



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور بالجلفة
Université Ziane Achour Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Faculté des sciences de la nature et de la vie



Master 2 Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Module : Traitement des effluents des industries agroalimentaires

Chargé du module : Mohamed Hachi

E-mail : hachi.mouh3@gmail.com

Traitement tertiaire (traitement de finalisation)

Dans le vocabulaire courant de l'épuration, ce terme désigne un traitement complémentaire permettant d'obtenir une qualité d'effluent traité supérieure à celle obtenue par les procédés biologiques classiques. Il s'agit en fait d'*affiner l'eau* en poussant l'épuration le plus loin possible avec la possibilité de viser deux objectifs différents :

- l'amélioration des performances sur les paramètres classiques (MES, DBO5, DCO) : le traitement tertiaire est alors un affinage qui peut être obtenu par différentes techniques : microtamisage, filtration sur sable, biofiltration ou **lagunage**, adsorption sur charbon actif...;
- l'action spécifique sur un paramètre qui n'est que peu ou pas touché par les traitements classiques : c'est le cas de la désinfection, par laquelle on s'attache à réduire la pollution bactérienne, ou des procédés visant l'élimination des éléments nutritifs (azote ou phosphore) facteurs d'eutrophisation, par des traitements biologiques (nitrification et dénitrification de l'azote) ou physico-chimiques (précipitation du phosphore).

Traitement de la boue

Les boues – généralités :

Les procédés de traitement biologique ou physico-chimique entraînent la production de boues. Leur extrême diversité va de pair avec une composition très hétérogène. La quasi-totalité des procédés d'épuration appliqués aux effluents résiduaux des secteurs industriel et urbain, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, aboutissent à concentrer les polluants sous forme de boues.

Caractéristique commune : effluent liquide avec 1 % à 10 % de matières solides (10 à 100 g/L)

Boues chimiquement inertes.

Boues biologiques fermentescibles et nauséabondes.

- Toutes les boues nécessitent un traitement spécifique qu'elles soient recyclées, réutilisées ou remises dans le milieu naturel.
- Le traitement des boues est un problème *additionnel à celui du traitement de l'eau*

Caractérisation / Classification

Caractère organique ou minéral Caractère hydrophobe ou hydrophile



• Les classes de boues :

- Organique hydrophile (Matières organiques prédominantes, avec les boues biologiques; MVS peut atteindre 90 %.
- Minérale hydrophile (hydroxydes métalliques)
- Huileuse hydrophile (ex : raffinerie)
- Minérale hydrophobe (sables limons, ...)
- Huileuse hydrophobe
- Fibreuse

Estimation des ratios organique/minéral et hydrophobe/hydrophile

Classification des boues

Caractéristique principale de la boue	Origine	Traitement	Composition
<i>Organique Hydrophile</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ERU (collectivités) – Boues primaires et primaires physico-chimiques – Boues biologiques – Boues tertiaires, séparées ou en mélange – Boues mixtes • ERI des IAA (industrie) • ERI des industries textiles, chimie organique, pétrochimie... • Tout traitement biologique de finition 	Tout traitement physico-chimique et/ou biologique	<p>Matières organiques prédominantes : MV/MS : 40 à 90 %</p> <p>Matières organiques fermentescibles</p> <p>Hydroxydes Al ou Fe ayant coagulé-floculé les produits ci-dessus</p> <p>Flocs biologiques Phosphates Fe</p>
<i>Minérale hydrophobe</i>	ER industries sidérurgiques, minières et métallurgiques	Décantation avec ou sans réactifs Neutralisation	Oxydes, cendres, particules minérales denses Sulfate de calcium
	EP Forages et rivières	Décarbonatation Déferrisation et démanganisation biologiques	Carbonates > 80-90 % Oxydes Fe, Mn
	EP Rivières très chargées	Débourbage	Limon, sable fin... dense
	ER Lavage de fumées	Décantation Neutralisation	Particules minérales denses : gypse...
	ERU/IAA	Oxydation par voie humide	Matières minérales MV < 5 %
<i>Minérale hydrophile</i>	EP Rivières moyennement chargées, lacs, barrages	Floculation-Décantation	Argiles Hydroxydes Fe, Al : 20 à 60 % Charbon actif éventuellement Matières organiques : 10 à 25 %

