

## Département du VAR




# SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ASSAINISSEMENT DE SANARY SUR MER / BANDOL

## ETUDE DE TRAITEMENT, VALORISATION ET ELIMINATION DES BOUES DE LA STATION D'EPURATION INTERCOMMUNALE DE LA CRIDE

### PHASE 2

### INVENTAIRE DES FILIERES DE TRANSFORMATIONS, DE VALORISATION OU ELIMINATION DES BOUES

	<b>SIEGE</b>	<b>IMPLANTATION REGIONALE</b>
	6, Rue Grolée 69289 LYON Cedex 02 <b>Téléphone</b> : 04-72-32-56-00 <b>Télécopie</b> : 04-78-38-37-85 <b>E-mail</b> : cabinet-merlin@cabinet-merlin.fr	Valparc II – Avenue de Rome 83500 LA SEYNE SUR MER <b>Téléphone</b> : 04-94-10-48-90 <b>Télécopie</b> : 04-94-10-48-99 <b>E-mail</b> : cm-toulon@cabinet-merlin.fr

GROUPE MERLIN/Réf doc : 193436 - 132 - AVP - ME - 1 - 002

Ind	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
A	G.RENAUX	G. RENAUX	S. LENA	15/10/09	

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>REGLEMENTATION .....</b>	<b>4</b>
2.1	STATUT DES BOUES D'EPURATION .....	4
2.1.1	DECHETS.....	4
2.1.2	PRODUITS .....	5
2.2	REGLEMENTATION LOCALE .....	5
2.2.1	PLAN DEPARTEMENTAL DE GESTION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES ET DES DECHETS DE L'ASSAINISSEMENT DU VAR. ....	5
2.2.2	ARRETE D'EXPLOITATION DU FOUR DE CAP SICIE.....	5
<b>3</b>	<b>LES DIFFERENTES FILIERES DE TRANSFORMATION DES BOUES .....</b>	<b>6</b>
3.1	LE CHAULAGE.....	6
3.1.1	ASPECTS REGLEMENTAIRES.....	6
3.1.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	6
3.2	LE COMPOSTAGE .....	7
3.2.1	ASPECT REGLEMENTAIRES.....	7
3.2.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	7
3.2.3	REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....	10
3.3	LE SECHAGE THERMIQUE.....	15
3.3.1	ASPECTS REGLEMENTAIRES.....	15
3.3.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	15
3.3.3	REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....	19
3.4	LE SECHAGE SOLAIRE.....	21
3.4.1	ASPECTS REGLEMENTAIRES.....	21
3.4.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	21
3.4.3	REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....	24
<b>4</b>	<b>CARACTERISATION DES FILIERES DE VALORISATION OU D'ELIMINATION DES BOUES .....</b>	<b>26</b>
4.1	ÉPANDAGE AGRICOLE DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « DECHET » .....	27
4.1.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	27
4.1.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	36
4.2	ÉPANDAGE NON-AGRICOLE DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « DECHET » .....	40
4.2.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	41
4.2.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	41
4.3	FABRICATION ET COMMERCIALISATION DE MATIERES FERTILISANTES A PARTIR DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « PRODUIT ».....	42
4.3.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	42
4.3.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	44
4.4	MISE EN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE OU CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS ULTIMES .....	45
4.4.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	45
4.4.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	46
4.5	INCINERATION DES BOUES.....	46
4.5.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	46
4.5.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	49
4.5.3	REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....	56
4.6	CO-INCINERATION DES BOUES .....	63
4.6.1	ASPECTS LEGISLATIFS.....	63
4.6.2	ASPECTS TECHNIQUES.....	66
4.6.3	REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES.....	70

# 1 PREAMBULE

---

L'objectif de cette phase n°2 est après avoir défini le statut réglementaire des boues, de présenter l'ensemble des filières de transformation, de valorisation ou d'élimination éprouvées tant en ce qui concerne les aspects techniques que réglementaire.

Une première étape possible, dite de transformation, est de réduire le volume des boues afin de limiter les stockages nécessaires et d'améliorer qualitativement les boues :

➤ **Voie de la transformation**

- Chaulage
- Le séchage naturel (solaire).
- Le séchage thermique
- Le compostage

La dernière étape consiste à la valorisation ou l'élimination de ces boues.

➤ **Voie de la valorisation agronomique**

- Le recyclage en grande culture des boues déshydratées ou transformées (boues séchées thermiquement ou par voie naturelle (solaire), boues compostées).
- Le recyclage agronomique hors grandes cultures des boues transformées (boues séchées thermiquement ou par voie naturelle (solaire), boues compostées), c'est-à-dire dans des applications en production forestière, en paysagisme ou en réhabilitation de site ou sols dégradés.

➤ **Voie de l'enfouissement**

Mise en décharge de boues déshydratées ou transformées (boues séchées thermiquement ou par voie naturelle (solaire), boues compostées), en particulier en matière de réhabilitation.

➤ **Voie conduisant à un résidu inerte**

- L'incinération spécifique de boues pâteuses ou séchées.
- L'incinération conjointe avec les ordures ménagères de boues pâteuses ou pré-séchées.
- La co-incinération de boues pâteuses ou séchées dans les filières industrielles locales (centrale thermique, cimenterie, ...).

## **2 REGLEMENTATION**

---

### **2.1 STATUT DES BOUES D'EPURATION**

#### **2.1.1 DECHETS**

Au sens de l'article L541-1 du Code de l'Environnement codifiant l'article 1 de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative aux déchets, est un déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ».

Un catalogue européen des déchets a été publié en application de la directive 75/442/CEE du 15 juillet 1975 modifiée par la directive 91/156 du 18 mars 1991 et par la décision 96/350 du 24 mai 1996, qui assurait leur classification. L'avis d'application du 11 novembre 1997 imposait, en France, l'identification des déchets selon la dénomination du catalogue précité.

Le décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets, reprend les listes de déchets et précise à l'article 1<sup>er</sup> qu'« il est établi une liste unique des déchets qui figure à l'annexe II du présent décret. Toutes les informations relatives aux déchets prévues par le titre IV du livre V du code de l'environnement et ses textes d'application doivent être fournies en utilisant les codes indiqués dans cette liste ». Ce décret remplace à la fois la nomenclature des déchets publiée dans l'avis du 11 novembre 1997 et le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Les boues issues du traitement d'eaux usées urbaines sont considérées comme des déchets et relèvent de la rubrique suivante de la classification des déchets :

19 Déchets provenant des installations de gestion des déchets, des stations d'épuration des eaux usées hors site et de la préparation d'eau destinée à la consommation humaine et d'eau à usage industriel.

19 08 Déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées non spécifiés ailleurs.

19 08 05 – boues provenant du traitement des eaux usées urbaines.

Par ailleurs, le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement d'eaux usées corrobore, à l'article 2, cette notion puisqu'il indique que « ces boues ont le caractère de déchet au sens de la loi du 15 juillet 1975 susvisée ».

Par contre, les boues émanant d'installation de traitement des eaux usées ne sont pas considérées comme des déchets dangereux puisqu'elles ne figurent pas dans la liste des produits dangereux annexée à la décision du Conseil (européen) n°94/904/CE du 22 décembre 1994, établissant une liste des déchets dangereux en application de l'article 1<sup>er</sup> paragraphe 4 de la Directive n°91/689/CEE relative aux déchets dangereux.

Si les boues de station d'épuration urbaine sont considérées comme des déchets ne présentant pas de caractère dangereux, leur assimilation aux déchets ménagers n'est pas clairement établie par la réglementation.

Néanmoins, le Ministère de l'Environnement dans une lettre adressée à la DRIRE ALSACE, en date du 2 janvier 1997 indique que « les boues de station d'épuration urbaine sont des déchets assimilables aux déchets ménagers ».

Les boues urbaines peuvent donc être considérées comme des déchets assimilables aux déchets ménagers.

## 2.1.2 PRODUITS

Le statut des boues d'épuration est défini principalement par le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées.

Selon ce décret, elles constituent un déchet au sens de l'article L541-1 du Code de l'Environnement codifiant l'article 1 de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative aux déchets. Toutefois, le même décret précise qu'elles ne peuvent être épandues sur les terres agricoles que si elles présentent un intérêt pour l'alimentation des cultures.

A ce titre, les boues constituent également une matière fertilisante au sens des articles L255-1 à L255-11 du Code rural codifiant la loi n°79-595 du 13 juillet 1979 relative au contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture, mais sans que cela confère un nouveau "statut" aux boues d'épuration : celles-ci restent bien des déchets.

Seule l'**homologation**, ou la **conformité à une norme matières fertilisantes** (non existante actuellement), peut faire perdre le statut de déchet à la boue ainsi transformée qui peut alors être mise sur le marché (vente ou distribution gratuite) selon une filière « produit ».

## 2.2 REGLEMENTATION LOCALE

### 2.2.1 PLAN DEPARTEMENTAL DE GESTION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES ET DES DECHETS DE L'ASSAINISSEMENT DU VAR.

Le Plan Départemental d'Elimination des Déchets (P.D.E.D) du Var approuvé le 24/02/2004 expose l'objectif du département de limiter l'enfouissement des boues en centre de stockage de déchets ultimes.

Deux zones sont définies pour atteindre cet objectif :

- Une zone A correspondant à l'aire de l'agglomération Toulon Provence Méditerranée (TPM) sur laquelle le recyclage ou la valorisation des boues n'est pas obligatoire,
- Une zone B sur laquelle le recyclage ou la valorisation des boues produites par le traitement des eaux usées doit être mis en place.

Le S.I.A Sanary sur Mer – Bandol fait parti de la zone B.

Ainsi, les collectivités de la zone B doivent, en fonction de leurs possibilités et de leurs contraintes locales, mettre en œuvre :

- Soit des solutions de recyclage (filiale agronomique,...) des boues brutes ou des boues transformées pour répondre aux attentes des utilisateurs finaux (compostage,...),
- Soit des solutions de valorisation thermique (méthanisation, four de cimenteries, ...).

*Il est à noter que : seules les boues ayant subi une étape de valorisation et/ou celles qui ont une qualité ne permettant pas de façon temporaire d'utiliser les filières de recyclage pourront être mises en décharge.*

### 2.2.2 ARRETE D'EXPLOITATION DU FOUR DE LA STATION D'EPURATION DE CAP SICIÉ

L'arrêté Préfectoral du 25 mai 2007, « article 1.2.3.1 Nature et Origine des déchets admis », autorise l'incinération au sein du four de la station d'Amphitria les boues déshydratées et graisses issues des stations d'épuration du Syndicat Intercommunal Sanary –Bandol, La garde, Hyeres, Castellet, La Londe les Maures et Saint Cyr sur Mer.

Les boues et graisses provenant des stations d'épuration autres que celles de Cap Sicié doivent être conformes aux caractéristiques que fixera l'exploitant de cette dernière, dans le cadre de conventions d'accueil de boues et graisses en provenance des STEP extérieures au site du Cap Sicié, qui devront être établies.

## **3 LES DIFFERENTES FILIERES DE TRANSFORMATION DES BOUES**

---

### **3.1 LE CHAULAGE**

Le chaulage permet de réaliser un apport de matière sèche dans une boue déshydratée. Il a pour effet de :

- augmenter la siccité de la boue,
- améliorer sa rhéologie et donc sa tenue en tas,
- hygiéniser la boue par destruction des organismes pathogènes, en cas de chaulage à la chaux vive : la réaction d'hydratation de la chaux est exothermique et fait monter la température de la boue. Ainsi, si la température à l'intérieur de la boue reste longtemps (plusieurs semaines) à plus de 40 °C, l'hygiénisation est au moins partiellement obtenue,
- stabiliser la boue par blocage de la fermentation. Pour un chaulage à 30 % par rapport à la matière sèche, le pH du mélange est suffisamment élevé (aux environs de 12) pour diminuer fortement l'activité bactérienne,
- réduire la bio disponibilité des éléments traces métalliques dans la boue par précipitation,
- valoriser la boue par enrichissement en calcium et en magnésium (apport d'amendement basique augmentant l'intérêt agronomique des boues dans le cas d'épandages sur les terres acides).

L'ensemble de ces effets fait du chaulage est un préalable intéressant à la valorisation agricole et à la mise en décharge. Il est en revanche peu compatible avec l'incinération ou le compostage.

#### **3.1.1 ASPECTS REGLEMENTAIRES**

Le chaulage des boues ne fait pas l'objet de réglementations particulières.

#### **3.1.2 ASPECTS TECHNIQUES**

Les aspects techniques du chaulage se résument en fait à deux questions :

- comment réalise-t-on le chaulage ?
- quelle chaux emploie-t-on ?

Le chaulage peut être réalisé de deux manières différentes :

- soit on injecte la chaux dans la trémie recevant les boues déshydratées et le mélange est réalisé par l'équipement permettant le transport de la boue (pompe gaveuse, vis)
- soit un équipement spécial (malaxeur) est prévu pour cette étape de traitement.

Le second procédé permet de réaliser un mélange plus fin et plus homogène, et est donc à recommander pour des filières de valorisation agricole.

Le premier procédé, plus rustique, peut suffire pour la mise en décharge.

La chaux vive est recommandée si les boues sont destinées à être stockées avant la valorisation agricole.

Si l'objectif du chaulage est uniquement la mise en décharge, la chaux éteinte peut suffire.

## **3.2 LE COMPOSTAGE**

Le compostage est un procédé de transformation des boues, préalable à une valorisation des boues en agriculture, en aménagement paysager ou en réhabilitation de terrains dégradés.

### **3.2.1 ASPECT REGLEMENTAIRES**

L'activité de fabrication de composts est régie par la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, selon la rubrique 322-B3 de la nomenclature des ICPE relative au compostage des ordures ménagères et autres résidus urbains.

La circulaire du 5 janvier 2000 relative à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement et au classement des installations de compostage et des points d'apport volontaire de déchets ménagers triés (non publiée au JO), précise, par ailleurs, que la rubrique 2170 relative à la fabrication des engrais et supports de culture à partir de matières organiques peut être appliquée au compostage des boues d'épuration urbaine avec des matières organiques d'origine animale ou végétale, dès lors que le compost obtenu est conforme aux exigences prescrites en application de la loi n°79-595 du 13 juillet 1979 relative au contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture.

L'arrêté du 7 janvier 2002 décrit les prescriptions applicables aux ICPE soumises à déclaration sous la rubrique 2170 de la nomenclature des ICPE.

Cependant, si le traitement a lieu sur la station d'épuration, la circulaire du 16 mars 1999 relative à la réglementation relative à l'épandage des boues de stations d'épuration urbaines (non publiée au JO), indique qu'il s'agit d'un traitement de boues urbaines et l'instruction dépend alors de la réglementation « Loi sur l'Eau », en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées et de l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues, et non plus de la législation des ICPE.

A noter que les composts peuvent faire l'objet d'une homologation définie dans le cadre de l'arrêté du 21 décembre 1998 relatif à l'homologation des matières fertilisantes et des supports de culture, et qu'une norme sur les Matières, Issues du Traitement des Eaux, d'intérêt Agronomique (M.I.T.E.A.) est en cours de préparation (Norme NF U 44-095) (Cf. paragraphe 4.3.1).

### **3.2.2 ASPECTS TECHNIQUES**

Les filières de compostage sont envisageables pour des productions de boues supérieures à 1 000 tonnes MB (Matières Brutes) par an (à partir de 10 000 EH) avec une siccité minimale de 15 % de MS.

Le compostage est une étape complémentaire qui vient à l'issue de la déshydratation des boues de station d'épuration.

#### **3.2.2.1 Principe du compostage**

Le compostage se définit par une dégradation microbiologique de matières organiques fermentescibles en conditions aérobies. Il se traduit par une élévation de la température du substrat, élévation qui peut être suivie à travers une courbe caractéristique correspondant aux cycles de développement des différentes populations microbiennes.

Le compostage des boues est fondé sur un principe très simple qui consiste à aérer un mélange de boues pâteuses et de co-produits carbonés structurants, puis à laisser évoluer l'ensemble pendant plusieurs semaines. Il comporte quatre étapes :

- une étape de mélange des boues avec le co-produit et, éventuellement, du compost recyclé, afin d'obtenir une siccité et une porosité optimales,
- une étape de fermentation qui a pour objectif de dégrader les MV, stabiliser, hygiéniser et sécher, en présence d'air,
- une étape de criblage éventuelle qui permet d'affiner le produit final et d'en recycler une partie,
- une étape de maturation et de stockage pour compléter la dégradation des MV durant le stockage et pour conférer au produit sa qualité agronomique finale (cette étape nécessite une aire de stockage adéquate correspondant à une capacité de 2 à 6 mois de stockage).

### **3.2.2.2 Conditions requises**

Pour son bon déroulement, le compostage requiert de l'oxygène, de l'eau, des composés riches en azote et en carbone facilement mobilisables (cellulose, sucres,...) et du phosphore nécessaire aux synthèses microbiennes (protéines, ATP).

Le respect de ces équilibres, notamment en oxygène, en azote et en carbone, nécessite de mélanger différents produits ayant des caractéristiques complémentaires afin d'obtenir un mélange compostable, avec une porosité suffisante pour permettre l'oxygénation du tas.

Ainsi, le compostage de boues résiduelles requiert l'utilisation de co-produits grossiers, tels que des écorces ou des déchets d'espaces verts, dont le rôle est de fournir une source carbonée aux micro-organismes intervenant lors de la bioconversion de la matière organique et une porosité pour la diffusion de l'air au travers du produit. Il en est de même pour le traitement d'autres effluents liquides (boues de décanteur digesteur, matières de vidanges) qui font l'objet de contraintes techniques particulières (déshydratation préalable, ratio de mise en mélange) permettant de garantir la porosité du tas de déchets pendant la phase de compostage.

Le traitement par compostage requiert par ailleurs une maîtrise du taux d'oxygène de l'air interstitiel pour limiter les risques de fermentation en anaérobie et de dégagements d'odeurs nauséabondes.

### **3.2.2.3 Les procédés de compostage**

Il existe de nombreuses technologies de compostage. Elles se différencient principalement par la forme des réacteurs de fermentation, le mode d'aération, les dispositifs de manutention de la masse en cours de compostage et le degré d'automatisme.

#### ***3.2.2.3.1 Les technologies lentes***

Dans cette technique de compostage, les déchets organiques (en l'occurrence, les boues) sont disposés en tas ou en andains pendant plusieurs mois. Des retournements sont effectués régulièrement, à l'aide de machines tractées ou de machines automotrices.

La durée du compostage est tributaire de la diffusion passive de l'oxygène, conditionnée par les fréquences de retournement des matières à transformer.

Cette technologie est rustique et facile à mettre en œuvre, mais nécessite une grande surface. En effet, les andains constitués sont de faible hauteur, inférieure à deux mètres, pour permettre le retournement mécanique.

Elle convient au compostage en milieu rural.

### **Le retournement d'andains à découvert :**

Le stockage étant réalisé à l'air libre, la pluviométrie est susceptible d'engendrer une quantité de lixiviats importante et de perturber le bon déroulement du compostage. Par ailleurs, le retournement mécanique s'avère coûteux en terme d'exploitation et la maîtrise des odeurs n'est pas possible.

### **Le retournement d'andains sous couvert :**

La plate-forme de compostage est mise hors d'eau grâce à une couverture qui pallie certains des désavantages précités. Néanmoins, l'importante surface mise en jeu engendre des coûts d'investissement prohibitifs.

#### **3.2.2.3.2 Les technologies accélérées**

La durée de la phase de compostage, de 2 à 5 semaines, est optimisée grâce à une aération forcée des mélanges à traiter à l'aide de centrales de ventilation.

Cette technique est assez proche de celle en andains. La fermentation est effectuée dans des casiers, des tunnels ou des cellules. La plate-forme se trouve dans un bâtiment ou est laissée à l'air libre.

#### **L'aération forcée à découvert :**

L'installation à l'air libre de la plate-forme de compostage présente les désavantages de générer des lixiviats et de potentielles nuisances olfactives.

- Réalisation d'andains : la nécessité de créer des andains de forme triangulaire limite la hauteur de stockage et engendre une emprise au sol significative.
- Utilisation de cases : le mélange à traiter est disposé dans des cellules ou cases ; la hauteur des tas peut alors être augmentée à 3 ou 4 m, ce qui assure une meilleure gestion de la surface. Dans ce cas, le mélange initial des boues et des co-produits doit être homogène.

#### **L'aération forcée sous couvert :**

La couverture de la plate-forme résout les problèmes de lixiviation et de diffusion d'odeurs, le traitement de l'air extrait des bâtiments étant réalisable.

- Compostage en aération forcée en cases couvertes, en bennes ou en sacs ventilés : le bon fonctionnement de l'installation est conditionné par la qualité du mélange qui doit être homogène et suffisamment poreux ; une chaîne de mélange automatisée s'avère alors impérative. Cette technique est compatible avec le traitement des boues en station d'épuration, les boues étant gérées par lot.
- Compostage en tunnel sous atmosphère contrôlée : cette technique est dérivée de la production de compost pour les champignons. Le mélange placé dans un box est surventilé en permanence. Ce procédé permet de contrôler tous les paramètres de fermentation, d'accélérer le processus de compostage dont la durée est alors réduite à 1 à 3 semaines, et de confiner au maximum le traitement. Les volumes d'air à traiter et l'emprise au sol sont minimisés par ce procédé.

#### **3.2.2.3.3 Les technologies mixtes**

#### **L'aération forcée avec retournements :**

L'aération est assurée à la fois par un réseau de drains assurant la ventilation et par retournements mécaniques. Le produit est ainsi plus homogène.

Ces systèmes sont généralement utilisés en traitement d'ordures ménagères préalablement triées. Coûteux en investissement et en fonctionnement, ils nécessitent une quantité importante de déchets (minimum 50 000 m<sup>3</sup>/an).

