,10 € HT.

### Filières boues pâteuses (filières-types n° 5 à 8)

Pour les filières boues pâteuses (tableau 2, p. 62), on peut noter les points suivants :

– le coût du traitement représente 45 à 50 % des coûts totaux pour les filières boues pâteuses non chaulées (n° 5 et 6) et environ 65 % pour les filières boues pâteuses chaulées (n° 7 et 8);

– à la tonne de matières sèches, les coûts totaux varient de 217,3 à 264,9 € HT si les boues ne sont pas chaulées (filières n° 6 et 5), et de 306,2 à 379,4 € HT avec chaulage (filières n° 8 et 7). Hors traitement, les coûts sont plus resserrés : de 106 à 137,2 € HT;

– à la tonne de matières brutes, hors chaulage et hors traitement, le coût représente 21,5 à 24,5 € HT (filières n° 6 et 5) ; le chaulage renchérisant ce coût de 5,0 à 9,8 € HT, soit un coût cumulé de 26,5 à 34,3 € HT (filières n° 8 et 7);

– au mètre cube d'eau distribué, le coût de fonctionnement hors chaulage est de 0,08 à 0,09 € HT (filières n° 6 et 5) ; il atteint 0,11 à 0,13 € HT avec chaulage des boues (filières n° 8 et 7);

– à l'équivalent-habitant, le coût hors chaulage est de 2,7 à 3,1 € HT ; avec chaulage le coût monte de 4,1 à 4,7 € HT.

### Filières boues solides (filières-types n° 9 à 12)

Le tableau 3 (p. 62) rassemble les coûts des filières boues solides :

– les coûts de fonctionnement, traitements inclus, varient de 290,9 à 487 € HT/t MS;

– hors traitements, ces mêmes coûts baissent fortement et se situent entre 95,9 et 157,8 € HT/t MS, soit un écart d'un facteur 3 avec les coûts précédents. Cela situe clairement le poids des « traitements » dans le bilan économique de ces filières : 67-68 % du total dans le cas des boues solides chaulées et 73 % dans le cas des boues solides digérées. Cependant il s'agit de grandes stations, obligeant inévitablement à une chaîne de traitements des boues assez sophistiquée ;

▲ Tableau 1 – Coûts de fonctionnement des filières boues liquides.

Coûts en € HT	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau
<b>Boues pâteuses (siccité 18 %), filtre à bandes ou centrifugeuse, plate-forme sur la station</b>										
Filière-type n° 5 (30 000 eh)					Filière-type n° 6 (50 000 eh)					
Traitement	49	1,49	128,9	23,2	0,04	45	1,20	98,2	17,7	0,03
Stockage	20	0,62	53,5	9,6	0,02	22	0,58	47,7	8,6	0,02
Reprise, transport, épandage	17	0,51	44,3	8,0	0,01	19	0,50	40,5	7,3	0,01
Études et suivis	14	0,44	38,1	6,9	0,01	14	0,38	31,1	5,6	0,01
<b>Total hors traitement</b>	<b>51</b>	<b>1,58</b>	<b>136,0</b>	<b>24,5</b>	<b>0,04</b>	<b>55</b>	<b>1,46</b>	<b>119,2</b>	<b>21,5</b>	<b>0,04</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3,07</b>	<b>264,9</b>	<b>47,7</b>	<b>0,09</b>	<b>100</b>	<b>2,67</b>	<b>217,3</b>	<b>39,1</b>	<b>0,08</b>
<b>Boues pâteuses chaulées (siccité 25 %), filtre à bandes ou centrifugeuse, chaulage, plate-forme sur la station, plate-forme extérieure et/ou dépôts de bord de champ</b>										
Filière-type n° 7 (50 000 eh)					Filière-type n° 8 (100 000 eh)					
Traitement	64	2,97	242,3	60,6	0,08	65	2,65	200,2	50,0	0,08
Stockage	9	0,42	34,3	8,6	0,01	9	0,38	28,9	7,2	0,01
Reprise, transport, épandage	19	0,88	71,8	17,9	0,02	17	0,70	53,0	13,2	0,02
Études et suivis	8	0,38	31,1	7,8	0,01	8	0,32	24,2	6,0	0,01
<b>Total hors traitement</b>	<b>36</b>	<b>1,68</b>	<b>137,2</b>	<b>34,3</b>	<b>0,05</b>	<b>35</b>	<b>1,41</b>	<b>106,0</b>	<b>26,5</b>	<b>0,04</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>4,66</b>	<b>379,4</b>	<b>94,9</b>	<b>0,13</b>	<b>100</b>	<b>4,06</b>	<b>306,2</b>	<b>76,6</b>	<b>0,11</b>

▲ Tableau 2 – Coûts de fonctionnement des filières boues pâteuses.