<i>Caractéristique principale de la boue</i>	<i>Origine</i>	<i>Traitement</i>	<i>Composition</i>
<i>Minérale hydrophile</i>	EP Rivières chargées	Floculation-Décantation	Hydroxydes Fe, Al : 15 à 25 % Argiles, limons, sables
	EP Rivières et forage	Décarbonatation partielle	Carbonates 50 à 65 % Hydroxydes Fe, Al
	ER Industries de traitement de surface, chimie minérale	Neutralisation Détoxication Floculation-Décantation	Hydroxydes métalliques
	Ré-utilisation (ERU – ERI)	Clarification tertiaire	Hydroxyde Fe, Al + matières organiques
	ER Industries teinturerie, tanneries...	Floculation-Décantation biologique en finition	Minéral (hydroxydes) + Organiques (biologiques, graisses)
<i>Huileuse hydrophobe</i>	ER Laminoirs (aciéries)	Floculation-Décantation	Particules minérales denses (oxydes, battitures) recouvertes d'huile. Hydroxydes chargés d'huile. Huiles minérales
<i>Huileuse hydrophile</i>	ER Raffineries Ateliers mécaniques	Déshuilage Floculation-Décantation biologique en finition	Huiles émulsionnées ou solubles/Hydroxydes après floculation. MO biologiques (parfois)
<i>Fibreuse</i>	ER Papeteries Cartonneries Pâte à papier	Floculation-Décantation Traitement biologique	Fibres cellulosiques : 20 à 90 % Charges minérales (kaolin, alun, carbonates) : 10 à 80 % Boues biologiques : 10 à 20 %

Caractérisation

Phase solide:

Concentration en matières solides totales: MST

- En g/L pour des boues liquides
- En pourcentage massique pour des boues solides

Concentration en matières solides volatiles : MVS

Concentration en matières solides fixes: MSF

Analyse plus poussée. Par exemple, pour une valorisation agricole, on doit quantifier:

- le carbone, l'azote et le phosphore
- Les métaux et autres composés possiblement toxiques (pesticides, détergents...)

Facteur caractérisant *la structure de la boue* :

– Viscosité : résistance à l'écoulement.

Facteur caractérisant le comportement d'une boue en cours de déshydratation :

Test de filtrabilité, de compressibilité, de siccité limite, ... à partir de tests de laboratoire.

Phase liquide interstitielle :

Le pH, la salinité et l'alcalinité

La teneur en acides volatils : composés intermédiaires d'une dégradation anaérobie des matières organiques (DBO et DCO)

Traitements des boues

1- Réduction du volume :