#### **Le compostage en silo vertical fermé :**

La fermentation en silo fermé consiste à réaliser le compostage dans des tours alimentées en air. Le mélange est introduit par le haut et une rampe d'air insuffle ou aspire de l'air à la base. Le compost est extrait par le bas. Les différentes couches de produit suivent ainsi une progression en piston du haut vers le bas.

Ce procédé fonctionnant en continu, il est bien adapté au traitement des boues de stations d'épuration. néanmoins, il s'avère onéreux en terme d'investissement.

### **3.2.2.4 Performances**

La durée du compostage proprement dit peut se situer entre 20 et 60 jours en fonction de l'intensité de l'activité bactérienne dans les tas. Cette activité est directement corrélée au niveau d'oxygénation du mélange.

Lorsque la plate-forme de compostage est couverte, le procédé en aération forcée permet de traiter de manière très efficace les odeurs qui se dégagent lors de la dégradation de la matière organique.

Un compostage rapide et constant avec une maîtrise des nuisances (odeurs, jus...) nécessite impérativement la mise en place d'une unité industrielle.

Le compostage s'accompagne d'une réduction de volume de la masse en raison d'une perte de matières et de tassements se produisant au cours du mélange et de l'aération.

Le rapport de volume boues/co-produit varie de 1 à 3 en fonction du procédé de compostage.

Quelle que soit la technique d'aération choisie, le compostage aéré permet d'obtenir un produit stabilisé générant peu voire aucune nuisance olfactive, une hygiénisation poussée détruisant notamment les pathogènes, une texture du produit semi sèche qui facilite la manutention, le stockage et l'épandage, et une composition conforme aux exigences de sols très divers en terme de fertilisation et d'amendement humique.

Les siccités obtenues en sortie de compostage varient selon la technique utilisée :

- les techniques en découvert, lentes ou accélérées, permettent l'obtention d'une siccité de 35 à 40 %,
- les techniques sous couvert accélérées, une siccité de 40 à 50 %,
- la technologie de compostage en tunnels, une siccité de 50 à 60 %.

La mise en œuvre d'une phase de stockage du compost après sa maturation peut assurer un gain de siccité de 5 à 10 % en fonction de la saison.

## **3.2.3 REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES**

### **3.2.3.1 Plate-forme de compostage des boues de la station d'épuration des TROIS PONTS**

Maître d'Ouvrage :

SYNDICAT DES TROIS PONTS

Hôtel de Ville – BP 32

42161 ANDREZIEUX-BOUTHEON

Constructeur :

OTV

### **Caractéristiques de l'installation de compostage :**

- Conception : 5 modules fonctionnels =
  1. module de réception et stockage du coproduit structurant
  2. module de mélange
  3. module de fermentation aérobie en tunnel (4 lignes)
  4. module de criblage et recyclage du coproduit
  5. module de maturation et stockage du produit fini
- Plate-forme de compostage : procédé de traitement en continu permettant la gestion de la fabrication du compost par lot individualisé ; process accéléré de type « tunnel » (aération forcée en atmosphère confinée)
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 2 m<sup>3</sup>/h de boues à une siccité ≥ 20 %, soit 2,02 t/h, 125 t/semaine et 5 475 t/an de boues déshydratées
  - 2 m<sup>3</sup>/h de coproduit structurant, soit 1,1 t/h, 59 t/semaine et 2 555 t/an de coproduit brut
  - 4 m<sup>3</sup>/h de coproduit recyclé, soit 2,2 t/h, 112 t/semaine et 5 110 t/an de coproduit recyclé
- Flux de boues à traiter :
  - semaine moyenne : 21 t MS/sem
  - semaine de pointe : 25 t MS/sem
- Flux de coproduits à traiter :
  - Coproduit brut : semaine moyenne : 29,4 t MS/sem  
semaine de pointe : 35 t MS/sem
  - Coproduit recyclé : semaine moyenne : 49 t MS/sem  
semaine de pointe : 56 t MS/sem
- Temps de fonctionnement de l'installation : 10,5 h/j en moyenne et 12,5 h/j en pointe, 5j/7
- Durée d'un cycle de production : 2 semaines de fermentation, 2 semaines de maturation, 4 semaines de finition et 5 mois de stockage
- Production de compost fini :
  - moyenne annuelle : 0,48 t humide compost / t humide boue traitée
  - nominale ou référence : 0,49 t humide compost / t humide boue traitée
  - jour de pointe : 0,49 t humide compost / t humide boue traitée
  - semaine moyenne : 11,7 m<sup>3</sup>/j
  - semaine de pointe : 14,4 m<sup>3</sup>/j
- Qualité du compost fini :
  - siccité ≥ 50 %
  - densité : 0,55
  - taux de matière organique ≥ 25 %
  - granulométrie < 15 mm

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>		
	Equipe ment	Génie Civil	TOTAL
Total Postes Généraux	156 633	27 177	183 810
Total Compostage	264 800	173 640	438 440
Total Traitement de l'air	64 690		64 690
Total Électricité et automatisme	119 441		119 441
Total Stockage des boues compostées		419 402	419 402
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>605 564</b>	<b>620 219</b>	<b>1 225 783</b>

**Coûts de fonctionnement :**

	Consommation annuelle	Coût global annuel Euros HT
<b>Charges fixes</b>		
Charges de personnel		
Conducteur d'engin	21 345 Euros	21 345
Charges patronales (60%)		12 805
Charges d'exploitation		
Entretien et maintenance		2 287
Renouvellement		
Analyses et contrôles		14 544
Autres		1 829
(entretien chargeur)		1 524
<b>Charges proportionnelles</b>		
Électricité	246 236 kWh	13 138
Réactifs		
Gasoil	16 100 l	6 136
Coproduit	3 285 m <sup>3</sup>	22 536
<b>TOTAL ANNUEL</b>		<b>96 144</b>

### **3.2.3.2 Plate-forme de compostage des boues du Centre de Valorisation Organique des déchets de PETITE SYNTHE**

Maître d'Ouvrage :

COMMUNAUTE URBAINE DE DUNKERQUE

Perthuis de la Marine – BP 5530

59385 DUNKERQUE Cedex 1

Constructeur :

LINDE BRV Biowaste Technologies AG (mandataire du groupement solidaire)

#### **Caractéristiques de l'installation de compostage des boues :**

- Conception : 3 unités fonctionnelles =
  1. unité de préparation des boues
  2. unité de fermentation aérobie en boxes (6 boxes) et de maturation en andains
  3. unité d'affinage
- Plate-forme de compostage : process intensif en boxes (aération forcée en atmosphère confinée)
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - Compostage intensif :

69 m<sup>3</sup>/j en moyenne et 89,7 m<sup>3</sup>/j en pointe de boues déshydratées à une siccité de 25 % ± 8 %, soit 279 t humide/semaine
  - Maturation :

46 m<sup>3</sup>/j en moyenne et 60 m<sup>3</sup>/j en pointe de boues compostées
  - 142 t humide/semaine de coproduit structurant (déchets verts), dont les structurants frais recyclés du compostage des FFOM (Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères), à une siccité de 55 % ± 15 %
- Flux de boues à traiter : 10 000 t/an
- Flux de coproduits à traiter : 6 000 t/an, répartis entre les installations de compostage des boues (traitement de 10 000 t de boues/an) et de méthanisation – compostage des FFOM (traitement de 8 000 t de FFOM/an)
- Temps de fonctionnement de l'installation : 21 h/semaine pour les unités de préparation et fermentation-maturation, 9 h/semaine pour l'unité d'affinage
- Durée moyenne d'un cycle de production : 4 semaines de compostage intensif, 3 semaines de maturation et 6 mois de stockage
- Production de compost mûré : 154 t/semaine, soit 5 138 t/an
- Qualité du compost fini :
  - siccité : 60 %
  - densité : 0,5 à 0,6
  - granulométrie < 20 mm

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>		
	Equipement	Génie Civil	TOTAL
Total Postes Généraux	341 840	1 627 640	1 969 480
Total Réception et préparation	554 300	511 699	1 065 999
Total Traitement des FFOM et des boues	1 992 210	3 565 217	5 557 427
Total Traitement de l'air	505 830		505 830
Total Électricité et automatisme	771 700		771 700
Total Stockage du compost		604 193	604 193
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>4 165 880</b>	<b>6 308 749</b>	<b>10 474 629</b>

**Coûts de fonctionnement :**

	Consommation totale annuelle	Coût unitaire	Coût global annuel Euros HT
<b>Charges fixes</b>			
Charges de personnel	1	64 000	64 000
Chef d'exploitation	1	41 910	41 910
Électricien, électromécanicien			
Conducteur d'engin	3	31 240	93 720
Agent d'exploitation	2	28 575	57 150
Charges d'exploitation			3 050
Entretien et maintenance			
Renouvellement			91 602
Analyses et contrôles			5 335
Autres (assurances...)			71 423
<b>Charges proportionnelles</b>			
Électricité	1 296 000 kWh	0,032 Euro HT/kWh	41 490
Produits de traitement			
Carburant	80 000 l	0,274 Euro HT/l	21 953
Réactifs			
Huile, graisses, ...	480 kg	3,811 Euro HT/kg	1 829
Acide	24 t	152,45 Euro HT/t	3 660
Eau	480 m <sup>3</sup>	1,829 Euro HT/m <sup>3</sup>	878
Évacuation des résidus			
Refus incinérables	472 t	83,85 Euro HT/t	39 576
Refus non incinérables	362 t	60,98 Euro HT/t	22 075
<b>TOTAL ANNUEL</b>			<b>559 651</b>

Ces tableaux récapitulatifs des coûts d'investissement et de fonctionnement concernent l'ensemble du Centre de Valorisation Organique des déchets de PETITE SYNTHÈSE, soit 2 lignes de traitement accueillant 8 000 t/an de FFOM, 6 000 t/an de déchets verts et 10 000 t/an de boues d'épuration.

### 3.3 LE SECHAGE THERMIQUE

Le séchage constitue une étape intermédiaire permettant de mieux utiliser les capacités offertes par les filières d'élimination ou de valorisation proprement dites et décrites dans les fiches suivantes.

Le principe général du séchage thermique des boues est d'éliminer l'eau interstitielle de la boue par élévation de la température et vaporisation de cette eau interstitielle.

Le séchage peut être utilisé :

- avant l'incinération pour amener les boues à l'auto-combustibilité,
- avant l'incinération conjointe ou la co-incinération pour donner aux boues un PCI comparable à celui des ordures ménagères ou suffisamment élevé pour que les boues soient acceptées sur des installations de co-incinération,
- avant la valorisation agricole, le séchage diminuant le volume à transporter et facilitant le stockage.

#### 3.3.1 ASPECTS REGLEMENTAIRES

Une installation de séchage indirecte peut être soumise à la réglementation des appareils à pression (CODAP) si la vapeur est utilisée comme fluide caloporteur.

D'après la loi et la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, (ICPE) une installation de séchage peut également être une installation classée du fait de la chaudière. Il s'agit d'une installation visée par la rubrique 2910 de la nomenclature des ICPE. Une installation de combustion dont la puissance thermique maximale est :

- comprise entre 2 et 20 MW est soumise à déclaration et aux prescriptions générales décrites dans l'arrêté du 25 Juillet 1997
- supérieure ou égale à 20 MW est soumise à autorisation, ce qui est excessivement rare

Si l'installation de séchage est située dans une station d'épuration d'eaux urbaines réglementée par la police des eaux, la chaudière devra être classée au titre des ICPE et soumise à déclaration (si la puissance thermique maximale est supérieure à 2 MW). Il y aura alors deux procédures différentes :

- une pour la station d'épuration au titre des articles L214-1 à L214-6 du Code de l'Environnement codifiant l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'Eau,
- et une pour la chaudière au titre des articles L511-1 et suivants du Code de l'Environnement codifiant la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux ICPE.

Si l'installation se trouve dans une usine d'incinération d'ordures ménagères réglementée au titre des installations classées pour la protection de l'environnement, la demande d'autorisation d'exploiter devra tenir compte de la présence de la chaudière s'il en existe une et si la puissance thermique maximale est supérieure à 2 MW.

#### 3.3.2 ASPECTS TECHNIQUES

##### 3.3.2.1 Classification des procédés

On rencontre trois types de séchages, direct, indirect ou mixte.

Cette classification est fondée sur la mise en contact ou non du fluide caloporteur (le fluide qui apporte la chaleur au sécheur) avec la matière à sécher :

- le sécheur est dit direct ou par convection si le fluide caloporteur est mis en contact avec la boue,
- le sécheur est dit indirect ou par conduction si le fluide caloporteur n'est pas en contact direct avec la boue,
- le sécheur est dit mixte s'il utilise les deux technologies.

### **3.3.2.1.1 Le séchage direct**

Dans le cas du séchage direct, le fluide caloporteur est constitué d'air, le plus généralement chauffé.

Il existe principalement deux technologies pour les sècheurs directs : les sècheurs à tambour et les sècheurs à bandes.

Les systèmes les plus fréquents sont les sècheurs à tambour, composés d'un cylindre rotatif horizontal dans lequel sont injectées les boues à sécher et un flux d'air très chaud (450°C). L'intérieur du tambour est conçu de manière à faciliter la progression de la boue vers la sortie du sècheur.

Dans la technologie du sècheur à bandes, les boues sont déposées sur une bande transporteuse au travers de laquelle circule un flux d'air important (les différents fabricants de sècheurs à bande indiquent la nécessité de fabriquer des granulés avant de les déposer sur la bande).

Les sècheurs directs présentent l'inconvénient de produire un grand volume de buées à traiter, puisque l'air apporté pour le séchage est mélangé à la vapeur d'eau qui s'est formée lors du séchage.

Les équipements annexes sont les suivants :

- pompage depuis un silo de stockage alimenté à partir d'une trémie de réception si nécessaire,
- chaudière ou installation de production de l'énergie nécessaire au chauffage,
- dispositif de dépoussiérage du mélange buées-gaz,
- condenseur du mélange buées-gaz,
- envoi des incondensables sur une unité de désodorisation (spécifique, chaudière ou four d'incinération).

Pour certains sècheurs, à la sortie du séparateur air-boues séchées, l'air transite dans un condenseur puis est recirculé sur un échangeur pour être chauffé et réintroduit dans le sècheur.

Cette technique limite considérablement les volumes d'air à évacuer.

Par ailleurs, l'utilisation stricte de gaz ou de fioul pour le chauffage permet de s'affranchir d'un traitement de fumées.

### **3.3.2.1.2 Le séchage indirect**

Dans le cas du séchage indirect, le fluide caloporteur peut être de l'huile thermique, de la vapeur surchauffée ou de l'air, une paroi métallique servant de conducteur de chaleur entre ce fluide et la boue à sécher.

On distingue cinq technologies de séchage indirect :

- les sècheurs à couche mince,
- les sècheurs à disques,
- les sècheurs à plateaux,
- les sècheurs par conteneurs,
- les sècheurs à tambours.

La technologie du sècheur à couche mince met en œuvre un cylindre horizontal fixe dans lequel des pales tournent sur un axe horizontal et plaquent les boues à la paroi du cylindre. L'espace entre les pales et la paroi est faible (de l'ordre de quelques centimètres), une mince couche de boues étant donc mise en contact de la paroi ce qui permet une meilleure diffusion de la chaleur. Une double enveloppe permet la circulation de vapeur ou d'huile au contact de cette paroi.

Les sècheurs à disques sont constitués d'une coque horizontale à l'intérieur de laquelle sont disposés des disques verticaux. Le fluide caloporteur circule au travers de ces disques et la boue à sécher emplit l'espace existant entre les disques. Certains procédés utilisent la rotation des disques pour faire progresser la boue, d'autres dissocient la fonction de séchage et la fonction de convoyage de la boue par l'utilisation de racleurs ou de vis sans fin.

Les sécheurs à plateaux sont la transposition verticale des sécheurs à disques. Ils sont composés d'un cylindre vertical au sein duquel les boues circulent de haut en bas. L'intérieur du sécheur est garni de plateaux horizontaux contenant le fluide caloporteur. La boue est séchée par passages successifs sur les différents plateaux.

Les sécheurs par conteneurs fonctionnent en discontinu. Un conteneur est rempli de boues, puis les parois du conteneur sont chauffées. Les boues sont malaxées à l'intérieur. ce procédé ne possède pas de références à ce jour.

Enfin, les sécheurs indirects à tambour sont (comme les sécheurs directs à tambour) composés d'un cylindre horizontal qui tourne sur son axe. Sur l'enveloppe de ce cylindre, sont soudés des tubes à l'intérieur desquels circule le fluide caloporteur. Les tubes tournent en même temps que le cylindre.

Les sécheurs indirects présentent l'avantage de produire un volume de boues à traiter beaucoup moins important que dans le cas d'un séchage direct, puisqu'une ventilation d'air à faible débit à l'intérieur du sécheur suffit à évacuer la vapeur d'eau qui s'est formée lors du séchage.

Les équipements de traitement sont similaires : dépoussiérage, condenseur, envoi des incondensables dans le four ou traitement approprié.

Selon le taux de siccité souhaité en sortie, on peut avoir un ou deux sécheurs à la suite, avec combinaison possible de deux techniques (par exemple, séchage en couche mince en premier étage jusqu'à une siccité de 65% maximum, et séchage en masse en deuxième étage jusqu'à un taux de siccité de 90 à 95%).

### **3.3.2.1.3 Le séchage mixte**

Les sécheurs dits mixtes utilisent les deux principes d'échange de chaleur, direct et indirect. Deux technologies sont recensées : le sécheur à lit fluidisé et le sécheur à couche mince turbulente.

Le sécheur à lit fluidisé est vertical. A l'intérieur du sécheur, un lit de sable est maintenu en suspension par un fort courant de ventilation. Les boues à sécher sont injectées dans le lit de sable. Une circulation d'huile ou de vapeur permet de réchauffer l'air avant son entrée dans le sécheur.

Le système est considéré comme mixte parce que le fluide qui est chauffé (vapeur, huile) dans la chaudière n'est pas en contact avec la boue, ce qui caractérise un séchage indirect, et qu'un grand débit d'air chaud est au contact de la boue, ce qui caractérise un séchage direct.

Le sécheur à couche mince turbulente est un procédé proposé par un seul constructeur (VOMM) : à l'intérieur d'un sécheur cylindrique, des pales tournent à très grande vitesse ; l'espace entre ces pales et la paroi du cylindre est réduit, ce qui crée une mince couche d'air turbulente à l'intérieur de laquelle sont injectées les boues à traiter et de l'air chaud. Une double paroi sur le cylindre permet une circulation d'huile ou de vapeur.

### **3.3.2.2 Problèmes liés à la viscosité de la boue**

A une siccité comprise entre 50 et 60 %, les boues d'épuration sont très visqueuses. On appelle cet état « la phase collante ». Pour déplacer ou malaxer la boue à une telle siccité, les efforts mécaniques à fournir sont très importants, ce que ne supportent pas certains procédés de séchage.

Ainsi, pour atteindre une siccité supérieure à 60 %, certaines technologies nécessitent une recirculation d'une partie du produit déjà séché à 90 % de siccité et un mélange de ce produit avec les boues déshydratées de manière à obtenir un produit à au moins 60 % de siccité à introduire dans le sécheur.

Intrinsèquement, ces procédés ne peuvent fournir que des boues à 90 % de siccité finale. Pour obtenir une siccité inférieure, un mélange avec des boues déshydratées est nécessaire.

Par ailleurs, les boues séchées à 65-70 % de siccité ont une granulométrie assez grossière et peuvent être facilement transportées par des moyens mécaniques classiques.

Les boues séchées à 90-95 % se présentent sous forme de sable ou de granules nécessitant des systèmes de transport adaptés et étanches (ces poussières peuvent être entraînées, se déposer et des risques d'explosion sont à craindre).

### **3.3.2.3 Quelques exemples de procédés**

#### **3.3.2.3.1 Procédé ANDRITZ-DDS : sécheur direct à tambour**

Le sécheur proposé par ANDRITZ est un sécheur direct à tambour. Une circulation d'air chaud à grand débit à l'intérieur du sécheur sert à la fois à l'évaporation de l'eau et au transport des boues à l'intérieur du cylindre.

Une recirculation du produit sec permet d'alimenter le sécheur avec un produit de siccité d'environ 70 %.

#### **3.3.2.3.2 Procédé SCTF (SWISS-COMBI) : sécheur direct à tambour**

Le sécheur Swiss-Combi est un sécheur direct à tambour. Un fort débit d'air chaud est injecté à co-courant dans le sécheur, ce qui permet de sécher les boues et de les faire progresser vers la sortie.

Une recirculation du produit séché permet d'introduire dans le sécheur des boues à une siccité supérieure à 50 %.

#### **3.3.2.3.3 Procédés DEGREMONT - CENTRIDRY**

Le procédé CENTRIDRY est une centrifugeuse qui permet de réaliser à l'aide d'un seul appareil les étapes de déshydratation et de séchage des boues.

Les boues liquides épaissies à 35 g/l sont reprises à la sortie de l'épaississeur et introduites dans la centrifugeuse avec une dose adaptée de polymère.

A la sortie de la centrifugeuse, les boues se présentent sous forme de « boulettes » à environ 22 % de siccité.

Celles-ci sont reprises à l'extrémité de la centrifugeuse par un courant d'air chaud qui les sèche très rapidement jusqu'à environ 65 % de siccité.

Le courant d'air chaud transporte les boues vers un cyclone qui assure la séparation de l'air et des boues.

#### **3.3.2.3.4 Procédé VOMM**

Le procédé VOMM utilise un séchage par couche mince qui combine les techniques directes et indirectes puisqu'il existe à la fois une circulation d'air chaud à l'intérieur du sécheur et une circulation d'huile ou de vapeur dans la double enveloppe du sécheur.

