

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**REVUE DES FILIERES DE TRAITEMENT/VALORISATION
DES BOUES**

**CRITERES DE CHOIX D'UNE FILIERE ADAPTEE
ET ARBRE DE DECISION ASSOCIE**

**SURVEY OF OPTIONS AVAILABLE IN THE
TREATMENT/VALORISATION OF SLUDGE**
**SELECTION CRITERIA OF APPROPRIATE OPTIONS AND
ASSOCIATED DECISION TREE**

septembre 2007

B. DE CAEVEL, M. DE VOS - RDC-Environnement
J.-P. CHABRIER - Enviro-Consult
O. POLLET



Crée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles. Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

En Bibliographie, le document dont est issue cette synthèse sera cité sous la référence :

RECORD, Revue des filières de traitement/valorisation des boues – Critères de choix d'une filière adaptée et arbre de décision associé, 2007, 194 p, n° 05-0132/1A.

RESUME

Cette étude fournit aux détenteurs de boues urbaines et industrielles les éléments de décision permettant le choix (de la ou) des filières de traitement / valorisation les mieux adaptées à leurs spécificités (caractéristiques des boues, taille des installations, technicité requise, type de débouchés, coûts approximatifs, etc.). Plus particulièrement, cette étude fournit :

- 1 un inventaire original des boues en France avec leurs caractéristiques
- 2 un résumé des principales législations applicables
- 3 un état de l'art détaillé des procédés existants et en cours de développement (une fiche par procédé)
- 4 un arbre décisionnel sous format Excel pour guider les décideurs

L'inventaire a été réalisé en collectant les données les plus récentes auprès des Agences de l'eau (boues urbaines) et auprès des industriels des principaux secteurs (boues industrielles), et en les complétant par des données de la littérature. Cet inventaire original est le plus complet existant actuellement pour la France.

L'analyse législative est essentiellement une présentation succincte des principales législations applicables, mais sans caractère d'exhaustivité ni de profondeur.

Les fiches de procédés concernent 18 procédés de pré-traitement, de traitement, de valorisation et d'élimination. Elles ont été réalisées par des experts du domaine et contiennent une description, une discussion des domaines d'application, des avantages et inconvénients, une estimation des intervalles de coûts ainsi qu'une discussion de la fiabilité du procédé (références).

L'outil Excel demande à l'utilisateur les principales caractéristiques des boues à traiter (quantité, siccité, présence de polluants, teneur en matière organique) et du contexte local (proximité d'installations de traitement existantes) et fournit en réponse la liste des combinaisons de procédés possibles ainsi que les raisons pour lesquelles les procédés exclus ne s'appliquent pas et des suggestions pour les rendre applicables (regroupement pour atteindre le volume critique...).

MOTS CLES

Boues, inventaire, France, traitement, outil, aide à la décision

Contexte

La bibliographie dans le domaine du traitement des boues est abondante (cf. par exemple les études Record n° 95-0112/1A, et 99-0217/1A), mais nécessite, cependant, un travail d'actualisation et de synthèse raisonnée, en relation avec la possibilité de mettre en place un processus de décision quant au choix d'une filière appropriée. Ainsi, la grande variabilité des origines, des compositions, des caractéristiques physiques, physico-chimiques et biologiques des boues et la diversité de leurs charges polluante et/ou pathogène, impose le développement d'un outil d'aide à la décision. Il concerne le choix raisonné de la filière de traitement à retenir, dans un contexte nécessaire de viabilité économique, de réglementations et d'acceptabilité environnementale et du public.

Objectif et plan de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de fournir aux détenteurs de boues les éléments de décision permettant le choix (de la ou) des filières de traitement les mieux adaptées à leurs spécificités (caractéristiques des boues, taille des installations, technicité requise, type de débouchés, coûts approximatifs, etc.). Plus particulièrement, cette étude vise à l'établissement:

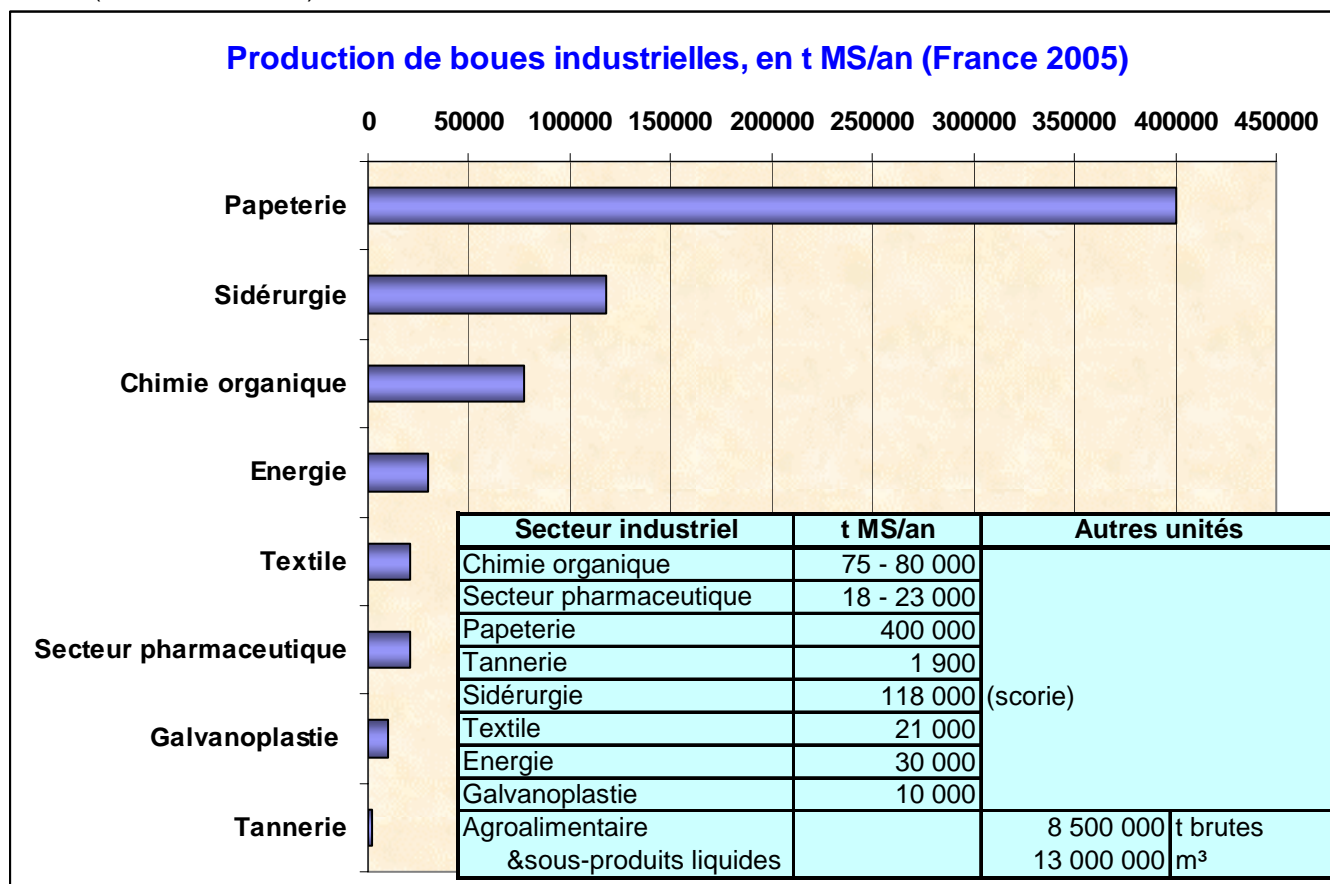
1. d'un inventaire des boues en France avec leurs caractéristiques
2. ainsi qu'un état de l'art détaillé des procédés existants et en cours de développement, concernant le traitement et la valorisation des boues urbaines et industrielles, et ce,
3. en vue de créer un arbre décisionnel à fournir aux décideurs.

Les aspects technico-économiques (domaine d'application, coûts et pérennité des coûts) sont les plus importants mais ils sont complétés par une analyse sommaire de la réglementation, des impacts environnementaux et des risques sanitaires.

Exposé des principaux résultats obtenus

Inventaires

Pour les *boues industrielles*, les quantités annuelles produites en France sont données dans le tableau suivant (données de 2005).



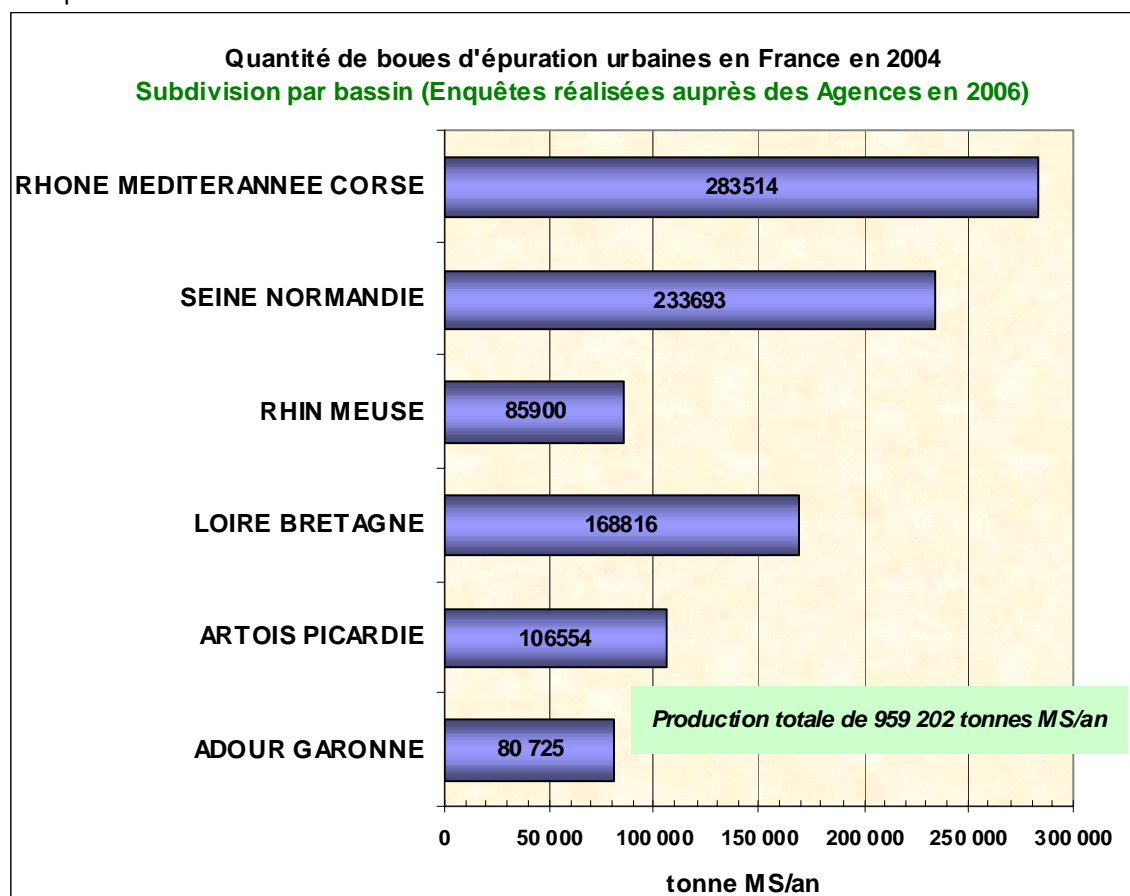
Les quantités totales précises ne sont pas connues car pour les boues de l'industrie agroalimentaire, la teneur en matières sèches (MS) est trop mal connue. L'ordre de grandeur est 1 million de tonnes de MS par an.

