

---

# Caractérisation des Matières Organiques dans les sédiments de dragage par méthodes thermiques et chimiques en vue d'une valorisation dans le domaine des travaux routiers

Fawzi HAMOUCHE<sup>1</sup>, Rachid ZENTAR<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Institut Mines Telecom Lille-Douai, LGCgE-GCE, 764 bd Lahure, BP 10838, 59508 Douai, France

<sup>1</sup>[Fawzi.hamouche@imt-lille-douai.fr](mailto:Fawzi.hamouche@imt-lille-douai.fr), <sup>2</sup>[Rachid.zentar@imt-lille-douai.fr](mailto:Rachid.zentar@imt-lille-douai.fr)

---

## RÉSUMÉ :

*Les sédiments de dragage ou de curage représentent un réel danger pour la qualité des eaux et d'une manière générale l'environnement. Ils peuvent être des puits potentiels de contamination. Les matières organiques (MO) ont longtemps été les principaux contaminants des milieux aquatiques. Elles résultent des déchets domestiques, agricoles ou industriels. Pour la valorisation dans le secteur du génie civil, la présence de matières organiques, même en faibles proportions, peut affecter le comportement mécanique et chimique des sédiments. L'objectif de ce travail est d'explorer et de comparer des méthodes de caractérisation des MO dans les sédiments. L'impact sur l'environnement sera également abordé à travers des analyses chimiques des constituants organiques.*

---

## ABSTRACT:

*The sediments dredged represent a real threat to the quality of water and generally to the environment. They may be potential well of contaminants. The organic matters (OM) have long been the main contaminants of aquatic environments. They result from domestic waste, agricultural or industrial. For beneficial use in civil engineering works, the OM impact the mechanical as the chemical behavior of dredged sediments. The objective of this work is to explore and compare several methods for the characterization of organic matters in sediments. The environmental impacts will be explored by performing chemical analyses of organic matter constituents.*

**MOTS-CLÉS :** *Sédiment, valorisation, matières organiques, travaux routiers, impacts environnemental*

**KEY WORDS:** *Sediment, valorization, organics matters, road works, environmental impacts*

---

## 1. Introduction:

Les sédiments dragués dans les chenaux d'accès et les ports sont traditionnellement immergés en mer, à quelques kilomètres des côtes, dans des zones de clapage contrôlées et réglementées. Cependant, à cause des courants d'eau, une partie des sédiments largués en mer est dispersée dans le milieu aquatique ; celle-ci peut représenter un réel danger pour l'environnement. En ce qui concerne la gestion des sédiments fluviaux, la solution est limitée principalement à la mise en dépôt à terre. Cette solution est jugée trop coûteuse (surface de terrain utilisée, frais de transport,...) mais aussi dangereuse (risque de pollution et dispersion des contaminants vers l'eau souterraine et dans l'environnement). Les sédiments de dragages ou de curages sont généralement constitués d'une phase minérale, d'une phase organique (sous différentes formes) et d'une phase liquide généralement de l'eau. La présence de matières organiques (MO) dans un sédiment, même en faibles proportions, peut affecter les caractéristiques physiques, chimiques et le comportement mécanique (Zentar et al. 2009; Dubois 2006; Rashid & Brown 1975; Adejumo n.d.; Husein Malkawi et al. 1999; Keller 1982; R.Achour 2014; DIA, Moussa.R, Zentar.N,-E 2013; Wang, Dongxing.R, Zentar.N 2011). C'est pour cela qu'il est impératif de bien caractériser et identifier les impacts des MO sur les propriétés d'usages des sédiments de dragages.

Plusieurs études ont été effectuées pour élaborer des protocoles de caractérisation des MO dans les matrices solides (Labanowski 2004; Filella 2009; Souhila 2005; Gharbi Tarchouna 2008; Baudin et al. 2007; Violleau & Croue 1999). Cependant, ces protocoles sont souvent laborieux et inadaptés au terrain et nécessitent en général un matériel complexe. L'objectif de ce travail est de comparer des méthodologies de caractérisation des MO dans les sédiments. Deux types de méthodes sont explorés dans cette étude : des méthodes chimiques et des méthodes thermiques. Pour chaque type de méthodes différents essais sont réalisés pour analyser l'impact des procédures d'essais sur le résultat de la caractérisation. Il est important de signaler dès à présent que l'objectif final des travaux de recherche menés dans ce cadre est de proposer une méthode de caractérisation des matières organiques : simple, adaptée pour les sédiments avec une finalité de valorisation dans le secteur du génie civil.

## 2. Matériels et Méthodes:

Dans cette étude, nous avons utilisé un sédiment marin de provenance du grand port maritime de Dunkerque, qui se situe dans le nord-ouest de la France. A titre comparatif, nous avons utilisé deux autres matériaux :

- Un compost : une matière à forte teneur en composés organiques. C'est une substance foncée, brune noirâtre et fragmentée. Le matériau a été séché à l'étuve à une température de 105°C pour des durées allant de 24h à 48h puis finement broyé et tamisé à 400 µm. Ce protocole de préparation a été défini à l'issue d'un ensemble de tests préliminaires ayant pour objectifs de reproduire des matériaux artificiels avec des taux de matières organiques maîtrisés.
- Une Argiles Silteuses Calcaires (ASC) : des résidus de lavage des carrières de granulats finement broyés. Elles se caractérisent par leurs faibles teneurs en matière organique.

