

# **Recyclage des calcins de la compagnie Vidzar en emballage verrière**

**L. J. RAFALIMANANA<sup>1</sup>, V. G. RANAIVONIARIVO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doctorante de l'Ecole Doctorale STII

<sup>2</sup>Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

Correspondant : [lydierafalimanana@gmail.com](mailto:lydierafalimanana@gmail.com)

## **Résumé**

Le verre est un matériau recyclable à 100%. De 2016 à 2017, une hausse du coût de bouteilles cassées de 18,5% est observée au niveau de la Compagnie Vidzar. Cette augmentation induit un déficit budgétaire. Une solution pérenne pour pallier ce problème est donc cruciale pour la société. D'où la réalisation de cette étude qui vise à concevoir des emballages en verre en recyclant les calcins de la Compagnie Vidzar. Plusieurs méthodes ont été appliquées à cet effet, à savoir la méthodologie expérimentale, comparative et analytique. L'échantillon de sable blanc de cette étude a été extrait des carrières de la région de Mananjary. Après collecte des matières premières, ils ont été amenés dans le laboratoire de l'Office des Mines National des Industries Stratégiques ou OMNIS pour subir des examens physico-chimiques et des traitements. L'analyse de la composition chimique des échantillons de calcin de la compagnie vidzar montre un

pourcentage de silice de 66,33%. Si le sable de Mananjary présente 98.8% de  $\text{SiO}_2$  et 0.55% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , celui de Tamatave a un taux de 80% à 98.7% en  $\text{SiO}_2$  et 0.14% à 2.33% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Des compositions qui sont idéal pour concevoir du verre sodo-calcique. Divers essais de mélanges avec des proportions variables ont été expérimentés pour avoir la meilleure composition. La fusion du verre est réalisée dans un four à moufle. A l'aide des fondants utilisés, la température de fusion des verres obtenus est passée à 1100°C au lieu de 1500°C. Au final, le mélange a donné un verre sodo-calcique transparent avec une texture lisse sans fissure ni cassure. Grace à la modélisation de la mise en moule du verre après fusion, la possibilité d'implanter une usine à Madagascar est donc envisageable en usant des ressources sur place. L'étude socio-économique montre la viabilité du projet sur le long terme. Outre la compagnie Vidzar, l'extension de ce projet permet également de réduire et traiter les déchets des brasseries, des usines de boisson alcoolique et hygiénique.

**Mots clés :** *Calcin, Sable, procédé soufflé - soufflé, Recyclage, verre*

## **Abstract**

Glass is a 100% recyclable material. From 2016 to 2017, an increase of 18.5% in the cost of broken bottles was observed at the Vidzar Company. This increase leads to a budget deficit and a sustainable solution to this problem is therefore crucial for the company. Hence this study, which aims to design glass packaging by recycling Vidzar Company's cullet. Several methods were applied for this purpose, namely experimental, comparative and analytical methodology. The white sand sample for this study was extracted from quarries in the Mananjary region. After collection of the raw materials, they were brought to the laboratory of Office for National Mines and Strategic Industries (OMNIS) to undergo physicochemical examinations and treatments. The analysis of the chemical composition of the cullet samples of the vidzar company shows a silica percentage of 66.33%. If the sand of Mananjary presents 98.8% of  $\text{SiO}_2$  and 0.55% of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , that of Tamatave has a rate of 80% to 98.7% of  $\text{SiO}_2$  and 0.14% to 2.33% of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . These compositions are ideal for designing soda-lime glass. Various trials of mixtures with varying proportions have been carried out to obtain the best composition. The glass is melted in a muffle furnace. With the help of the fluxes used, the melting temperature of the resulting glass was reduced to  $1100^\circ\text{C}$  instead of  $1500^\circ\text{C}$ . In the end, the mixture gave a transparent soda-

lime glass with a smooth texture without cracks or breaks. Thanks to the modelling of the glass molding process after melting, the possibility of setting up a factory in Madagascar can be envisaged by using local resources. The socio-economic study shows the viability of the project in the long term. In addition to the Vidzar Company, the extension of this project also makes it possible to reduce and treat the waste from breweries, alcoholic beverage factories and sanitary factories.