Pour les *boues urbaines*, le nombre de STEP, leur capacité de traitement et les quantités annuelles produites en France sont données dans le tableau suivant (données de 2004).

	Enquête 2006 - chiffres pour 2004					
	Nombre de STEP, production de boues urbaines en t MS/an et capacité de traitement en France (répartition par bassin)					
	Nombre total de STEP	Nombre STEP sans production de boues (lagunages, boues activées, disques biologiques, filtre plante, filtre à sable, etc ...)		Nombre STEP avec production de boues	Production de boues (t MS/an)	Capacité de traitement (millions EH)
		Total	dont le lagunage			
ADOUR GARONNE	2941	1867	33	1074	80725	7,8
ARTOIS PICARDIE	445	98	96 (110075 EH)	347	106554	6,45
LOIRE BRETAGNE	5498	3512	2308 (1463883 EH)	1986	168816	22,7
RHIN MEUSE	571	+ - 70	faible	environ 500	85900	4,2
SEINE NORMANDIE	2439	676	594 (302352 EH)	1763	233693	22,4
RHONE MEDITERANNEE CORSE	4837	3 123	908 (543060 EH)	1714	283514	23,9
TOTAL/MOYENNE	16731	+ - 9350		environ 7300	959202	87,45

Capacité totale: 87 millions EH

On remarque que les quantités produites sont du même ordre de grandeur que les boues industrielles. La répartition entre les bassins est donnée dans le tableau suivant



Environ 60% des boues urbaines sont épandues, 20% sont incinérées et 20% mises en CSDU.
La quantité totale de boues industrielles et urbaines à traiter est donc de l'ordre de 2 Mt de MS par an.

Procédés de pré-traitement, de traitement et d'élimination des boues

Les principaux procédés sont :

