

## Considerations sur la gestion des boues résiduelles de la stations d'épuration en vue de leur utilisation par la suite dans l'agriculture

Diana Sireteanu,

Étudiant au doctorat, Ecole doctorale de CIVIL ENGINEERING, Chisinau,

email: [d.siretan@gmail.com](mailto:d.siretan@gmail.com)

### Résumé:

*La consommation humaine d'eau entraîne l'apparition des eaux usées, qui sont rejetées dans le milieu naturel après le traitement d'épuration, sans génère des risques pour la santé humaine et l'environnement. Les stations d'épuration retiennent la plupart des polluants contenus dans les eaux usées, et leur traitement s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables dont il faut se débarrasser. C'est pourquoi ces boues sont soumises aux différentes filières de traitement afin de réduire la quantité et d'assurer les paramètres de qualité en vue de leur utilisation par la suite dans l'agriculture. Les caractéristiques des boues varient en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement. Selon les résultats des études effectuées, on peut faire une analyse sur la qualité des boues en tenant compte de leur caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Le succès de son utilisation dans l'agriculture, la régénération des sols, à l'appui de la production végétale est conditionné par une stricte application de la loi.*

### 1. INTRODUCTION

Les processus d'épuration des eaux usées concentrent et éliminent les matières résiduelles qui se trouvent dans les eaux usées traitées. Ces déchets concentrés mélangés avec l'eau forment les boues d'épuration. Cette boue peut contenir une variété de composés dissous ou en suspension dont certains ont une valeur agronomique (composés d'azote, phosphore, calcium, magnésium, silicates, matière organique, oligo-éléments-bore, cobalt, sélénium, iode), tandis que d'autres représentent des éventuels polluants (métaux lourds, composés organiques, agents pathogènes).

Le plus souvent, les boues brutes résultant du procédé d'épuration sont stockées directement sur les plates-formes de séchage, le seul traitement des boues étant une déshydratation naturelle.

Les options principales de valorification des boues d'épuration sont:

1. Utilisation dans l'agriculture;
2. Le compostage;
3. La fermentation anaérobie;
4. L'Incineration;
5. L'Incineration avec récupération d'énergie.

Les conditions favorisant le boue comme engrais l'agriculture est que le sol ne devrait pas être affecté négativement par ses composants et qu'on respect les dispositions légales.

### 1.1 La classification des boues provenant du traitement des eaux usées

Les boues résultant du procédé d'épuration, quelle que soit leur nature, sont des systèmes colloïdale complexes avec une composition hétérogène. Du point de vue technologique, les boues sont considérée comme la dernière phase du traitement des eaux usées, dans lesquelles sont incorporés les produits de l'activité métabolique et les matières premières, les produits intermédiaires et produits finis de l'activité industrielle.

Les boues provenant du traitement des eaux usées peuvent être classifié d'après quelques critères:

1. D'après la composition chimique les boues peuvent être divisée en deux groupes principaux:

Les boues organiques, contenant plus de 50 % de substances volatiles (également exprimés en matière sèche), tels que les boues primaires et biologiques (secondaire);

Les boues minérales contenant plus de 50 % de substances minérales (exprimées en matière sèche), tels que les boues formées pendant le dessablage.

2. En dépendence de l'étape d'épuration de la station d'où elle provient, on peut diviser les boues:

Les boues primaires résultant de l'étape d'épuration mécaniques (décanteurs primaires);

Les boues secondaires/biologiques résultant de l'étape d'épuration biologique artificielle des eaux usées.

3. D'après différentes étapes du flux technologique de traitement les boues peuvent être divisés:

Les boues brutes qui ne sont soumises à aucun traitement;

Les boues épaissies, qui se concentrent par une réduction préliminaire de l'humidité à 1 - 4 %;

Les boues stabilisées en aérobie résultant soit du processus d'épuration biologique par oxydation totale/aération prolongée, soit par voie aérobie sur le flux de boues;

Les boues anaérobies stabilisées résultant des cuves de fermentation des boues;

Les boues déshydratées - par la réduction de l'humidité à 18-36%;

Les boues sèches par voie thermique - par la réduction de l'humidité à 70-85% ;

Les boues désinfectées/stérilisées.