Une turbine tournant à grande vitesse ( 1 000 à 2 000 tr/min) « plaque » les boues à la paroi interne du sécheur.

#### **3.3.2.3.5 Procédé NIRO**

Le matériel décrit dans ce chapitre est proposé par NIRO pour atteindre 65 % de siccité. Si la siccité visée est 90 %, NIRO propose de rajouter un sécheur indirect à disque de technologie semblable au NARATHERM. Le sécheur NIRO est un sécheur indirect à couche mince.

Il est composé d'un cylindre horizontal à l'intérieur duquel tourne le rotor. Le rotor est composé d'un arbre sur lequel sont fixées des pales qui étalent une mince couche de boue sur la paroi interne du cylindre. Une double enveloppe permet une circulation d'huile thermique sur la paroi externe du cylindre. La chaleur est transmise au travers de la paroi.

#### **3.3.2.3.6 Procédé NARATHERM**

Le sécheur est basé sur un principe de séchage indirect. L'enceinte du sécheur est équipée de pales, en forme de socs de charrue, montées sur deux axes à rotation inversée.

Le système fonctionne sans recirculation de boue séchée en tête de sécheur ; seules les fines de diamètre inférieur à 1 mm sont dirigées dans le malaxeur d'alimentation du sécheur. Le procédé permet d'obtenir des boues séchées à 90 % de siccité.

### **3.3.2.3.7 Procédé SEGHERS**

Le sécheur SEGHERS est un sécheur vertical, à plateaux. Les plateaux horizontaux contiennent le fluide caloporteur (huile thermique).

Des granulés de boues à 68 - 70 % de siccité obtenue grâce à une recirculation des boues séchées sont introduits en haut du sécheur, sur le premier plateau. Des racleurs poussent les granulés vers l'extérieur du plateau où ils tombent sur le plateau inférieur.

Sur le second plateau, les racleurs poussent les granulés vers le centre du plateau où une ouverture permet aux granulés de tomber sur le troisième plateau. Le granulé parcourt ainsi l'ensemble des plateaux pour atteindre le bas du sécheur.

## **3.3.3 REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES**

### **3.3.3.1 Unité de séchage des boues de la station d'épuration de FORT DE SCARPE**

Maître d'Ouvrage :

SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ASSAINISSEMENT DE LA RÉGION DE DOUAI (SIADO)

3, Place d'Haubersat

59500 DOUAI

Constructeur : SOGEA

Capacité de la STEP : 165 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation de séchage :**

- Conception : 2 files de traitement parallèles et identiques permettant deux modes de fonctionnement :
  - séchage poussé des boues à 90 % MS avec chaulage à 20 % de chaux vive sur MS, pour valorisation agricole
  - séchage partiel des boues à 65 % MS, pour incinération
- Sécheur : turbo-sécheur VOMM
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 67 t MS/semaine de boues déshydratées à une siccité de 17 %  $\pm$  2 % (hors chaux), soit :0,64 t MS/h à 15 % MS
  - 3,36 t d'eau à évaporer/h pour un séchage à 65 %
  - 3,62 t d'eau à évaporer/h pour un séchage à 90 %
- Performances :
  - Siccité finale obtenue : 65 % MS ou 90 %
  - Teneur en poussières ( $\varnothing < 63 \mu\text{m}$ ) : < 0,1 %
  - Teneur en fines ( $\varnothing < 1 \text{ mm}$ ) : < 1 %
  - Teneur en éléments grossiers ( $\varnothing < 8 \text{ mm}$ ) : < 5 %
- Flux total de boues à traiter : 2 200 t MS/an, 2 750 t MS/an à terme (mise en place du traitement du phosphore)
- Temps de fonctionnement de l'installation : 105 h/semaine en continu (démarrage et arrêt inclus), 5j/7

#### **Coûts d'investissement :**

<b>PRIX en EUROS H.T.</b>
---------------------------

	Equipement	Génie Civil	TOTAL
Total Postes Généraux	211 060	319 240	530 300
Total Préparation des boues	256 025	6 600	262 625
Total Séchage	2 115 190	531 585	2 646 775
Total Transport et Stockage des boues séchées	113 740	514 205	627 945
Total Électricité et automatisme	271 245		271 245
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>2 967</b>	<b>1 371</b>	<b>4 338</b>
	<b>260</b>	<b>630</b>	<b>890</b>

**Coûts de fonctionnement :**

- Charges proportionnelles au tonnage traité :

	Consommation totale annuelle	Coût unitaire	Coût global annuel Euros HT
Électricité	892 905 kWh	0,055 Euro HT/kWh	49 005
Retours en tête	12 742 m <sup>3</sup>	0,374 Euro HT/m <sup>3</sup>	4 760
Produits de traitement			
Combustible (gaz naturel)	9 223 187 kWh	0,014 Euro HT/kWh	126 546
Chaux	318 t	91,5 Euro HT/t	29 090
<b>TOTAL ANNUEL</b>			<b>209 401</b>

- Entretien et renouvellement :

	Coût global annuel Euros HT/an
Consommables et pièces d'usure	15 245
Gros entretien et renouvellement	68 600
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>83 845</b>

## **3.4 LE SECHAGE SOLAIRE**

Le séchage solaire est un procédé de séchage naturel des boues. Ce procédé, particulièrement adaptée aux installations de petite et moyenne capacité (à partir de 5 000 EH), est une alternative au séchage thermique.

Ce type de séchage constitue, de même que pour le séchage thermique, une étape intermédiaire permettant de mieux utiliser les capacités offertes par les filières d'élimination ou de valorisation proprement dites. Ainsi, le séchage solaire peut aussi être utilisé :

- avant l'incinération pour amener les boues à l'auto-combustibilité,
- avant l'incinération conjointe ou la co-incinération pour donner aux boues un PCI comparable à celui des ordures ménagères ou suffisamment élevé pour que les boues soient acceptées sur des installations de co-incinération,
- avant la valorisation agricole, le séchage diminuant le volume à transporter et facilitant le stockage notamment du fait d'une stabilisation des boues (réduction des nuisances olfactives lors du stockage en bout de champ).

### **3.4.1 ASPECTS REGLEMENTAIRES**

Le séchage solaire des boues et les installations de séchage solaire des boues ne font pas l'objet de réglementations particulières.

### **3.4.2 ASPECTS TECHNIQUES**

#### **3.4.2.1 Principe de fonctionnement**

Le séchage solaire des boues est un procédé naturel qui permet d'éliminer l'eau interstitielle de la boue par vaporisation de cette eau interstitielle.

Ce procédé, dit passif, utilise comme source d'énergie le rayonnement solaire.

Les boues liquides ou pâteuses sont déposées à l'entrée d'une plate-forme recouverte d'une serre.

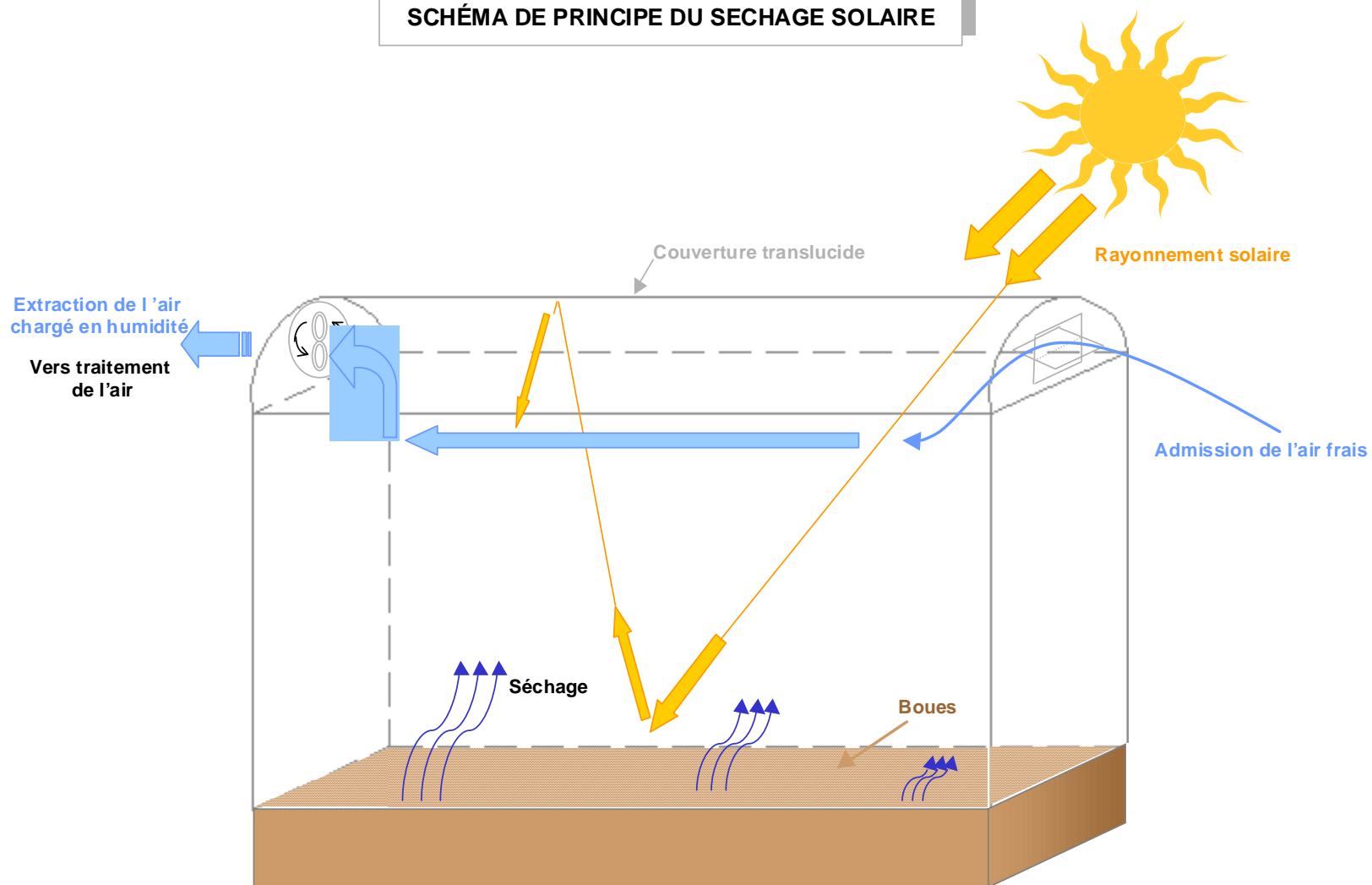
La couverture de la plate-forme par une serre permet :

- de recréer en toute saison des conditions optimales de séchage,
- de s'affranchir des eaux de pluie,
- de profiter de l'effet de serre induit par la couverture,
- de confiner les éventuelles odeurs et de les traiter,
- d'avoir une possibilité d'accélération du séchage par un chauffage d'appoint.

De plus, l'étanchéité du radier est assurée par une géomembrane qui permet d'éviter tout départ de boues vers le milieu extérieur, et par un géotextile sous lequel sont disposés des drains afin de s'affranchir des lixiviats provenant de l'intrusion d'eau parasite.

Dans la serre, les boues sont étalées par une machine pour former un lit de boues d'une épaisseur moyenne de l'ordre de 40 cm.

### SCHÉMA DE PRINCIPE DU SECHAGE SOLAIRE



Le rayonnement solaire, accentué par l'effet de serre, réchauffe la surface du lit de boues ce qui entraîne une augmentation de la pression de la vapeur de l'eau contenue dans les boues et donc la vaporisation de l'eau dans l'air. L'extraction de l'eau contenue dans les boues se fait donc sous forme d'air chargé en humidité. L'air est ainsi utilisé pour transporter l'humidité vers l'extérieur de la serre et non pour chauffer la matière à sécher.

Un apport d'air neuf est assuré dans la serre grâce à des volets d'ouverture disposés sur la couverture. Si cet air frais admis dans la serre a une humidité relative inférieure à 80 %, il existe un effet de séchage sans radiation solaire qui peut donc se dérouler même pendant la nuit. En cas de vent, la circulation de l'air à travers la serre est augmentée, ce qui entraîne une accélération du séchage.

La vapeur d'eau issue des boues, plus légère que l'air, doit être évacuée afin de maintenir un faible degré hygrométrique dans la serre.

Cette extraction de la vapeur d'eau peut être assurée soit par une ventilation naturelle (rendue possible par l'échauffement des boues constituant la source de chaleur, et grâce à d'importantes ouvertures de la serre), soit par une ventilation mécanique contrôlée grâce à des ventilateurs d'extraction disposés à l'opposé de l'admission d'air frais (des aérothermes, avec chauffage éventuel, peuvent constituer le dispositif d'extraction). La ventilation mécanique contrôlée permet une maîtrise de la circulation de l'air et une légère mise en dépression à l'intérieur de la serre. L'air extrait peut alors être dirigé vers une unité de traitement de l'air.

Un équipement mécanique, dont le fonctionnement est automatisé, est utilisé pour scarifier, retourner et homogénéiser les boues en cours de séchage, afin de favoriser le contact entre la matière à sécher et l'air. Cet équipement est soit une machine à rouleau de même largeur que la chambre de séchage, guidée par des rails fixés sur des murets et opérant un mouvement de va-et-vient dans la serre (procédé HELIANTIS), soit une machine à disques, sorte de chariot relié par câble à un rail central disposé en hauteur et opérant des mouvements libres dans la serre (procédé ECODRYER). Dans les deux cas de figure, la machine mobile assure le brassage et l'aération des boues, évitant ainsi les conditions anaérobies et donc le développement de mauvaises odeurs.

La machine à rouleau permet, de plus, de transporter lentement les boues à travers la chambre de séchage. Ce procédé présente donc l'avantage de permettre une alimentation progressive de l'installation en boues au fur et à mesure que l'on extrait les boues séchées ramenées en bout de serre par le rouleau.

La machine à disques, quant à elle, ne permet pas de déplacer progressivement les boues en bout de serre. Ce procédé impose donc un fonctionnement discontinu par lots.

### 3.4.2.2 Principe de dimensionnement

Les dimensions de la serre dépendent des conditions d'ensoleillement du site. Les valeurs observées sont les suivantes :

- Nord de la France : 800 – 1 000 kg/m<sup>2</sup>.an
- Centre de la France : 1 000 – 1 250 kg/m<sup>2</sup>.an
- Sud de la France : 1 200 – 1 400 kg/m<sup>2</sup>.an

Le calcul de la surface de l'aire de séchage repose sur :

- le taux d'évaporation moyen annuel
- la masse d'eau à évaporer, déterminée à partir de :
  - la production de boues annuelle
  - la siccité en entrée de serre
  - la siccité en sortie de serre

### 3.4.2.3 Performances

Le séchage solaire des boues peut fonctionner toute l'année, quelle que soit la région d'implantation. Les performances obtenues varient cependant selon la zone géographique en fonction des conditions climatiques.

Ce procédé offre ainsi une capacité de séchage de 180 à 1 600 kg d'eau/m<sup>2</sup>.an, ce taux d'évaporation pouvant varier pour une même installation selon les saisons.

La siccité des boues peut atteindre 70 à 90 % MS selon le type de boues traitées.

Les boues séchées se présentent sous forme de granulats secs facilement manutentionnables et pelletables.

Les boues séchées conservent leur valeur agricole.

Le séchage solaire offre un faible coût d'exploitation :

- Puissance électrique absorbée totale de l'ordre de 2 à 5 kW,
- Consommation électrique de l'ordre de 10 à 30 kWh/tonne d'eau à évaporer, à comparer aux systèmes classiques qui demandent de l'ordre de 1 000 kWh/tonne d'eau à évaporer.

### 3.4.3 REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

#### Unité de séchage des boues de la station d'épuration de DOUBS

Maître d'Ouvrage :

COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DU LARMONT (CCL)

8 bis, Rue de la Grande Oie

25300 HOUTAUD

Constructeur : FRANCE ASSAINISSEMENT

Capacité de la STEP : 50 000 EH

#### Caractéristiques de l'installation de séchage (en cours de construction) :

- Conception : 3 files de traitement parallèles et identiques, traitement de boues biologiques déshydratées
- Complexe de séchage solaire : plate-forme de séchage HELIANTIS
- Capacité de traitement de l'installation :
  - Dimensionnement :
    - **Surface totale de serres : 2 850 m<sup>2</sup>**
    - **Nombre de serres : 3**
    - **Dimensions utiles unitaires : longueur 105 m x largeur 9,10 m**
    - **Hauteur moyenne de stockage de boues : 0,40 m**
    - **Capacité de stockage minimum : 6,5 mois**
  - 67,5 t/semaine de boues chaulées à 30 % et déshydratées à une siccité de 30 %  
ou 65,4 t/semaine de boues chaulées à 50 % et déshydratées à une siccité de 35 %
  - 800 kg d'eau à évaporer/m<sup>2</sup>.an, avec un taux d'évaporation pouvant varier de 3,5 à 30,4 kg/m<sup>2</sup>.semaine

- Performances :
  - Siccité finale obtenue : 70 % MS minimum
  - Granulométrie : 1 à 20 mm
- Flux total de boues à traiter : 1 051 t MS/an avec un taux de chaulage de 30 % ou 1 191 t MS/an avec un taux de chaulage de 50 %
- Temps de séjour maximum des boues dans l'installation : 6,5 mois (en hiver)
- Temps de fonctionnement de l'installation : 24 h/24, 7j/7, 12 mois/12

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>
Total transport des boues déshydratées	183 600
Total Séchage	974 100
Total Électricité et automatisme	131 890
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>1 289 590</b>

**Coûts de fonctionnement :**

Charges proportionnelles au tonnage traité :

	<b>Consommation totale annuelle</b>	<b>Coût unitaire</b>	<b>Coût global annuel Euros HT</b>
Électricité	157 700 kWh	0,055 Euro HT/kWh	8 675
Produits de traitement	-	-	0
Évacuation des boues	1 700 t	35 Euros HT/t	29 500
<b>TOTAL ANNUEL</b>			<b>38 175</b>

## 4 CARACTERISATION DES FILIERES DE VALORISATION OU D'ELIMINATION DES BOUES

---

L'objet principal de cette partie de l'étude est de présenter l'ensemble des filières de valorisation ou d'élimination des boues, qu'elles soient éprouvées ou en cours de développement, tant en ce qui concerne les aspects techniques que réglementaires.

Ces filières sont classées en fonction de la destination du produit final obtenu :

- **Voie du recyclage de boues brutes ou transformées :**

- ✓ Applications agricoles
  - o épandage selon la filière « déchet »
- ✓ Applications non agricoles
  - o utilisation forestière
  - o revégétalisation de sites après aménagement et restructuration de sol
- ✓ Applications commerciales
  - o valorisation selon la filière « produit »

- **Voie de l'élimination de boues brutes ou transformées :**

- ✓ Enfouissement
  - o mise en décharge
- ✓ Incinération
  - o incinération spécifique des boues
  - o incinération conjointe aux ordures ménagères
- ✓ Co-incinération
  - o co-incinération en centrale thermique
  - o co-incinération en cimenterie
- ✓ Autres traitements thermiques d'élimination
  - o Oxydation par Voie Humide (OVH)
  - o thermolyse
  - o gazéification

## **4.1 ÉPANDAGE AGRICOLE DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « DECHET »**

La matière organique constitue un facteur important de la croissance des végétaux. La dégradation aboutit à la formation d'éléments minéraux simples sur le complexe argilo-humique, ce qui permet le stockage de ces éléments minéraux et leur restitution progressive dans le sol.

L'azote, l'acide phosphorique et la potasse sont indispensables à la nutrition des végétaux.

Les boues de station d'épuration sont des résidus du traitement des eaux usées composés en majeure partie de matières organiques. Les agriculteurs utilisent ces déchets comme fertilisants et amendements organiques puisque l'apport des composés organiques contenus dans les boues permet de maintenir le stock humique des sols et l'activation de la vie biologique des sols. Si les boues épandues sont chaulées, elles sont aussi utilisées comme amendement calcique sur les terres acides.

Les boues de station d'épuration urbaines contiennent :

- des éléments fertilisants tels que l'azote et le phosphore, et de la matière organique,
- des micro-organismes pathogènes, susceptibles, après pénétration d'un organisme vivant, de se développer dans la plante et d'occasionner une maladie,
- d'éléments traces minéraux constitués en majorité de métaux. A faibles concentrations, certains ont un rôle indispensable mais deviennent toxiques au-delà d'un certain seuil,
- des micro-polluants organiques présents à l'état de traces dans les boues, comme les HPA et les PCB, les pesticides, des solvants chlorés, dioxines...

L'épandage agricole est régi par une réglementation limitant les risques liés à l'utilisation des boues, qui contiennent potentiellement des métaux lourds, des germes pathogènes et des micro-polluants organiques.

Par ailleurs, la valorisation agricole des boues peut être réalisée sous plusieurs formes :

- épandage de boues brutes ou digérées sous forme de boues épaissies ou déshydratées,
- épandage de boues hygiénisées et stabilisées sous forme de compost et de boues séchées.

Compte tenu des nuisances olfactives engendrées par les boues pâteuses et des stockages importants de boues liquides à mettre en œuvre du fait de la nouvelle réglementation, l'épandage de boues sous forme stabilisée et hygiénisée remplace progressivement, pour les grosses unités, l'épandage de boues brutes.

### **4.1.1 ASPECTS LEGISLATIFS**

La valorisation des boues en agriculture relève des textes réglementaires suivants :

- loi n°75-663 du 15 juillet 1975 modifiée relative aux déchets,
- loi n°79-595 du 13 juillet 1979 relative à l'organisation des contrôles de matières fertilisantes et des supports de culture, codifiée par les articles L255-1 à L255-11 du Code rural,
- loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'Eau, retranscrite dans le Code de l'Environnement – livre II – titre Ier – milieux physiques – eau et milieux aquatiques, notamment,
- décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées,
- arrêté ministériel du 8 janvier 1998 modifié par l'arrêté du 3 juin 1998, fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues.