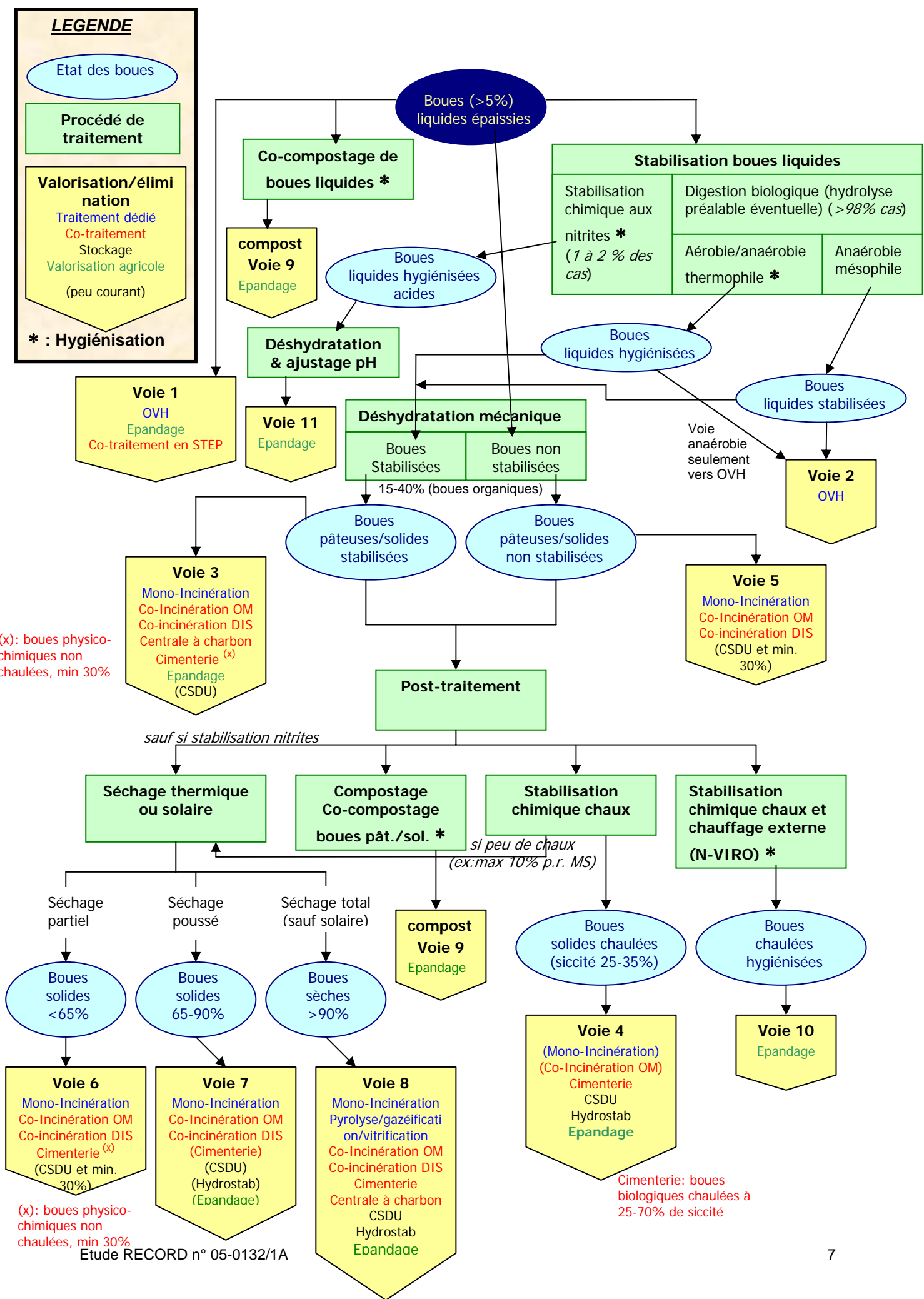
Liste des procédés de traitement des boues	
Procédé d'augmentation de siccité	
	Déshydratation mécanique
	Séchage thermique
	Séchage solaire
Boues liquides	
	Digestion anaérobie (hydrolyse au préalable) thermophiles ou mésophile
	Digestion aérobie thermophiles (boues biologiques)
	Oxydation par voie humide
	Co-compostage de boues liquides
	Stabilisation chimique aux nitrites
	Epandage de boues liquides
Boues pâteuses et solides	
	Stabilisation chimique à la chaux
	Chaulage avec chauffage externe pour hygiénisation
	Hydrostab (couverture de décharge après mélange avec cendres volantes)
	Compostage dédié ou co-compostage
	Mono incinération
	Co-incinération avec OM/DIS
	Cimenterie
	Centrale à charbon
	Gazéification
	Pyrolyse
	Vitrification
	Epandage de boues pâteuses et solides
Elimination	
	Stockage en CSDU

Pour chacun de ces procédés, les données suivantes ont été collectées :

- ✓ Type de boue pour le procédé
- ✓ Etat physique de la boue en entrée du procédé (siccité)
- ✓ Qualité des boues/résidus en sortie
- ✓ Degré de développement du procédé
- ✓ Capacités commerciales (ordre de grandeur)
- ✓ Principales difficultés et limitations du procédé
- ✓ Consommation d'énergie
- ✓ Ordre de grandeur coûts-types
- ✓ Cadre législatif applicable

Séquençage des procédés

L'arbre général de décision suivant présente les séquences de procédés possibles pour les boues organiques. Cet arbre a été traduit en outil Excel pour permettre une utilisation plus aisée.



Outil d'aide à la présélection d'une chaîne de traitement

Un outil sous format Excel a été développé. Il demande un certain nombre d'informations clés dans la présélection des procédés :

- ✓ Production annuelle
- ✓ Siccité
- ✓ Présence métaux lourds et CTO (épandage)
- ✓ Teneur en matières organiques
- ✓ Stabilité
- ✓ Teneur en chlore
- ✓ Teneur en polluants traces (cimenterie)
- ✓ Composés traces organiques (CTO) à détruire

Sur cette base, l'outil élimine les procédés qui ne conviennent pas et donne la liste des séquences possibles de procédés (séquence = augmentation de la siccité si nécessaire puis traitement et éventuellement élimination). L'outil développé ne donne pas une réponse unique en fonction d'une analyse multicritère quantitative mais une guidance pour la décision grâce aux fiches de renseignements techniques, aux critères d'exclusion, de présélection et de contexte local.

Pour les procédés qui n'ont pas été retenus, l'outil explique les raisons pour lesquelles les procédés exclus ne s'appliquent pas et donne des suggestions pour les rendre applicables (ex : regroupement pour atteindre le volume critique, demande de dérogation pour dépassement de normes, ...).