Des essais de caractérisation ont été effectués sur le sédiment, le compost et l'ASC pour identifier la nature des matériaux et mesurer des propriétés d'états et de natures telle que la teneur en eau initiale, la granulométrie, la valeur au bleu et la surface spécifique. Les essais ont été réalisés selon les normes européennes en vigueur et reportés dans le Tableau 1.

<i>Essais</i>	<i>Normes</i>
<i>Analyse granulométrique : Méthode par diffraction laser</i>	<i>ISO 13320 :2009</i>
<i>Masse volumique absolue des particules solides</i>	<i>NF P94-054</i>
<i>Teneur en eau</i>	<i>NF P94-050</i>
<i>Surface spécifique BET</i>	<i>NF EN ISO 18757</i>
<i>Valeur au bleu du sol (VBS)</i>	<i>NF P94-040</i>

Tableau 1. Essais normalisés de caractérisation

Pour la quantification des MO selon les méthodes thermiques, deux essais ont été effectués (Tableau 2).

<i>Essais</i>	<i>Normes</i>
<i>Détermination de la teneur pondérale en MO dans les sols : Calcination à 450°C</i>	<i>XP 94-047</i>
<i>Détermination de la teneur en MO dans les déchets et sédiments : Perte au feu à 550°C</i>	<i>NF EN 15169</i>

Tableau 2. Méthodes thermiques normalisées

Pour la quantification des MO selon les méthodes Chimiques, quatre essais ont été effectués (Tableau 3).

<i>Essais</i>	<i>Normes</i>
<i>Méthode de détermination de la teneur en matières organiques</i>	<i>NF P94-055</i>
<i>Oxydation chimique des matières organiques avec l'eau oxygénée</i>	<i>NBN 589-207-3</i>
<i>Destruction de la matière organique par attaque à l'eau de Javel</i>	<i>NF U44-164</i>
<i>Walkley-Black</i>	-

Tableau 3. Méthodes chimiques normalisées

### 3. Résultats:

Les propriétés physiques des matériaux étudiés dans ce travail sont répertoriées dans le Tableau 4. Il apparaît de ces résultats que le sédiment et l'ASCAL sont deux matériaux fins très limoneux. Leurs caractéristiques en terme de surface spécifique et VBS sont très proches également. La masse volumique absolue mesurée sur les différents matériaux présage naturellement la présence des matières organiques.

<i>Propriétés</i>	<i>Sédiment</i>	<i>ASC</i>	<i>Compost</i>
<i>Analyse granulométrique (%)</i>			
<i>Argile : Grains &lt; 2 µm</i>	20.26 %	24.26 %	2.07 %
<i>Limon : 2 µm &lt; grains &lt; 63 µm</i>	63.16 %	71.73 %	29.37 %
<i>Sable : 63 µm &lt; grains</i>	16.58 %	4.01 %	68.56 %
<i>Masse volumique absolue des particules solides (g/cm<sup>3</sup>)</i>	2.55	2.70	1.62
<i>Teneur en eau (%)</i>	20.19	0.80	39.81
<i>Surface spécifique BET (m<sup>2</sup>/g)</i>	6.70	9.57	0.94
<i>VBS (ml/g)</i>	1.09	1.66	-

Tableau 4. Les propriétés physiques de matériaux examinés.

Les résultats d'essai pour caractériser les matières organiques (ou des constituants de matières organiques) effectués sur trois échantillons de chaque matériau (Sédiment, ASC, compost) sont représentés sur le Tableau 5 :

<i>Méthodes</i>	<i>Essais</i>	<i>Sédiment</i>	<i>ASC</i>	<i>Compost</i>
<i>Thermiques</i>	<i>XP 94-047</i>	8.01%	1.27%	42.24%
	<i>NF En 15169</i>	11.58%	2.80%	73.02%
	<i>NF P94-055</i>	9.40%	2.80%	53.29%
<i>Chimiques</i>	<i>NBN 589-207-3</i>	3.47%	1.04%	29.23%
	<i>NF U44-164</i>	5.45%	2.24%	48.16%
	<i>Walkley-Black</i>	5.55%	0.68%	-

Tableau 5: Résultats des essais thermiques et chimiques

Il apparaît très clair l'influence de la température (même pour une variation de 450 °C à 550 °C) sur les résultats de l'essai. Le résultat pour les deux températures de traitement utilisées engendre une augmentation allant de 50% à 100 % par rapport aux résultats à 450 °C. Pour les méthodes chimiques, de même fonction des essais le résultat peut varier du simple au double même entre des méthodes qui peuvent être préconisée comme équivalente.