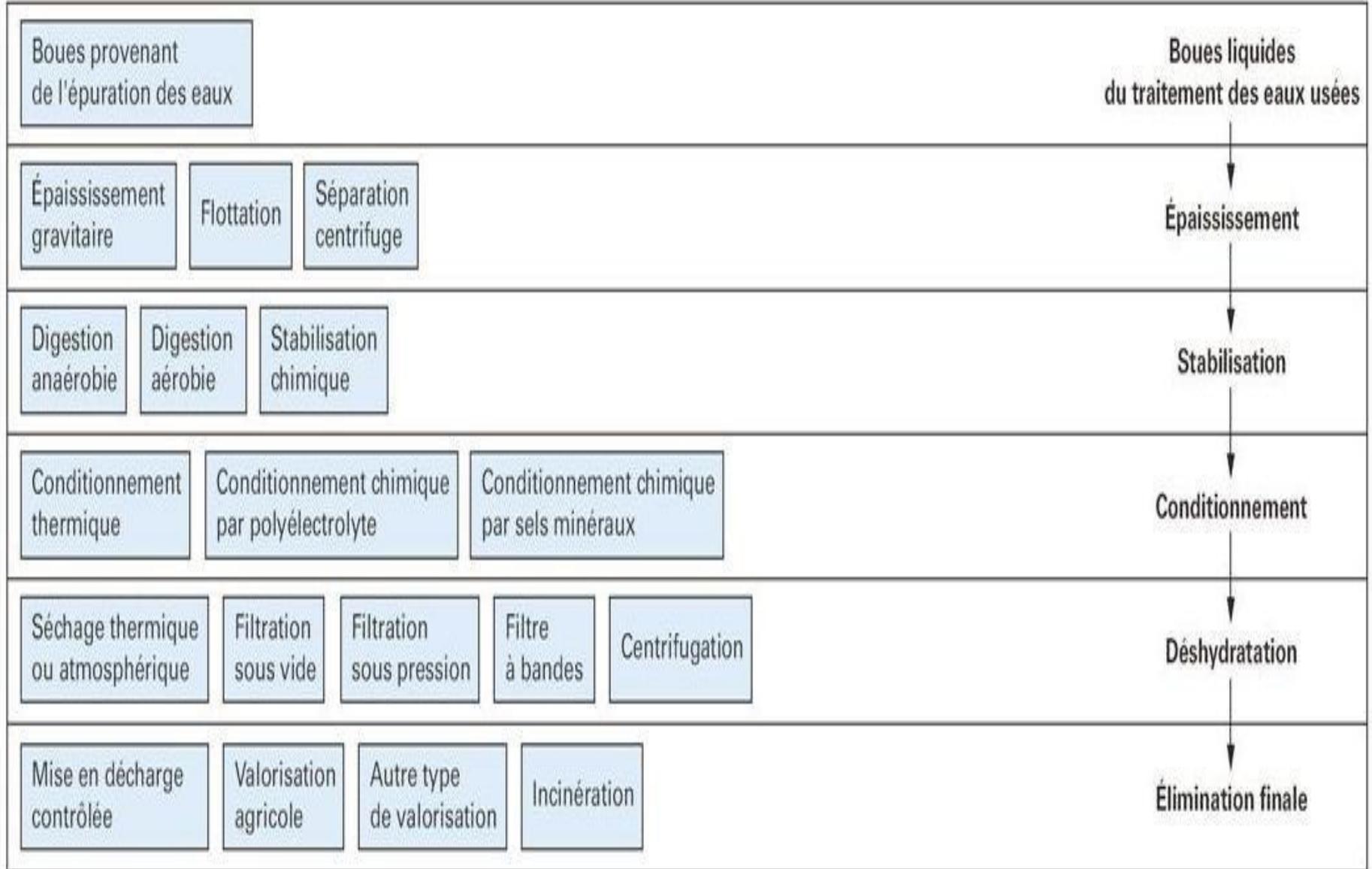
Procédés de concentration

- **épaississement** : premier stade de réduction. Les deux principales techniques sont la décantation et la flottation
- **conditionnement**
- **déshydratation et séchage** (en général après *conditionnement*)

2- Réduction du pouvoir fermentescible (*Procédés de stabilisation*)

- Réduction des odeurs
- Élimination des pathogènes
- Diminution de la quantité de boues à gérer





Réduction du volume des boues

Différentes voies possibles :

- **Épaississement** plus ou moins poussé

Concentration des boues entre 2 et 8 %

- **Déshydratation**

Concentration des boues entre 15 et 50 %

- **par voie mécanique**

(filtre – presse) avec conditionnement chimique préalable

- **par voie thermique**

(avec parfois conditionnement chimique préalable)

- **Séchage thermique**

Concentration des boues entre 70 et 95 %



Épaississement

À la sortie de la filière eau, les boues sont très liquides (99 à 99,8 % d'eau), restent fluides et « pompables » : siccité 0,2 à 1%

L'épaississement permet d'augmenter la concentration en solide de la boue (**entre 2 et 8 %**)

2 voies :

- par décantation gravitaire (= épaisseur **statique**)
- (**épaisseur dynamique**)
- par flottation à air dissous
- par égouttage
- par centrifugation



Table d'égouttage

○ **Etats physiques des boues :**



Fig. 109 - Boues liquides avant épandage



Fig. 110 - Epaissement par flottation



Fig. 111 - Boues pâteuses



Fig. 112 - Boues solides issues de filtre-presse

Boues traitées

Traitement Chimique

Traitement biologique



Fig. 113 - Boues chaulées



Fig. 114 - Boues compostées

Source : Ademe

Déshydratation

1- Par drainage naturel à l'air libre

- Massif drainant de 25 cm d'épaisseur
- Boues séchées à 35 – 40 % (m/V) de matières sèches