Coûts en € HT	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau
<b>Boues solides chaulées (siccité 35 %), filtre-pressé (conditionnement à la chaux), plate-forme sur la station, plate-forme extérieure et/ou dépôts bord de champ</b>										
Filière-type n° 9 (50 000 eh)					Filière-type n° 10 (200 000 eh)					
Traitement	68	4,04	329,3	115,2	0,11	67	2,79	195,0	68,2	0,08
Stockage	8	0,50	41,0	14,4	0,01	10	0,41	28,8	10,1	0,01
Reprise, transport, épandage	18	1,05	85,7	30,0	0,03	17	0,70	49,0	17,2	0,02
Études et suivis	6	0,38	31,1	10,9	0,01	6	0,26	18,1	6,3	0,01
<b>Total hors traitement</b>	<b>32</b>	<b>1,94</b>	<b>157,8</b>	<b>55,2</b>	<b>0,05</b>	<b>33</b>	<b>1,37</b>	<b>95,9</b>	<b>33,6</b>	<b>0,04</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>5,98</b>	<b>487,0</b>	<b>170,5</b>	<b>0,17</b>	<b>100</b>	<b>4,16</b>	<b>290,9</b>	<b>101,8</b>	<b>0,12</b>
<b>Boues solides digérées (siccité 35 %), digesteur, centrifugeuse (+ chaulage), plate-forme sur la station, plate-forme extérieure et/ou dépôts bord de champ</b>										
Filière-type n° 11 (100 000 eh)					Filière-type n° 12 (200 000 eh)					
Traitement	73	4,34	327,9	114,8	0,12	73	3,64	254,7	89,1	0,10
Stockage	8	0,46	34,5	12,1	0,01	8	0,41	28,8	10,1	0,01
Reprise, transport, épandage	14	0,84	63,3	22,1	0,02	14	0,70	49,0	17,2	0,02
Études et suivis	5	0,32	24,2	8,5	0,01	5	0,26	18,1	6,3	0,01
<b>Total hors traitement</b>	<b>27</b>	<b>1,62</b>	<b>122,0</b>	<b>42,7</b>	<b>0,05</b>	<b>27</b>	<b>1,37</b>	<b>95,9</b>	<b>33,6</b>	<b>0,04</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>5,96</b>	<b>449,9</b>	<b>157,5</b>	<b>0,17</b>	<b>100</b>	<b>5,02</b>	<b>350,6</b>	<b>122,7</b>	<b>0,14</b>

▲ Tableau 3 – Coûts de fonctionnement des filières boues solides.

Coûts en € HT	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau
<b>Boues sèches (siccité 95 %), digesteur, centrifugeuse, sécheur thermique, silo métallique sur la station, plate-forme extérieure et/ou dépôts bord de champ</b>										
Filière-type n° 13 (200 000 eh)					Filière-type n° 14 (500 000 eh)					
Traitement	76	4,28	299,4	284,5	0,12	70	2,76	174,2	165,5	0,08
Stockage	7	0,41	28,8	27,3	0,01	10	0,38	24,1	22,9	0,01
Reprise, transport, épandage	12	0,70	49,0	46,6	0,02	14	0,56	35,6	33,8	0,02
Études et suivis	5	0,26	18,1	17,2	0,01	5	0,21	13,5	12,8	0,01
<b>Total hors traitement</b>	<b>24</b>	<b>1,37</b>	<b>95,9</b>	<b>91,1</b>	<b>0,04</b>	<b>30</b>	<b>1,16</b>	<b>73,2</b>	<b>69,5</b>	<b>0,03</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>5,66</b>	<b>395,3</b>	<b>375,6</b>	<b>0,16</b>	<b>100</b>	<b>3,92</b>	<b>247,4</b>	<b>235,0</b>	<b>0,11</b>

– à la tonne de matières brutes, les coûts hors traitement varient de 33,6 à 42,7 € HT, voire même 55,2 € HT pour la station de 50 000 eh (filière n° 9). Ce dernier coût est assez élevé en raison de la relative « petite taille » de station, mais les boues produites (de filtre-pressé) sont de bonne tenue en tas, ce qui est apprécié par les techniciens de terrain pour leurs facilités de stockage et de reprise ;

– lorsque l'on inclut les coûts de traitement, le surcoût de ce type de matériel est gommé par l'effet de taille : pour les stations de 200 000 eh, la filière n° 10 (avec filtre-pressé) est moins coûteuse que la filière n° 12 (avec centrifugeuse et digesteur). Au mètre cube d'eau potable distribué, les coûts totaux se situent entre 0,12 et 0,17 € HT et à l'équivalent-habitant, ils atteignent 4,2 à 6 € HT.

### Filières boues séchées (filières-types n° 13 à 15)

À la lecture du tableau 4, relatif aux filières boues séchées thermiquement, les observations suivantes peuvent être émises :

– le poids du poste « traitement » devient relativement important (70 à 76 % du coût total) ;

– les ratios concernant les coûts totaux restent raisonnables (3,9 à 5,7 € HT à l'équivalent-habitant, 247,4 à 395,3 € HT à la tonne de matières sèches et 0,11 à 0,16 € HT au mètre cube d'eau distribué), cependant, ils ne traduisent pas l'importance des investissements initiaux (1,5 à 2,3 millions d'euros) et du budget annuel global (1,9 millions d'euros dont 1,4 millions pour le traitement, pour une station de 500 000 eh) qui ne peuvent être supportés que par des grosses collectivités ;

– les coûts à la tonne de matières brutes sont très élevés (235,0 à 375,6 € HT) en raison de la forte réduction de volume (siccité de 95 %) qui « con-

centre » les coûts sur des quantités brutes relativement faibles.