## 1.2 Base législative et normative

En Europe, l'utilisation des boues en agriculture relèvent de la Directive 86/278/CEE du 12 juin 1986:

1. Régleme la utilisation des boues d'épuration dans l' agriculture de manière à éviter des effets nocifs sur le sol, la végétation, les animaux et l'homme, encourageant une utilisation correcte;

2. Fixe des valeurs limites obligatoires pour les métaux lourds (cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, mercure) dans les boues et dans les sols. L'utilisation des boues devrait être interdites, quand la concentration de ces métaux dans le sol dépasse les valeurs limites;

3. Encourage la valorification des boues d'épuration dans l'agriculture, pourvu qu'ils soient utilisés correctement, en tenant compte du fait que son utilisation ne doit pas compromettre la qualité du sol et de la production agricole;

4. Limite la quantité de métaux lourds ajoutée au sol cultivé, soit en définissant les quantités de contribution maximale des boues utilisées par an, soit en se préoccupant que les valeurs limites de concentration des métaux lourds dans les boues utilisées n'excède pas les valeurs limites pour les quantités de métaux lourds qui peuvent être ajoutés au sol d'après un calcul moyen basé sur une période de 10 ans;

5. Fixe l'exigence que les boues doivent être traités avant d'être utilisés dans l'agriculture. Dans certains condition on peut autoriser l'utilisation de boues non traitées, sans affecter la santé humaine, la santé animale, si elles sont injectées ou enfouies dans le sol;

6. L'utilisation des boues doit être effectuée dans des conditions qui assurent la protection des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines.

La législation de la République de Moldova dans ce domaine est ajustée aux directives de l'UE par la décision du gouvernement no. 1157 du 13.10.2008 en approuvant les règlement technique «les mesures de protection du sol pendant les pratiques agricoles».

### 1.3 Processus et procédures de traitement des boues résultant des processus de traitement des eaux usées dans les stations d'épuration

Il y a 3 tâches primordiales qu'on impose au traitement des boues:

1. La réduction des volumes initiales de boues en raison de la forte humidité, ce qui signifie enlever l'eau de boues ou séparer la fraction solide de phase liquide;
2. Stabilisation de la substance organique contenue en grande quantité dans les boues et imposée par leur putrescibilité pendant l'accumulation et le stockage;
3. Désinfection ou stérilisation des boues imposée par les caractéristiques bactériologiques

Afin de réduire le volume des boues sont utilisées les méthodes suivantes:

1. L'épaississement ou la concentration des boues par la réduction de l'humidité jusque à 93-95%;
2. La déshydratation par la réduction de l'humidité jusque à 60-80%;
3. Le conditionnement chimique afin d'intensifier la déshydratation;
4. Le séchage thermique utilisé pour les boues déshydratées par voie artificielle (mécanique), en réduisant l'humidité jusque à 10-30%;
5. L'incinération utilisée pour les boues toxiques.

Afin d'empêcher la putréfaction des boues organiques on peut recourir à la stabilisation de la substance organique utilisant:

1. La stabilisation aérobie, biologique;
2. La fermentation anaérobie, biologique;
3. Le séchage thermique;
4. L'incinération.

La désinfection/stérilisation des boues peut être réalisée en utilisant les méthodes suivantes:

1. Pasteurisation;
2. Compostage;
3. Utilisation des substances chimiques(oxydants).

## 2. LA CLASIFICATION DES BOUES PROVENANT DU TRAITEMENT DES EAUX USEES

### 2.1 Les caractéristiques physiques

#### 1. La couleur et l'odeur:

Les boues municipales fraîches sont de couleur gris foncé ou jaunâtre.

Les boues fermentées sont de couleur noire et ont un odeur de goudron.

Les boues stabilisées aérobies sont de couleur marron et ont un odeur d'humus.

#### 2. L'humidité exprimée en pourcentage:

Les boues primaires fraîches 95-97%.

Les boues actives 95,5-98%.

Les boues précipitées 92-95%.

#### 3. Le poids spécifique.

### 2.2 Les caractéristiques chimiques des boues

#### 1. Les substances organiques (le pourcentage de la substance séchée):

Dans les boues provenant du traitement des eaux usées municipales elles ont des valeurs entre 45-75%;

Dans les boues provenant du traitement des eaux usées industrielles ces substances se trouvent dans une quantité plus variée.

#### 2. Substances minérales (La cendre-résidu restant après la volatilisation des substances organiques):

En été, dans les boues primaires et actives, épaissées il y a 32-42% des substances minérales;

En hiver dans les boues primaires et actives, épaissées il y a 24-28% des substances minérales;

En été dans les boues fermentées il y a 42 % et en hiver – 36%;

Dans les eaux d'origine industrielle, ces valeurs peuvent varier.

#### 3. Les substances fertilisantes:

Dans les boues municipales se trouvent des quantités importantes d'azote et de phosphore, c'est pourquoi il est recommandé de l'utiliser dans l'agriculture.

Dans le tableau ci-dessous on présente les constituants minéraux des boues résiduaire ménagères (le pourcentage de substance séchée).

