

# VALORISATION DES REJETS POUSSIÉREUX EN FONDERIE SUBSTITUTION DE LA BENTONITE

ABEDGHARS Med Tayeb <sup>1,2</sup>; HADJI Ali <sup>2</sup>

1. Equipe de Recherche MPR-Environnement /Division Sidérurgie Métallurgie/ URASM/CSC,  
Annaba, BP.196- 2Annaba

[abedghars@yahoo.fr](mailto:abedghars@yahoo.fr)

2. Laboratoire de Fonderie, UBM Annaba, BP 12, 23000, ALGERIE.

[hadji\\_alidz@yahoo.fr](mailto:hadji_alidz@yahoo.fr)

## Résumé

Les exigences en matière d'écologie sont de plus en plus imposées par le législateur. En fonderie plusieurs matériaux, utilisés pour la confection des moules et des noyaux, produisent une grande quantité de poussière. Ces dernières sont rejetées dans l'atmosphère et peuvent être très néfastes pour la santé humaine des travailleurs.

De ce fait, notre préoccupation est de les récupérer sous forme de coproduit et de les valoriser en tant que matière première.

Notre étude a un double objectif :

- Ecologique : Récupérer cette poussière fatale émanant des différents ateliers de la fonderie et ainsi préserver un environnement sain pour les travailleurs ;
- Valoriser ces fines pour les substituer à la bentonite qui sert de liant et économiser sur le prix de revient de la fonte obtenue.

Les résultats des essais réalisés sur un sable de fonderie avec substitution progressive de la bentonite par les fines récupérées ont montré :

1. La résistance à la compression et au cisaillement des sables diminuent légèrement avec la substitution de la bentonite par les fines, mais restent dans la fourchette appréciable de la fonderie jusqu'au mélange (4 % bentonite et 6 % fines) ;
2. La perméabilité du sable varie très sensiblement avec la substitution, elle reste appréciable jusqu'à 5% de fines ;
3. La structure de la fonte obtenue, la dureté et l'état de surface restent inchangés par la substitution de la bentonite par les fines jusqu'à 5 %.

Mots-clés : Sable, Argile, fines, Liants, Propriétés mécaniques, Structure.

## I. INTRODUCTION

L'impact de la pollution atmosphérique sur l'écosystème a été démontré par plusieurs travaux scientifiques [1]. Cette forme de pollution est causée par diverses activités industrielles entre autres la fonderie. L'impact mesuré relatif à l'activité de la fonderie est la pollution atmosphérique (les rejets gazeux et poussiéreux). La granulométrie de ces poussières est variable. Nous distinguons deux types de particules, les grosses dont le diamètre est supérieur à 10 µm s'accumulent et nuisent à la faune par infiltration dans le sol et les plus fines (< 10 µm) inhalables par l'être humain.

Les exigences en matière d'écologie, même si l'on fait abstraction des obligations morales, sont de plus en plus imposées par le législateur [2]. Mais la nécessité de produire avec un maximum d'économie est devenue inéluctable. Dans ce sens, la fonderie est la branche la plus avantageuse par comparaison aux autres procédés d'élaboration [3]. En fonderie plusieurs matériaux sont utilisés pour la confection des moules et des noyaux. Le sable, grâce à ses avantages économiques et technologiques, reste le plus universellement employé dans la plupart des fonderies [4], mais produit une grande quantité de poussières sous formes de fines. Cependant

dans un sable de moulage, la bentonite est un agglomérant qui assure la cohésion entre les grains de sable et par conséquent procure la plasticité et la résistance à sec, ce qui explique son efficacité comme liant du sable de moulage [5].

Vu l'importance de ce liant (bentonite), notre étude est axée sur sa substitution partielle par des fines (poussières) récupérées au niveau du collecteur principal du complexe de la fonderie.

Le but recherché est d'examiner la substitution de la bentonite par les fines tout en gardant les mêmes caractéristiques de plasticité, de cohésion, de résistance et de perméabilité.

