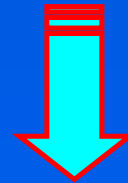


# LES TECHNIQUES DE SÉCHAGE DES BOUES DE STATION D'ÉPURATION

*M. Crine et A. Léonard*

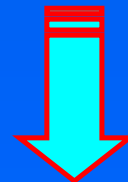
# L'importance de la filière « boues » en épuration

# Épuration des eaux usées



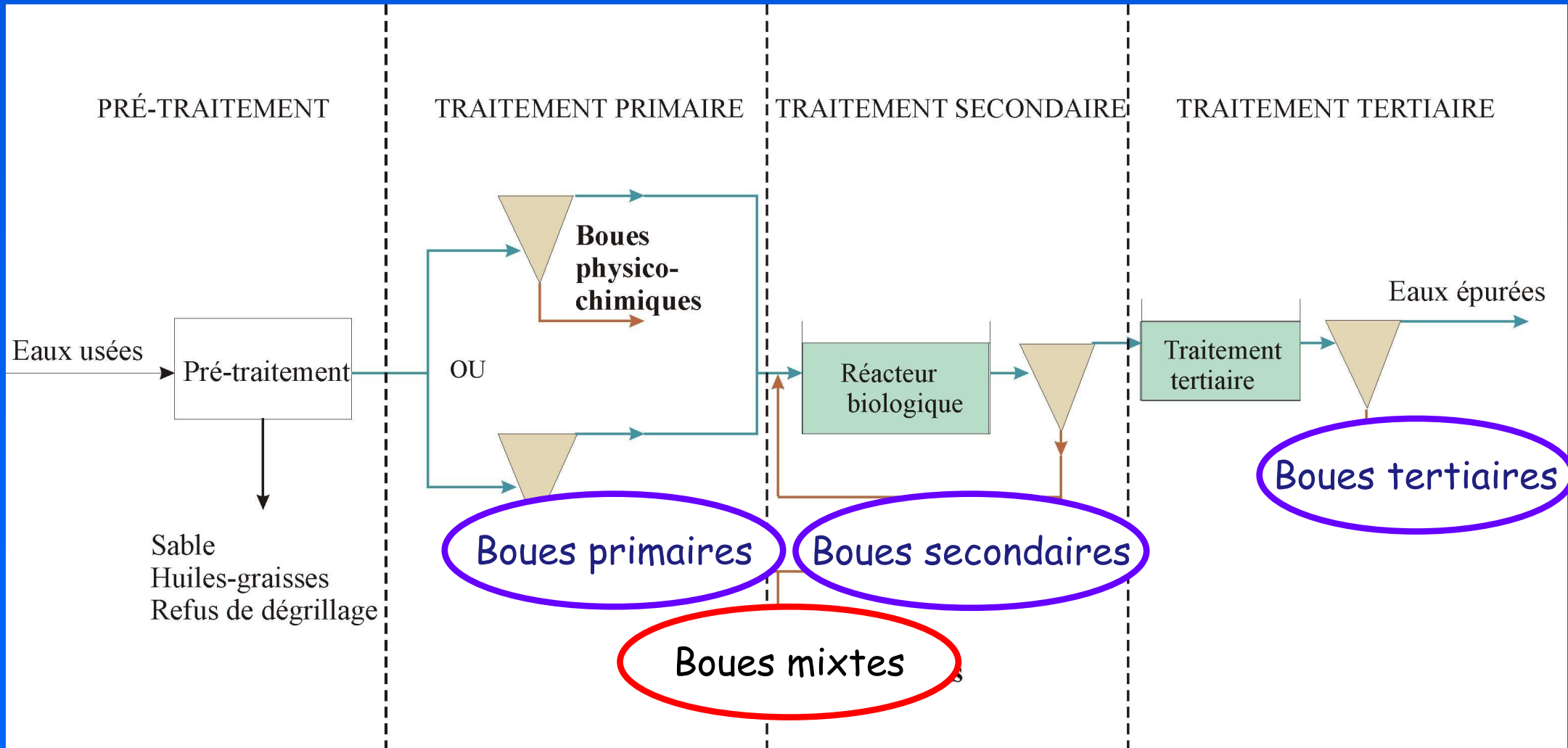
## Boues d'épuration

(boues primaires, secondaires et tertiaires)