Les grandes options sont :

- ✓ traitement centralisé ou décentralisé
- ✓ séchage ou non
- ✓ traitement destructif (thermique, OVH) ou valorisation matière, voire pas de valorisation du tout (mise en centre de stockage)

Conclusions

1. La production annuelle de boues industrielles et urbaines est de l'ordre de 2 millions de tonnes (exprimées en matière sèche), à peu près également réparties entre boues industrielles et boues urbaines. Un inventaire original a été réalisé.
2. Environ 60% des boues urbaines sont épandues, 20% sont incinérées et 20% mises en CSDU.
3. De nombreux procédés de (pré-)traitement existent et en général plusieurs solutions s'offrent au détenteur de boues. Si des outils existants sont disponibles dans un rayon raisonnable (50 à 300 km selon les procédés), c'est souvent la meilleure solution d'un point de vue économique.

EXTENDED ABSTRACT

This study provides a number of elements to help decision-makers select the right options with respect to the treatment and valorisation of urban industrial and sludge, while considering the specific sludge characteristics, and taking into account technical factors, such as the size of facilities, the technical level required, possible outlets, approximate cost... More specifically, this study provides:

- 1 A new inventory of French sludge sources and their characteristics,
- 2 A summary of the main laws and regulations, as applicable in France,
- 3 A detailed state of the art of available and processes and of those under development,
- 4 A decision tree (Excel format) to guide decision makers in their choices.

This inventory has been carried out by collecting the most recent data from French Water Agencies (urban sewage sludge) and from the main industrial sectors (industrial sludge) and by completing these with literature data. This new inventory is currently the most complete for France.

A summary of the main laws and regulations, as applicable in France, briefly presents the most common applicable rules, without being exhaustive.

Data sheets deal with pretreatment, treatment, valorisation and elimination of sludge according to the 18 processes selected. They were compiled by experts and feature a description, a discussion of field of application, advantages and disadvantages of each process, a range of costs estimation and a discussion on processes feasibility, with references.

An Excel tool allows the user to introduce the main relevant sludge characteristics (quantities, dry matter content, presence of pollutants, organic matter content) and data on the local context (proximity of existing facilities). As a result, the Excel tool provides a list of different feasible process combinations, as well as the reasons why some other processes are not being considered as well as some advice in order to render these other processes more appropriate (e.g. collection of larger amounts of sludge to achieve a critical volume...).

KEY WORDS

Sludge, inventory, France, treatment, tool, decision making

Context

The literature available already in the field of sludge treatment is quite extensive (for example, it was addressed already in the earlier Record studies n° 95-0112/1A, and 99-0217/1A). However, an update and summarising were required, taking into account the purpose of implementing a decision-making process and to choose an appropriate treatment option.

Thus the wide range of sludge sources and compositions, of physical, chemical and biological characteristics of the sludge, as well as differences in pollutants and pathogens content should be considered carefully, while being involved in the development of a decision making tool. This tool, developed to assist decision makers in choosing the most interesting treatment option, will also consider economic viability, regulations, as well as public and environmental acceptance.

Purpose and structure of the study

The main purpose of the study is to provide a number of elements to help decision-makers select the right options with respect to the treatment and valorisation of urban industrial and sludge, while considering the specific sludge characteristics, and taking into account technical factors, such as the size of facilities, the technical level required, possible outlets, approximate cost... More specifically, this study provides:

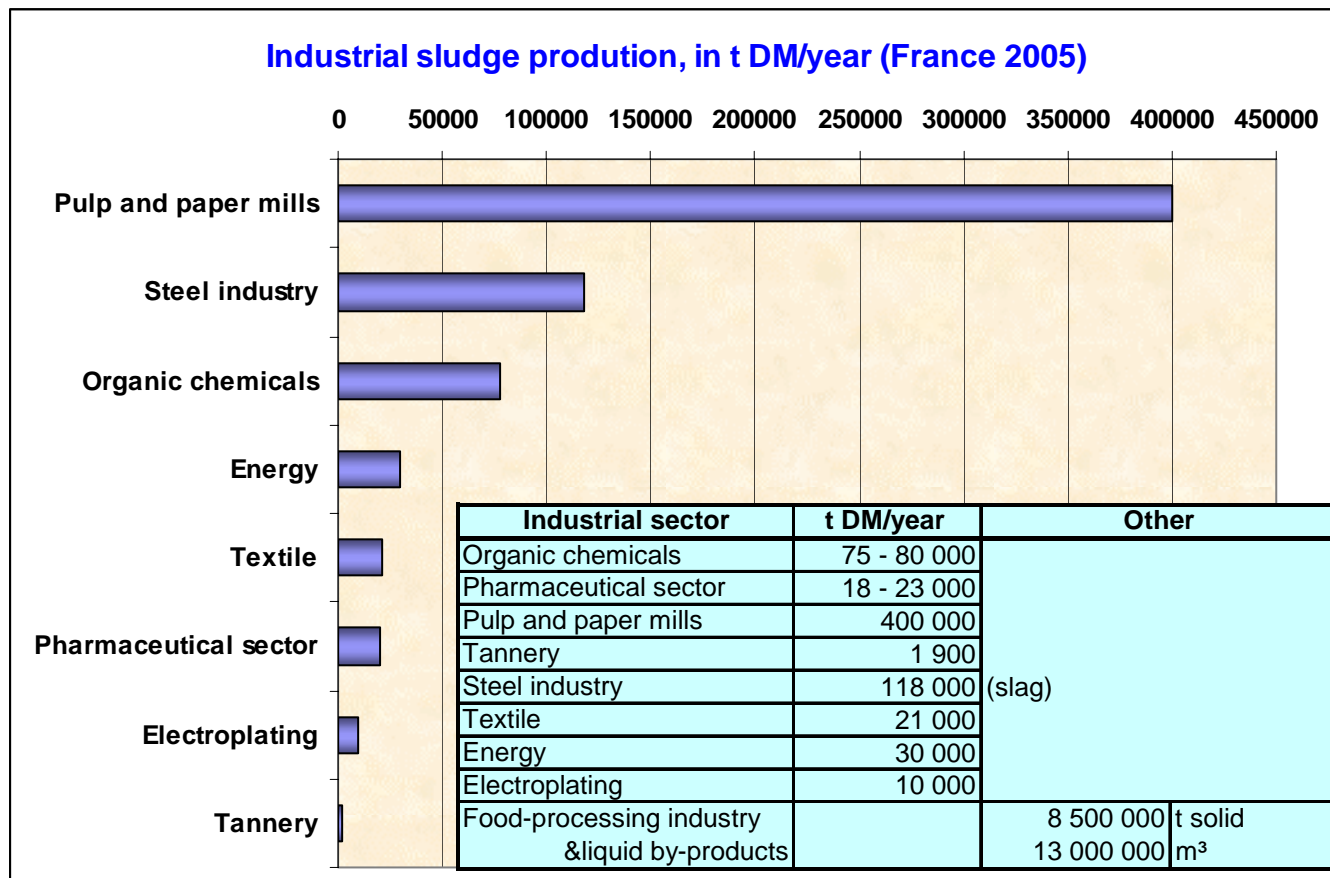
- 1 A new inventory of French sewage sludge sources and their characteristics,
- 2 A detailed state of the art of available processes and of those under development concerning the treatment and valorisation of urban industrial and sludge,
- 3 A decision tree (Excel tool) to guide decision makers in their choices.

The technical and economical aspects (field of application, investment and operating costs) are major decision elements but they are complemented with a brief analysis of regulations, environmental impacts and occupational health hazards.

Presenting the main results

Inventory

The annual amounts of industrial sludge arising in France are given in the table below (2005 values).



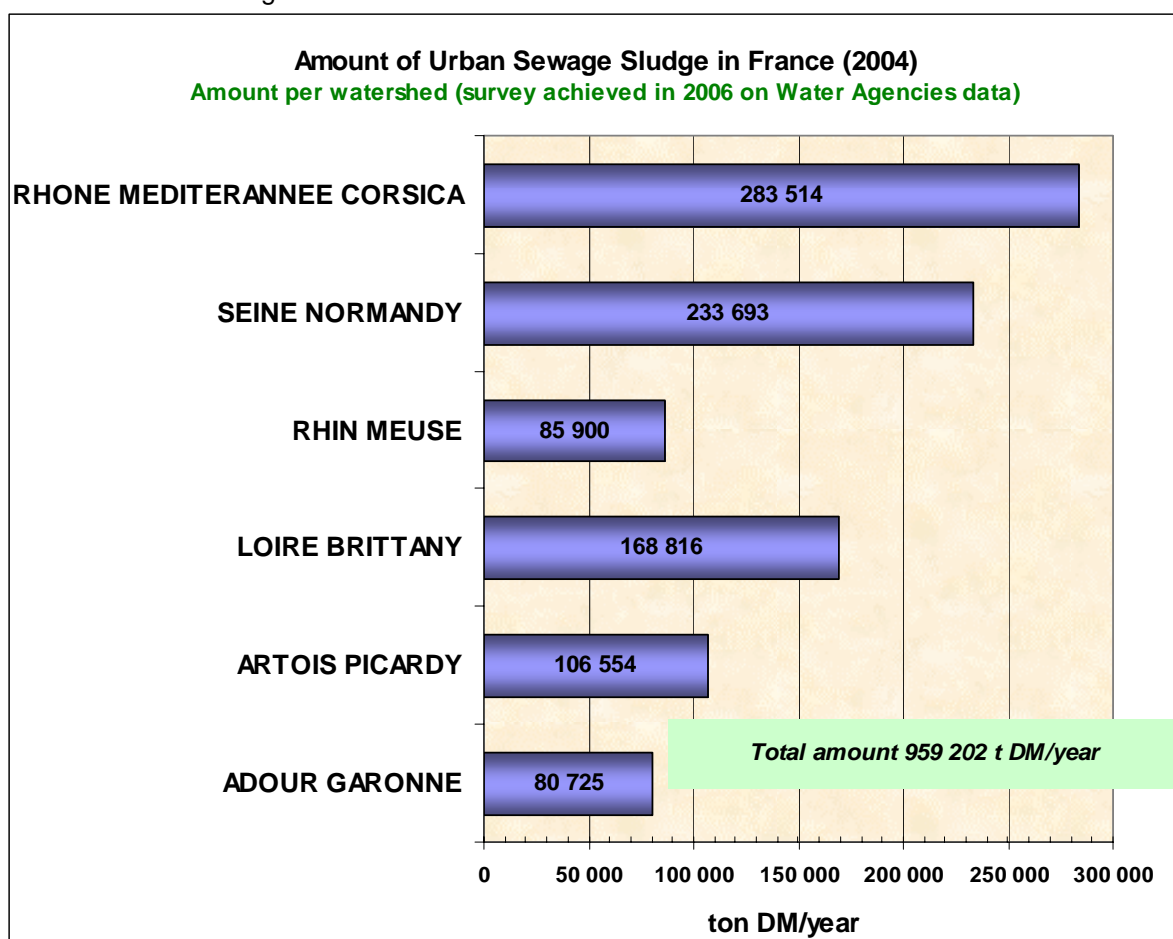
The exact total amount is not known because the appropriate dry matter (DM) content for agro-industrial sludge is difficult to evaluate. The order of magnitude of this total stream of industrial sludge is 1 million tons DM per year.