Tableau nr.1 Constituants minéraux des boues ménagères (le pourcentage de substance séchée)

Constituants	Les Boues primaires (%)	Les boues fermentées (%)	Les boues actives (%)
Azote total, N tot.	4,5	2,25	6,2
Phosphates P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,25	1,1	2,5
Potassium, K <sub>2</sub> O	0,5	0,5	0,75
Silicium, SiO <sub>2</sub>	13,8	27,6	8,5
Fer, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,2	6	7,2
Aluminium, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,1	4,3	3,2
Calcium, CaO	2,7	5,7	1,7
Magnésium, MgO	0,6	1	1,4
Anhydride sulfurique, SO <sub>3</sub>	1,2	2,5	2,90
Chlorures, Cl <sup>-</sup>	0,5	0,5	0,5
Sodium, Na <sub>2</sub> O	0,8	1,5	1,0

#### 4. Matières grasses:

Les boues provenant du traitement des eaux usées municipales contiennent les matières grasses en valeur de 20-35% de matière sèche.

Dans le tableau 2 ils sont indiqués les caractéristiques physico-chimiques des boues résultant du traitement des eaux usées domestiques en ce qui concerne le pourcentage de matière sèche.

Tableau nr.2 Les caractéristiques physico-chimiques des boues résultant du traitement des eaux usées domestiques

Nr. crt	Caractéristiques physiques et chimiques	Les Boues primaires%	Les boues fermentées	Les boues actives%
1	L'humidité (%) par rapport au poids total des boues.	94-96	85-94	98-99
2	Matières minérales	20-40	40-55	25-38
3	Matières organiques	60-80	45-60	62-75

	volatiles			
4	Matières grasses	7-35	3-17	5-12
5	Protéine	22-28	16-21	35-41
6	Azote ammoniacal	1,0-3,5	1-4	4-7
7	Phosphates	1,0-1,05	0,5-3,7	3-4
8	Cellulose	10-13	10-13	7-8
9	Sels de calcium	---	15-16	---

### 2.3 Les caractéristiques biologiques et bactériologiques

Les boues fraîches contiennent des milliards de microorganismes qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux. La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées.

## 3. LA STATION D'EPURATION DE CHISINAU

### 3.1 L'application de "Géotube" dans la déshydratation des boues

En 2008 SA ."Apă-Canal Chişinău" en partenariat avec les spécialistes des Pays-Bas et la Pologne a commencé tester le processus de traitement des boues municipales par la méthode de géotube pour les déshydrater et éliminer l'odeur désagréable.

En septembre 2009, on a lancé le projet pilote de déshydratation des boues dans Géotube.

Dans le cadre du projet ont été déshydratés 90 mille m<sup>3</sup> des boues brutes. Pour cela, on a utilisé 40 sacs de taille différente, occupant une surface de 1,25 ha de terres. L'utilisation de la technologie traditionnelle, sur les dépôt des boues aurait besoin de 6 ha.

Les boues pompées dans cette période ont été déshydratés dans un mois, alors qu'à l'aide de la technologie traditionnelle il serait nécessaire de 18 mois.

À l'heure actuelle dans la station d'épuration Chisinau la déshydratation des boues est effectué obligatoirement par géotube.

### 3.1 Les résultats obtenus

Tableau nr.3 Analyse comparative des méthodes de déshydratation des boues municipales dans un cycle annuel à SE Chisinau

Nr. crt.	Les Indicateurs, l'unité de mesure	La méthode Géotube	La méthode des lits de séchage
1.	Le temps nécessaire pour déshydratation, mois	1,0	18,0
2.	la surface nécessaire pour la deshydratation, ha	1,25	6,0
3.	Terres nécessaires pour le stockage des boues déshydratées, ha	3,65	27,7
4.	L'élimination des gaz toxiques dans l'atmosphère, qui se trouvent sur 1 ha, pendant un an, kg		
	– Sulfure d'hydrogène	85,0	530,0
	– méthane	3600,0	5000,0

Après la déshydratation, les boues qui se trouvent dans les geotubes sont déchargé sur le lieu de stockage une fois par an pendant la période froide de l'année (novembre-février), quand les processus d'élimination de l'odeur est minime.

La composition chimique montre que les boues municipales sont une source importante de matière organique et des éléments nutritifs pour le sol et les cultures agricoles.

Le contenu de métaux lourds dans les boues municipals est beaucoup plus faible que les valeurs maximales admises par la réglementation nationale en vigueur.