## 15 - 20 kg MS/EH

# Schéma d'une STEP

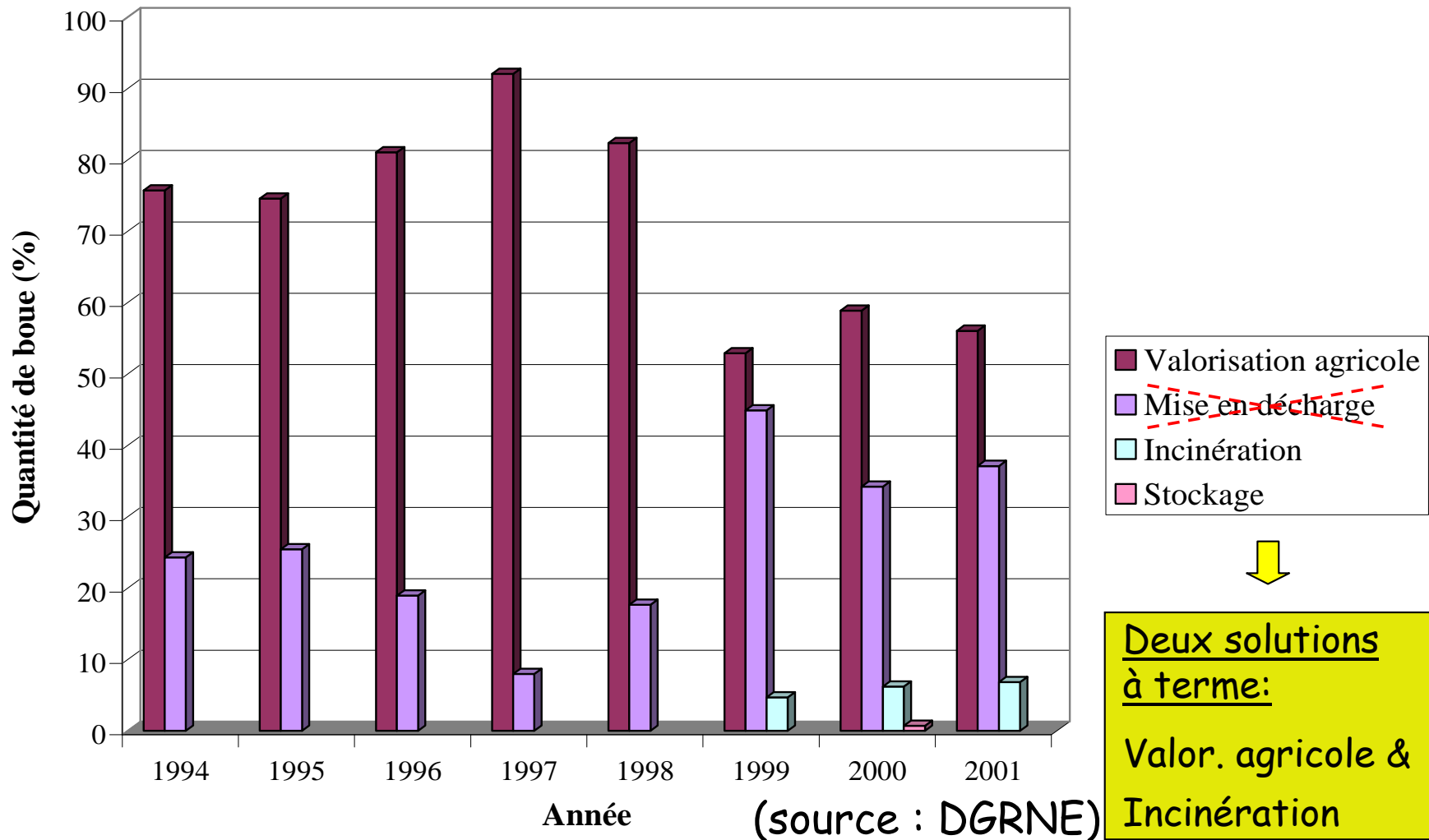


## La situation en Région Wallonne

- o Une production théorique de **60 000 - 70 000 t/an** si on prend en compte **Directive Européenne 91/271-CEE**. (hypothèse du traitement totalité des eaux usées des agglomérations de plus de 2000 EH)
- o Dans la pratique la mise en œuvre de cette directive conduira à un accroissement progressif de la quantité de boues effectivement produites.
- o Evolution (sources : 1995-2000 : DGRNE; 2005-2010 : PWD 2010) :

Année	1995	2000	2005	2010
Production (t MS/an)	14 350	18 228	33 200	45 000

# ➤ Quelles issues pour ces boues en RW ?



## Rôle du séchage : éliminer l'eau

- Teneur initiale en MS : **15 - 25 %** (boues déshydratées)
- Teneur finale en MS : variable selon usage

Séch. <b>partiel</b>	<b>30 &lt; MS &lt; 45 %</b>	Auto-combusitibilité (PCI ~ 3000 à 5000 kJ/kg) : incinération four spécifique
Séch. <b>poussé</b>	<b>60 &lt; MS &lt; 90 %</b>	Co-incinération avec ordures ménagères (PCI ~ 8400 à 17 000 kJ/kg)
	<b>MS &gt; 85 %</b>	Pyrolyse ou gazéification (PCI ~ 14 000 kJ/kg)
Séch. <b>complet</b>	<b>MS &gt; 90 %</b>	Stabilisation et hygiénisation pour épandage agricole

# Caractérisation des boues



# ➤ Les boues : des matériaux chimiquement complexes

## Analyses type de quelques boues d'épuration

Paramètre (% MS)	Boue primaire	Boue secondaire	Boue stabilisée
Graisses	18	10	10
Protéines	24	34	18
Fibres	16	10	10
C/N	11.4	8.7	7.2
P	2	2	2
Cl	0.8	0.8	0.8
K	0.3	0.3	0.3
Al	0.2	0.2	0.2
Ca	10	10	10
Fe	2	2	2
Mg	0.6	0.6	0.6

Org.