### 3. Conclusion :

Ce travail a été réalisé pour comparer différentes méthodes de caractérisation des matières organique (MO). Les résultats obtenus sur les matériaux testés (un matériau inorganique, un matériau moyennement organique et un matériau très organique) nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- Les résultats obtenus des essais thermiques et chimiques varient du simple au triple. Ce qui rend le choix d'une méthode de caractérisation de MO plus difficile.
- Les résultats obtenus des méthodes thermiques sont largement influençables par deux paramètres essentiels : la température de calcination et le temps.
- Les résultats (variables et différents) obtenus des méthodes chimiques, montrent cette extrême difficulté de destruction de matières organiques, et traduisent soit l'existence de fortes liaisons entre matières organiques et argile, soit un état particulier de ces matières organiques ou alors l'accessibilité réduite de solutions chimiques utilisées dans les essais.

#### 4. Références Bibliographiques :

- Adejumo, T.E., Effect of Organic Content on Compaction and Consolidation Characteristics of Lagos Organic Clay. , 3, pp.2201–2211.
- Baudin, F., Tribouvillard, N. & Trichet, J., 2007. Géologie de la matière organique, VUIBERT. Available at: [http://www.univ-lorraine.fr/Livre/vuibert/Interactions/Geologie\\_de\\_la\\_matiere\\_organique-8159.html](http://www.univ-lorraine.fr/Livre/vuibert/Interactions/Geologie_de_la_matiere_organique-8159.html) [Accessed January 17, 2017].
- DIA, Moussa.R, Zentar.N,-E, A., 2013. Traitement et Valorisation de Sédiments de Dragage Phosphatés en Technique Routière.
- Dubois, V., 2006. Etude du comportement physico-mécanique et caractérisation environnementale des sédiments marins – Valorisation en technique routière. , pp.1–311.
- Filella, M., 2009. Freshwaters: Which NOM matters? *Environmental Chemistry Letters*, 7(1), pp.21–35.
- Gharbi Tarchouna, L., 2008. Rôle de la matière organique sur le devenir des polluants métalliques. Cas de la fertirrigation d'un sol en climat méditerranéen. , p.305.
- Husein Malkawi, A.I, Alawneh, A.S. & Abu-Safaqah, O.T., 1999. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. *Applied Clay Science*, 14(5–6), pp.257–278.
- Keller, G.H., 1982. Organic matter and the geotechnical properties of submarine sediments. *Geo-Marine Letters*, 2(3–4), pp.191–198.
- Labanowski, J., 2004. Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges.
- R.Achour, 2014. Valorisation et caractérisation de la durabilité d'un matériau routier et d'un béton à base de sédiments de dragage. Mines Douai.
- Rashid, M.A. & Brown, J.D., 1975. Influence of marine organic compounds on the engineering properties of a remoulded sediment. *Engineering Geology*, 9(2), pp.141–154.
- Souhila, K., 2005. Décomposition des matières organiques et stabilisation des métaux lourds dans les sédiments de dragage Introduction générale. *Interactions*, p.224.
- Violleau, D. & Croue, J.P., 1999. Intérêt du fractionnement et de l'extraction des matières organiques naturelles d'eaux de surface pour l'étude de leurs propriétés structurales et de leur pouvoir complexant vis-à-vis du cuivre = Significance of Isolation of Natural Organic Matter from Water for Structural Characterization and reactivity with copper testing. Available at: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=199800> [Accessed January 17, 2017].
- Wang, Dongxing.R, Zentar.N, E.A., 2011. Solidification et Valorisation de Sédiments du Port de Dunkerque en Travaux Routiers. Mines Douai.
- Zentar, R., Abriak, N.E. & Dubois, V., 2009. Effects of salts and organic matter on Atterberg limits of dredged marine sediments. *Applied Clay Science*, 42(3–4), pp.391–397. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2008.04.003>.
- NF P 94-040 : Reconnaissance et essais – Méthode simplifiée d'identification de la fraction 0/50 mm d'un matériau grenu - Détermination de la granulométrie et de la valeur au bleu. Octobre 1993.
- NF P 94-050 : Reconnaissance et essais –Détermination de la teneur en eau pondérale des sols-Méthode par étuvage. Octobre 1991.
- ISO 13320 : Analyse granulométrique – Méthodes par diffraction laser- Octobre 2009.
- NF EN ISO 18757 : Détermination de la surface spécifique (aire massique) des poudres céramiques par adsorption de gaz à l'aide de la méthode BET. Juin 2006
- NF P 94-054 : Sols : Reconnaissance et essais – Détermination de la masse volumique des particules solides des sols.
- XP P 94-047 : Reconnaissance et essais –Détermination de la teneur pondérale des matières organiques des sols - Méthode par calcination. Décembre 1998.
- NF EN 15169 : Détermination de la perte au feu des déchets, des boues et des sédiments- Caractérisation des déchets- Mai 2007.
- NF P 94-055 : Détermination de la teneur pondérale en matières organiques d'un sol, méthode chimique – Sols : reconnaissance et essais- Décembre 1993.
- NBN 589-207 § 3 : Essais des sables de construction – Teneur en matières organiques - § 3 – Procédé de laboratoire à l'eau oxygénée ». 1969
- NF U 44-164 : Méthode d'analyse des composants inertes, méthode à l'eau de Javel – Amendements organiques et supports de culture- Novembre 2014.