La filière boues de lits de séchage (tableau 5) est propre aux petites stations rurales. Les coûts sont plus faibles que ceux de la filière boues liquides pour la même taille de station (filière n° 1). Seuls les coûts à la tonne de matières brutes sont importants (200,7 € HT) en raison de la siccité élevée des boues (50 %).

### Autres cas (filières-types n° 16 à 21)

Des données concernant des filières plus particulières ont été recueillies : lagunage, lits filtrants plantés de roseaux et compostage. Compte tenu du faible nombre de cas réels étudiés pour ces types de filière, la représentativité des valeurs est limitée. Pour le lagunage (filière-type n° 16) et les lits plantés de roseaux (filière-type n° 17), seules les opérations d'évacuation des boues (hors amortissement des installations) ont été considérées : curage des bassins, reprise, transport et épandage des boues, études et suivis.

▲ Tableau 4 – Coûts de fonctionnement des filières boues séchées thermiquement.

▼ Tableau 5 – Coûts de fonctionnement des filières boues solides de lits de séchage.

Coûts en € HT	% du total	Par eh	Par t MS	Par t MB	Par m <sup>3</sup> d'eau
<b>Boues solides (siccité 50 %), lits de séchage, plate-forme sur la station</b>					
filière-type n° 15 (3 000 eh)					
Traitement	38	1,36	150,8	75,4	0,04
Stockage	21	0,75	83,0	41,5	0,02
Reprise, transport, épandage	14	0,49	54,2	27,1	0,01
Études et suivis	28	1,02	113,5	56,7	0,03
<b>Total hors traitement</b>	<b>62</b>	<b>2,26</b>	<b>250,7</b>	<b>125,3</b>	<b>0,06</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3,61</b>	<b>401,4</b>	<b>200,7</b>	<b>0,10</b>

Les coûts totaux de ces opérations (ramenés à l'année) pour ces deux filières (stations de 500 eh) sont respectivement : 1,9 et 2,4 € HT/eh, 253,4 et 319,3 € HT/t MS, 15,2 et 31,9 € HT/t MB, 0,05 et 0,07 € HT/m<sup>3</sup> d'eau distribué.

Les coûts du compostage de boues indiqués ci-après concernent la seule fabrication du compost ; collecte (boues, co-produits), mélange, fermentation, criblage, stockage (boues, co-produits, compost) :

– concernant le compostage de boues liquides sur station de 10 000 eh (filière n° 18), les coûts sont de 6,4 € HT/eh, 622 € HT/t MS, 18,7 € HT/t MB et 0,18 € HT/m<sup>3</sup> d'eau distribué ;

– concernant le compostage de boues pâteuses sur stations de 50 000 à 250 000 eh (filières n° 19,