Min.

### En résumé :

- de l'eau
- des mat. organiques
- des mat. minérales

## Deux paramètres importants

### ➤ La teneur en matières sèches ou siccité (MS)

MS : 15 - 25 % selon le procédé de déshydratation

### ➤ La teneur en matières organiques (MSV <sup>(1)</sup>)

	Boues primaires	Boues secondaires	Boues mixtes	Boues stabilisées
MSV (% MS)	50 - 70	55 - <b>75</b> <sup>(2)</sup>	60 - <b>70</b> <sup>(2)</sup>	40 - 65

(1) MSV : Matières Sèches Volatiles ~ Matières organiques

(2) **MSV 70 % : seuil de fermentescibilité**

## ➤ MS et MSV influencent :

- o L'apport en matières carbonées : valorisation agricole
- o Le pouvoir calorifique (PCI) : valorisation énergétique
- o La stabilité (fermentescibilité) du matériau : stockage
- o La consistance et les propriétés mécaniques du matériau, c-à-d, son comportement rhéologique
  - difficulté de manipulation, de granulation, de transport
  - dépenses énergétiques liées à ces opérations
  - friabilité du matériau

## ➤ Les boues : des matériaux rhéologiquement complexes

Transition entre états liquide - pâteux - solide en cours de séchage

Siccité croissante →					
(% MS)	< 10	10 - 40	40 - 60	60 - 90	> 90
Etat	Liquide	Liquide visqueux - pâteux	Collant, difficile à manipuler	Granulaire	Sec

Le comportement rhéologique d'une boue (et les transitions entre états) est **extrêmement variable** :

Il dépend : de la nature chimique et biologique de la boue  
des conditions de prétraitement (stabilisation)  
des conditions de pompage, de stockage, ...

«**Histoire**»  
de la boue

## Deux étapes clés

### ➤ Passage par une phase «collante» (MS $\cong$ 40 - 60%)

- o Comportement visco-élastique non linéaire, déformations plastiques (« glue phase »)

➔ Problèmes de mélange, dispersion (cons. énergétique)  
Bourrages

- o Solutions techniques :

➔ Mélange, dispersion avant séchage (extrusion, atomisation)

↳ état pâteux

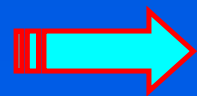
< 10	10 - 40	40 - 60	60 - 90	> 90
Liquide	Pâteux	Collant	Granulaire	Sec

➔ Recyclage de boues séchées ou d'autres matières sèches

↳ état granulaire

➤ Obtention d'une phase « sèche » (MS > 90%)

o Contraintes mécaniques importantes



Retrait important (jusqu'à 80 % du volume initial)

Fissuration

Fragilisation ⇒ danger de production de fines ! (explosion)

o Solutions techniques



Limiter la cinétique de séchage par ajout de vapeur d'eau

Enrobages successifs de fines couches de boues sur un support sec

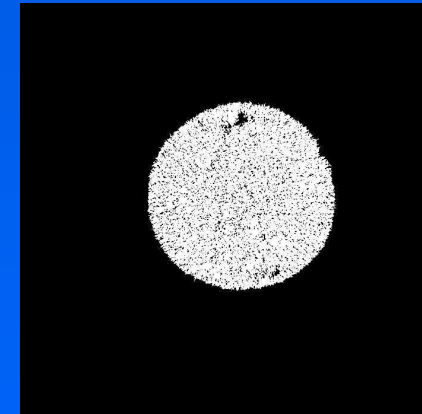
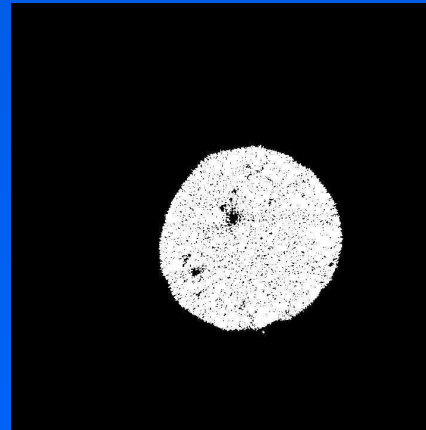
➤ Exemple : fissuration et retrait dans un échantillon de boue en cours de séchage

- o Le cas du séchage de boues extrudées (diam. 12 mm)

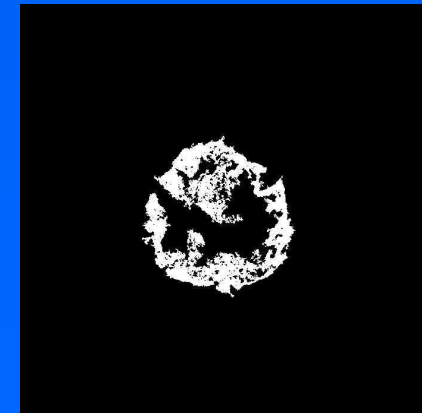
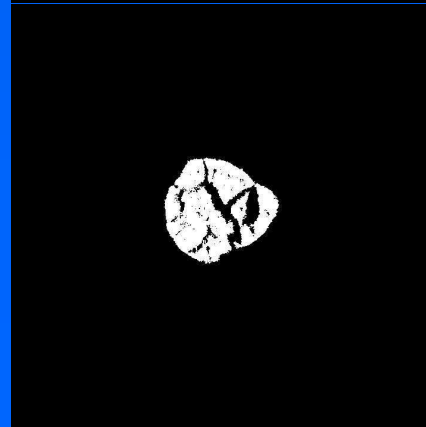
Boue A