## II. METHODES EXPERIMENTALES

Dans cette étude, les essais de résistance à la compression, au cisaillement, l'aptitude au serrage et la perméabilité sont déterminés par les méthodes conventionnelles utilisées en fonderie [6]. L'analyse du sable utilisé lors de nos expériences est donnée par le tableau n°1.

Tableau 1 : Analyse chimique du sable de fonderie

Elément	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	MnO
% en masse	98.3	0.9	0.2	0.25	0.15	0.04	0.05	0.05	0.06

A l'aide de la méthode cumulative [7], nous avons déterminé les caractéristiques du sable utilisé (indice de finesse : 56.50, diamètre moyen : 0.22, degré d'uniformité : 78 ; figure 1).

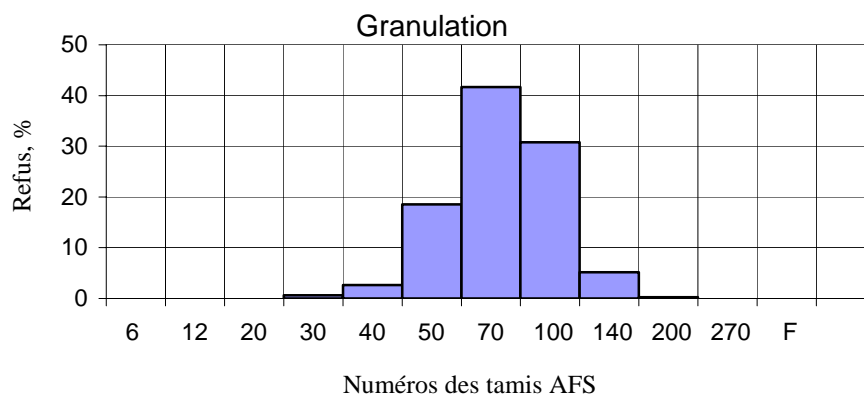


Figure 1. Caractéristiques granulométriques du sable utilisé

Nous remarquons que ce sable répond bien aux exigences des fonderies [8].

La bentonite utilisée est une bentonite sodique activée. Elle est composée de :

18 % de quartz, 3% de calcite, 9.5 % de feldspaths, 15 % de kaolinite et 54.5 % de montmorillonite. Son analyse chimique est donnée par le tableau n°2.

Tableau 2: Analyse chimique de la bentonité

Elément	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PaF*
% en masse	57.49	21.86	2.01	2.17	3.04	0.50	1.08	3.02	8.74

\* PaF: Perte au feu

Les fines utilisées comme produit de substitution sont des poussières dont leurs dimensions ne dépassent pas 53 μm de diamètre (figure 2). Elles sont récupérées au niveau du collecteur principal de la fonderie. Elles se composent essentiellement d'oxydes provenant de l'argile crue de matières volatiles du noir minéral et de sablerie.

L'analyse chimique de ces dernières est donnée par le tableau 3.

Tableau 3 : Analyse chimique des fines récupérées

Elément	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	MgO	PaF
% en masse	2.16	3.68	50.05	6.83	4.75	12.59	0.79	17.09

Pour mettre en évidence la substitution, nous avons complété nos expériences par la coulée des échantillons en fonte grise dans différents mélanges de sable testé dans le but de déterminer l'influence de la substitution sur la structure, la dureté des fontes et l'état de surface.

Dans tous les mélanges de sables expérimentés, les teneurs en silice, en noir minéral, en humidité et en liant (bentonite) sont fixées respectivement à 87%, 3%, 4.5% et 10%. Par conséquent la substitution de la bentonite s'est faite avec un écart de 1% jusqu'à la substitution complète de l'argile. Un essai sans addition de fines, c'est-à-dire avec la bentonite, a d'abord été réalisé en utilisant les composants habituels. Cet essai sera considéré comme essai de référence auquel seront comparés les résultats des autres essais où la bentonite est substituée par les fines dans les proportions de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 % (10% argile + 0%fines, 9%argile + 1%fines, 8%argile + 2%fines,... 0%argile + 10%fines). La préparation des différents sables est réalisée dans les mêmes conditions de la fonderie utilisatrice.