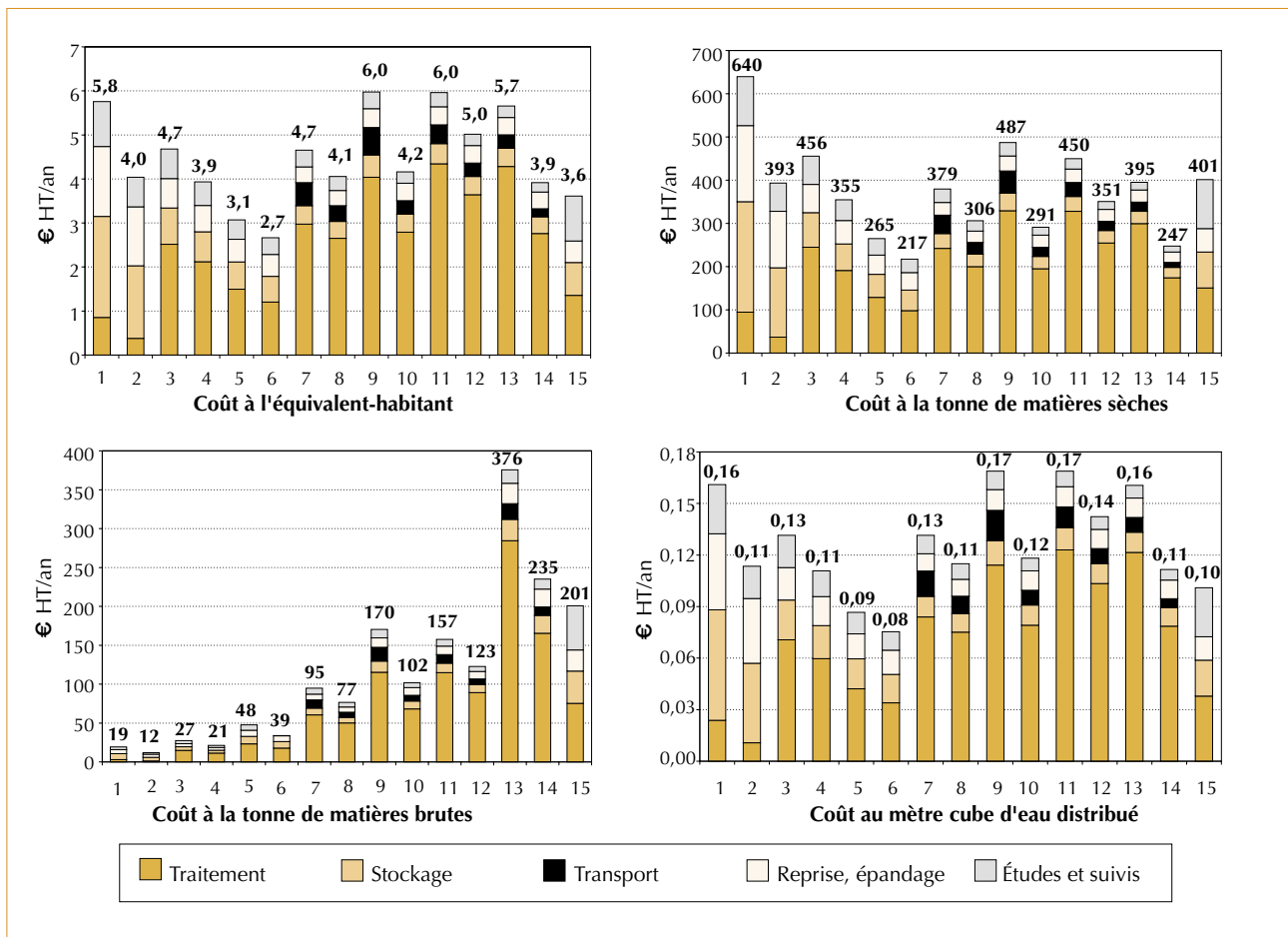
20 et 21), les coûts s'échelonnent de 4,5 à 3,1 € HT/eh, de 365,3 à 214,1 € HT/t MS, de 73,1 à 42,8 € HT/t MB et de 0,13 à 0,09 € HT/m<sup>3</sup> d'eau distribué.

Pour déterminer le coût d'une filière agricole incluant le compostage, il faudra additionner ces coûts à ceux du traitement préalable des boues et des opérations liées au recyclage agricole.

### Comparaison entre les principales filières-types

Les figures 2 et 3 représentent les coûts de fonctionnement pour les quinze filières-types principales (n° 1 à 15) dans les quatre unités considérées. Les graphiques<sup>3</sup> de la figure 2 prennent en compte

▼ Figure 2 – Coûts de fonctionnement en € HT pour les filières-types n° 1 à 15 (traitement inclus).



3. La valeur indiquée au-dessus de chaque barre d'histogramme représente la somme des coûts des opérations ; il est à noter que des valeurs égales peuvent être associées à des barres d'histogramme de hauteurs légèrement différentes en raison des arrondis effectués.

l'ensemble des étapes, alors que ceux de la figure 3 se limitent aux opérations de recyclage agricole (coûts hors traitement).

Les graphiques de la figure 2 mettent en évidence notamment :

– l'impact des coûts de traitement sur les coûts totaux des filières, particulièrement élevés pour les filières boues pâteuses chaulées, solides et séchées thermiquement (filières n°7 à 14) ;

– pour un même type de boues, la diminution des coûts lorsque la taille de la station augmente, par économies d'échelle ;

– à l'équivalent-habitant, à la tonne de matières sèches et au mètre cube d'eau potable distribué, le coût élevé dans le cas de la filière boues liquides (n°1) en raison de la petite taille de station ;