Boue B

Humide



Sèche



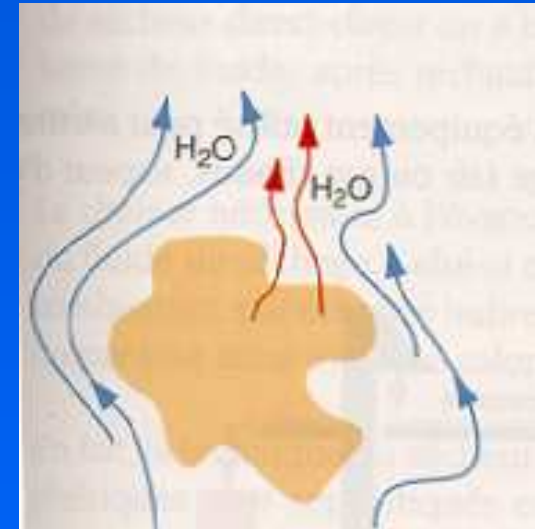
# Les technologies de séchage



## 2 types de configuration

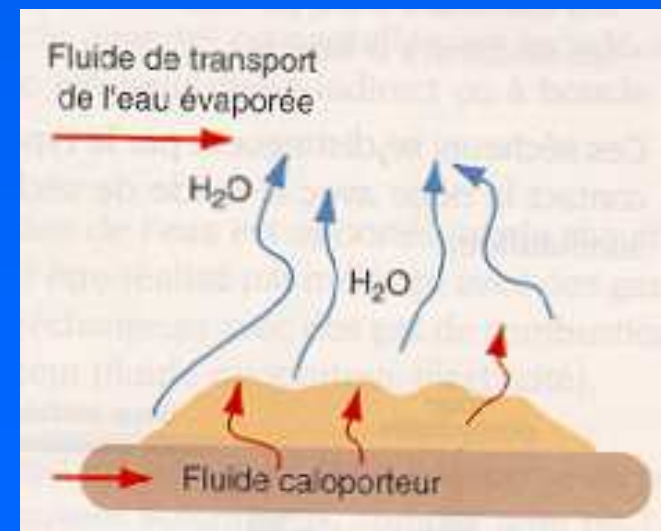
### ➤ Sécheurs directs

Contact direct entre le produit et un fluide caloporteur (air, vapeur)



### ➤ Sécheurs indirects

Contact entre le produit et des surfaces chaudes, chauffées par un fluide Caloporteur (huile, vapeur,...)

