
Influence des matières organiques sur les propriétés physiques des sédiments de dragage

Fawzi HAMOUCHE¹, Rachid ZENTAR²

^{1,2} Ecole Nationale supérieure des Mines de Douai, LGCgE-GCE, 764 bd Lahure, BP 10838, 59508 Douai, France

¹Fawzi.hamouche@mines-douai.fr, ²Rachid.zentar@mines-douai.fr

RÉSUMÉ :

Les sédiments de dragages ou de curages, répertoriés comme déchets selon la classification européenne et disponibles en quantité importante, 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. Dans une optique de valorisation des sédiments dans des travaux de génie civil, il est important de bien caractériser et identifier les MO et de prendre en compte leurs impacts dès le choix de la stratégie de valorisation

L'objectif de ce travail est d'étudier les influences des MO sur les propriétés physiques des sédiments (plasticité, liquidité, masse spécifique, ...). A cet effet, des essais de caractérisation physique (limites d'Atterberg, valeur au bleu de méthylène, ...) seront effectués sur le sédiment.

ABSTRACT :

Sediment dredging or cleaning out, listed as waste according to European and available in large quantities classification, generally consist of a mineral phase, an organic phase (in various forms) and a generally liquid phase of the water. The presence of Organic Matter (OM) in sediment, even in small amounts, can affect the physical, chemical and mechanical behavior. From the perspective of valuation sediment in civil engineering sector, it is important to characterize and identify the OM and take into account their impact upon the choice of the development strategy

The objective of this study was to investigate the influence of OM on the physical properties of the sediments (plasticity, liquidity, density ...). To this end, physical characterization tests (Atterberg limits, methylene blue value, ...) will be performed on the sediment.

MOTS-CLÉS : *Sédiment, matières organiques, influence, propriétés physiques*

KEY WORDS: *Sediment, organics matters, influence, physical properties*

1. Introduction:

La pratique du dragage engendre des volumes importants de sédiments qui, dans certains cas, peuvent contenir des éléments polluants. Les volumes dragués en France représentent chaque année environ 50 millions de m^3 [1], dont 90% concernent les dragages maritimes des ports estuariens. Ces volumes de sédiments dragués 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 (dispersion des contaminants vers l'eau souterraine et dans l'environnement).

Aujourd'hui, le contexte législatif mondial, européen et français, exige une plus grande protection de l'environnement. Dans ce contexte, la gestion des sédiments impose de plus en plus à respecter l'environnement en valorisant les sédiments tout en respectant les critères environnementaux, économiques et techniques. Plusieurs domaines tels que l'agriculture et le génie civil peuvent être intéressés par la valorisation des sédiments.

Le domaine du génie civil consomme plus de 400 millions de tonnes de matériau (granulats, sable, ciment) dont 96% sont d'origine naturelle [2]. Les réserves de matériaux sont de plus en plus inexploitable ou inaccessible pour des raisons diverses: exploitation trop coûteuse, risque d'impact sur l'environnement, intégrées à des zones urbaines ou situés dans des sites classés ou protégés. Dans ce contexte, sachant que les sédiments de dragages ou de curages, répertoriés comme déchets selon la classification européenne [3], le recyclage de ces sédiments est une solution intéressante pour une utilisation en génie civil, les sédiments recyclés doivent correspondre à plusieurs critères.

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 ses caractéristiques physiques, chimiques et son comportement mécanique. C'est pour cela qu'il est impératif de bien caractériser et identifier les impacts des matières organiques sur les propriétés d'usages des sédiments de dragages.

L'objectif de ce travail est d'étudier les influences des MO sur les propriétés physiques des sédiments (plasticité, liquidité, masse spécifique,...). A cet effet, des essais de caractérisation physique (limite de liquidité, limite de plasticité, valeur au bleu de méthylène,...) seront effectués sur le sédiment.

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.

Pour faire varier la teneur en MO du sédiment, nous avons utilisé le compost : un matériau résultant du recyclage de matières à forte teneur en composés organiques. Il est une substance foncée, brune noirâtre et fragmentée. Le compost a été séché dans l'étuve à une température de 105°C pour des durées allant de 24h à 48h puis finement broyé et tamisé à 400 μm .

A titre comparatif, nous avons utilisé un autre matériau:

- Argiles Silteuses Calcaires (ASC) sont des résidus de lavage des carrières de granulats finement broyés. Elles se caractérisent par leurs faibles teneurs en matière organique.