#### 4.1.1.1 Décret du 8 décembre 1997 et arrêté du 8 janvier 1998

Ces deux textes ont renforcé le cadre réglementaire de l'épandage agricole.

Ils s'appliquent aux produits composés en tout ou partie de boues et qui n'ont pas d'homologation, d'autorisation provisoire de vente ou qui ne sont pas conformes à une norme.

Cette réglementation met en œuvre quatre principes :

- l'innocuité pour la santé de l'homme et des animaux, les cultures, les sols et les milieux aquatiques,
- l'intérêt agronomique des boues,
- la rigueur par la réalisation d'une étude préalable, d'un programme prévisionnel, la tenue d'un registre et la réalisation d'un suivi annuel,
- la transparence puisque toutes les données doivent être transmises à la Préfecture et à l'utilisateur.

Afin de prévenir les risques de pollution des eaux superficielles et souterraines, ainsi que la qualité des sols, l'épandage des boues est soumis à un régime de contrôle administratif se substituant aux dispositions des règlements sanitaires départementaux. Les dispositions du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 pris en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, et de l'arrêté interministériel du 8 janvier 1998 fixent les règles applicables.

L'épandage des boues urbaines relève du régime de l'autorisation ou de la déclaration, selon les quantités en cause au regard des seuils annuels fixés à :

- **la rubrique 540** = épandage de boues issues du traitement d'eaux usées : la quantité de boues épandues dans l'année, produites dans l'unité de traitement considérée étant :
  - 1) Quantité de matière sèche supérieure à 800 t/an ou azote total supérieur à 40 t/an : **Autorisation**,
  - 2) Quantité de matières sèches comprise entre 3 et 800 t/an ou azote total compris entre 0,15 t/an et 40t/an : **Déclaration**.

Pour l'application de ces seuils, sont à prendre en compte les volumes et quantités maximales de boues destinées à l'épandage dans les unités de traitement concernées.

Ainsi, l'épandage de boues issues du traitement d'eaux usées relevant de cette rubrique nécessite la constitution d'un dossier d'autorisation de rejet.

L'épandage des boues est par ailleurs subordonné à une étude préalable, dont le contenu est précisé par l'arrêté du 8 janvier 1998.

Elle comprend :

- a) La présentation de l'origine, des quantités (produites et utilisées) et des caractéristiques des boues (type de traitement des boues prévu),
- b) L'identification des contraintes liées au milieu naturel ou aux activités humaines sur le périmètre d'étude, y compris la présence d'usages sensibles (habitation, captages, productions spéciales...) et les contraintes d'accessibilité des parcelles,
- c) Les caractéristiques des sols, les systèmes de culture et la description des cultures envisagées sur le périmètre d'étude,
- d) Une analyse des sols portant sur l'ensemble des paramètres mentionnés plus bas réalisée en un point de référence, repéré par ses coordonnées Lambert, représentatif de chaque zone homogène.

Par « unité homogène » on entend une partie d'unité culturelle homogène d'un point de vue pédologique n'excédant pas 20 hectares.

Par « unité culturelle » on entend une parcelle ou un groupe de parcelles exploitées selon un système unique de rotations de cultures par un seul exploitant :

- e) La description des modalités techniques de réalisation de l'épandage (matériels, localisation et volume des dépôts temporaires et ouvrages d'entreposage, périodes d'épandage...)
- f) Les préconisations générales d'utilisation des boues (intégration des boues dans les pratiques agronomiques, adéquation entre les surfaces d'épandage prévues et les quantités de boues à épandre en fonction de ces préconisations générales.
- g) La représentation cartographique au 1/25 000 du périmètre d'étude et des zones aptes à l'épandage,
- h) La représentation cartographique à une échelle appropriée des parcelles exclus de l'épandage sur le périmètre d'étude et les motifs d'exclusion (point d'eaux, pentes, voisinage...)
- i) Une justification de l'accord des utilisateurs de boues pour la mise à disposition de leurs parcelles et une liste de celles-ci selon leurs références cadastrales,
- j) Tous les éléments complémentaires permettant de justifier le respect de l'article 8 du décret du 8 décembre 1997.

✓ **Le décret du 8 décembre 1997** définit les conditions dans lesquelles les boues de station d'épuration doivent être épandues sur les sols agricoles, forestiers ou en cours de végétalisation.

Il prévoit que les boues doivent être stabilisées.

Il prévoit (aux articles 8 et 12) que soient réglementés les stockages de boues au titre de ce texte.

Il fixe le contenu de l'étude préalable à toute opération d'épandage.

Ce sont les exploitants des unités de collecte et de traitement qui sont les producteurs de boues au sens de ce décret. C'est donc à eux qu'il incombe d'en appliquer les dispositions.

En cas de mélange de boues ou de déchets, le Préfet détermine à qui incombe la responsabilité du produit final.

**Ce texte précise également qu'une solution alternative d'élimination ou de valorisation des boues doit être prévue pour pallier tout empêchement temporaire de se conformer à ces dispositions.**

✓ **L'arrêté du 8 janvier 1998** est un arrêté d'application de ce décret pour l'épandage sur des sols agricoles, qui donne les éléments techniques de mise en œuvre du décret.

En outre, il précise à l'article 5 les conditions de mise en œuvre des stockages de boues.

Dans l'arrêté figurent, à l'annexe I, les normes limitant la teneur en micro-polluants organiques et métalliques des boues et des sols devant recevoir ces boues (le tableau 1b de l'annexe I indiquant les teneurs limites en composés-traces organiques dans les boues est remplacé par le tableau figurant dans l'arrêté du 3 juin 1998) :

**Teneurs limites en éléments traces dans les boues**

Éléments traces	Valeur limite dans les boues (mg/kg MS)	Flux maximum cumulé apporté par les boues en 10 ans (g/m <sup>2</sup> )
Cadmium	15 <sup>(*)</sup>	0,015
Chrome	1 000	1,5
Cuivre	1 000	1,5
Mercure	10	0,015
Nickel	200	0,3
Plomb	800	1,5
Zinc	3 000	4,5
Chrome + Cuivre + Nickel + Zinc	4 000	6
(*) 10 mg/kg MS à compter du 1 <sup>er</sup> janvier 2004		

### Teneurs limites en composés traces organiques dans les boues

Composés organiques	Valeur limite dans les boues (mg/kg MS)		Flux maximum cumulé apporté par les boues en 10 ans (mg/m <sup>2</sup> )	
	Cas général	Epandage sur pâturages	Cas général	Epandage sur pâturages
Total des 7 principaux PCB (*)	0,8	0,8	1,2	1,2
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo(a)pyrène	2	1,5	3	2

(\*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

### Valeurs limites en éléments traces dans les sols

Éléments traces dans les sols	Valeur limite de concentration dans les sols (mg/kg MS)	Flux maximum cumulé apporté par les boues sur 10 ans pour les pâturages ou les sols de pH inférieurs à 6 (g/m <sup>2</sup> )
Cadmium	2	0,015
Chrome	150	1,2
Cuivre	100	1,2
Mercuré	1	0,012
Nickel	50	0,3
Plomb	100	0,9
Zinc	300	3
Sélénium (*)	-	0,12
Chrome + Cuivre + Nickel + Zinc	-	4

(\*) pour le pâturage uniquement

Par rapport à la norme NFU 44-041 dont l'application a été abrogée, les évolutions suivantes sont à noter :

- apparition des PCB et HPA dans les éléments traces à mesurer,
- pour les métaux, les teneurs maximales et les flux maximaux sur 10 ans sont au moins divisés par deux, les teneurs limites dans les sols étant conservées.

Par ailleurs, un document de travail sur les boues d'épuration, daté du 27 Avril 2000 et issu du 3<sup>ème</sup> Projet de la Communauté Européenne visant à **améliorer la situation actuelle en matière de gestion des boues d'épuration**, stipule, au sujet de la prévention de la pollution, qu'« *un aspect très important d'une stratégie globale visant à garantir la disponibilité à long terme de boues aux fins d'utilisations bénéfiques serait un engagement en faveur d'une réduction effective de la pollution des eaux résiduaires* ».

Notamment, cet engagement se traduirait par l'établissement de plans qui « *devraient viser à réduire la quantité globale de substances et d'éléments potentiellement dangereux dans les eaux résiduaires et les boues, afin d'atteindre les objectifs [...] suivants* » :

- apparition de certains composés organiques (AOX, LAS, DEMP, NPE) et des dioxines (PCDD/F) dans les éléments traces à mesurer,
- pour les métaux, les teneurs maximales et les flux maximaux sur 10 ans sont progressivement mais considérablement réduits à moyen (2015) et long (2025) termes ; les teneurs limites dans les sols étant aussi modifiées.

### Valeurs limites projetées en éléments traces dans les boues

Eléments traces	Moyen terme (vers 2015)		Long terme (vers 2025)	
	Valeurs limites de concentration dans les boues (mg/kg MS)	Flux annuel maximum cumulé apporté par les boues sur 10 ans (g/ha/an)	Valeurs limites de concentration dans les boues (mg/kg MS)	Flux annuel maximum cumulé apporté par les boues sur 10 ans (g/ha/an)
Cadmium	5	15	2	6
Chrome	800	2 400	600	1 800
Cuivre	800	2 400	600	1 800
Mercure	5	15	2	6
Nickel	200	600	100	300
Plomb	500	1 500	200	600
Zinc	2 000	6 000	1 500	4 500

### Valeurs limites projetées en composés traces organiques dans les boues

Composés organiques	Valeur limite dans les boues (mg/kg MS)
Total des 7 principaux PCB <sup>(*)</sup>	0,8
Somme des Hydrocarbures Aromatiques Polycyclique <sup>(**)</sup>	6
AOX (somme des composés organohalogénés)	500
LAS (alkylbenzènesulfonates à chaîne linéaire)	2 600
DEHP (Di(2-éthylhexyl)phthalate)	100
NPE (nonylphénol et éthoxylates de nonylphénol)	50
(*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	
(**) HAP suivants : acénaphène, phénanthrène, fluorène, fluoranthène, pyrène, benzo(b+j+k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-c,d)pyrène	

### Valeurs limites projetées en dioxines dans les boues

Dioxines	Valeur limite dans les boues (ng TE/kg MS)
PCDD/F <sup>(*)</sup>	100
(*) polychlorodibenzodioxines/dibenzofurannes	

Ces nouvelles valeurs limites projetées ne sont actuellement pas applicables.

**Remarque :** La qualité des boues d'épuration est directement dépendante de la qualité des eaux usées. Afin de préserver et garantir l'innocuité des boues, il est nécessaire de maîtriser au mieux les effluents collectés, notamment ceux émis par des établissements industriels, puisque les boues ne peuvent que capter les contaminants et qu'il n'est pas envisageable de traiter les boues contaminées afin de les débarrasser des contaminants dans des conditions technico-économiques raisonnables.

La police des réseaux de collecte des eaux usées est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage en charge du réseau de collecte (en général, il s'agit de la collectivité). Le Code de la Santé Publique (art. L 35-8) précise que le raccordement des effluents non domestiques au réseau public n'est pas obligatoire, que tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans les égouts publics doit être préalablement autorisé et que le raccordement à un industriel nécessite obligatoirement une convention de rejet signée par le Maire de la Collectivité.

Dans tous les cas, la quantité de MS (hors chaux) épandue ne peut dépasser 30 tonnes par hectare sur 10 ans.

En ce qui concerne les modalités d'épandage, les textes prévoient :

- **l'interdiction du mélange de boues provenant de stations différentes**, sauf si chaque boue faisant partie du mélange est conforme aux normes et si l'autorisation est donnée par le Préfet,
  - la construction systématique d'ouvrages d'entreposage dimensionnés, pour faire face aux périodes pendant lesquelles l'épandage est impossible (en outre, les articles 8 et 12 du décret du 8 Décembre 1997 prévoient que soient réglementés les stockages au titre de ce texte, et l'article 5 de l'arrêté du 8 Janvier 1998 en précise les conditions ; le stockage de boues, hors de la station d'épuration, doit donc être réglementé au titre de la procédure liée à l'épandage),
  - la constitution d'un dossier de déclaration ou d'autorisation avec notamment une étude préalable, dont le contenu est défini au paragraphe 2.2,
  - la rédaction d'un document annuel d'épandage incluant le plan d'épandage, le diagnostic des sols, le calendrier et le matériel d'épandage,
  - des analyses dont la fréquence dépend de la production de boues.

Ainsi, la première année, le type et le nombre d'analyses sont les suivants :

Tonnes de matières sèches épandues	Pour l'année 1							
	< 32	32 à 160	161 à 480	481 à 800	801 à 1 600	1 601 à 3 200	3 201 à 4 800	> 4 800
Valeur agronomique des boues	4	8	12	16	20	24	36	48
Métaux lourds As, B éléments traces	- 2	- 4	- 8	1 12	1 18	2 24	2 36	3 48
Composés organiques	1	2	4	6	9	12	18	24

puis les années suivantes :

Tonnes de matières sèches épandues	Pour les années 1 + n							
	< 32	32 à 160	161 à 480	481 à 800	801 à 1 600	1 601 à 3 200	3 201 à 4 800	> 4 800
Valeur agronomique des boues	2	4	6	8	10	12	18	24
Métaux lourds (éléments traces)	2	2	4	6	9	12	18	24
Composés organiques	-	2	2	3	4	6	9	12

- l'adaptation des périodes d'épandage et des quantités épandues de façon à ce que :
  - la capacité d'absorption des sols ne soit pas dépassée, compte tenu des autres apports de substances épandues et des besoins des cultures ;
  - ni la stagnation prolongée sur les sols, ni le ruissellement en dehors de parcelles d'épandage, ni une percolation rapide ne puissent se produire,
  
- l'interdiction de l'épandage
  - pendant les périodes où le sol est pris en masse par le gel ou abondamment enneigé, exception faite des boues solides,
  - pendant les périodes de forte pluviosité,
  - en dehors des terres régulièrement travaillées et des prairies normalement exploitées,
  - sur les terrains en forte pente, dans des conditions qui entraîneraient leur ruissellement hors du champ d'épandage,
  - à l'aide de dispositifs d'aérodispersion qui produisent des brouillards fins,
  
- le respect de distances minimales par rapport :
  - aux berges des cours d'eau, aux lieux de baignade, aux piscicultures et zone conchylicoles, aux points de prélèvements d'eau et des terrains affectés par des phénomènes karstiques, de manière à préserver la qualité des eaux souterraines et superficielles,
  - aux habitations et établissements recevant du public, de manière à protéger la salubrité publique et limiter les nuisances olfactives.

#### **4.1.1.2 Réglementation relative à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole**

✓ **Le décret n°93-1038 du 27 août 1993** pris en application de la directive européenne 91/676/CEE du 12 décembre 1991 et relatif à la protection des eaux contre les nitrates d'origine agricole, donne la définition des zones vulnérables qui contribuent à la pollution des eaux par le rejet direct ou indirect de nitrates.

Il définit également la mise en place d'un Code des bonnes pratiques agricoles en vue de servir de référence aux agriculteurs pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates au travers notamment des activités d'élevage et de fertilisation des sols.

✓ **L'arrêté du 22 novembre 1993** pris en application de ce décret fixe le contenu du Code national des bonnes pratiques agricoles. Il précise également que les dispositions de ce code peuvent être complétées ou modifiées en tant que de besoin par un arrêté préfectoral.

Ce code des bonnes pratiques agricoles constitue un ensemble de recommandations aux agriculteurs situés en zone non vulnérable et une base minimale pour les programmes d'action en zone vulnérable.

Il définit trois types de fertilisants : les boues figurent dans l'une des deux premières classes, en fonction de leur rapport C/N, éventuellement corrigé selon la forme du carbone :

- Type I : fertilisant contenant de l'azote organique et à C/N élevé (supérieur à 8) ;
- Type II : fertilisant contenant de l'azote organique et à C/N bas (inférieur ou égal à 8) ;
- Type III : fertilisants minéraux et uréiques de synthèse.

Il fixe un certain nombre de recommandations qui concernent :

- Les périodes pendant lesquelles l'épandage de fertilisants est inapproprié :

	Type de fertilisants		
	Type I	Type II	Type III
Sols non cultivés	Toute l'année	Toute l'année	Toute l'année
Grandes cultures d'automne		du 1 <sup>er</sup> novembre au 15 janvier	du 1 <sup>er</sup> septembre au 15 janvier
Grandes cultures de printemps	du 1 <sup>er</sup> juillet au 31 août	du 1 <sup>er</sup> juillet au 15 janvier	du 1 <sup>er</sup> juillet (*) au 15 février
Prairies de plus de six mois non pâturées		du 15 novembre au 15 janvier	du 1 <sup>er</sup> octobre au 31 janvier
Cultures spéciales	A préciser localement	A préciser localement	A préciser localement

(\*) du 15 juillet au 15 février pour les cultures irriguées, à préciser localement en fonction de la rubrique 10

Cette recommandation a pour conséquence de limiter fortement la période d'épandage.

- Les conditions d'épandage sur les sols en forte pente :

Réaliser cet épandage de telle sorte que le ruissellement en dehors du champ d'épandage soit supprimé.

Ne pas utiliser certains matériels d'épandage, comme les canons asperseurs à haute pression, en vigueur pour les fertilisants liquides.

- Les conditions d'épandage sur les sols détremés, inondés, gelés ou couverts de neige :

	Sol gelé en surface alternant gel et dégel en 24 h	Sol pris en masse par le gel	Sol inondé ou détremé (*)	Sol enneigé
Type I	Possible	A la rigueur possible (**)	Déconseillé	A la rigueur possible (**)
Type II	Possible	Déconseillé	Déconseillé	Déconseillé
Type III	Possible	A la rigueur possible (**)	Déconseillé	Déconseillé

(\*) sauf cultures en milieu aquatique (rizières, cressonnières)

(\*\*) le choix est précisé en fonction du climat, de la fréquence et de la durée des conditions climatiques en question, ainsi que de la nature du sol et de sa pente

- Les conditions d'épandage près des eaux de surface :

Épandre les fertilisants en respectant des distances minimales par rapport aux eaux de surface et prendre en compte les conditions atmosphériques au moment de l'épandage, les conditions d'épandage (enfouissement), la nature de la couverture végétale du sol. Pour les fertilisants de type I ou II (hors effluents d'élevage), cette distance est de 2 mètres.

- Les modes d'épandage :

Équilibrer les besoins prévisibles de la culture.

Fractionner les apports si nécessaire et réviser à la baisse les doses si l'objectif de production ne peut être atteint en raison de l'état de la culture (aléas climatiques, maladies,...).

Veiller à l'uniformité de l'épandage de la dose déterminée.

Pour contrôler au mieux la fuite d'éléments nutritifs vers les eaux, il est nécessaire de déterminer de façon précise les besoins de fertilisants et de veiller à la régularité de l'épandage afin d'éviter les situations de surfertilisation.

D'autres recommandations concernant les bonnes pratiques de la gestion des terres et de l'irrigation sont également précisées.

- ✓ **Le décret n°96-193 du 4 mars 1996** impose la mise en œuvre de programmes d'action dans chaque zone ou chaque partie de zone vulnérable délimitée conformément aux dispositions du décret n°93-1038 du 27 août 1993.

Ces programmes d'action tiennent compte de la situation locale et précisent les mesures nécessaires à une bonne maîtrise de la fertilisation et à une gestion adaptée des terres agricoles en vue de limiter à un niveau admissible les fuites de composés azotés dans les eaux superficielles et souterraines.

- ✓ **L'arrêté du 4 mars 1996** pris en application de ce décret précise la constitution d'un groupe de travail pour la mise au point des programmes d'action.

Il définit le contenu des programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole.

Le code des bonnes pratiques agricoles élaboré en application du décret n°93-1038 du 27 août 1993 est un recueil de dispositions dont l'application est basée sur le volontariat.

Le programme d'action définit les prescriptions **qui doivent obligatoirement être respectées** dans les délais fixés au sein de la zone ou partie de zone vulnérable concernée.

#### 4.1.1.3 Conclusion

Les contraintes de valorisation agricole des boues issues des dernières réglementations imposent que l'épandage soit réalisé dans des conditions irréprochables :

- maîtrise des nuisances olfactives
- maîtrise des stockages
- garanties d'innocuité par des analyses régulières des boues
- suivi agronomique, respect des doses appliquées
- encadrement rigoureux avec totale transparence des contrôles.