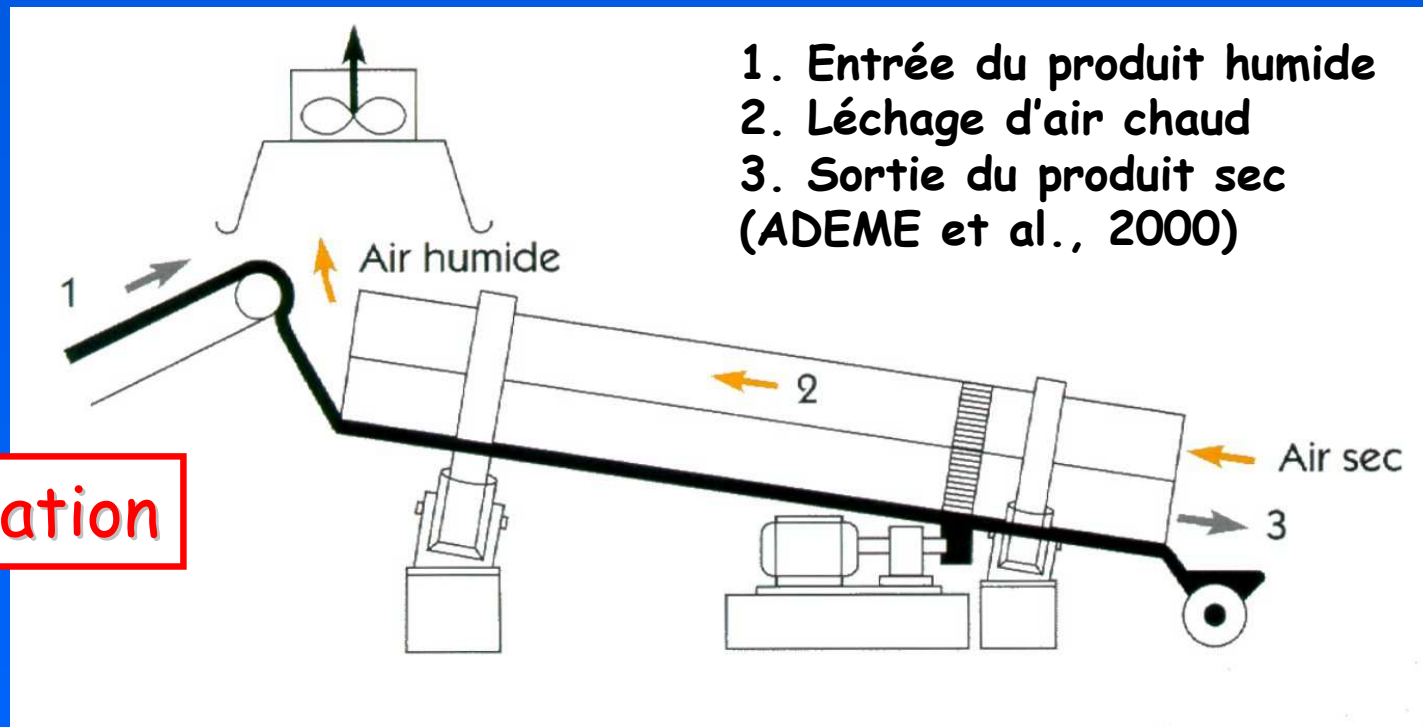


## ➤ Avantages et inconvénients des technologies

	SÉCHEUR DIRECT	SÉCHEUR INDIRECT
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplicité de la technologie</li> <li>Absence de pièces en mouvement</li> <li>Robustesse</li> <li>Mise en forme aisée : granulation ou extrusion</li> <li>Faibles temps de séjour</li> <li>Peu de sensibilité à la siccité initiale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplicité des périphériques</li> <li>Plus facilement sécurisable</li> <li>Faibles débits gazeux à traiter</li> <li>Confinement des buées et odeurs</li> </ul>
INCONVÉNIENTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexité des périphériques</li> <li>Contrôle des odeurs</li> <li>Risques d'explosions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie complexe</li> <li>Temps de séjour plus long</li> <li>Capacité évaporatoire limitée (4 tonnes d'eau par heure)</li> <li>Problèmes lors du passage à l'état pâteux de la boue : croûtage, pannes, dysfonctionnement</li> <li>Nécessité d'une surveillance attentive</li> </ul>

## ➤ Sécheurs directs

## Sécheur à tambour rotatif

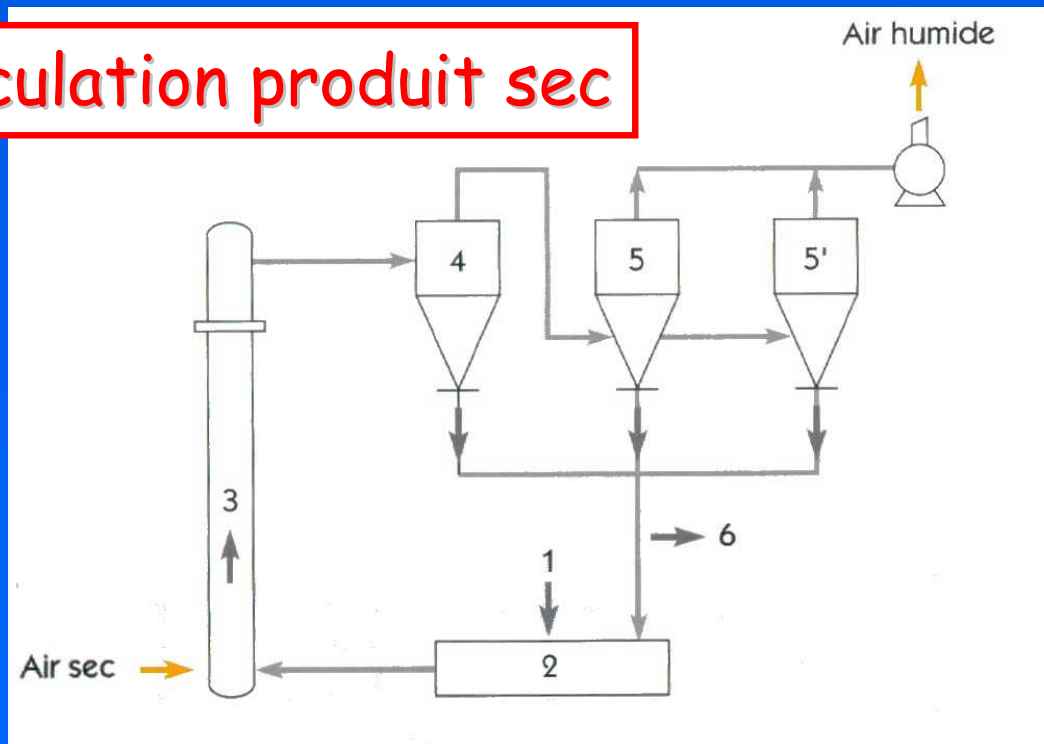
**Granulation**

Constructeurs : Andritz, Comessa, Swiss Combi, Barr-Rosin, Sernagiotto Technologies, Welders Filtration Technology