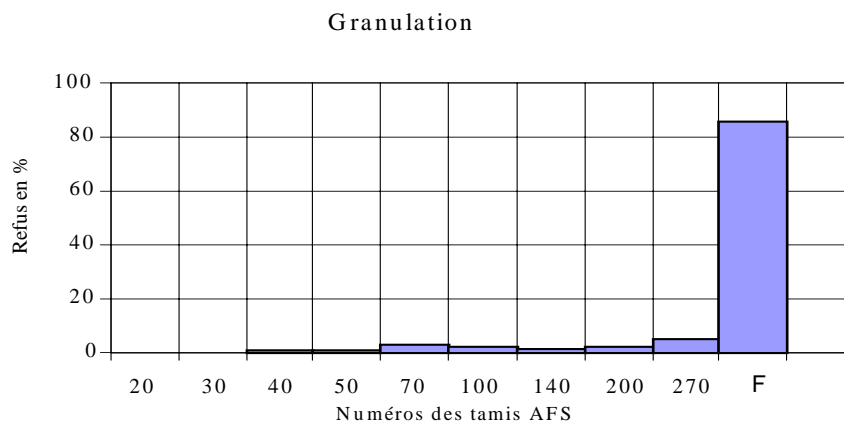


Figure 2. Caractéristiques granulométriques des fines.

### III. RESULTATS EXPERIMENTAUX

#### 3.1. Influence de la substitution sur les résistances à vert

Nous constatons que la résistance à la compression (figure 3) diminue légèrement avec la substitution de la bentonite par les fines, mais reste dans la fourchette appréciable au moulage jusqu'au mélange 7 (4 % Bentonite et 6 % Fines). A partir de ce mélange, elle diminue fortement et atteint des valeurs insuffisantes pour un moulage correct. Les mêmes constatations ont été faites pour la résistance au cisaillement (figure 4).

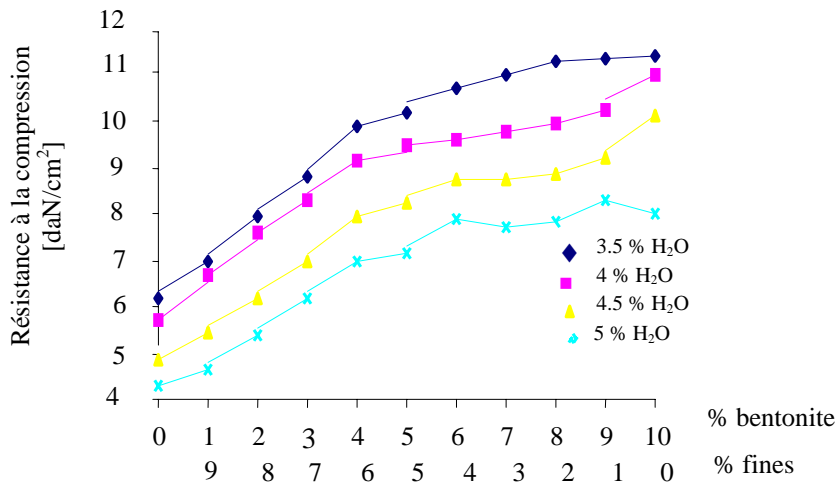


Figure 3. Variation de la résistance à la compression en fonction de bentonite et de fines