#### Nota :

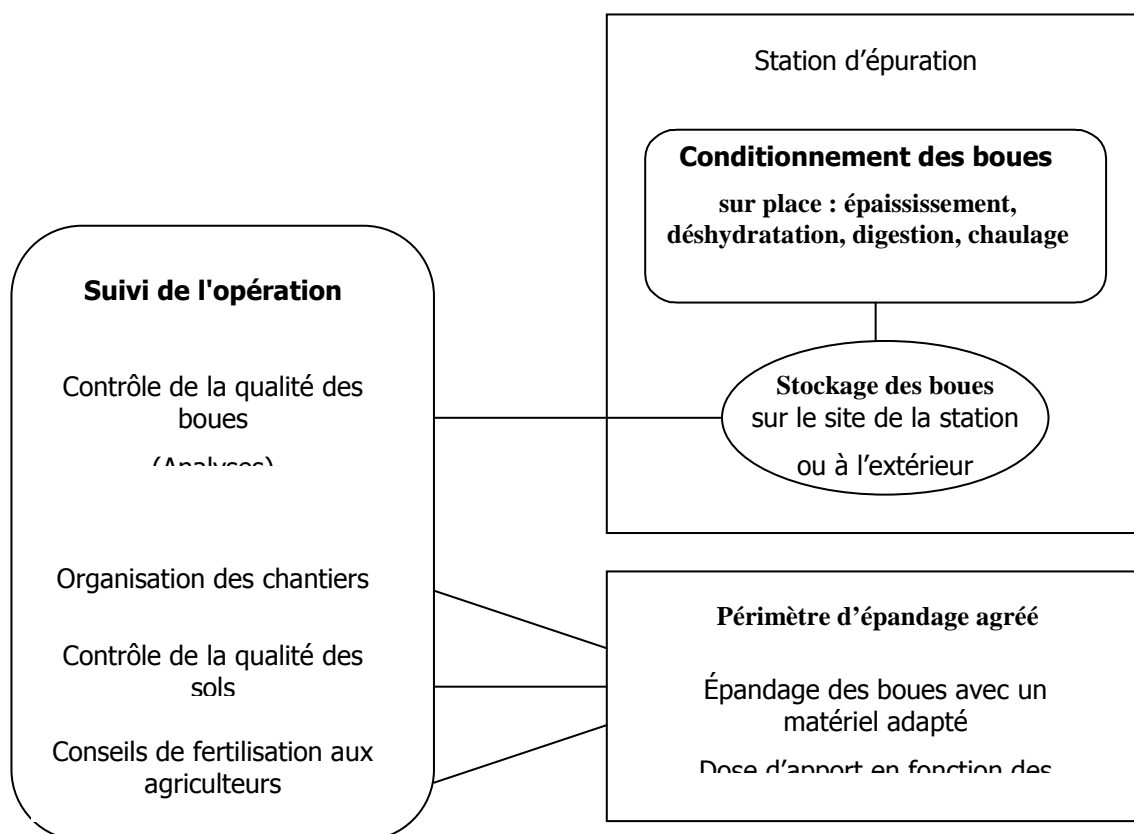
Un courrier de la Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies (FNCCR) adressé à Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche et daté du 23 juillet 2001 attire, par ailleurs, l'attention sur la « proposition de règlement du Parlement Européen et du Conseil établissant les règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine », dont l'article 4 alinéa 1-d classe « toutes les matières d'origine animale collectées lors du traitement des eaux résiduaires des abattoirs où sont enlevés les matériels à risques spécifiés » parmi les matières de catégorie 1 devant obligatoirement être incinérées ou éliminées dans des usines spéciales agréées, qui aurait notamment pour effet d'interdire l'épandage agricole des boues produites par les stations d'épuration auxquelles des abattoirs sont raccordés.

## 4.1.2 ASPECTS TECHNIQUES

### 4.1.2.1 Schéma de fonctionnement d'une opération d'épandage

Les épandages agricoles de boues brutes, digérées ou séchées sont en général effectués en grandes cultures. Les boues peuvent aussi être épandues en forêt avec de bons résultats. Cette pratique est développée à l'étranger, notamment aux Etats-Unis, mais très peu en France.

Le fonctionnement de l'opération d'épandage est décrit par la figure ci-après :



#### 4.1.2.2 Mise en œuvre de la filière d'épandage agricole

Cette filière est mieux adaptée aux stations de petite et moyenne capacité qu'aux stations de très grande capacité pour des raisons pratiques de taille du périmètre d'épandage. Il faut en effet compter un apport moyen d'environ 2 t MS/ ha/ an au maximum (limitation de l'apport d'azote). Dans la pratique, les boues sont épandues tous les deux ou trois ans sur les parcelles agricoles.

##### 4.1.2.2.1 Stockage des boues

Compte-tenu de la réglementation et de cycles culturels observés en France métropolitaine, il existe deux grandes périodes d'épandage : le printemps (mars-avril) et la fin d'été - début d'automne (août-septembre-octobre). En dehors de ces périodes, les boues continuent à être produites et il convient donc de les stocker.

En général, 6 à 9 mois de stockage sont à prévoir (selon les particularités du périmètre d'épandage).

Des ouvrages adaptés doivent être aménagés de préférence sur le site de la station d'épuration (ces travaux sont normalement prévus dans la phase de construction des installations de traitement des boues de la station).

Dans les moyennes et grandes stations, le périmètre d'épandage étant plus éloigné (10 à 30 km), il est judicieux de créer des stockages décentralisés à proximité des zones d'épandage. Ainsi, les délais entre transport et épandage sont les plus courts possibles lors des périodes d'épandage favorables. Mais, dans le contexte actuel de remise en cause des filières d'épandage, l'acceptation de ces stockages par les mairies et les populations locales est très difficile.

Le mode de stockage varie en fonction du type de boues produites :

Type de boues	Boues liquides	Boues pâteuses	Boues solides
Type de stockage	Poches en synthétique (jusqu'à 4 000 m <sup>3</sup> ) pour des stockages temporaires ou silo cylindro-conique avec agitateur pour homogénéiser les boues avant épandage, situés sur la station d'épuration	Fosse semi-enterrée couverte ou aire couverte avec des dispositifs assurant la contention des matières de consistance molle, située sur la station d'épuration ou sur la zone d'épandage	Aire de stockage couverte (simple dalle de béton sous hangar ou simple bâche), située sur la station d'épuration ou sur la zone d'épandage

Pour le cas particulier des boues séchées thermiquement (boues solides), le même type d'installations de manutention et de stockage que pour les engrais minéraux granulés est requis.

Par ailleurs, le stockage temporaire des boues à même le sol est déconseillé. Si les boues ne sont pas stabilisées, ce stockage ne peut excéder 48 heures. Il peut être plus long si les boues sont solides et stabilisées, mais il faut prévenir tout risque de ruissellement ou de percolation rapide des jus et respecter les distances limites vis-à-vis des habitations, cours d'eau, etc...

De plus, les infrastructures et les équipements de stockage doivent être conçus pour gérer les boues par lot. Pour formaliser cette gestion par lot des boues produites, dans le cas de boues non liquides, des murets de séparation peuvent être montés de façon à isoler chaque lot de production, et pour des boues liquides, l'idéal est de disposer de deux unités de stockage, une unité principale pour le stockage longue durée, une plus petite unité qui sert de pré-stockage.

Enfin, l'installation de stockage doit prévoir également des aménagements pour faciliter l'échantillonnage des stocks en place, et en toute sécurité (analyses de conformité, analyses agronomiques un mois environ avant les épandages).

### **Références techniques et économiques :**

#### ***1. Unité de stockage des boues de la station d'épuration de FORT DE SCARPE***

Maître d'Ouvrage :

SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ASSAINISSEMENT DE LA RÉGION DE DOUAI (SIADO)

3, Place d'Haubersat

59500 DOUAI

Constructeur : SOGEA

Capacité de la STEP : 165 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation de séchage :**

- Conception : transport et stockage en aire couverte de boues séchées chaulées et granulées
- Nature des boues stockées : boues séchées à 90 % MS avec chaulage à 20 % de chaux vive sur MS, pour valorisation agricole
- Chaîne de transport : 1 élévateur à godets et 1 tapis transporteur orientable (assurant la pesée des boues)
- Capacité totale de stockage mise en œuvre :
  - 1 800 t MS
  - 3 300 m<sup>3</sup>
  - 7 mois de production de boues
- Description de l'installation :
  - Plate-forme octogonale de 1 800 m<sup>2</sup> scindée en 8 alvéoles de 225 t MS (hors chaux) de capacité unitaire et alimentées en boues par un dispositif de distribution central capoté et pivotant.
  - Couverture du bâtiment.

#### **Coûts d'investissement :**

Les installations de transport et de stockage des boues séchées représentent un coût d'investissement de 627 945 Euros HT, soit 113 740 Euros HT en Equipement et 514 205 Euros HT en Génie Civil.

#### ***2. Unité de stockage des boues de la station d'épuration de la VILLE DU TRAIT***

Maître d'Ouvrage :

VILLE DU TRAIT

76580 LE TRAIT

Constructeur :

EI ÉPURATION (mandataire du groupement conjoint)

Capacité de la STEP : 15 000 EH

### **Caractéristiques de l'installation de séchage :**

- Conception : transport et stockage en aire couverte de boues déshydratées chaulées
- Nature des boues stockées : boues déshydratées à 20 % MS puis chaulées à 25 % MS, pour valorisation agricole
- Chaîne de transport : 1 tapis transporteur et 1 grappin de 500 l de volume
- Capacité totale de stockage mise en œuvre :
  - 174 t MS
  - 655 m<sup>3</sup>
  - 8 mois de production de boues
- Description de l'installation :
  - Plate-forme rectangulaire de 260 m<sup>2</sup>, comprenant 2 fosses de contrôle de 64 m<sup>3</sup> de volume unitaire (soit une autonomie de 3,5 semaines de production de boues environ) et alimentée par le tapis transporteur, et une aire de stockage alimentée à partir des fosses par le grappin.
  - Couverture, ventilation et désodorisation de l'air extrait du bâtiment.

### **Coûts d'investissement :**

Les installations de transport et de stockage des boues déshydratées représentent un coût d'investissement de 220 245 Euros HT, soit 36 915 Euros HT en Equipement et 183 330 Euros HT en Génie Civil.

#### **4.1.2.2 Matériel d'épandage**

Le matériel est à déterminer en fonction de la nature des boues.

Une tonne à lisier est utilisée pour épandre des boues liquides (siccité jusqu'à 8%).

Un matériel spécifique est utilisé pour épandre les boues de 13 à 25% de siccité.

Pour des boues de siccité supérieure, de consistance solide, un épandeur à fumier (table d'épandage ou hérissons verticaux) peut être utilisé. Cependant, pour une même siccité, la viscosité des boues est variable. Tant que la viscosité n'est pas assez importante, un épandeur à boues (caractérisé par son étanchéité) est nécessaire.

Les boues séchées peuvent être épandues sous forme de granulés avec un épandeur à engrais.

#### **4.1.2.3 Suivi agronomique**

Les opérations d'épandage de boues sont le plus souvent associées à un suivi agronomique. Les parcelles recevant des boues font l'objet d'analyse de terre. L'organisme chargé des épandages fournit avec les analyses de boues et de terre un conseil de fertilisation minérale complémentaire. Ainsi, les zones d'épandages de boues sont sensibilisées à une gestion raisonnée de la fertilisation.

## **4.2 ÉPANDAGE NON-AGRICOLE DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « DECHET »**

Les boues et composts de boues peuvent aussi être valorisés dans le cadre d'opérations de revégétalisation de terrains dégradés, en aménagements paysagers ou en forêt. Les tonnages alors apportés sont particulièrement élevés afin que l'effet sur le sol soit maximal. Les plantes cultivées ne sont pas destinées à la consommation humaine ou animale. Le risque environnemental n'a donc pas d'impact sur la santé humaine mais peut avoir une incidence sur la préservation de la ressource en eau et du milieu naturel.

La valorisation non agricole des boues peut être réalisée également sous plusieurs formes :

- épandage de boues brutes ou digérées sous forme de boues épaissies ou déshydratées,
- épandage de boues hygiénisées et stabilisées sous forme de compost et de boues séchées.

L'impact environnemental d'apports de quantité importante de boues ou composts de boues a été étudié par plusieurs organismes dont le CEMAGREF. Le lessivage d'éléments fertilisants et d'éléments traces métalliques a été quantifié afin de déterminer les produits les plus adaptés à cette utilisation et les doses d'apports à recommander.

Il ressort de ces études que le compost de boues, du fait de sa plus grande stabilité biologique est mieux adapté que les boues non compostées. Ces dernières relarguent leurs éléments fertilisants dans le milieu massivement dès la première année, alors que le compost les relargue progressivement pendant plusieurs années.

D'autre part, l'impact de ces apports sur les espèces végétales est étudié au cas par cas lorsque de telles opérations se mettent en place. Il apparaît que toutes les espèces ne réagissent pas de la même manière selon la dose d'amendement apportée. Par exemple, l'apport de compost de boues peut avoir un effet bénéfique sur le peuplier mais pas sur certains conifères en comparaison à un témoin, pour un même dosage d'apports (les résineux réagiront positivement à une plus faible dose).

Lorsqu'on laisse l'herbe se réimplanter sur des talus routiers amendés, il a été constaté que le développement des populations végétales est positivement influencé par ces apports (expérience menée en Haute Savoie).

Le risque de pollution des eaux ou du sol est faible lors d'apport de compost de boues.

Par ailleurs, l'impact sur la végétation, et par voie de conséquence sur le paysage, est très positif une fois la revégétalisation achevée.

La valorisation non agricole des boues est une filière particulièrement intéressante dans le contexte de très grande sensibilité sur l'origine des traitements subis par les produits destinés à l'alimentation humaine ; il semble donc que la recherche d'une valorisation vers des filières non alimentaires doive être explorée et trouvée. Elle permet en outre d'améliorer l'environnement paysager.

Les modalités de contrôle et de gestion de ces opérations ne sont pas encore très bien définies. Cette situation devrait évoluer rapidement du fait du problème de gestion des déchets auquel les collectivités sont confrontées.

Cette filière de valorisation non agricole des boues est actuellement bien implantée. Les collectivités sont intéressées par ce débouché, mais le marché sera rapidement saturé.

Ainsi, cette filière a une forte potentialité de développement, mais ne représentera qu'une solution ponctuelle pour évacuer un tonnage limité de boues.

#### **4.2.1 ASPECTS LEGISLATIFS**

La réglementation est théoriquement la même que celle pour les épandages agricoles.

L'utilisation des boues en revégétalisation ou en forêt est soumise au décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 (Cf. paragraphe 4.1.1.1), mais les arrêtés d'application ne sont pas encore rédigés.

Le manque de clarté de la réglementation sur les composts de boues entraîne une prise de décision au cas par cas par les acteurs concernés par le domaine d'utilisation particulier :

- Lors d'utilisation de composts de boues en revégétalisation, l'Administration compétente est en droit d'exiger un certain nombre d'analyses de ce compost ;
- Lors d'utilisation de composts de boues en réhabilitation de carrières, la DRIRE définit et valide les aménagements à effectuer ;
- Lors d'utilisation de composts de boues en réhabilitation de décharges, la DRIRE est responsable des aménagements à effectuer.

#### **4.2.2 ASPECTS TECHNIQUES**

##### **Revégétalisation :**

Les boues ou composts de boues peuvent être utilisés en revégétalisation de pistes de skis, de forêts incendiées ou d'autres terrains dégradés comme les friches industrielles.

##### **Réhabilitation de carrières ou de décharges :**

L'apport de compost mélangé, le plus souvent, à des gravats permet de reconstituer un sol susceptible d'accueillir une végétation permettant de restaurer le paysage.

##### **Aménagements paysagers urbains :**

Les talus routiers, souvent constitués de matériaux inertes après les travaux, peuvent être amendés avec des boues ou du compost de boues afin de reconstituer un sol ayant un taux de matière organique suffisant pour y implanter des espèces végétales.

##### **Production de pelouses en plaques :**

Le compost de boues peut être épandu en couche de quelques centimètres sur une surface grillagée ou un film plastique. Cela constitue un support de qualité pour produire de la pelouse destinée à être transportée.

## **4.3 FABRICATION ET COMMERCIALISATION DE MATIERES FERTILISANTES A PARTIR DE BOUES BRUTES OU TRANSFORMEES, SELON LA FILIERE « PRODUIT »**

### **4.3.1 ASPECTS LEGISLATIFS**

L'utilisation des composts de boues ou d'autres produits fabriqués à partir de boues d'épuration n'est actuellement régie par aucune législation propre. Il existe de nombreux textes auxquels ces produits peuvent se rapporter sans qu'aucun ne les cite explicitement.

La loi n°79-595 du 13 juillet 1979 relative au contrôle des matières fertilisantes et des supports de culture régissait la mise sur le marché de matières fertilisantes, définies comme « tout produit dont l'emploi est destiné à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ».

Dans le cadre des articles L255-1 à L255-11 du Code rural retranscrivant la loi suscitée, la commercialisation de fertilisants à base de boues d'épuration nécessite :

- soit l'obtention préalable d'une homologation ou d'une autorisation provisoire de vente (APV), délivrée au cas par cas par le Ministre de l'Agriculture, après examen d'un dossier par des commissions spécialisées,
- soit la conformité à une norme (AFNOR) matières fertilisantes, rendue d'application obligatoire par arrêté interministériel.

Dans tous les cas, il faut pouvoir garantir l'innocuité et l'efficacité du produit dans les conditions d'emploi prescrites ou normales. Dans la mesure où la boue deviendrait un produit bien déterminé et avec une utilisation banalisée, les critères d'analyse des risques diffèrent de la démarche d'épandage contrôlé. Ils demandent donc un réexamen spécifique, et non une simple transposition des dispositions du plan d'épandage.

#### **Nota :**

L'interdiction d'épandre en agriculture des boues produites par les stations d'épuration auxquelles des abattoirs sont raccordés, évoquée par la filière « déchet » (Cf. paragraphe 4.1.1.3) serait de même applicable pour la filière « produit ».

La nécessité de vérifier l'efficacité et l'innocuité d'un produit ou d'un ensemble de produits dans les conditions d'emploi implique :

- de connaître ce(s) produit(s) : une caractérisation la plus complète possible est donc nécessaire. Pour ce faire, les résultats d'une analyse effectuée à partir d'un échantillon représentatif du produit tel qu'il est prévu de le mettre sur le marché doivent être présentés pour toute matière fertilisante et tout support de culture présenté à l'homologation ;
- de s'assurer de sa (leur) constance de composition, caractérisée par l'homogénéité, l'invariabilité et la stabilité du produit. En effet, l'efficacité et l'innocuité ne peuvent être vérifiées pour un produit dont la composition est susceptible de varier dans des proportions importantes ; c'est pourquoi il est nécessaire de fournir, en plus des éléments permettant de vérifier leur efficacité et leur innocuité, des éléments sur la constance de composition du ou des produits.

La mise sur le marché des matières fertilisantes contenant des boues urbaines (vente ou distribution gratuite), dans le cadre de l'homologation ou de la normalisation, implique d'autre part, d'investir dans des équipements et d'assurer un suivi permettant de respecter, entre autres, les obligations d'étiquetage et la composition annoncée du produit.

Des procédures d'assurance qualité sont recommandées sur l'origine et le contrôle des boues d'épuration ainsi que sur la fabrication des matières fertilisantes.

Dans le cadre de la procédure d'homologation, qui a été révisée en 1998 par la Commission Matières Fertilisantes et Supports de Culture (CMFSC), des autorisations (APV) ont été délivrées pour des produits à base de boues d'épuration.

Actuellement, aucune norme "matières fertilisantes" ne concerne expressément ce type de produits, mais des travaux en ce sens sont en cours.

Seules les normes suivantes sont susceptibles de concerner les composts de boues :

- Norme NF U 44-051 : « dénomination et spécifications des amendements organiques »
- Norme NF U 44-071 : « dénomination et spécifications des amendements organiques avec engrais »
- Norme NF U 44-551 : « dénomination et spécifications des supports de cultures »

La norme NF 44-051 permet d'assimiler les composts à des amendements organiques dès lors que leurs caractéristiques respectent certains critères. Le produit est alors commercialisable et n'est plus considéré comme un déchet. Cependant la norme ne définit pas expressément le compost de boues.

Elle définit :

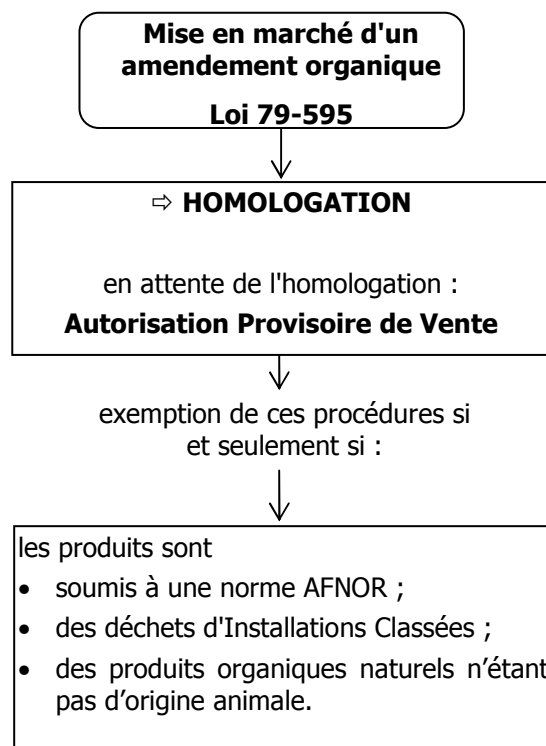
- le **compost végétal** (mélange fermenté de matières d'origine végétale pouvant contenir des déchets d'origine animale et/ou des matières minérales et/ou des matières inertes, dans lequel la tourbe ne dépasse pas 30 % de la matière totale),
- le **compost urbain** (mélange de déchets solides d'origine principalement domestique ayant subi au cours de sa fabrication un échauffement naturel de la masse à une température de 60 ° C et plus,...).

Ces définitions pourraient être rapprochées de celles de composts de boues et déchets verts.

La seule voie actuelle permettant la commercialisation est l'homologation. Cette procédure est très longue et aucun produit à base de boues d'épuration, même un compost de boues, ne l'a obtenu jusqu'à ce jour.

Dans la pratique, certains composts de boues sont commercialisés, sans que la procédure d'homologation n'ait encore abouti. La norme AFNOR NF U 44-051 est alors utilisée comme référence de qualité, dans l'attente d'une norme spécifique pour les composts de boues.