## ➤ Sécheurs directs

### Sécheur pneumatique (flash)

Recirculation produit sec



1. Entrée du produit humide
2. Mélange du produit humide et du produit sec
3. Zone d'entraînement du produit
4. Cyclone
5. et 5'. Filtres
6. Sortie du produit sec

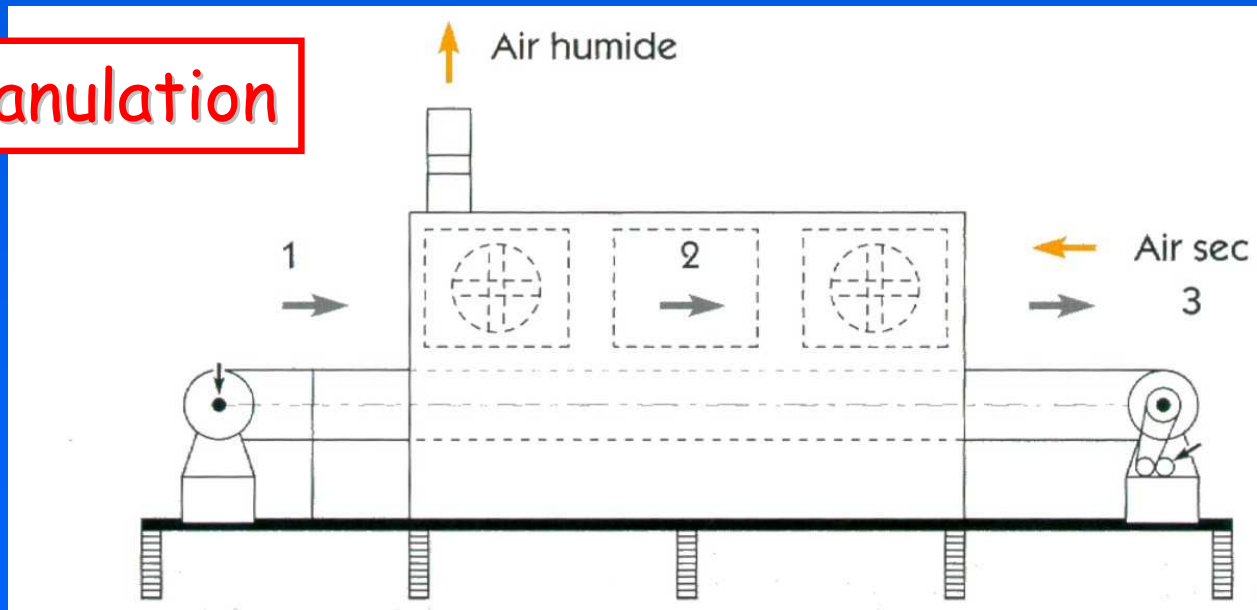
(Source : ADEME, 2000).

Constructeurs : Niro, Stork, Barr-Rosin

## ➤ Sécheurs directs

### Convoyeur à bande

Granulation



1. Entrée du produit humide
2. Produit en défilement
3. Sortie du produit sec

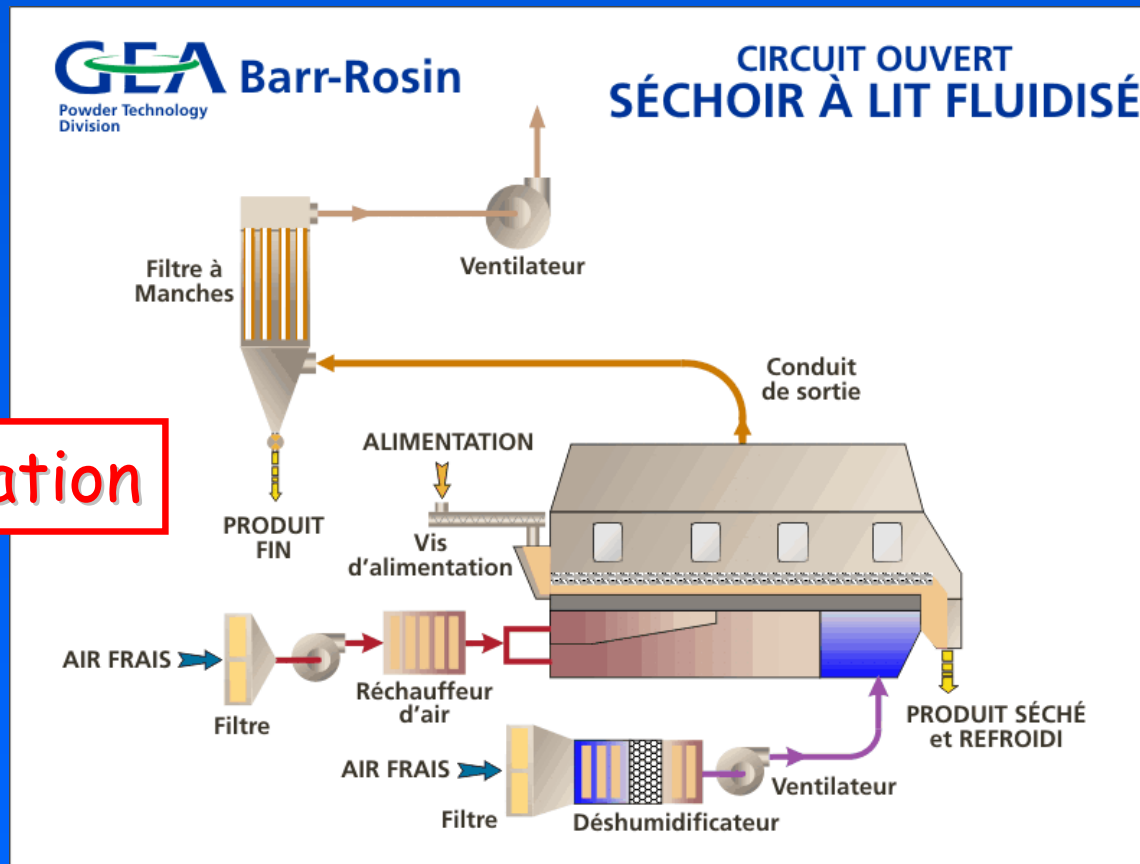
(Source : ADEME, 2000).