Technique la plus utilisée dans les stations d'épuration modestes car les frais d'investissement sont réduits. Procédé fortement influencée par le climat et la nature des boues

- Durée du séchage: 4 à 6 semaines
- Capacité de production de 0.2 à 0.6 kg MS/(m² · j)

L'enlèvement des boues déshydratées est souvent manuel

On utilise des lits de séchage comportant un massif drainant (de 25 cm d'épaisseur), constitué de pierrailles et de sable, sur lequel on réalise un égouttage naturel des boues.

Une amélioration notable des rendements des lits peut être obtenue par un conditionnement polymérique préalable de la boue dont l'égouttage se trouvera accéléré.

2- Par procédé mécanique : techniques de séchage plus élaborées

- Filtration (filtre-presse, filtre à bande , filtre à vis, etc...),
- Centrifugation.

Séchage

Après déshydratation, le gâteau récupéré contient encore une fraction importante d'eau interstitielle (matière sèche de 10 à 50 %).

Le séchage peut être nécessaire soit pour faciliter l'incinération ultérieure de la boue soit pour faciliter sa valorisation agricole sous forme sèche. On peut atteindre ainsi des siccités 90 %.

Dans un sécheur rotatif (comme les fours de cimenterie) les boues sont mises en contact direct avec des gaz chauds de combustion. Le contact direct est aussi possible dans un lit fluidisé. Le séchage s'effectue aussi par contact indirect entre la boue et des parois chaudes.

La stabilisation

Différentes voies de stabilisation possibles:

- *Digestion aérobie*
- *Digestion anaérobie*
- *Stabilisation chimique*

Digestion aérobie :

Elle est réalisée par la ***respiration endogène des micro-organismes*** dans un bassin de stabilisation identique au bassin d'aération.

L'oxygénation, est assurée par aération de surface ou insufflation d'air, et doit permettre de maintenir une concentration d'oxygène dissous d'au moins 2 mg/l.



Stockage aéré pour éviter les nuisances olfactives

Stabilisation ***aérobie mésophile*** (procédé conventionnel)

Rendements d'élimination de la MVS : 25 à 45 % mais Temps de séjour et besoins en O₂ importants = 15 à 20 j d'aération des boues

Variantes : ***Stabilisation aérobie thermophile*** (45 à 60 °C)

Stabilisation aérobie thermophile :

Technique semblable au compostage de déchets solides

Réaction exothermique (45 à 60 °C)

Mise en œuvre d'aérateurs immergés spécifiques

Optimisation du volume difficile : prendre en compte les pertes de chaleur, fortes températures diminuent la solubilité de l'O₂, ...

Digestion anaérobie

Pouvoir de destruction cellulaire très puissant.

Procédé conventionnel (***mésophile***) (20 à 50 °C)

biodégradation de la MO avec production de gaz (CH₄, CO₂ ...)

Acidogénèse et méthanogénèse temps de séjour = 15 à 30 jours

Réduction des MVS de 45 à 50 %

Variantes : ***digestion thermophile*** (50 à 55 °C) et digestion mixte

Procédé	Principe	Avantages
Stabilisation biologique anaérobie = digestion	Fermentation bactérienne en absence d'O₂ qui réduit les matières oorganiques en méthane, CO₂ et H₂S	<ul style="list-style-type: none"> -Stabilisation efficace -Elimination des pathogènes -Réduction de 45-50% de la teneur en MO -Réduction des installations avals de deshydratation -Production de biogaz -Coût d'exploitation fable
Stabilisation biologique aérobie	Oxydation poussée jusqu'à l'auto-oxydation des bactéries	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse de dégradation plus rapide -Préservation du potentiel agronomique -Coût d'investissement réduit
Stabilisation chimique à la chaux	L'agent chimique bloque l'activité bactérienne	<ul style="list-style-type: none"> -Faible encombrement -Améliore la déshydratation ultérieure -Valeur agronomique de la chaux

Merci pour votre attention