Les modalités de mise en marché de matières fertilisantes et supports de cultures sont représentées sur le schéma ci-dessous :



Une norme AFNOR (indice de classement : NF U 44-095), ayant pour objet de fixer les dénominations, les définitions et spécifications, le marquage, les teneurs à déclarer et les doses limites d'emploi des amendements organiques élaborés par compostage et contenant des Matières, Issues du Traitement des Eaux, d'intérêt Agronomique (cette norme "MITEA" est au stade de l'avant-projet et devrait aboutir en mai 2002), ainsi que les critères de recevabilité d'un dossier d'homologation de compost de boues, est actuellement mise au point par le Ministère de l'Agriculture, en collaboration avec un groupe de travail joint entre le BNSCAO et le BNAME. Ces nouveaux textes pourraient permettre une commercialisation des composts de boues en tant qu'amendements organiques au même titre que les composts d'ordures ménagères ou de déchets verts. Ainsi, les composts de boues répondant à la norme MITEA ne relèveraient plus des Plans d'épandage, à la condition que ladite norme soit rendue d'application obligatoire par un arrêté interministériel.

Les valeurs de référence indiquées dans ce projet de norme MITEA figurent ci-dessous :

**Teneurs limites en éléments traces dans les amendements organiques (à base de boues)**

Éléments traces	Valeur limite dans les amendements organiques (mg/kg MS)	Flux maximum annuel moyen apportés par les amendements organiques sur en 10 ans (g/ha/an)
Cadmium	3	15
Chrome	120	600
Cuivre	300	1 000
Mercur	2	10
Nickel	60	300
Plomb	180	900
Zinc	600	3 000
Sélénium	12	60
Arsenic	18	90

**Teneurs limites en composés traces organiques dans les amendements organiques (à base de boues)**

Éléments traces	Valeur limite dans les amendements organiques (mg/kg MS)	Flux maximum annuel moyen apportés par les amendements organiques sur en 10 ans (g/ha/an)
Total des 7 principaux PCB (*)	0,8	1,2
Fluoranthène	4	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	4
Benzo(a)pyrène	1,5	2
(*) PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180		

Par ailleurs, il est précisé à l'annexe A de ce projet de norme que les M.I.T.E.A. (autrement dit, les boues) entrant dans la composition des amendements organiques élaborés par compostage doivent répondre aux critères de conformité prévus dans la réglementation applicable à ces matières dans le cadre des Plans d'épandage (arrêté du 08/01/98).

**4.3.2 ASPECTS TECHNIQUES**

La fabrication et la mise sur le marché de composts de boues ou autres produits fabriqués à partir de boues d'épuration nécessitent d'intégrer des savoir-faire spécifiques : ceux de fabricants et de négociants d'engrais ou d'amendements, métiers à part entière qui réclament des relais avec les professionnels de la fertilisation.

Ces composts de boues et produits à base de boues répondant à une norme ou homologués peuvent être utilisés dans tous les domaines de l'agriculture. Ils sont particulièrement adaptés à l'arboriculture, la viticulture

et le maraîchage. Les composts de boues sont aussi utilisés en production horticole ou en production de plans comme support de culture.

La fabrication de produits à partir de boues d'épuration nécessite généralement une complémentation : le produit résulte d'un mélange de la boue avec d'autres matières premières de natures différentes, en particulier des produits fertilisants tel que l'azote, le phosphore et la potasse, afin que la composition du mélange réponde aux besoins et aux exigences du marché.

Il n'y a pas de fonctionnement type de la filière « produit », notamment en ce qui concerne les doses d'apport, du fait de la diversité des débouchés et du manque de clarté de la réglementation.

## **4.4 MISE EN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE OU CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS ULTIMES**

La mise en décharge est la filière d'élimination minimale des boues d'épuration, puisqu'elle consiste en un simple entreposage des boues sans transformation (boues brutes ou digérées sous forme épaissie ou déshydratée).

### **4.4.1 ASPECTS LEGISLATIFS**

Les boues de station d'épuration urbaine sont considérées comme des déchets assimilés à des déchets ménagers, et rentrent donc dans le champ d'application de l'arrêté du 9 septembre 1997 relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés, qui fixe les règles d'admission des déchets selon deux catégories :

- Catégorie D : déchets fortement évolutifs et conduisant à la formation de lixiviats chargés et de biogaz ;
- Catégorie E : déchets dont le comportement est peu évolutif et dont la capacité de dégradation biologique est faible.

Les boues de stations d'épuration urbaines dont la siccité est supérieure à 30% entrent dans la catégorie D et sont admissibles dans les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés.

« La catégorie D est composée de déchets dont le comportement en cas de stockage est fortement évolutif et conduit à la formation de lixiviats chargés et de biogaz par dégradation biologique. La plupart des déchets ménagers et assimilés bruts, tels que collectés sans séparation particulière auprès des ménages, issus des activités d'entretien urbain, de certaines activités artisanales, commerciales ou industrielles, appartiennent à cette catégorie. Ces déchets ne sont en général pas ultimes, notamment parce que leur caractère polluant peut encore être réduit ».

Par ailleurs, le Code de l'Environnement – livre V – titre IV – prévention des pollutions, des risques et des nuisances – déchets, impose, à l'article L541-24 codifiant l'article 2.1 de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets, que : « à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2002, les installations d'élimination des déchets par stockage ne seront autorisées à accueillir que des déchets ultimes ».

Il définit également, à l'article L541-1 codifiant l'article 1 de la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets, la notion de déchet ultime :

« Est ultime au sens du présent chapitre un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux ».

Les boues pouvant être valorisées ou éliminées, elles ne seront donc plus admissibles en Centre d'Enfouissement Technique (C.E.T.) ou Centre de Stockage de Déchets Ultimes (C.S.D.U.) de classe II en 2002 d'après le Code de l'Environnement – livre V – titre IV – prévention des pollutions, des risques et des nuisances – déchets, retranscrivant la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets. Jusqu'à cette date, elles peuvent être envoyées en décharge de classe II si leur siccité est supérieure à 30%.

Toutefois, la circulaire du 28 avril 1998 concernant la mise en œuvre et l'évolution des plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés, admet que certains déchets classés en catégorie D peuvent constituer des déchets ultimes dans la mesure où "le contexte local" ne permet pas de les valoriser dans les conditions techniques et économiques acceptables.

De plus, une directive européenne 1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets, assouplit les contraintes pour la mise en décharge des « déchets municipaux », comprenant les déchets ménagers et les déchets assimilés, donc les boues de station d'épuration. Elle permet la mise en décharge de ces déchets jusqu'en 2015, sous réserve de réduction de la quantité de déchets biodégradables conformément aux objectifs de la directive. Cette directive n'est pas à l'heure actuelle transposée en droit français.

En conclusion, les préfets ont désormais l'obligation de se prononcer sur :

- la durée de vie autorisée de chaque décharge,
- les déchets admis jusqu'en 2002 et au-delà (en particulier les boues urbaines de siccité supérieure à 30%), voire sur l'origine de ces déchets (département, départements limitrophes...)
- les aménagements à réaliser sur les décharges pour recevoir ces déchets.

C'est donc dans l'arrêté préfectoral modifié par le préfet suite aux "études décharges" réalisées en 1998 (obligation figurant dans l'arrêté du 9 septembre 1997) qu'il faut lire les conditions d'acceptation des boues urbaines de chaque décharge.

La mise en décharge est donc envisageable si deux critères sont satisfaits :

- les boues urbaines doivent avoir une siccité supérieure à 30%,
- le C.E.T. ou C.S.D.U. de classe II doit être autorisé à accepter les boues urbaines.

#### **4.4.2 ASPECTS TECHNIQUES**

Les contraintes relatives à la qualité de la boue vont en se renforçant, notamment en terme de stabilité et de siccité de la boue. Une siccité minimale de 30 % est requise, ce qui induit pratiquement systématiquement un chaulage de la boue déshydratée. Un séchage des boues peut également être réalisé

Les déchets sont déposés, séparés ou non par des couches de terre. Le site peut être réutilisé une fois remblayé et reverdi.

### **4.5 INCINERATION DES BOUES**

L'incinération est la solution d'élimination qui conduit au plus petit volume résiduel. En effet, à partir d'une tonne de boue, l'incinération produit 50 à 70 kg de résidus ultimes.

Deux filières sont possibles : l'incinération spécifique des boues ou l'incinération conjointe aux ordures ménagères (OM).

Il faut noter toutefois que la solution d'incinération spécifique des boues est la seule filière totalement maîtrisée par le Maître d'Ouvrage et l'exploitant de la STEP. Les autres filières (valorisation, mise en décharge, incinération conjointe aux OM et co-incinération) font appel à des intervenants extérieurs.

#### **4.5.1 ASPECTS LEGISLATIFS**

Les boues de station d'épuration sont assimilées à des résidus urbains.

Ainsi, les fours d'incinération spécifique, comme les Unités d'Incinération d'Ordures Ménagères, relèvent de la rubrique 322-B4 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

L'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets), applicable à partir du 28 décembre 2002 pour les installations neuves et à partir du 28 décembre 2005 pour les installations existantes, définit à l'article 2 du titre 1<sup>er</sup> :

- une installation d'incinération comme « tout équipement ou unité technique fixe ou mobile destiné spécifiquement au traitement thermique de déchets, avec ou sans récupération de la chaleur produite par la combustion. Le traitement thermique comprend l'incinération par oxydation ou tout autre procédé de traitement thermique, tel que la pyrolyse, la gazéification ou le traitement plasmatique ».
- une installation de co-incinération comme « une installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire de l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint ou dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination ».

« Si la co-incinération a lieu de telle manière que l'objectif essentiel de l'installation n'est pas de produire de l'énergie ou des produits matériels, mais plutôt d'appliquer aux déchets un traitement thermique, l'installation doit être considérée comme une installation d'incinération ».

Les installations d'incinération spécifique et les IUOM accueillant des déchets non dangereux visés par le décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets, notamment les déchets ménagers et assimilés, les déchets industriels banals et les boues de station d'épuration non dangereuses, rentrent donc dans le champ d'application de cet arrêté.

#### **4.5.1.1 Qualité des fumées**

La réglementation relative à la qualité des fumées issues de l'incinération des ordures ménagères et autres résidus urbains est basée sur quatre textes :

- l'arrêté du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération de résidus urbains,
- l'arrêté du 10 octobre 1996 relatif aux installations d'incinération de certains déchets industriels spéciaux,
- la circulaire du Ministère de l'Environnement datée du 24 février 1997 à propos des plans départementaux d'élimination des déchets,
- l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux.

Chacun des deux arrêtés fixe, pour les déchets auxquels ils s'appliquent, des normes de rejet pour les fumées.

Les normes D.I.S. (Déchets Industriels Spéciaux) correspondant à l'arrêté du 10 octobre 1996 sont beaucoup plus strictes sur tous les paramètres. Par ailleurs, une valeur limite apparaît sur les dioxines et furannes (composés polycycliques chlorés).

Par ailleurs, l'arrêté du 20 septembre 2002 (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets) indique, à l'article 17, chapitre V, titre II, de nouvelles valeurs limites des émissions dans l'air pour les installations d'incinération, fixées à l'annexe I et correspondant à l'arrêté du 10 octobre 1996, même pour les ordures ménagères.

La circulaire du 24 février 1997, émise par le Ministère de l'Environnement pour anticiper sur la transposition en droit français de la directive 2000/76/CE, donnait déjà l'instruction aux préfets d'imposer les normes D.I.S. à toutes les nouvelles installations d'incinération d'ordures ménagères.

Les normes instaurées par les différents textes de loi sur les niveaux de rejets dans les fumées des incinérateurs sont récapitulées dans le tableau suivant :

Paramètres	Arrêté du 25/01/91 (installations de 3 t/h et plus)	Circulaire du 24/02/97 et arrêté du 10/10/96	Arrêté du 20/09/02 (*)
Poussières totales	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Anhydrides Sulfureux (SO <sub>2</sub> )	300 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Acide Chlorhydrique (HCl)	50 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Acide Fluorhydrique (HF)	2 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>
Oxydes d'azote (NOx) pour les nouvelles installations et les installations existantes de capacité > 6 t/h	-	-	200 mg/m <sup>3</sup>
Oxydes d'azote (NOx) pour les installations existantes de capacité ≤ 6 t/h	-	-	400 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	-	-	10 mg/m <sup>3</sup>
Monoxyde de Carbone (CO)	100 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Carbone organique total (exprimé en COT)	20 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Dioxines et Furannes	-	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>
Métaux lourds	-	-	-
Hg	(Hg + Cd) : 0,2 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Cd + Tl	-	0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Autres métaux lourds (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	(Pb + Cr + Cu + Mn) : 5 mg/m <sup>3</sup>  (Ni + As) : 1 mg/m <sup>3</sup>	(autres métaux lourds + Sn + Se + Te) : 0,5 mg/m <sup>3</sup> (autres métaux lourds + Sn + Se + Te + Zn) : 5 mg/m <sup>3</sup>	0,5 mg/m <sup>3</sup>

(\*) il convient de se reporter à l'arrêté du 20/09/02 qui prévoit un certain nombre de cas particuliers non repris dans le tableau récapitulatif, ainsi que des niveaux de rejets dans les fumées exprimés en valeurs moyennes calculées sur un autre pas de temps que journalières telles que celles figurant dans le tableau récapitulatif

#### 4.5.1.2 Qualité des rejets aqueux

L'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets) fixe à l'article 21, chapitre VI, titre II, les valeurs limites de rejet dans l'eau des effluents aqueux issus des installations de traitement des déchets (dépotage, entreposage, traitement des gaz, refroidissement des mâchefers, nettoyage des chaudières...). Ces valeurs limites sont indiquées à l'annexe IV dudit arrêté. Il précise de plus à l'article 29, chapitre VIII, titre II, les impositions en matières de surveillance des rejets aqueux.

#### 4.5.1.3 Devenir des sous-produits : mâchefers et résidus d'épuration des fumées

##### 4.5.1.3.1 Four à grille (cas de l'incinération conjointe aux ordures ménagères)

L'incinération des boues produit très peu de mâchefers (6 à 7 fois moins qu'une tonne d'OM). Par contre, selon les conditions de fonctionnement, elle peut dégrader le taux d'imbrûlés et donc déclasser ceux-ci.

La circulaire du 9 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers issus de l'incinération des résidus urbains définit, à l'annexe III, trois catégories de mâchefers suivant les teneurs mesurées dans les lixiviats (test de lixiviation réalisés selon norme NF X 31-210) :

- catégorie V (Valorisation) : mâchefers à faible fraction lixiviable
- catégorie M (Maturation) : mâchefers intermédiaires,
- catégorie S (Stockage) : mâchefers à forte fraction lixiviable.

Les mâchefers de catégorie V peuvent être valorisés sous certaines conditions en technique routière (structure ou remblai compacté), alors que les mâchefers de catégorie M peuvent être éliminés dans les centres habilités (classe II) ou être valorisés après prétraitements ou maturation simple. Les mâchefers de catégorie S doivent, quant à eux, être éliminés dans les centres habilités (stockage permanent en C.E.T. de classe II).

Le tableau suivant donne les caractéristiques de lixiviats des différentes catégories de mâchefers :

Paramètres des lixiviats		Mâchefers de catégorie V	Mâchefers de catégorie M	Mâchefers de catégorie S
Taux d'imbrûlés (%)		< 5	< 5	> 5
Fraction soluble (%)		< 5	< 10	> 10
<b>Potentiel polluant par paramètre</b>				
Hg	mg/kg	< 0,2	< 0,4	> 0,4
Pb	mg/kg	< 10	< 50	> 50
Cd	mg/kg	< 1	< 2	> 2
As	mg/kg	< 2	< 4	> 4
Cr <sup>6-</sup>	mg/kg	< 1,5	< 3	> 3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	< 10 000	< 15 000	> 15 000
COT <sup>(*)</sup>	mg/kg	< 1 500	< 2 000	> 2 000

(\*) COT : Carbone Organique Total

Les résidus d'épuration des fumées doivent être éliminés conformément aux dispositions des arrêtés ministériels du 18 décembre 1992.

#### **4.5.1.3.2 Four à lit fluidisé (cas de l'incinération conjointe aux ordures ménagères ou de l'incinération spécifique)**

Le principe du four à lit fluidisé peut être utilisé soit pour l'incinération spécifique des boues soit pour l'incinération conjointe des boues avec les ordures ménagères (OM).

La circulaire du 10 janvier 1996 définissait les règles applicables aux résidus issus de l'incinération de déchets ménagers et assimilés dans un four à lit fluidisé. Elle s'appliquait donc dans les deux cas de figures : incinération spécifique et incinération conjointe aux OM. Elle indiquait notamment que les cendres issues de fours à lit fluidisé (qu'elles soient récupérées sous chaudière ou sous un système de filtration avant neutralisation des gaz acides) pouvaient être valorisées en techniques routières ou assimilées, tout comme des mâchefers de catégorie "Valorisable", sous réserve de satisfaire à certains critères physico-chimiques de lixiviation et de composition. Cette circulaire a été abrogée en octobre 1998, non sur le fond, mais sur la procédure d'élaboration de la circulaire. Si elles ne sont pas valorisables, les cendres volantes doivent être envoyées en décharge de classe I ou II selon leur composition.

Les REFIOM (cendres de traitement des fumées acides et des divers polluants) sont évacués dans des C.E.T. pour déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés (classe I).

## **4.5.2 ASPECTS TECHNIQUES**

L'incinération des boues peut être réalisée de deux façons différentes :

- soit dans un four d'incinération spécifique,
- soit en incinération conjointe aux ordures ménagères.

#### **4.5.2.1 Incinération spécifique des boues**

##### **4.5.2.1.1 Principe de l'incinération**

L'incinération des boues consiste en l'élimination de l'eau interstitielle et de la matière organique des boues : c'est le procédé qui conduit aux masses de résidus les plus faibles, résidus ultimes que sont les cendres, c'est-à-dire les matières minérales contenues dans les boues.

La combustion des boues comporte en fait plusieurs phases conjointes :

- le séchage des boues,
- l'oxydation des matières organiques et l'élévation de température des gaz résultants (principalement CO et CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, et dans une moindre mesure SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>),
- l'élévation de température des matières minérales.

La température des fumées doit atteindre 850°C pendant plus de 2 secondes pour assurer l'élimination de certains polluants.

Les cendres contiennent moins de 1% d'imbrûlés en règle générale.

La quantité de chaleur produite par la combustion de la matière organique peut suffire à l'entretien de la combustion : les boues sont dites auto-combustibles. L'auto-combustibilité est déterminée par la teneur en Matières Volatiles et la siccité des boues.

Dans le cas contraire, l'apport d'une source extérieure d'énergie est nécessaire pour l'incinération ou pour sécher préalablement les boues.

Les postes principaux que l'on retrouve sur une unité de séchage et/ou d'incinération sont les suivants :

- dispositif d'alimentation en boues avec volume de stockage tampon le cas échéant,
- unité de séchage et/ou unité d'incinération,
- dispositifs de ventilation : air de séchage, air de combustion, air de fluidisation, air de refroidissement ...,
- dispositifs de récupération de chaleur, pour améliorer le bilan thermique,
- source de chaleur extérieure,
- dispositif de régulation,
- dispositifs de traitement des fumées, de stockage et d'évacuation des cendres.

##### **4.5.2.1.2 Technologie du four à lit fluidisé**

La plupart des unités d'incinération de boues existantes sont des fours à lit fluidisé, système apparaissant comme le plus souple et le plus performant.

Les dimensions des fours varient de 2,40 m à 5,70 m de diamètre.

Cette technologie d'incinération des boues sur four à lit fluidisé existe dans bien d'autres pays d'EUROPE, aux ETATS UNIS, suivant divers procédés similaires...

Les équipements d'incinération sont comparables :

- Silo de stockage en général servant de volume tampon entre la déshydratation et l'incinération, avec système d'extraction ;
- Equipement d'admission des boues sur le four ;
- Four comprenant :
  - en partie basse, une boîte à vent assurant la répartition de l'air de combustion, surmontée d'une voûte autoportante en briques réfractaires équipée de,
  - en partie haute, le foyer contenant un lit de sable d'environ 1 mètre ; dans ce lit se trouvent, régulièrement disposés, des injecteurs de boues et de fioul (pour le démarrage - brûleur de fioul dans la boîte à vent - ou en appoint lorsque les boues ne sont pas auto-combustibles).

La combustion se produit dans le lit de sable, qui désagrège également les mottes de boues, et au-dessus, dans la partie médiane du réacteur.

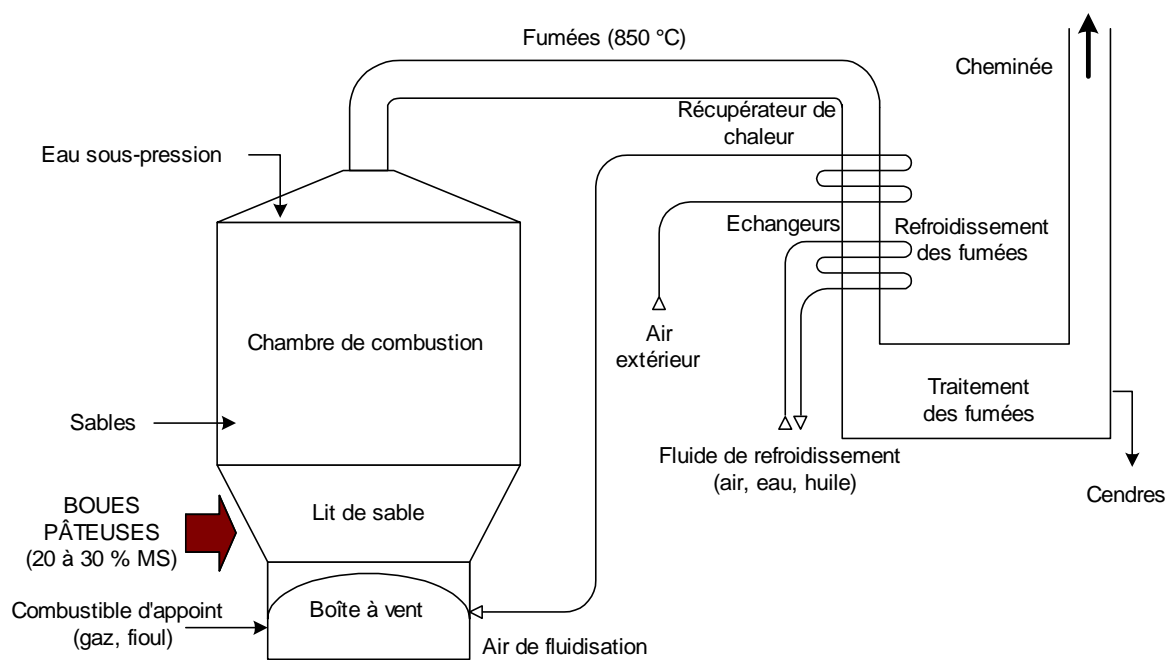
Des injecteurs d'eau sont également prévus dans la partie haute du four pour réduire la température le cas échéant.