Constructeurs : Sevar Entsorgungsanlagen GmbH (Germany),  
EMO-procédé, Dry•Rex<sup>MC</sup>- (France)

## ➤ Sécheurs directs

### Lit fluidisé

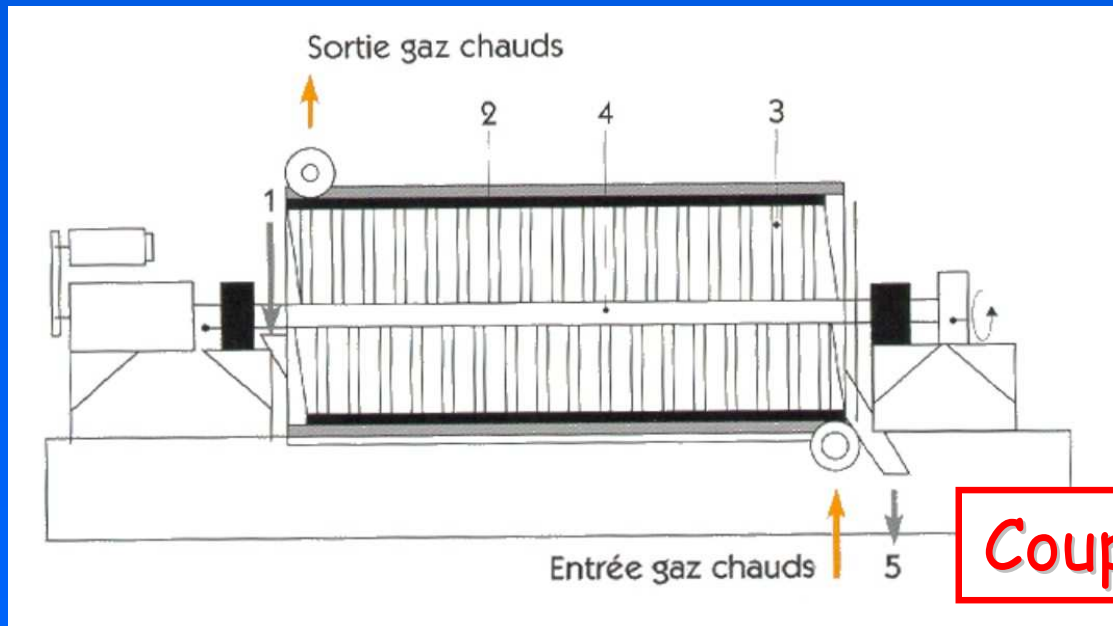
Granulation



Constructeurs : Niro, Comessa, Andritz, Barr-Rosin

## ➤ Sécheurs indirects

### Sécheurs rotatifs (à palettes, à vis)



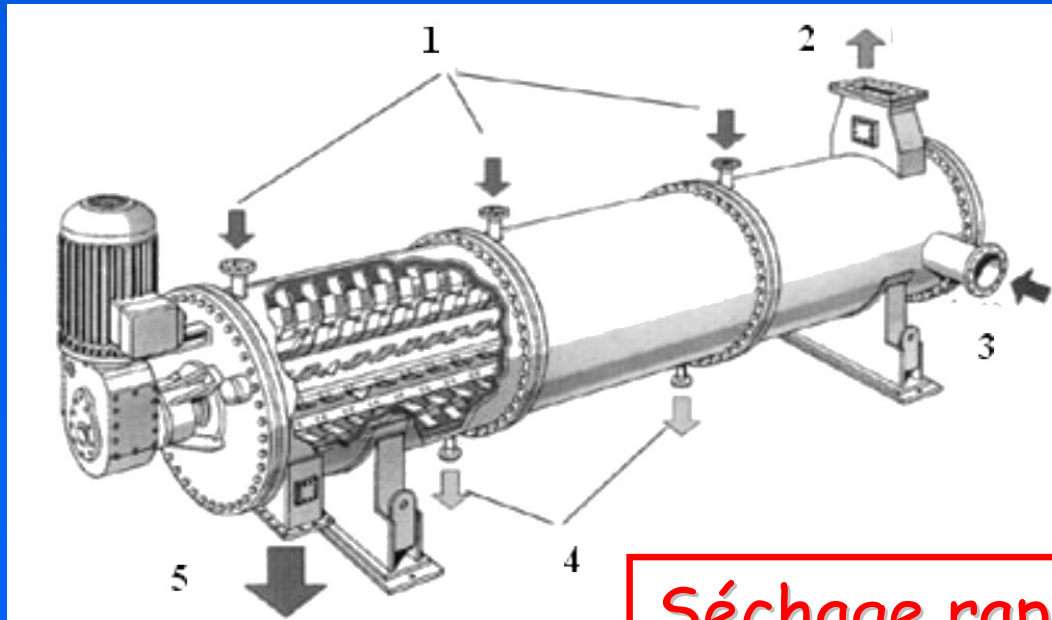
1. Entrée du produit humide
2. Double enveloppe
3. Palette
4. Arbre creux
5. Sortie du produit sec

(Source : ADEME, 2000)

**Couple moteur adapté**

Constructeurs : Andritz, KHD, Comessa, Barr-Rosin, Komline-Sanderson, Svedala, Maguin

## ➤ Sécheurs indirects Sécheurs rotatifs (à couche mince)



1. Entrée de la vapeur dans la double enveloppe
2. Sortie de la vapeur dégagée
3. Entrée du produit humide
4. Sortie des condensats
5. Sortie du produit sec

(Source : Buss-SMS)

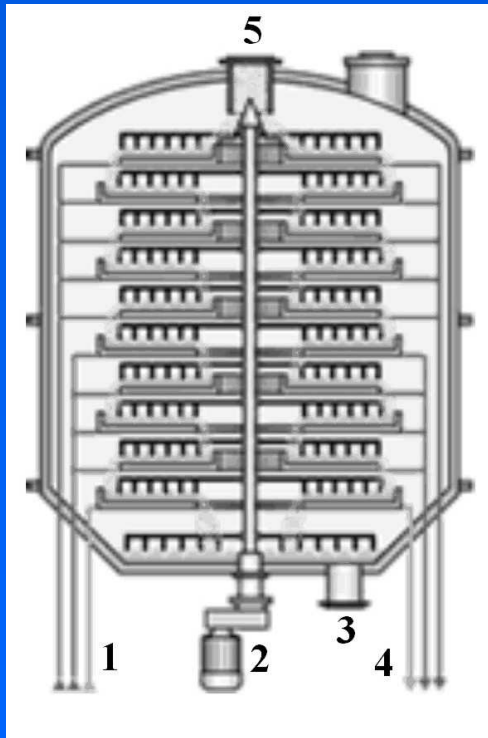
**Séchage rapide couche mince**

Constructeur : Buss-SMS



## ➤ Sécheurs indirects

### Sécheur multi-étagés vertical ou sécheur à plateaux



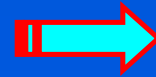
1. Entrée des fluides thermiques
2. Motorisation de l'axe vertical
3. Sortie du produit sec
4. Sortie des fluides thermiques
5. Entrée du solide humide

(Source : Krauss-Maffei Process Technology)