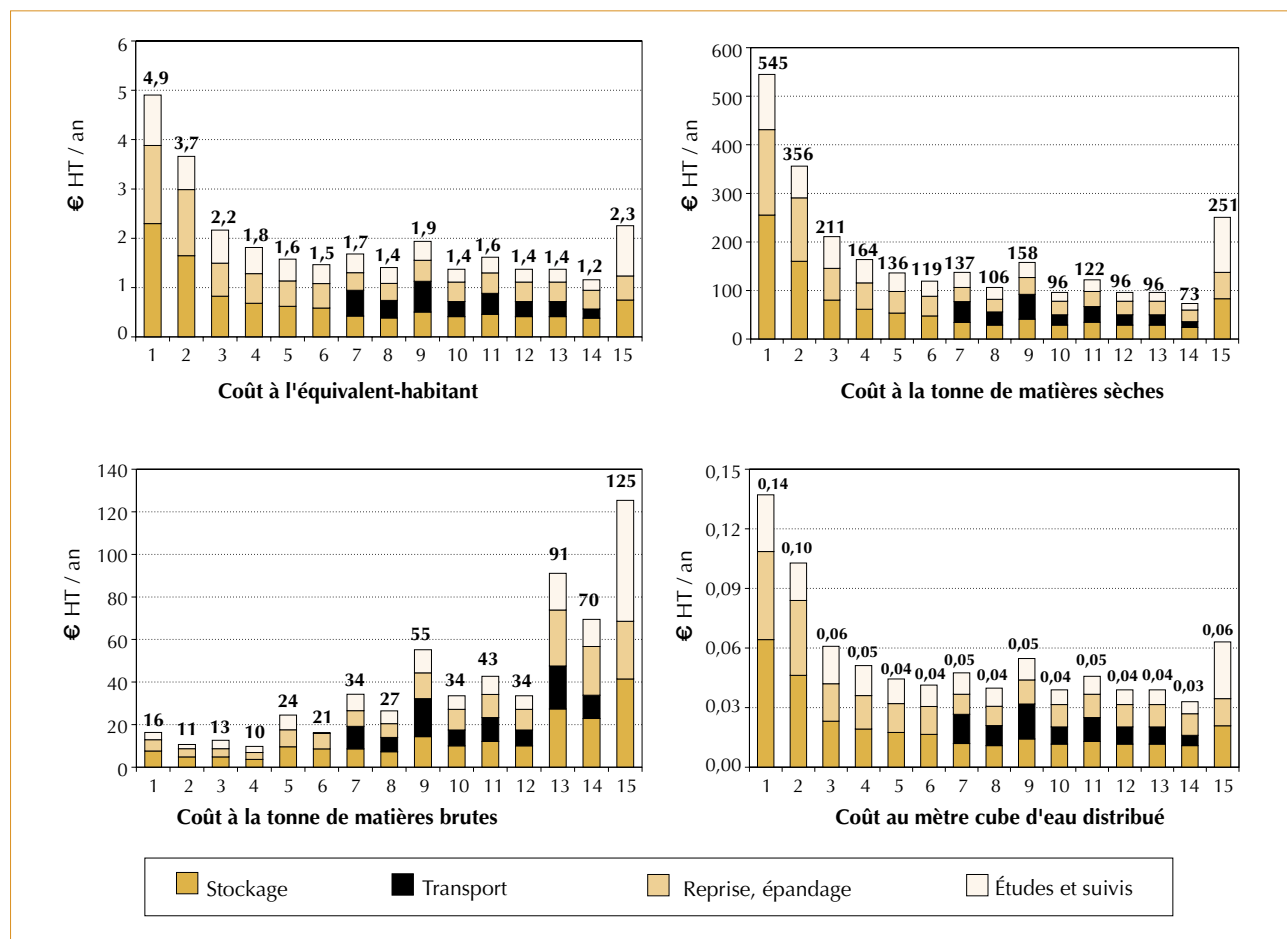
– à la tonne de matières brutes, la forte amplitude des coûts due à la large gamme de siccité des boues (3 à 95 %), les ratios étant d'autant plus importants que les boues sont déshydratées.

Concernant le recyclage agricole (figure 3), les observations principales suivantes peuvent être faites :

– les coûts à l'équivalent-habitant, à la tonne de matières sèches et au mètre cube d'eau potable distribué ont tendance à diminuer en fonction de la taille de station (économies d'échelle) ;

– à la tonne de matières brutes, plus les boues sont déshydratées, plus les ratios sont élevés ; le coût de la filière boues de lits de séchage (n°15) étant le plus fort en raison de la conjugaison de deux facteurs pénalisants, petite taille de station et petite quantité de boues brutes.

▼ Figure 3 – Coûts de fonctionnement en € HT du recyclage agricole pour les filières-types n° 1 à 15.



## Précisions concernant le recyclage agricole des boues

Les tableaux et graphiques des paragraphes précédents présentent les coûts par étape, les coûts totaux et les coûts hors traitement, ces derniers étant assimilés aux coûts du recyclage des boues. Cependant, il est souvent bien malaisé ou arbitraire de déterminer avec exactitude le point où se termine le « traitement » et où commence le « recyclage agricole ». De même des différences d'appréciation subsistent concernant la prise en compte ou non de certaines opérations dans le recyclage agricole.

Ce paragraphe tente de préciser ces aspects, en distinguant notamment des opérations d'épandage agricole au sens strict (travaux de reprise, transport et épandage, études et suivis) et des opérations dites « complémentaires » (chaulage, stockage et pratiques culturales) à considérer ou non selon les cas.

### Opérations directement liées à l'épandage agricole

Les « travaux de reprise, transport et épandage » et les « études et suivis » sont regroupés ici sous l'appellation « épandage contrôlé des boues », ces opérations faisant incontestablement partie du recyclage agricole.

#### TRAVAUX DE REPRISE, TRANSPORT ET ÉPANDAGE

Concernant l'étape « reprise, transport et épandage », les coûts mentionnés dans cette étude comprennent le montant des prestations de service réalisées par les entreprises, les locations et les coûts de l'utilisation des matériels spécifiques achetés par les collectivités. Ces derniers ont été calculés à partir des informations recueillies sur les sites (coûts d'acquisition, types de matériels et durées d'utilisation) et des barèmes du Bureau de coordination du machinisme agricole (BCMA, 1998).