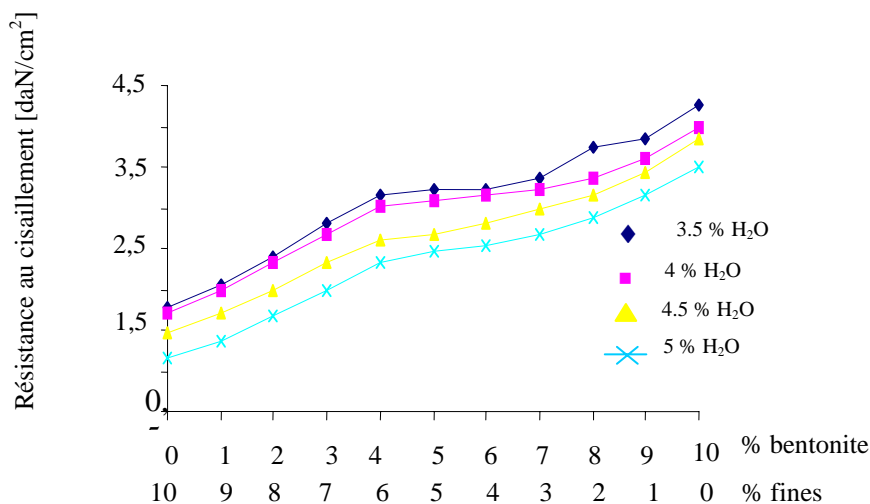


Figure 4. Variation de la résistance au cisaillement en fonction de la bentonite et de fines

### 3.2. Influence de la substitution sur la compressibilité

Pour montrer l'influence éventuelle de la substitution sur la compressibilité, nous nous sommes servi aussi des courbes liant cette caractéristique à l'humidité du sable.

Lorsque l'on reporte sur les courbes de la compressibilité établie en fonction de la teneur en eau, les valeurs de cette caractéristique déterminée sur les mélanges de substitution, on constate que les points se situent sur les mêmes courbes (figures 5 et 6). A partir du mélange 7 (4% bentonite + 6% fines), les valeurs de compressibilité obtenues ne répondent pas aux conditions d'utilisation d'un sable de fonderie, ce qui pourrait provoquer des défauts et réduire ainsi la qualité des pièces coulées.

Ces résultats montrent donc que notre substitution ne modifie pas de façon sensible la relation compressibilité – humidité. En outre, nous constatons que la compressibilité ne dépend pas de la composition du sable, mais dépend essentiellement de l'humidité.

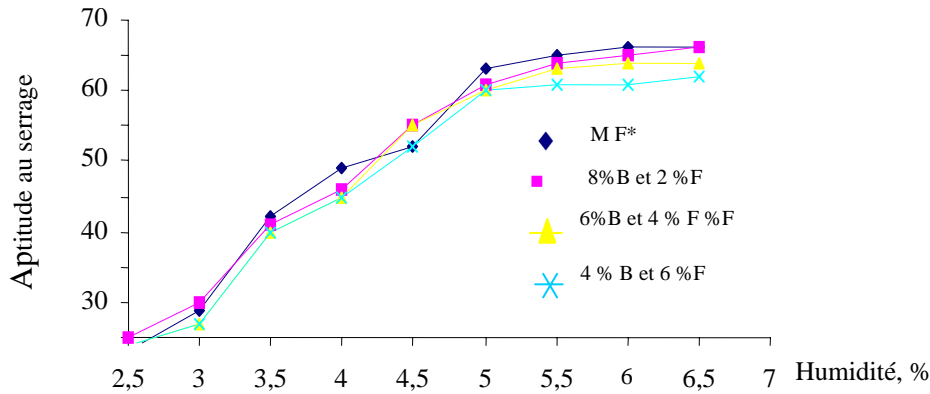


Figure 5. Variation de l'aptitude au serrage en fonction de l'humidité.