La combustion est contrôlée en permanence grâce à un certain nombre de capteurs permettant la gestion de l'injection des boues, du fioul en cas de non auto-combustion, et de l'eau si la température dépasse un certain seuil.

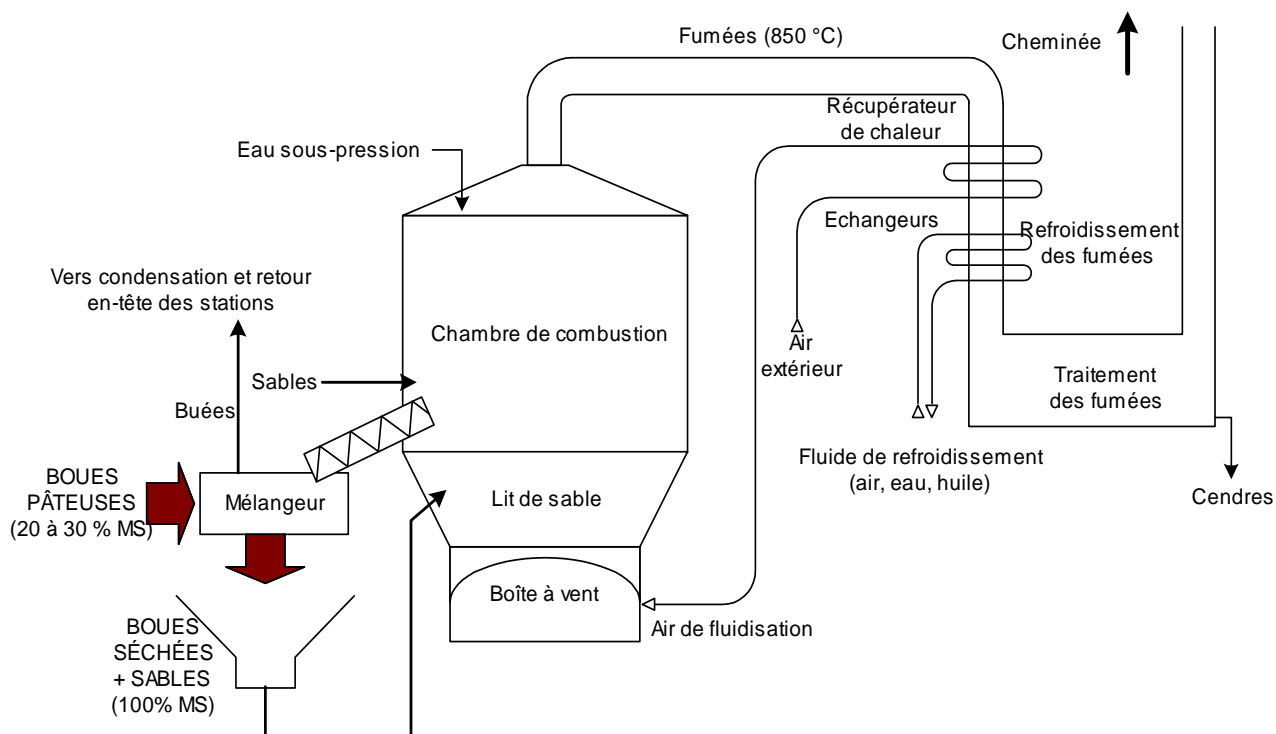
L'injection de sable est également prévue pour compenser les pertes dans les cendres.

L'enceinte du four est en acier revêtu de briques réfractaires, isolé.

Principe de fonctionnement d'un four à lit fluidisé  
(incinération spécifique des boues)



Principe de fonctionnement d'un four à lit fluidisé  
avec recirculation des sables  
(incinération spécifique des boues)



Un carneau au sommet du four récupère les fumées constituées des cendres (matières minérales contenues dans les boues), de vapeur d'eau et des gaz de combustion, à une température de 850°C.

Les intérêts d'un tel système sont les suivants :

- possibilité d'introduction des boues par pompage, d'où absence de nuisances olfactives et peu de pertes calorifiques,
- air de combustion préchauffé, permettant de diminuer le seuil d'autocombustibilité des boues,
- température élevée de combustion permettant une désodorisation complète des fumées,
- souplesse d'exploitation avec régulation en continu et possibilité de faire varier le débit d'alimentation en boues.

L'air de combustion est préchauffé grâce à un échangeur fumées/air. La température dans la boîte à vent peut ainsi atteindre 540 à 620°C selon le dimensionnement et les conditions d'exploitation de l'échangeur.

Un second échangeur ou économiseur doit être prévu pour refroidir suffisamment les fumées avant traitement.

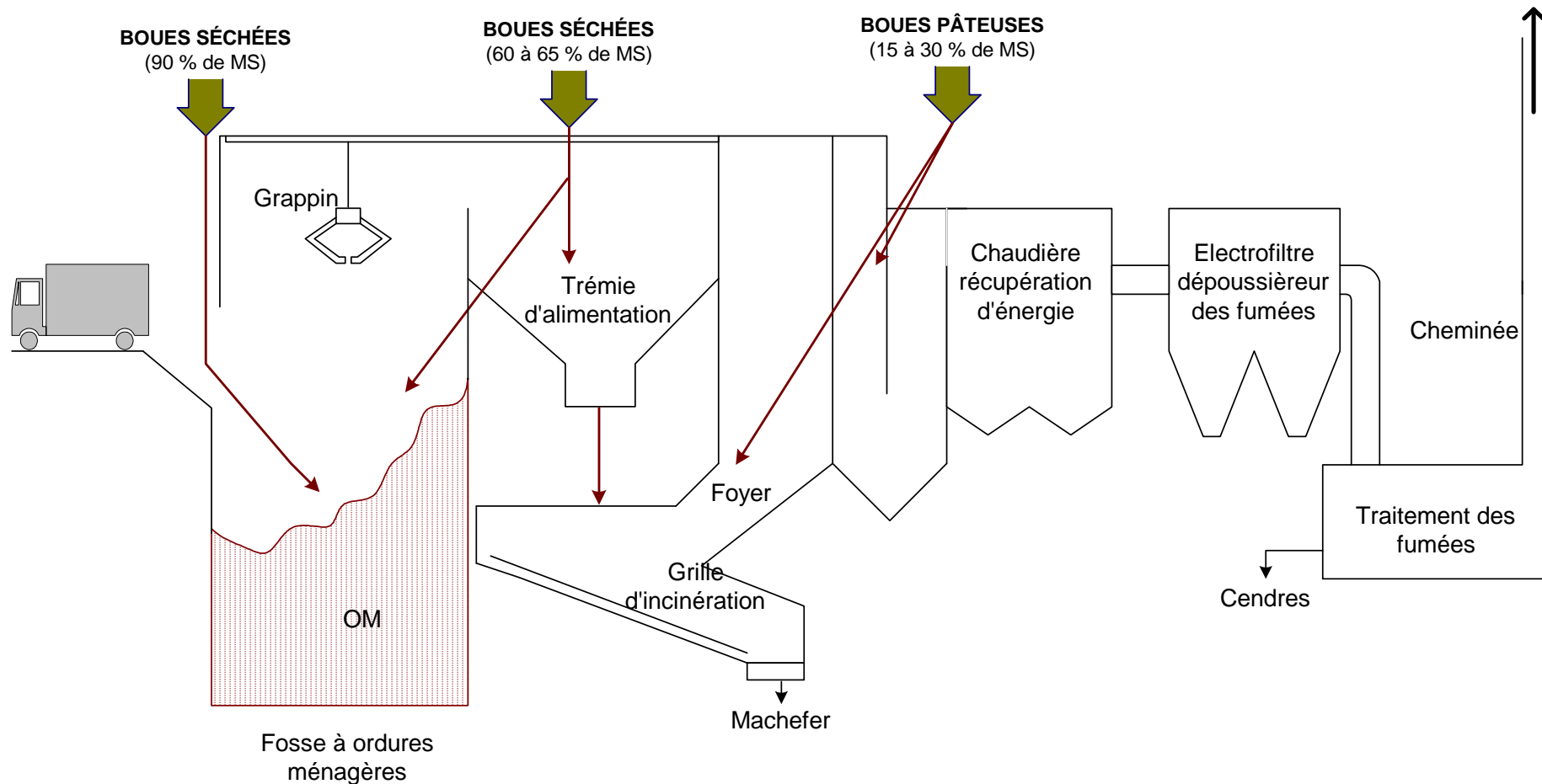
Il peut également servir à produire de l'eau chaude ou le cas échéant à réchauffer à nouveau les fumées après traitement, avant rejet à l'atmosphère pour diminuer le phénomène de "panache".

Ce type d'installation est réservé à des stations de grande capacité.

#### **4.5.2.2 Incinération conjointe aux Ordures Ménagères**

L'incinération des ordures ménagères dégageant de l'énergie, il est possible d'ajouter des boues de station d'épuration (qui sont "séchées" dans le four avant d'être incinérées). Il faut toutefois que l'apport soit modéré pour ne pas perturber le fonctionnement du four.

**Principe de fonctionnement d'un four à grille  
(Incinération conjointe des boues aux ordures ménagères)**



Il existe quatre paramètres à prendre en compte pour estimer la quantité de boues pouvant être incinérées conjointement à des ordures ménagères :

- 1 - Le rapport boue/OM en masse ne doit pas dépasser un certain seuil. Cette contrainte a été déterminée grâce à l'observation d'opérations d'incinération conjointe.

On retient généralement les ratios maximaux suivants :

- 15 % en masse pour les boues humides à 20 - 25 % de siccité, soit un ratio MS/OM de 3 à 4 %,
  - 10 % en masse pour des boues séchées à 60 - 65 %, soit un ratio MS/OM de 6 à 7 %.
- (Ces taux permettent de ne pas dégrader la qualité des mâchefers).

- 2 - La charge massique sur grille doit rester inférieure à la charge massique maximale autorisée.

- 3 - La charge calorifique doit rester inférieure à la charge calorifique maximale autorisée.

- 4 - Les gaz de combustion doivent pouvoir être traités par l'installation de traitement des fumées en place (capacité), en conservant les mêmes sécurités sur les équipements (ventilation de tirage en particulier).

De plus, la chaleur dégagée par l'incinération des OM est parfois utilisée pour produire de la vapeur surchauffée. Cette vapeur est concédée et génère une recette. Ainsi, l'incinération de boues doit prendre en compte ce paramètre, au moins pour les aspects financiers.

### **4.5.3 REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES**

#### **4.5.3.1 Unité d'incinération spécifique des boues de la station d'épuration de TOULOUSE-GINESTOUS**

Maître d'Ouvrage :

COMPAGNIE GÉNÉRALE DES EAUX

Agence de Toulouse

2, Rue Ritay

31000 TOULOUSE

Constructeur : OTV (mandataire du groupement conjoint)

Capacité de la STEP : 550 000 EH / 850 000 EH après extension et mise aux normes

#### **Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 2 files de traitement parallèles et identiques, traitement d'un mélange boues/grasses
- Incinérateur : four à lit fluidisé PYROFLUID
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 1,8 t MS/h de boues à une siccité de 25 %, une teneur en MV de 83 % et un PCI de 721 kcal/kg boues brutes
  - 0,42 t MS/h de grasses à une siccité de 55 %, une teneur en MV de 95 % et un PCI de 5 480 kcal/kg grasses brutes
- Flux de boues à traiter : 14 000 t MS/an
- Flux de grasses à traiter : 330 t MS/an

- Temps de fonctionnement de l'installation : 24h/24 (dont 22h/j effectives en moyenne), 7j/7, soit 8 000 h/an
- Production de résidus de traitement des fumées :
  - Cendres volantes :
    - 154 kg de cendres sèches/h/ligne d'incinération
    - 167 kg de cendres sèches /t MS entrant four
    - teneur en imbrûlés < 3 % en masse sur produit sec
  - REFIOM :
    - 49,4 kg de REFIOM/t MS incinérée maximum
    - teneur en MS ≥ 98 %

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>			
	Process, équipement, électricité	Terrassement, Génie Civil, VRD	Prestations architecturales	TOTAL
Total Postes Généraux	3 762 000	643 640	55 000	4 460 640
Total manutention boues et graisses	715 000	538 600		1 253 600
Total Incinération	3 000 380	830 100		3 830 480
Total Traitement des Fumées	2 975 000			2 975 000
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>10 452 380</b>	<b>2 012 340</b>	<b>55 000</b>	<b>12 519 720</b>

**Coûts de fonctionnement :**

- Charges proportionnelles au tonnage traité :

	Consommation unitaire	Consommation totale annuelle	Coût unitaire	Coût global annuel Euros HT
Électricité	466 kWh/t MS	6 677 780 kWh	0,061 Euro HT/kWh	407 345
Combustible d'appoint (gaz naturel pour un démarrage à froid)	45 000 Nm <sup>3</sup>	45 000 Nm <sup>3</sup>	0,152 Euro HT/m <sup>3</sup>	6 840
Réactifs				
Bicarbonate de sodium	40,14 kg/t MS	575 206,2 kg	0,191 Euro HT/kg	109 864
Charbon actif	2,0 kg/t MS	28 660 kg	1,524 Euro HT/kg	43 678
Sables	2,5 kg/t MS	35 825 kg	0,152 Euro HT/kg	5 445
Résidus solides				
Cendres volantes	167,3 kg/t MS	2 397 409 kg	0,076 Euro HT/kg	182 203
REFIOMS	37,2 kg/t MS	533 076 kg	0,305 Euro HT/kg	162 588
<b>TOTAL</b>				<b>917 963</b>

- Entretien courant, gros entretien et renouvellement :

	Montant d'investissement rendu monté Euros HT	Taux d'entretien sur 20 ans	
		(%)	Euros HT/an
Ensemble des équipements	11 058 140	3,47	<b>383 482</b>

**4.5.3.2 Unité d'incinération spécifique des boues de la station d'épuration du PONT DE L'AVEUGLE**

Maître d'Ouvrage :

COMMUNAUTÉ DE BAYONNE-ANGLET-BIARRITZ

15, Avenue Foch

64115 BAYONNE cedex

Constructeur : Ondéo DEGREMONT (mandataire du groupement conjoint)

Capacité de la STEP :

Pont de l'Aveugle à Anglet : 112 000 EH

St Frédéric à Bayonne : 60 000 EH

St Bernard à Bayonne : 5 000 EH

**Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 1 file de traitement, traitement d'un mélange boues/grasses
- Incinérateur : four à lit fluidisé NIRO
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 979 kg MS/h de boues à une siccité de 24,4 %, une teneur en MV de 74,6 % et un PCI de 5 330 kcal/kg MV
  - 71 kg MS/h de graisses à une siccité de 34 %, une teneur en MV de 90 % et un PCI de 8 000 kcal/kg MV
- Flux de boues à traiter : 6 580 t MS/an
- Flux de graisses à traiter : 478 t MS/an
- Temps de fonctionnement de l'installation : 20h/j, 7j/7, soit 8 000 h/an
- Production de résidus de traitement des fumées :
  - Cendres minérales :
    - 345 t de cendres sèches/an
  - Résidus de réaction :
    - 202 t MS/an

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>			
	Process, équipement, supervision	Génie Civil	Équipements électriques et automatisme	TOTAL
Total Postes Généraux	114 416	35 212	206 576	356 204
Total manutention boues et graisses	372 029	20 123		392 152
Total Incinération	2 049 394	755 537		2 804 931
Total Traitement des Fumées	1 217 145			1 217 145
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>3 752 984</b>	<b>810 872</b>	<b>206 576</b>	<b>4 770 432</b>

**Coûts de fonctionnement :**

	Consommation totale annuelle	Coût unitaire	Coût global annuel Euros HT
<b>Charges fixes</b>			
Charges de personnel			
Électromécanicien	2	27 441	54 882
Agent d'exploitation	3	21 343	64 029
Autres (astreintes...)			123 000
Charges patronales (60%)			71 347
Charges d'exploitation			
Entretien et maintenance			19 818
Renouvellement			65 096
Analyses et contrôles			9 147
Autres (assurances, éclairage)			6 860
<b>Charges proportionnelles</b>			
Électricité	1 554 510 kWh	0,053 Euro HT/kWh	82 389
Produits de traitement			
Combustible (gaz)	806 400 kWh	0,021 Euro HT/kWh	17 210
Réactifs			
Sorbalite	115 t	274 Euro HT/t	31 557
Sables	50 t	76 Euro HT/t	3 811
Eau	5 000 t	2,29 Euro HT/t	11 434
Résidus solides			
Cendres volantes	783 t	274 Euro HT/t	214 861
Résidus de réaction	311 t	274 Euro HT/t	85 341
<b>TOTAL ANNUEL</b>			<b>860 782</b>

### **4.5.3.3 Unité d'incinération spécifique des boues de la station d'épuration de SAINT DENIS LES SENS**

Maître d'Ouvrage :

DISTRICT DE L'AGGLOMÉRATION SENONAISE

21, Boulevard du 14 juillet – BP 552

89105 SENS Cedex

Constructeur : OTV

Capacité de la STEP : 65 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 1 file de traitement, traitement d'un mélange boues/grasses
- Incinérateur : unité de séchage par mélangeur boues déshydratées/sables chauds – incinération par four à lit fluidisé PYRODYN
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - Mélangeur sécheur :
    - 240 kg MS/h de boues à une siccité de 20 % et une teneur en MV de 62 %
    - 3 925 kg/h de sables à 820°C
    - 960 kg d'eau évaporée/h
  - Four :
    - 240 kg MS/h de boues à une siccité de 100 % et une teneur en MV de 62 %
    - 30 kg MS/h de grasses à une siccité de 50 % et une teneur en MV de 93 %
    - soit 270 kg MS/h de mélange boues + grasses à une siccité de 90 %, une teneur en MV de 66 % et un PCI de 6 100 kcal/kg MV
- Flux de boues à traiter : 32,543 t MS/sem
- Temps de fonctionnement de l'installation : 20h/j, 7j/7, soit 8 000 h/an
- Production de résidus de traitement des fumées :
  - Cendres minérales :
    - 11,56 t de cendres sèches/semaine
  - Résidus de réaction :
    - 4,08 t de REFIB/semaine

**Coûts d'investissement :**

	<b>PRIX en EUROS H.T.</b>			
	Equipement	Génie Civil	Prestations architecturales	TOTAL
Total Postes Généraux	220 780	24 460	2 750	247 990
Total Traitement des boues (y compris déshydratation)		311 120		311 120
Total Incinération	813 400			813 400
Total Traitement des Fumées	846 950			846 950
Total Électricité et automatisme	272 700	2 590		275 290
Total Instrumentation	211 580			211 580
Total Manutention des résidus	208 830			208 830
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>2 574 240</b>	<b>338 170</b>	<b>2 750</b>	<b>2 915 160</b>

**Coûts de fonctionnement :**

- Charges proportionnelles au tonnage traité :

	Consommation totale annuelle	Coût unitaire	Coût global annuel Euros HT
Électricité	852 620 kWh	0,068 Euro HT/kWh	57 978
Produits de traitement			
Combustible (gaz)	277 035 kWh	0,017 Euro HT/kWh	4 710
Réactifs			
Bicarbonate de sodium	184 t	180 Euro HT/t	33 050
Charbon actif	5,5 t	1 220 Euro HT/t	6 710
Eau	774 m <sup>3</sup>	2,29 Euro HT/m <sup>3</sup>	1 772
Résidus solides			
Cendres	520 t	30 Euro HT/t	15 560
REFIBS	180 t	270 Euro HT/t	48 290
<b>TOTAL ANNUEL</b>			<b>168 070</b>

- Renouvellement :

	Montant d'investissement rendu monté Euros HT	Taux d'entretien sur 20 ans	
		(%)	Euros HT/an
Équipements d'incinération des boues	2 574 240	2,48	<b>63 888</b>

## 4.6 CO-INCINERATION DES BOUES

Deux filières de co-incinération des boues sont possibles : la co-incinération en centrale thermique ou la co-incinération en cimenterie (four à ciment).

L'élimination des boues d'épuration par la voie de la co-incinération en cimenterie est à considérer comme une filière de valorisation car les boues sont utilisées comme combustible de substitution et les cendres issues de leur incinération sont valorisées par incorporation dans le ciment, en remplacement de matières premières.

L'élimination des boues d'épuration par la voie de la co-incinération en centrale thermique, pour laquelle les boues sont aussi utilisées comme combustible de substitution, peut être considérée comme une filière de valorisation dans la mesure où la consommation d'énergie nécessaire au processus de combustion totale et au traitement des gaz et des cendres (scories) est égale ou dépassée par la production de chaleur liée à l'incinération des boues.