Deux cas principaux ont été considérés pour l'organisation de ces travaux, suivant la taille des stations et l'état physique des boues :

- les parcelles d'épandage sont situées à proximité (moins de 10 km) de la station d'épuration (taille inférieure à 50 000 eh, zone plutôt rurale) et les boues sont liquides, pâteuses ou solides de lits de séchage ; les opérations sont réalisées avec les mêmes matériels sans rupture de charge ;
- les parcelles sont plus éloignées de la station (taille égale ou supérieure à 50 000 eh, zone plutôt urbaine)

et les boues sont pâteuses chaulées, solides (digérées et/ou chaulées) ou sèches ; elles sont reprises sur la station, transportées sur des distances moyennes à grandes (plusieurs dizaines de kilomètres), dépotées en bord de champ ou sur des sites aménagés proches des parcelles, puis reprises à nouveau, éventuellement transportées sur de petites distances (inférieures à 10 km) et enfin épandues.

Dans les deux cas, les coûts concernent donc les travaux de reprise, de transport (sur petites distances) et d'épandage des boues ; dans le second, ils comprennent une opération supplémentaire de transport (avec reprise préalable sur la station).

#### ÉTUDES ET SUIVIS

Le coût de l'étape « Études et suivis » intègre le coût des études préalables (par l'intermédiaire de l'amortissement) et le coût du suivi annuel des épandages, ainsi que les frais d'analyses de boues et de sol. Les résultats prennent en compte, notamment, les spécifications de la réglementation concernant les études et les analyses (décret de décembre 1997 et arrêté de janvier 1998).

### Opérations complémentaires

S'il n'y a pas d'équivoque concernant les deux étapes précédentes, d'autres peuvent être considérées comme faisant partie ou non (selon les contextes locaux, selon les acteurs de la filière, selon les auteurs d'études, etc.) du recyclage agricole. C'est le cas du chaulage, du stockage des boues et des pratiques culturales spécifiques.

#### ÉLÉMENTS DE COÛTS DU CHAULAGE DES BOUES

Le chaulage est une opération de traitement des boues qui permet leur stabilisation (maîtrise des nuisances olfactives) et leur hygiénisation. Il améliore également leur valeur agronomique par apport de calcium (caractéristique particulièrement appréciée par les agriculteurs des régions à sols acides) et constitue, de ce point de vue, une composante du recyclage agricole. Le chaulage concerne les boues pâteuses ou solides déshydratées sur filtre à bandes ou centrifugeuse (« post-chaulage » à la chaux vive) et les boues solides de filtre-pressé (conditionnement à la chaux éteinte avant déshydratation).

Les informations recueillies sur le traitement des boues n'ont pas été suffisamment détaillées pour calculer directement le coût du chaulage (ce n'était pas l'objet de l'étude initiale) ; par contre, il a été possible de déterminer quelques valeurs concernant le post-chaulage des boues pâteuses. Elles ont été



obtenues par différence entre les coûts de traitement de filières boues pâteuses chaulées et de filières boues pâteuses non chaulées. L'évaluation, réalisée à partir de données réelles recueillies sur un échantillon de neuf stations d'épuration, permet de proposer une fourchette de coûts moyens pour des stations de 30 000 à 50 000 eh (tableau 6).

Ces résultats sont partiels mais permettent cependant de mesurer l'impact relatif du choix du chaulage pour une filière du type boues pâteuses, le coût se révélant être du même ordre de grandeur que celui de l'ensemble des travaux de reprise, transport et épandage pour cette même catégorie de boues (tableau 2, p. 62).

#### STOCKAGE DES BOUES

Le stockage est une étape essentielle dans la mise en œuvre d'une filière d'utilisation agricole des boues. Il assure une double fonction :

- régulation des flux entre la production de boues (tout au long de l'année) et leur épandage (saisonnier) ;
- gestion des fluctuations de la composition des boues.

La durée du stockage est définie en fonction des pratiques agricoles locales. L'ouvrage doit être conçu de manière à ce que sa capacité soit suffisante pour adapter la disponibilité des boues aux deux grandes périodes d'épandage observées en France :

- mars à mai, avant implantation de cultures de printemps (maïs, tournesol, etc.) ;
- août à octobre, après récolte et avant implantation de cultures d'hiver (par exemple, céréales, colza).

Afin de se situer dans le cas de figure le plus exigeant, l'évaluation des coûts a été effectuée en considérant une autonomie de stockage de neuf mois.

#### COÛTS DES PRATIQUES CULTURALES SPÉCIFIQUES

Cette étape est souvent considérée comme faisant partie des pratiques culturelles habituelles et ainsi, n'est pas comptabilisée dans l'évaluation des coûts du recyclage agricole. Cependant, l'épandage des boues n'est pas forcément facile à intégrer dans le calendrier des travaux de l'agriculteur (d'où l'utilité d'une capacité de stockage suffisante). Sur certains sites, les pratiques culturelles spécifiques sont prises en charge (partiellement ou complètement) par

	€ HT/eh	€ HT/t MS	€ HT/t MB	€ HT/m <sup>3</sup>
<b>Boues pâteuses chaulées, siccité 25 % (stations de 30 000 à 50 000 eh)</b>	0,87 à 0,70	75,3 à 57,8	18,8 à 14,5	0,024 à 0,020

la collectivité : achat de matériels mis à la disposition des agriculteurs, fourniture de semences pour les cultures « pièges à nitrates », indemnisation des travaux effectués.