Des essais de caractérisation physiques ont été effectués sur le sédiment, compost et les argiles silteuses calcaires pour identifier la nature des matériaux et mesurer quelques propriétés d'état tel que la teneur en eau. Les essais ont été réalisés selon les normes européennes en vigueur et reportés dans le Tableau 1.

Essais	Normes
Détermination de la teneur pondérale en MO dans les sols : Méthode par calcination à 450 °C	[XP 94-047]
Analyse granulométrique : Méthodes par diffraction laser	[ISO 13320:2009]
Masse volumique absolue des particules solides	[NF P 94-054]
Teneur en eau	[NF P 94-050]
Surface spécifique BET	[NF EN ISO18757]
la valeur au bleu du sol (VBS)	[NF P 94-040]
Limite de liquidité	[NF P94-051]
Limite de plasticité	[NF P94-051]

Tableau 1 : Les essais normalisés de caractérisation

En fonction des résultats obtenus de l'essai de calcination décrit par la norme [XP 94-047], trois mélanges ont été créés à base de sédiment mélangé avec une quantité préalablement calculée du Compost pour atteindre 10%, 12.5% et 15% de teneur en MO. Quatre d'autres mélanges à 7.5%, 10%, 12.5% et 15% de teneur en MO ont été créés en mélangeant le « ASC » au Compost.

Après l'étape de création des mélanges, ces derniers ont été soumis à des essais de caractérisation physique (limite de liquidité, limite de plasticité, valeur au bleu de méthylène,...) afin d'étudier l'influence des MO sur les propriétés physiques du sédiment et de « ASC ».

3. Résultats et discussion :

Les propriétés physiques des matériaux étudiés dans ce travail sont répertoriées dans le Tableau 2. Il apparaît de ces résultats que :

- Le sédiment et le « ASC » sont deux matériaux fins très limoneux.

Propriétés	Sédiment	ASC	Compost
Analyse granulométrique (%)			
Argile : Grains < 2 µm	20.26 %	24.26 %	2.07 %
Limon : 2 µm < grains < 63 µm	63.16 %	71.73 %	29.37 %
Sable : 63 µm < grains	16.58 %	4.01 %	68.56 %
Masse volumique absolue des particules solides (g/cm ³)	2.55	2,7	1.62
Teneur en MO (%)	8.02	1.12	47.02
Teneur en eau (%)	20.19	0.8	39.81
Surface spécifique BET (m ² /g)	6,70	9,57	0.94
VBS (ml/g)	1,09	1,66	-
Limite de liquidité	43	28	-
Limite de plasticité	32.13	21.54	-

Tableau 2 : Les propriétés physiques de matériaux examinés

- **Création des mélanges de sédiment (S10%, S12.5%, S15%) :**

Trois mélanges ont été créés à base de sédiment brut et de compost. Ce dernier a été broyé et passé au tamis de 400 µm pour pouvoir l'utiliser dans la formulation des mélanges. Les données de formulation de ces mélanges ont été regroupées dans le Tableau 3 :

Mélanges	S10%	S12.5%	S15%
Masse Sédiment (g)	500	500	500
Masse Compost (g)	43,50	89,35	143,66
Masse totale (g)	543.50	589.35	643.66

Tableau 3 : Formulation des mélanges sédiment

- **Création des mélanges de « ASC » (ASC7.5%, ASC10%, ASC12.5%, ASC15%) :**

D'autres mélanges ont été créés à base de « ASC », selon les résultats présentés dans le Tableau 2, le « ASC » présente une faible teneur en MO (MO=1,12%). Comme pour les mélanges (S10%, S 12,5 %, S 15%) le compost a été broyé et passé au tamis de 400 µm pour pouvoir l'utiliser dans la formulation des mélanges. Les données de formulation ont été regroupées dans le Tableau 4 :

Mélanges	ASC7.5%	ASC10%	ASC12.5%	ASC15%
Masse ASC (g)	500	500	500	500
Masse Compost (g)	92.93	139.07	192.98	256.83
Masse totale (g)	592.93	639.07	692.98	756.83

Tableau 4 : Formulation des mélanges « ASC »