La principale source de métaux lourds dans les boues d'épuration sont les eaux usées provenant d'entreprises industriels. En raison de la restructuration économique ces dernières années, les volumes des eaux usées industrielles ont considérablement diminué, et consecutivement a réduit la concentration de métaux lourds. Selon le Rapport des tests et à la suite des analyses comparatives on peut mentionner que l'application de la technologie Geotube, la période de séchage est plus réduite par rapport à la technologie classique. Le contenu de carbone et d'azote par rapport au total de matière sèche était deux fois plus grand: 21,8 % à 11,4 % et 2,58 % à 1,41%.

Le contenu total de phosphore a eu une tendance de réduction insignifiante d'environ 10 %, de 3,13 % à 2,84 %. La concentration totale de potassium a augmenté de 1,8 fois de 0,47 % à 83 %.

Le rapport du carbone: l'azote est au même niveau (8:1) dans le cas de ces deux technologies, qui tombent dans les limites de l'assurance d'optimal des plantes avec de l'azote.

Tableau 4 Analyse comparative de la composition chimique des boues de station d'épuration des eaux usées municipales à Chisinau.

Nr. crt.	L'ingrédient utilise et l'unité de mesure	Technologie de déshydratation des boues			
		Géotube		Lits de séchage	
		L'humidité naturelle,%	masse sèche	L'humidité naturelle,%	masse sèche
1	L'humidité,%	65,10	0,00	36,90	-
2	La substance organique,%	15,10	43,30	14,40	22,80
3	La cendre,%	19,70	56,40	48,70	77,10
4	Carbone,%	7,60	21,80	7,20	11,40
5	Azote total,%	0,90	2,58	0,89	1,41
6	N-NO <sub>3</sub> ,ppm	39,00	112,00	65,00	103,00
7	N-NH <sub>4</sub> ,ppm	632,00	1810,00	62,00	98,00
8	Phosphor total,%	0,99	2,84	1,98	3,13
9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -mobil,ppm	1450,00	4154,00	2980,00	4720,00
10	Potassium total,%	0,29	0,83	0,30	0,47

Boues provenant du traitement des eaux usées municipals sont different par rapport aux engrais organiques ordinaires non seulement le contenu totale des éléments nutritifs mais également en termes des formes mobile facilement accessible aux plantes. De ce point de vue ells ressemblent plus aux engrais industriels donc ils peuvent avoir une influence bénéfique sur les plantes dès la première année d'exploitation.

### 3. CONCLUSIONS

Selon les études et les analyses effectuées, on peut dire que l'utilisation des boues permettra d'améliorer la situation écologique d'environnement et de reduire l'impact négatif sur l'ecologie

Pour utiliser les boues d'épuration il est nécessaire d'être très bien informé sur les processus de leurs traitement et de la qualité en dépendence de leurs caractéristiques physico-chimiques. La mise en œuvre de nouvelles technologies pour améliorer la

situation existante présente des avantages pour rationaliser l'utilisation des boues provenant du traitement des eaux usées.

Intrusion d'eaux usées insuffisamment épurées contenant des substances organiques, dans les eaux de surface, peut provoquer des perturbations considérables dans l'écosystème aquatique.

Le succès de l'utilisation des boues d'épuration dans l'agriculture, la régénération des sols à l'appui de la production végétale est conditionné par une stricte application de la loi et des processus de surveillance et de control y compris l'échantillonnage et l'analyse.

### Bibliographie

1. Corneliu A.L. Negulescu "Prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate orășenești, industriale și din zootehnie" Agrotehnica 2006;
2. F.Trașcă, D.Mihăilescu, N.Ionescu, G.Mujea, N.Legu, M.Diaconu "Utilizarea în agricultura solurilor acide a nămolului din apele uzate urbane. Impactul asupra mediului înconjurător" 2008;
- 3.Dan-Vlad JAȘCAU, Alin-Lenuț POP, Elena Maria PICĂ Minimizarea impactului generat de către depozitele de deșeuri periculoase asupra mediului prin intermediul transpunerii legislației europene.
- 4.Constantin Munteanu, Mioara Dumitrascu, Alexandru Iliuta " ECOLOGIE ȘI PROTECȚIA CALITĂȚII MEDIULUI "
- 5.Vasile Plămădeală, Alexandru Rusu, Liudmila Bulat "Nămolul orășenesc din geotuburi-opportunități de valorificare în calitate de fertilizant" Știința agricolă, nr.2(2014)
- 7.Ion TONCEA Enuță SIMION Georgeta IONIȚĂ NIȚU, Daniela ALEXANDRESCU, Vladimir Adrian TONCEA "MANUAL DE AGRICULTURĂ ECOLOGICĂ"