▲ Tableau 6 – Coûts de fonctionnement du chaulage des boues pâteuses.

Ces coûts ont été déterminés à partir des données réelles sur quelques sites, des barèmes d'utilisation des matériels agricoles du Bureau de coordination du machinisme agricole (BCMA, 1998) et d'informations fournies par quelques conseillers ou Missions-déchets de chambres d'agriculture.

Deux grands types de pratiques ont été considérés : pour l'enfouissement des boues, un coût de 45,7 € HT/ha a été retenu et pour les cultures intermédiaires, un coût de 91,5 € HT/ha (sur un tiers des surfaces en moyenne). Le coût total se situe donc à 76,2 € HT/ha. Sur la base de 3 ha épandus pour 1 000 eh (moyenne sur l'échantillon étudié), les coûts de cette étape sont récapitulés dans le tableau 7.

	€ HT/eh	€ HT/t MS	€ HT/t MB	€ HT/m <sup>3</sup>
<b>Pratiques culturelles spécifiques (stations de 3 000 à 500 000 eh)</b>	0,23	19,2	5,7	0,006

#### Récapitulatif des coûts des opérations liées au recyclage agricole

▲ Tableau 7 – Coûts de fonctionnement des pratiques culturelles spécifiques.

Le tableau 8 récapitule les coûts moyens des différentes opérations pouvant être rattachées au recyclage agricole (stations de 3 000 à 500 000 eh ; excepté pour le chaulage, stations de 30 000 à 50 000 eh).

	€ HT/eh	€ HT/t MS	€ HT/t MB	€ HT/m <sup>3</sup>
<b>Reprise, transport, épandage (1)</b>	0,79	68,1	17,1	0,022
<b>Études et suivis (2)</b>	0,48	43,5	10,5	0,013
<b>Épandage contrôlé des boues (1+2)</b>	1,26	111,7	27,6	0,036
<b>Chaulage des boues pâteuses</b>	0,79	66,5	16,6	0,022
<b>Stockage</b>	0,72	66,0	12,9	0,020
<b>Pratiques culturelles spécifiques</b>	0,23	19,2	5,7	0,006

▲ Tableau 8 – Coûts moyens de fonctionnement des opérations liées au recyclage agricole.

## Conclusion

Les coûts moyens du traitement et du recyclage agricole, calculés à partir des quinze filières-types principales considérées dans cette étude sont présentés au tableau 9.

Ces valeurs montrent l'importance du coût du traitement des boues (en moyenne 55 % du total de la filière) par rapport au recyclage agricole. Le prix moyen de l'eau (CIEAU, 1999) étant voisin de 2,44 € HT/m<sup>3</sup> (16 F HT/m<sup>3</sup>), le coût de l'ensemble de la filière représente donc 5,2 % de ce prix, la part du recyclage agricole se situant à 2,3 % (stockage inclus) et à 1,5 % pour les opérations d'épandage contrôlé (reprise, transport, épandage, études et suivis).

Il est important d'insister sur le fait que les valeurs ci-dessus sont des moyennes de coûts de filières très diversifiées (stations de 3 000 à 500 000 eh ; boues liquides, pâteuses, solides et sèches). Elles sont donc à considérer comme des ordres de grandeur, sachant que les coûts peuvent être très différents (écarts des ratios de 1 à 3) selon les types de filières et les contextes locaux. De plus, les résultats de cette étude correspondent à un contexte méthodologique spécifique auquel il convient de se référer avant toute comparaison, qu'il s'agisse d'autres études ou d'autres filières.



► Tableau 9 – Récapitulatif des coûts moyens du traitement et du recyclage agricole, calculés à partir des quinze filières-types principales considérées dans cette étude.

Coût HT			
Par eh nominal	Par t MS produite	Par t MB produite	Par m <sup>3</sup> d'eau distribué
<b>Traitement des boues : épaissement et/ou déshydratation</b>			
2,49 € (16,4 F)	197,9 € (1 298 F)	73,0 € (479 F)	0,07 € (0,46 F)
<b>Épandage contrôlé : reprise, transport, épandage, études et suivis</b>			
1,26 € (8,3 F)	111,7 € (732 F)	27,6 € (181 F)	0,04 € (0,23 F)
<b>Recyclage agricole : épandage contrôlé + stockage des boues</b>			
1,98 € (13,0 F)	177,7 € (1 166 F)	40,5 € (266 F)	0,06 € (0,37 F)
<b>Total filière boues : traitement des boues + recyclage agricole</b>			
4,48 € (29,4 F)	375,6 € (2 464 F)	113,4 € (744 F)	0,13 € (0,83 F)