3.1. Détermination de Teneur en MO des échantillons:

Afin de vérifier la teneur en MO des mélanges (S10%, S12.5%, S15%, ASC7.5%,ASC10%, ASC12.5%, ASC15%) préalablement calculée avant la création . Les mélanges ont été séchés à l'étuve à 105 °C pendant une durée allant de 24 h à 48h puis calcinés à 450 °C pendant 4h selon la norme [XP P94-047]. Le Tableau 5 illustre les résultats obtenus :

Mélanges	ASC7.5%	ASC10%	ASC12.5%	ASC15%	S10%	S12.5%	S15%
MO (%)	7.62	10.45	13.45	15.96	9.82	13.70	16.93

Tableau 5 : valeurs de teneurs en MO des mélanges étudiés

Nous constatons que les teneurs en MO obtenues après calcination sont proches de teneurs en MO souhaitées et calculées avant la création des mélanges.

3.2. Masse volumique absolue des particules solides :

La masse volumique absolue de nos mélanges a été déterminée par un pycnomètre à hélium de type accupyc 1330 (Micromeritics) selon la norme [NF P 94-054].

Les mélanges ont été séchés à l'étuve dans une température de 105 °C pendant des durées allant de 24h à 48h jusqu'à obtention d'une masse constante (précis à 0.01 g près). Après le séchage, les mélanges ont été finement broyés.

La Figure 1 illustre les valeurs de la masse volumique absolue des mélanges. Les valeurs obtenues résultent d'une moyenne de vingt mesures:

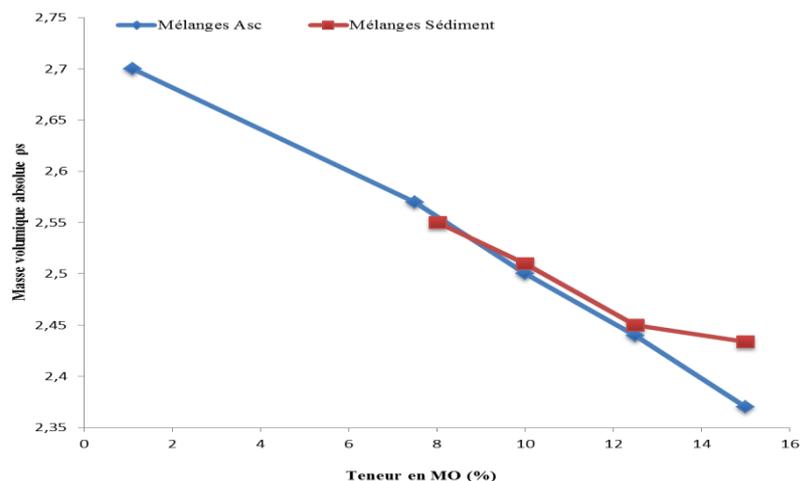


Figure 1 : Valeurs de Masse volumique absolue des mélanges

Les valeurs de masse volumique absolue des échantillons (S Témoin, S10%, S12.5%, S15%, ASC Témoin, ASC7.5%, ASC10%, ASC12.5%, ASC15%) obtenues varient entre 2,37 et 2,70. Nous remarquons que ces valeurs varient en fonction de la teneur en MO de chaque mélange. Cette diminution peut être interprétée par la faible valeur de la masse volumique absolue du compost ($\rho_s = 1,62$) ajouté au sédiment et à « ASC », ce qui fait que le mélange a une masse volumique absolue plus faible que le sédiment but ($\rho_s = 2,55$) et « ASC » ($\rho_s = 2,70$). La même tendance a été observée par [4].

3.3. Valeur au bleu de méthylène (VBS) :

La valeur de bleu est déterminée selon la norme [NF P94-068]. Cet essai exprime la quantité de bleu de méthylène absorbée par les particules de chaque mélange. Les quantités de bleu de méthylène ajoutées aux solutions varient entre 50 ml et 120 ml. La Figure 2 illustre les valeurs VBS des mélanges. Les valeurs obtenues résultent d'une moyenne de deux mesures :