Relating to urban sludge, the number of wastewater treatment plants, their treatment capacity and yearly generation in France are given in the table below (2004 values)

	2006 Survey – 2004 values					
	Number of WWTP, urban sludge generation in t DM/year and treatment capacity in France (per hydrographical watershed)					
	Number of WWTP	Number of WWTP with no sludge generation (lagooning, activated sludge, biological filter, etc.)		Number of WWTP with sludge generation	Sludge generation (t DM/year)	Treatment capacity (millions IE)
		<i>Total</i>	<i>of which lagooning</i>			
ADOUR GARONNE	2941	1867	33	1074	80725	7,8
ARTOIS PICARDY	445	98	96 (110075 IE)	347	106554	6,45
LOIRE BRITTANY	5498	3512	2308 (1463883 IE)	1986	168816	22,7
RHIN MEUSE	571	+ 70	few	about 500	85900	4,2
SEINE NORMANDY	2439	676	594 (302352 IE)	1763	233693	22,4
RHONE MEDITERANNEE CORSICA	4837	3 123	908 (543060 IE)	1714	283514	23,9
TOTAL/AVERAGE	16731	+ 9350		about 7300	959202	87,45

Total capacity: 87 millions IE

One can note that urban sludge and industrial sludge are of the same order of magnitude. An allocation according to the watershed is shown in the table below.



About 60 % of urban sludge is spread on land, 20 % is incinerated and 20 % landfilled. Thus, the total amount of industrial and urban sludge to be treated is approximately 2 Mt DM/year.

Sludge pretreatment and elimination process

The main processes are:

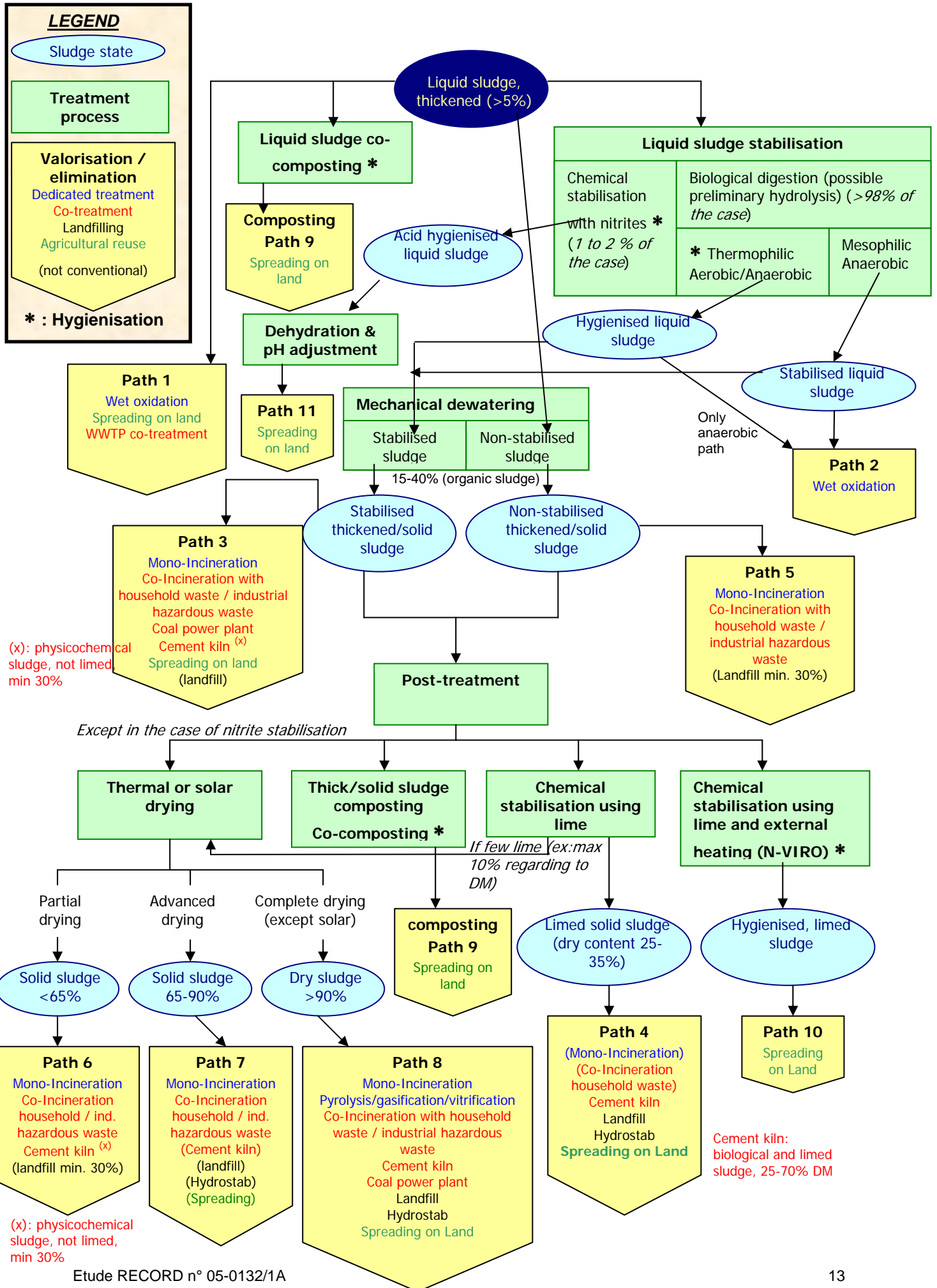
Sludge treatment processes	
Dewatering & drying	
	Mechanical Dewatering
	Thermal drying
	Solar drying
Liquid sludge treatment	
	Anaerobic digestion (thermophilic or mesophilic, possibly with separate hydrolysis step)
	Thermophilic aerobic digestion (biological sludge)
	Wet oxidation
	Liquid sludge co-composting
	Chemical stabilisation using nitrites
	Spreading on land (liquid sludge)
Thickened and solid sludge	
	Chemical stabilisation with lime
	Liming with external heating(hygienisation)
	Hydrostab (use as a cover layer in landfill after mixing with fly ash)
	Dedicated composting or co-composting
	Dedicated incineration
	Co-incineration with household waste/ industrial/ hazardous waste
	Co-firing in cement kilns
	Co-firing in Coal power plant
	Gasification
	Pyrolysis
	Vitrification
	Spreading on land (thickened and solid sludge)
Elimination	
	Landfill

For each process mentioned, the following data has been gathered :

- ✓ Sludge types required for the process
- ✓ Acceptable physical state (i.e. dry matter content)
- ✓ Sludge quality after the treatment
- ✓ Process development status (proven, tentative, at a R&D stage...)
- ✓ Commercial capacities (range)
- ✓ Main difficulties and boundary conditions
- ✓ Power consumption
- ✓ Cost factors
- ✓ Applicable legislative framework

Process steps in sequence

The following decision tree shows the possible sequences of available process steps applicable on organic sludge. This tree has been translated into an Excel file to make it easier to use.



Treatment chain - preliminary selection tool

An Excel tool has been developed, requiring the following key information as an input to the preliminary selection of processes:

- ✓ Annual generation rates
- ✓ Dry matter content
- ✓ Heavy metals and toxic organic compounds (spreading on land)
- ✓ Organic matter content
- ✓ Stability
- ✓ Chlorides content
- ✓ Pollutants content (co-firing in cement kilns)
- ✓ Organic trace compounds to be eliminated

Based on these elements, the tool eliminates inappropriate processes and sorts out the applicable process steps (one step = dewatering, drying, treatment and possibly elimination). The tool does not provide a single answer based on a quantitative multiple-key analysis, yet it provides guidance for reaching decisions, based on technical information (data sheets), exclusion criteria, preliminary selection and local context.

The tool also provides explanations regarding the processes that have been set aside and also supplies information on how to make them easier to implement (for instance: grouping various sludge arisings, to raise supplies to the critical amount, requesting a waiver on certain specifications,...).

The main options are :

- ✓ Centralised or decentralised treatment
- ✓ Drying / no drying
- ✓ Destructive treatment (thermal treatment, wet oxidation), valorisation or landfilling

Conclusions

4. The annual industrial and urban sludge generation rate in France is approximately 2 millions tons (dry matter), almost equally distributed between industrial and urban sludge. An inventory has been dressed.
5. About 60 % of urban sludge is spread, 20 % incinerated and 20 % landfilled.
6. There are many (pre)treatment processes and, usually, many possible combinations exist to treat sludge. If other treatment facilities with spare capacity are available in a range of 50 to 300 km (depending on the process), the most appropriate solution from an economical point of view is to use those facilities.