## Résumé

Cette étude, réalisée à partir d'une enquête nationale menée en 1998 sur 71 situations réelles (tailles de station de 400 à 650 000 équivalents-habitants ; boues liquides, pâteuses, solides, sèches, compostées), a permis de recueillir les coûts d'investissement et d'exploitation des différentes étapes de la filière agricole : traitement, stockage, reprise, transport, épandage, pratiques culturales, études et suivis. Les résultats montrent l'importance relative du coût du traitement (en moyenne 55 % du coût total de la filière). Hors traitement, le coût du recyclage agricole (amortissement des investissements inclus), comprenant le stockage des boues et les opérations d'épandage contrôlé, s'élève à : 1,98 € HT/eh (13 F), 177,7 € HT/t MS (1 166 F) ; 40,5 € HT/t MB (266 F) et 0,06 € HT/m<sup>3</sup> (0,37 F) d'eau potable distribué. Ces valeurs sont des indications moyennes, les coûts pouvant être très différents selon les types de filières et les situations locales.

## Abstract

This study is based on a survey carried out in 1998 on 71 full scale waste water treatment plants in France (ranging from 400 to 650 000 equivalent-inhabitants; liquid, pasty, dry, limed and composted sludges). The collected information deals with investment and operating costs of the various stages of the sewage sludge disposal procedures: treatment, storage, handling, transport, application, specific cultural practices, studies and management. The results put forward the relative importance of the cost of sludge treatment (55 % of the total cost, in average). Without sludge treatment, the costs directly related to agricultural use (provisions for depreciation included), with storage and operations of controlled land application, amount to: 1,98 tax-free €/equivalent-inhabitant, 177,7 tax-free €/t dry matter, 40,5 tax-free €/t wet sludge and 0.06 tax-free €/m<sup>3</sup> drinking water. Behind these average values, there is however a great variability in the cost of different types of sludge disposal procedures.

## Bibliographie

- FERRY, M., WIART, J., 2001, Analyse économique des épandages de boues d'épuration municipales, *Colloque national Cemagref-ADEME « Logistique des épandages des effluents d'élevage, des boues de stations d'épuration et des déchets industriels » Vichy-Montoldre 8-9 octobre 2001*, Actes du colloque, p. 123-130.
- ADEME, 2001, *Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture*, Dossier documentaire ADEME, Direction de l'agriculture et des bioénergies, réf. ADEME éditions n° 3832, 58 p. et fiches annexes.
- BARBE, J., BROCHETON, D., KOCKMANN, F., WIART, J., 2001, *Les boues chaulées des stations d'épuration municipales, production, qualité et valeur agronomique*, Brochure de la collection « Valorisation agricole des boues d'épuration », ADEME Éditions réf. n° 3831, 224 p.
- FERRY, M., WIART, J., 2000, Les coûts de traitement et de recyclage agricole des boues d'épuration urbaines, *Revue TSM (Techniques Sciences Méthodes)*, n° 9, septembre 2000, p. 117-135.
- CABINET ARTHUR ANDERSEN ET AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, 1999, *Audit environnemental et économique des filières d'élimination des boues d'épuration, Synthèse partielle : analyse économique*, Étude Arthur Andersen/Agences de l'eau, 49 p. + annexes.
- CIEAU, 1999, *Le prix du service de l'eau*, Brochure du Centre d'information sur l'eau, 13 p.
- FERRY, M., WIART, J., 1999, *Les coûts de traitement et de recyclage agricole des boues d'épuration urbaines*, Étude Cemagref-ADEME, Brochure de la collection « Valorisation agricole des boues d'épuration », ADEME Éditions réf. n° 3444, 206 p.
- AGENCES DE L'EAU ET ENVIRO-CONSULT, 1998, *Note de synthèse : analyse des coûts d'exploitation des stations d'épuration des collectivités*, étude de faisabilité, Étude inter-agences, 17 p.
- BCMA, 1998, *Coût prévisionnel indicatif 1998 des machines agricoles*, Brochure du Bureau de coordination du machinisme agricole, 20 p.
- BERNARD, J.-P., MORO, S., 1998, *Étude économique des filières d'élimination des boues*, Éco-Agri, Chambre d'agriculture de l'Aube, p. 29-41.
- BINOT, P., 1998, *Incidence des filières d'épandage, de co-incinération et d'incinération sur le prix de l'eau*, Extrait des textes des conférences des journées d'études « Les boues des stations biologiques », Salon Pollutec, 3 p.
- LABAQUERE, H., 1998, Quelques coûts d'exploitation de filières de valorisation des boues, *AGHTM, 78<sup>e</sup> congrès, Dijon 11-14 mai 1998*, p. 177-181.
- SEDE ET AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE, 1998, *Coût des filières recyclage agricole, Simulation et coût des filières alternatives*, Volet financier, 40 p.
- WIART, J., 1993, *Les différents procédés de stockage des boues d'épuration avant valorisation en agriculture*, Brochure de la collection « Valorisation agricole des boues d'épuration », ADEME Éditions, réf. 1846, 124 p. + annexes.