### 4.6.1 ASPECTS LEGISLATIFS

Les centrales thermiques sont des installations de combustion et sont visées par la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement ; elles relèvent de :

- **la rubrique 2910** = combustion, à l'exclusion des installations visées par les rubriques 167-C et 322-B4

La puissance thermique maximale est définie comme la quantité maximale de combustible, exprimée en pouvoir calorifique inférieur, susceptible d'être consommée par seconde.

**A.** Lorsque l'installation consomme exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfié, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds ou de la biomasse à l'exclusion des installations visées par d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson ou au traitement, en mélange avec des gaz de combustion, des matières entrantes, si la puissance maximale de l'installation est :

- 1) supérieure ou égale à 20 MW, **régime de l'autorisation**,
- 2) supérieure à 2 MW mais inférieure à 20 MW, **régime de la déclaration**.

**B.** Lorsque les produits consommés seuls ou en mélange sont différents de ceux visés en A et si la puissance thermique maximale est supérieure à 0,1 MW, **régime de l'autorisation**.

Les centrales thermiques sont des installations de combustion et sont visées par la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement ; elles relèvent de :

- **la rubrique 2520** = fabrication de ciments, chaux, plâtres, la capacité de production étant supérieure à 5 t/j, **régime de l'autorisation**.

Dès lors, l'accueil de boues urbaines en centrale thermique et en cimenterie n'est pas envisageable à moins que les installations concernées soient autorisées au titre des rubriques 167-C [traitement ou incinération de déchets industriels provenant d'installations classées] ou 322-B4 [incinération d'ordures ménagères et autres résidus urbains] de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

L'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets), applicable à partir du 28 décembre 2002 pour les installations neuves et à partir du 28 décembre 2005 pour les installations existantes, définit, à l'article 2 du titre 1<sup>er</sup>, une installation de co-incinération comme « une installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire de l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint ou dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination ».

« Si la co-incinération a lieu de telle manière que l'objectif essentiel de l'installation n'est pas de produire de l'énergie ou des produits matériels, mais plutôt d'appliquer aux déchets un traitement thermique, l'installation doit être considérée comme une installation d'incinération au sens du point 4 ».

Les installations de combustion (centrales thermiques) et de fabrication de ciments (cimenteries) accueillant des déchets non dangereux visés par le décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets, notamment les déchets ménagers et assimilés, les déchets industriels banals et les boues de station d'épuration non dangereuses, rentrent donc dans le champ d'application de cet arrêté.

#### **4.6.1.1 Qualité des fumées**

Dans la mesure où elles incinèrent des boues d'épuration, les installations de combustion ou de fabrication de ciments sont soumises à la même réglementation relative à la qualité des fumées issues de l'incinération des déchets que les unités d'incinération d'ordures ménagères et autres résidus urbains (Cf. paragraphe 4.5.1.1).

Cette réglementation est nettement plus restrictive que celle à laquelle doivent se soumettre les centrales thermiques ou les cimenteries dans le cas où elles n'accueillent pas de déchets non dangereux et ne sont donc pas soumises à autorisation au titre de la rubrique 322-B4 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Les normes de rejet pour les fumées de co-incinération sont donc, selon la législation en vigueur, identiques à celles des fumées d'incinération.

Par ailleurs, l'arrêté du 20 septembre 2002 (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets) indique, à l'article 17, chapitre V, titre II, de nouvelles valeurs limites des émissions dans l'air pour les installations de co-incinération de déchets municipaux en mélange et non traités, fixées à l'annexe I et correspondant à l'arrêté du 10 octobre 1996, même pour les ordures ménagères.

La circulaire du 24 février 1997, émise par le Ministère de l'Environnement pour anticiper sur la transposition en droit français de la directive 2000/76/CE, donnait déjà l'instruction aux préfets d'imposer les normes D.I.S. à toutes les nouvelles installations de co-incinération d'ordures ménagères.

Les normes instaurées par les différents textes de loi sur les niveaux de rejets dans les fumées des installations de combustion (centrales thermiques) et des cimenteries accueillant des déchets ménagers ou assimilés sont récapitulées dans le tableau suivant :

Paramètres	Arrêté du 25/01/91 (installations de 3 t/h et plus)	Circulaire du 24/02/97 et arrêté du 10/10/96	Arrêté du 20/09/02 (*)
Poussières totales	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Anhydrides Sulfureux (SO <sub>2</sub> )	300 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Acide Chlorhydrique (HCl)	50 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Acide Fluorhydrique (HF)	2 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>
Oxydes d'azote (NOx) pour les nouvelles installations et les installations existantes de capacité > 6 t/h	-	-	200 mg/m <sup>3</sup>
Oxydes d'azote (NOx) pour les installations existantes de capacité ≤ 6 t/h	-	-	400 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	-	-	10 mg/m <sup>3</sup>
Monoxyde de Carbone (CO)	100 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Carbone organique total (exprimé en COT)	20 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Dioxines et Furannes	-	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>
Métaux lourds	-	-	-
Hg	(Hg + Cd) : 0,2 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Cd + Tl	-	0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Autres métaux lourds (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	(Pb + Cr + Cu + Mn) : 5 mg/m <sup>3</sup>  (Ni + As) : 1 mg/m <sup>3</sup>	(autres métaux lourds + Sn + Se + Te) : 0,5 mg/m <sup>3</sup>  (autres métaux lourds + Sn + Se + Te + Zn) : 5 mg/m <sup>3</sup>	0,5 mg/m <sup>3</sup>

(\*) il convient de se reporter à l'arrêté du 20/09/02 qui prévoit un certain nombre de cas particuliers non repris dans le tableau récapitulatif, ainsi que des niveaux de rejets dans les fumées exprimés en valeurs moyennes calculées sur un autre pas de temps que journalières telles que celles figurant dans le tableau récapitulatif

#### 4.6.1.2 Qualité des rejets aqueux

L'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux (transposition en droit français de la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets) fixe à l'article 21, chapitre VI, titre II, les valeurs limites de rejet dans l'eau des effluents aqueux issus des installations de traitement des déchets (dépotage, entreposage, traitement des gaz, refroidissement des mâchefers, nettoyage des chaudières...). Ces valeurs limites sont indiquées à l'annexe IV dudit arrêté. Il précise de plus à l'article 29, chapitre VIII, titre II, les impositions en matières de surveillance des rejets aqueux.

#### 4.6.1.3 Devenir des sous-produits : scories et résidus d'épuration des fumées

##### 4.6.1.3.1 Centrale thermique

Les règles applicables aux cendres volantes issues de l'incinération de déchets ménagers et assimilés dans un four à lit fluidisé (Cf. paragraphe 4.5.1.3.2) prévalent, car il n'existe pas de législation spécifique aux cendres (scories) issues de l'incinération de boues dans une chambre de combustion.

Ce point est essentiel et il doit être étudié au cas par cas. En effet, si les scories ne peuvent plus être enfouies en C.E.T. de classe II (ou valorisées) mais qu'elles doivent être apportées en C.E.T. de classe I du fait de la co-incinération des boues, l'équilibre financier de la production d'électricité est rompu.

Les résidus d'épuration des gaz de combustion sont évacués dans des C.E.T. pour déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés (classe I).

#### **4.6.1.3.2 Four à ciment**

En cas d'incinération de boues dans un four à ciment, les matières organiques sont détruites lors de la combustion et la quasi totalité des matières minérales se retrouve sous forme de cendres, ces dernières étant directement recyclées en remplacement de matières premières du clinker (ciment brut avant ajout d'adjuvants).

### **4.6.2 ASPECTS TECHNIQUES**

Les combustibles classiques utilisés en centrale thermique et en cimenterie sont généralement le charbon, le fioul ou le gaz.

La co-incinération des boues d'épuration en centrale thermique ou en cimenterie consiste à utiliser les boues comme combustible de substitution.

Il faut toutefois que l'apport de boues soit modéré pour ne pas perturber le fonctionnement de la chambre de combustion ou du four à ciment.

Les boues d'épuration ainsi valorisées dans les centrales thermiques ou les cimenteries doivent de plus être séchées au moins à 90 % de matières sèches avant leur introduction dans le four ou la chambre de combustion afin de faciliter leur injection et d'éviter la formation de vapeur d'eau lors de la combustion (la vapeur d'eau augmente le volume des gaz de combustion à traiter et perturbe la combustion).

Du fait de cette dernière contrainte, les installations alimentées au charbon sont plus à même d'accueillir des boues d'épuration que celles utilisant classiquement du fioul ou du gaz dans la mesure où le charbon, broyé en fines particules avant d'être injecté sous pression dans la chambre de combustion ou le four par des brûleurs, présente les mêmes caractéristiques physiques que la boue séchée.

Quoiqu'il en soit, le taux de substitution de combustibles classiques par des boues d'épuration est fonction du potentiel énergétique des boues, exprimé en pouvoir calorifique inférieur et qui dépend de la teneur en eau et en matières organiques des boues.

Comparé au charbon, le rendement énergétique des boues d'épuration séchées à 90 % est en moyenne environ 3,5 fois plus faible.

Le rapport boues/charbon en masse ne doit donc pas dépasser un certain seuil.

D'autre part, l'incinération des boues engendre, comparativement à leur PCI, une introduction élevée de cendres dans le four ou la chambre de combustion.

Enfin, la modification des émissions gazeuses découlant de l'incinération des boues d'épuration ne doit pas entraîner un dépassement des valeurs limites fixées par la réglementation. En particulier, pour les installations existantes autorisées au titre des rubriques 322-B4 ou 167-C de la nomenclature des installations classées, les gaz de combustion doivent pouvoir être traités par l'installation de traitement des fumées en place (capacité), en conservant les mêmes sécurités sur les équipements.

#### **4.6.2.1 Co-incinération en centrale thermique**

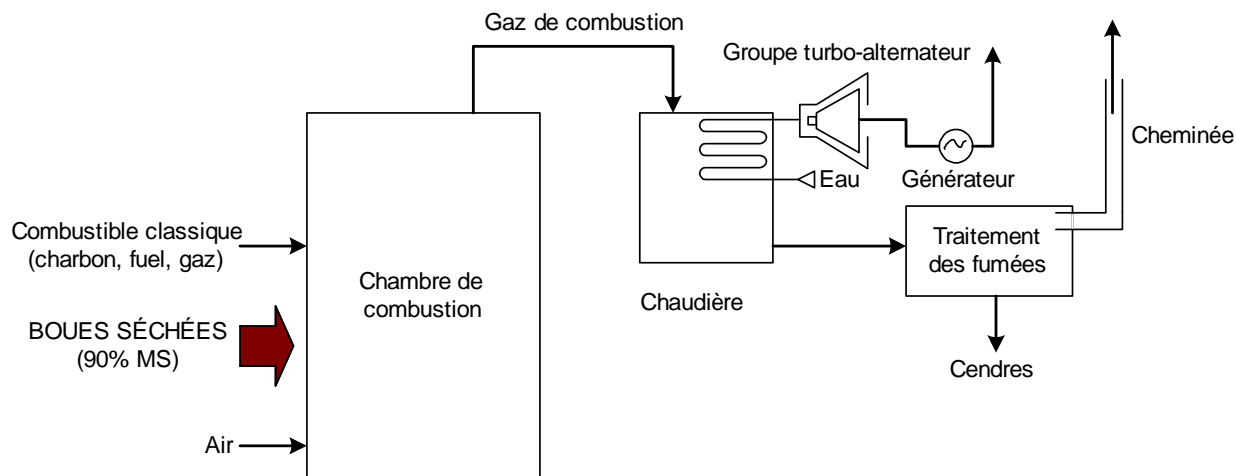
En utilisant des boues d'épuration comme combustible de substitution en centrale thermique, on remplace du combustible fossile (charbon) pour produire par combustion soit simplement de l'énergie thermique (valorisation thermique), soit de l'électricité (valorisation électrique), soit les deux (on parle alors de co-génération).

Le principe général de fonctionnement d'une centrale thermique classique, aussi appelée centrale thermique à flamme, consiste à transformer l'énergie libérée par un combustible sous forme de chaleur lors de sa combustion en énergie mécanique puis électrique : le combustible (charbon et, le cas échéant, boues séchées) est brûlé et fournit de la chaleur dans un générateur de vapeur (ou chaudière) où de l'eau est vaporisée sous pression (celle-ci se vaporise autour de 560°C et la pression atteint 165 à 180 bars), puis la vapeur produite est "détendue" dans une turbine à vapeur (série de roues mobiles équipées d'ailettes), la baisse de pression permettant d'entraîner la turbine qui entraîne à son tour un alternateur qui génère de l'électricité (à la fin du cycle, la vapeur est liquéfiée dans un condenseur puis recyclée).

Il existe principalement deux procédés de combustion :

- la technique du charbon pulvérisé : le combustible est pulvérisé en très fine poussière dans des broyeurs pour faciliter la combustion, mélangé à de l'air réchauffé et finalement injecté dans la chambre de combustion du générateur de vapeur (pour diminuer les émissions dans l'atmosphère de gaz polluants, des installations de dénitrification et/ou désulfuration sont ajoutées, ces procédés agissent soit au niveau de la combustion, soit par un traitement des fumées),
- la technique du lit fluidisé circulant atmosphérique (LFC) : cette méthode, qui associe efficacité de combustion et dépollution au niveau du foyer, consiste à mettre en suspension et à faire circuler une masse importante de cendres, de calcaire et de particules combustibles ; réalisée à pression atmosphérique, à une température de combustion de 850°C (au lieu de 1 400°C pour les chaudières classiques).

Schéma de principe de la co-incinération des boues en centrale thermique



#### 4.6.2.2 Co-incinération en cimenterie

En utilisant des boues d'épuration comme combustible de substitution en cimenterie, on remplace simultanément du combustible fossile (charbon) et des matières premières car les substances des cendres issues de l'incinération des boues sont similaires à celles des matières premières du ciment dont les besoins sont ainsi réduits.

Un four à ciment est un four cylindrique rotatif de plusieurs mètres de long, incliné de quelques degrés entre l'entrée et la sortie pour permettre la progression de la matière par gravité vers le brûleur.

Le principe général de fonctionnement d'un four à ciment consiste à brûler du charbon broyé mêlé à de l'huile lourde et à des déchets combustibles tels que la boue séchée pour produire une flamme atteignant 2 000°C. Cette flamme assure la cuisson (ou clinkérisation) d'un "cru" (mélange de matières premières calcaires et argileuses éventuellement complété par du minerai de fer ou de la bauxite, voire des substituts partiels tels que les cendres issues de l'incinération des boues), broyé en farine et pré-séché, qui atteint alors une température de 1 450°C à laquelle ses constituants réagissent, à l'état semi-liquide, pour donner de nouvelles combinaisons chimiques (frittage) formant le clinker (le ciment résulte de l'ajout d'adjuvants tels que le gypse au clinker, après broyage et homogénéisation du mélange).

Afin d'éviter les chocs thermiques, le cru subit un préchauffage (ou précalcination) le portant de 20°C à 800-1 000°C avant l'entrée dans le four, généralement par voie sèche (pas d'ajout d'eau) et en cyclones, lors duquel il est mis en contact avec les gaz chauds échappés du four, lui-même recevant l'air réchauffé issu du refroidisseur à clinker (échangeur de chaleur diminuant la température du clinker de 1 450°C à 20°C) situé à la sortie du four.

#### **Remarque :**

L'utilisation des boues d'épuration ne doit pas entraver l'exploitation fiable du four à ciment et ne doit pas causer de pertes de production.

Les cimenteries utilisent divers autres combustibles de substitution dont la nature et la quantité peuvent varier d'une cimenterie à l'autre.

La composition des matières premières utilisées diffèrent également (selon la carrière).

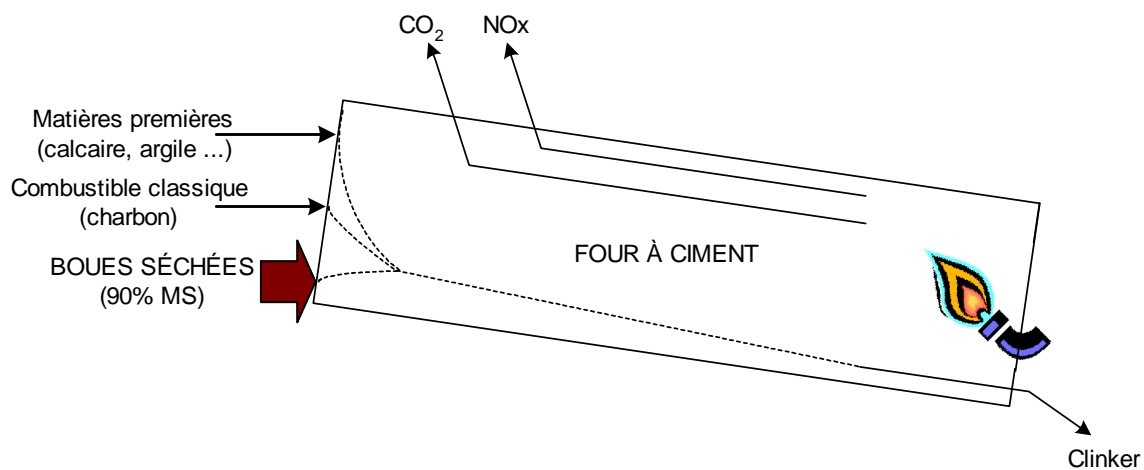
Cela entraîne des conditions variables pour l'utilisation de boues comme combustible dans les cimenteries.

Un ratio maximum boues/charbon de 5 % en masse pour des boues séchées à 90 % a toutefois pu être déterminé grâce aux expériences actuellement disponibles.

De plus, la qualité du clinker ou du ciment produit ne doit pas être altérée et doit toujours satisfaire intégralement aux exigences de conformités aux normes.

Le rapport boue/clinker produit est donc aussi à prendre en compte pour l'utilisation des boues d'épuration dans les fours à ciment. Un ratio moyen d'au moins 2,5 % en poids de matières sèches de boues est observé à travers les expériences disponibles (dans ces conditions, 1 t de matières sèches de boues remplace environ 550 kg de matières premières).

Schéma de principe de la co-incinération des boues en  
cimenterie



## **4.6.3 REFERENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES**

### **4.6.3.1 Références techniques**

#### ***4.6.3.1.1 Unité d'incinération conjointe de déchets ménagers et de boues d'ORSIANE***

Maître d'Ouvrage :

DISTRICT DE CHARTRES

3, Rue Charles Brune

28110 LUCE

Constructeur : GEC ALSTHOM

Capacité de l'Incinérateur : 250 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 2 files de traitement, incinération conjointe d'ordures ménagères et de déchets industriels et commerciaux banals (DICB) avec aménagement pour mise en place de la co-incinération des boues d'épuration
- Incinérateur : four à grille inclinée STEIN
- Système d'injection des boues dans le foyer : injection directe par extrusion IC850
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 15 t/h de déchets à un PCI de 2 200 kcal/kg déchets bruts
  - 1,3 t/h de boues déshydratées à une siccité de 20 %, un taux de MV de 60 % et un PCI de 5 500 kcal/kg MV
- Flux de déchets à traiter : 110 000 t/an

#### ***4.6.3.1.2 Unité d'incinération conjointe de déchets ménagers et de boues de l'AGGLOMÉRATION MULHOUSIENNE***

Maître d'Ouvrage :

SIVOM DE L'AGGLOMÉRATION MULHOUSIENNE

1, Rue des Orphelins

68200 MULHOUSE

Constructeur : JACOBS SERETE (mandataire)

Capacité de l'Incinérateur : 320 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 2 files de traitement, incinération conjointe d'ordures ménagères, de déchets industriels banals (DIB), de refus de centre de tri, de déchets hospitaliers et de boues d'épuration
- Incinérateur : four à lit fluidisé rotatif ABT
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 23 t/h de mélange
- Flux de déchets à traiter :
  - 135 000 t/an d'OM + DIB
  - 530 t/an de déchets hospitaliers
- Flux de boues à traiter : 37 500 t/an de boues déshydratées pâteuses à 22 % MS

#### **4.6.3.1.3 Unité d'incinération conjointe de déchets ménagers et de boues de PIACENZA (Italie)**

Maître d'Ouvrage :

TECNOLOGIA – ENERGIA – SERVIZI – AMBIENTE (T.E.S.A) DI PIACENZA

Constructeur : CNIM et CPL

Capacité de l'Incinérateur : 250 000 EH

#### **Caractéristiques de l'installation d'incinération :**

- Conception : 2 files de traitement, incinération conjointe d'ordures ménagères, de déchets hospitaliers et de boues d'épuration
- Incinérateur : four à grilles MARTIN
- Capacité totale de traitement de l'installation :
  - 15 t/h de mélange à un PCI de 2 600 kcal/kg de déchets bruts
- Flux de déchets à traiter : 110 000 t/an
- Flux de boues à traiter : 60 000 t/an de boues séchées à 65 %

#### **4.6.3.2 Références économiques**

##### **Procédé d'injection directe des boues par extrusion IC850 de DEGREMONT :**

Système d'injection d'une capacité de 1 t/h de boues :

Coût d'investissement de 1 372 040 Euros HT en Equipement.

*Références :*

Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM) de DINAN : équipement de 2 fours existants

Système d'injection d'une capacité de 2 t/h de boues :

Coût d'investissement de 1 829 390 Euros HT en Equipement.

*Références :*

Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM) de SARCELLES : équipement de 2 fours existants

**Procédé d'injection directe des boues par pulvérisation PYROMIX d'OTV :**

Systeme d'injection d'une capacité de 1 t/h de boues :

Coût d'investissement de 762 245 Euros HT en Equipement.

*Références :*

aucune installation industrielle en place

**Procédé d'injection directe des boues par projection ASM de KOCH :**

Systeme d'injection d'une capacité de 2 t/h de boues (à 20 % de siccité) :

Coût d'investissement de 149 400 Euros HT en Equipement.

*Références :*

Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM) de CHEDDE-PASSY (Haute Savoie)