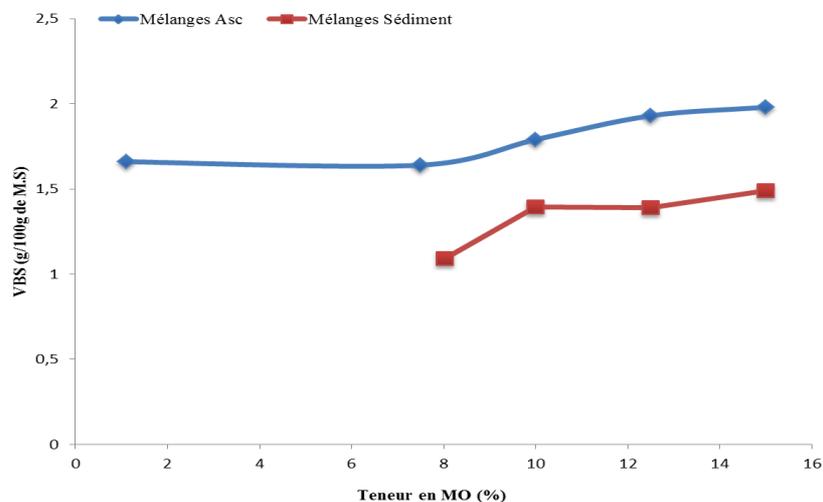


Figure 2 : Valeurs de VBS des mélanges

Nous observons que plus nous ajoutons de MO plus la valeur de VBS augmente. Ceci s'explique par le fait que les MO renforcent les complexes argilo-humiques [4].

3.4. Limite de liquidité W_L [NF P 94-051] :

Une masse m supérieure à 200 g de chaque mélange a été tamisée par voie humide à 400 μm . Le tamisât et l'eau de lavage recueillis sont laissés décanter au moins 12h. Le surnageant est siphonné sans entraîner de particules. Ensuite une recherche de la teneur en eau pour laquelle une rainure effectuée à l'aide d'un outil normalisé sur le matériau placé dans une coupelle Casagrande se ferme sur une longueur de 1cm, lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à une répétition de choc. Le Tableau 6 illustre les résultats obtenus :

Mélanges	ASC7.5%	ASC10%	ASC12.5%	ASC15%	S10%	S12.5%	S15%
W_L (%)	38.5	44	49	54	48	52	62

Tableau 6 : valeurs de Limite de liquidité des mélanges étudiés

Les résultats illustrés dans le Tableau 6 indiquent que la teneur en MO modifiée de façon significative les propriétés géotechniques des fractions argileuses des mélanges [5]. Les valeurs des limites de liquidité des mélanges augmentent linéairement avec l'augmentation de teneur en MO. Cette augmentation s'explique par la capacité de rétention d'eau des MO. En effet, les MO gardent une partie de l'eau présente dans le matériau [6].

4. Conclusion :

Ce travail a été réalisé pour étudier l'influence des matières organique (MO) sur les propriétés physiques des sédiments de dragage. Les essais effectués sur les mélanges créés à base du sédiment et de compost nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- La masse volumique absolue baisse avec l'augmentation de teneur en MO de sédiment
- Les MO augmentent l'argilosité de sédiment étudié, nous constatons une augmentation des valeurs de VBS et l'indice de plasticité.

5. Références Bibliographiques :

- [1] J. FOUCHER, Valorisation des déblais sableux de dragage portuaire en France Métropolitaine. Thèse de Doctorat, ENTPE Lyon. Décembre 2005
- [2] UNICEM, 2005
- [3] Décret N°2002-540 du 18 avril 2002
- [4] N.NASKAR, Effect of Organic Content on Shear Strength Characteristics of Clay. Thèse de Doctorat. Université de Jadavpur .2013
- [5] THIYYAKKANDI S. AND ANNEX S., Effect of organic Content on Geotechnical Properties of Kuttanad Clay'', Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE), Vol. 16, Bund. U, pp. 1653-1663. 2011
- [6] V.DUBOIS, Caractérisation physico-chimique et environnementale des sédiments marins. Application en technique routière. Thèse de Doctorat. Mines Douai. 2006

6. Normes :

[ISO 13320:2009] : Analyse granulométrique - Méthodes par diffraction laser. Octobre 2009

[NF EN ISO18757] : 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 94-040] : 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.

[NF P 94-051] : Reconnaissance et essais –Détermination des limites d'atterberg. Mars 1993

[NF P 94-054] : Sols : Reconnaissance et essais – Détermination de la masse volumique des particules solides des sols.

[XP 94-047] : Reconnaissance et essais –Détermination de la teneur pondérale des matières organiques des sols - Méthode par calcination. Décembre 1998.