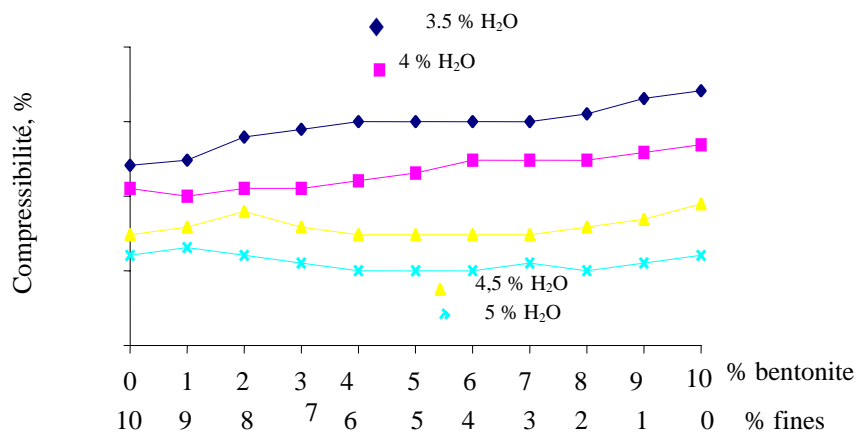


Figure 6. Variation de la compressibilité en fonction de la bentonite et de fines.

### 3.3. Influence de la substitution sur la perméabilité

Cette propriété varie très sensiblement avec la substitution (figure 7). Elle diminue légèrement jusqu'au mélange 5 (6 % bentonite + 4 % fines), mais elle reste appréciable. Lorsque la substitution dépasse 5% de fines, la perméabilité chute brusquement. Cette diminution s'explique par l'irrégularité des grains de bentonite et de fines (22 $\mu$ m et 53 $\mu$ m respectivement), provoquant l'obturation des interstices.

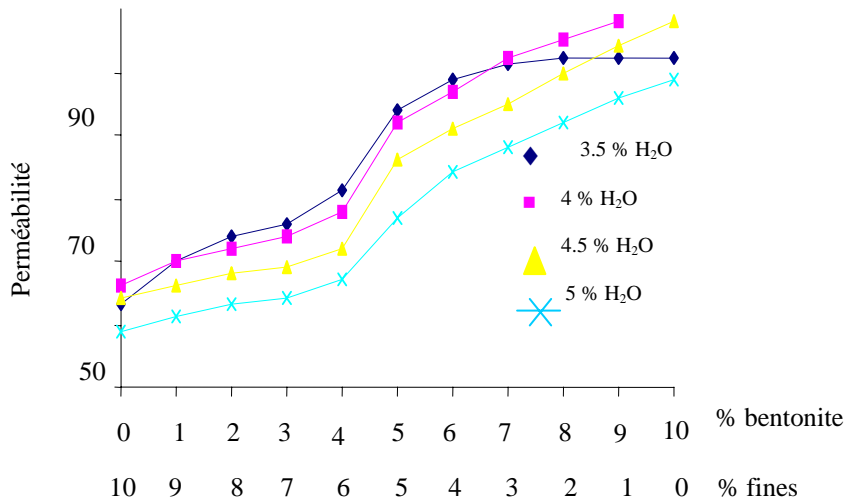


Figure 7. Variation de la perméabilité en fonction de la bentonite et de fines

### 3.4. Influence de la substitution sur la dureté et la structure

D'après les observations métallographiques, nous remarquons que la substitution jusqu'à 5% de fines n'a aucune incidence sur la structure de la fonte coulée, car ses constituants structuraux et leur finesse demeurent inchangés.

Quant à la dureté, elle reste dans les limites exigées par la fonderie pour tous les mélanges expérimentés (figure 8). Ceci s'explique par le fait que la substitution de la bentonite par les fines n'a pas changé les propriétés thermophysiques des différents mélanges testés. Une variation de ces propriétés aurait pu se répercuter sur le phénomène de cristallisation et par conséquent sur la structure métallographique et la dureté des différents échantillons coulés et testés.