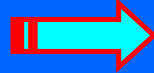
Constructeurs : Seghers, Krauss-Maffei Process Technology

# Les performances

# Capacité évaporatoire



$$\text{Débit (T MS/h)} \cdot \left( \frac{1}{\text{MS}_{\text{in}}} - \frac{1}{\text{MS}_{\text{out}}} \right)$$

- La capacité évaporatoire d'un sécheur de boues de STEP varie entre **0,3 - 0,5** et **25 - 30 T eau/h**
- Elle dépend :
  - o de la capacité épuratoire de (des) la STEP(s) en amont (nb. d'EH)
  - o du procédé d'épuration utilisé (rendement en boues)
  - o de l'existence d'une stabilisation (digestion) des boues
  - o du procédé de déshydratation mécanique utilisé ( $\text{MS}_{\text{IN}}$ )
  - o de la siccité finale recherchée ( $\text{MS}_{\text{OUT}}$ ) : en fonction de l'usage ultérieur
- Règles de bonne pratique
  - o Faibles capacités évaporatoires  Sécheur indirect
  - o Hautes cap. évap. (> 3 à 4 T/h)  Sécheur direct

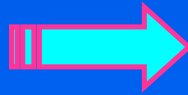
# Considérations énergétiques



## ➤ Séchage des boues

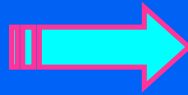
800 à 1000 kWh/T eau  
230 à 305 Euros/T MS

Sécher



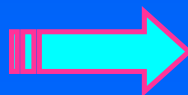
Chaleur

Éliminer 1 kg d'eau



2250 kJ en théorie

Pertes, eau  $\pm$  liée



3000 à 5000 kJ en pratique

- Rendement : 60-65 %
- Pertes : min 5%