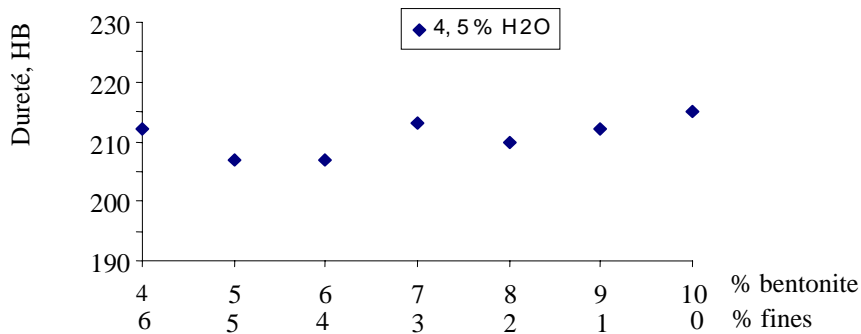


Figure 8. Variation de la dureté Brinell en fonction de la bentonite et de fines.

## IV. CONCLUSION

D'après les résultats enregistrés, il ressort qu'une substitution partielle de la bentonite par les fines est plus que probable et de ce fait a un impact économique et écologique très intéressant. Puisque l'utilisation des fines récupérées permet d'éviter le problème de décharge (environnemental) et de réduire le prix de revient des pièces fabriquées (économique).

L'intégration jusqu'à 4% de fines dans le mélange maintient les propriétés d'usage usuelles du sable de moulage tel qu'illustrés par les différentes figures.

Le mélange recommandé répond à la composition centésimale suivant : Sable siliceux : 87 % ; Bentonite : 6 % ; Fines : 4 % ; Noir minéral : 3% ; Eau : 4.5 %.

En effet, ce sable de moulage possède de bonnes caractéristiques et répond bien aux exigences des fonderies (plasticité, cohésion et perméabilité). Toutes les valeurs de compressibilité, des résistances à vert et de perméabilité de ce mélange se trouvent dans les intervalles des propriétés des sables de moulage utilisés en fonderie. Nous signalons qu'aucun changement n'a été observé sur les propriétés mécaniques et la structure des pièces obtenues avec le mélange proposé ci-dessus. Ceci prouve et confirme que les propriétés thermo physiques du sable proposé n'ont pas été altérées. La substitution a même amélioré l'état de surface des pièces coulées.

---

## V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Bliefert C.; Perraud R., (2001). Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. De Boeck Diffusion, Paris, 359-365.
- [2] Grantz, D. A.; Garner, J. H. B.; Johnson, D. W., (2003). Ecological effects of particulate matter. Environ. Int. 29, 213-239.
- [3] MM. Caranode, Bouveur : Régénération mécanique à froid de sables à liants organiques et inorganiques. Homme et fonderie, avril 1996 p 16 - 20.
- [4] Pierre Cunin : Industrie de la fonderie, Technique d'ingénieur MC2. M3500, p1- 6 et M3510 p. 1- 3 et M3512, p 1- 8, édition 2000.
- [5] F.Hofmann : Technologie des matériaux de moulage en fonderie 2<sup>eme</sup> édition. Schaffhouse, novembre 1965.
- [6] J. M. Middleton, A. MET : Quelques avantages et inconvénients des sables liés à l'argile. Fonderie Trade Journal 1.4.1976.
- [7] C.E.WENNINGER, A.P.Volkmar : Un nouvel outil de contrôle sous forme d'un graphique permettant de déterminer le degré d'efficacité des bentonites dans les sables de moulage en circuit fermé AFS Transactions, février 1970.
- [8] D. Green : Procédés nouveaux pour le contrôle de sable à vert, International minerals & Chemical corp. Skokie, Illinois, USA 1974.
- [9] : H.W.Dietert, A.L.Graham, Harry W.detert Co, J.S.Shumacher ; A sand control programme that saves castings. AFS Transactions 1974, p.74 - 86.