**Keywords:** *cullet, sand, blow-blow process, recycling, glass*

## I. Introduction

Les derniers recensements de l'INSTAT montrent que Madagascar a importé 58 597 973,804kg de verre seulement au cours de l'année 2018. (INSTAT/D.S.E/S.S.E.S/COMEXT, 2018). L'offre de l'emballage en verre est très aléatoire à Madagascar. Cela varie de 2000Ar à 80000Ar. Aucune structure pérenne ne reste pour assurer la régularité de cette offre. D'après l'archive de l'INSTAT, la première et dernière industrie verrière implanté à Madagascar date du 24 aout 1967. Malheureusement, la SO.VE.MA<sup>1</sup> a fermé ses portes

---

<sup>1</sup> La SO.VE.MA a disparu suite aux vagues de nationalisation des années 70, des problèmes internes de ressources humaines ont par ailleurs activé sa fermeture. Aucune information fiable n'a pu être obtenue quant à la date exacte de la fermeture ni à la structure (capacité de production, type de bouteilles fabriqué, ...) de la société.

dans les années 1984 (BESARIE, 1962). Le mois de mai 2003, les emballages en verre neufs sont tous importés. En 2016, le cout annuel de bouteilles cassées de la compagnie Vidzar a atteint 1,5% du cout budgétaire alloué aux emballages en verre. Afin de réduire le cout d'importation de bouteille en verre et valoriser les débris verrières, cette étude a été menée. Le thème choisi est : « Implantation d'une industrie verrière à Madagascar grâce aux calcins de la compagnie Vidzar ». Pour ce faire, les méthodologies expérimentale et comparative sont adoptées. Le plan se déroulera suivant le plan IMReD. Premièrement, la méthode et les matériels utilisés seront détaillés. Deuxièmement, les résultats des recherches seront présentés. Finalement, les résultats seront discutés et interprétés avant de conclure avec une brève conclusion.

## **II. Méthode et matériel**

L'intégralité de cette étude expérimentale a été réalisée au sein de l'OMNIS (Office des Mines Nationales et des Industries Stratégiques) Mangasoavina. Encadré par une équipe de recherche expérimentée, l'étude a été réalisée selon les normes de santé et sécurité. Grâce à un système d'échantillonnage et des études analytique physico-chimique, le sable et le calcin ont été caractérisés et la composition chimique identifiée. Il est a

noté que toutes les expériences sont à l'échelle du laboratoire.

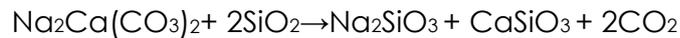
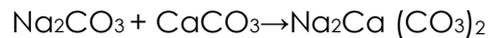
### **A. PRÉPARATION DU MÉLANGE VITRIFIABLE**

Les différents composants sont tout d'abord pesés individuellement, puis humidifiés (environ 1,2 % H<sub>2</sub>O) et mélangés manuellement avant d'être dirigés vers le four à moufle pour fusion puis porté à environ 1500°C.

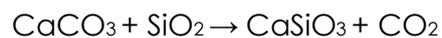
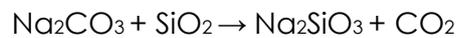
### **B. DECOMPOSITION DES MATIERES PREMIERES**

Sous l'effet de la température, et à partir de 800°C, les carbonates alcalins et alcalino-terreux vont se combiner puis réagir chimiquement avec les grains de sable suivant des réactions des types suivants.

*Vers 800°C:*



*Vers 1000°C :*



Les silicates ainsi formés vont passer dans la phase liquide du bain et participer à la formation du verre.

### C. AFFINAGE DU VERRE

Les quantités importantes de CO<sub>2</sub> formées vont en partie se solubiliser dans le bain de verre et en partie s'éliminer sous formes de bulles gazeuses en mouvement ascensionnel à l'intérieur du bain de verre : c'est la phase d'affinage du verre. Pour accélérer cette phase, souvent longue à cause de la viscosité élevée du verre fondu, une réaction tardive du sulfate de sodium ou calcium se produit. (Barton & Guillemet, 2005)

Vers 1400°C:

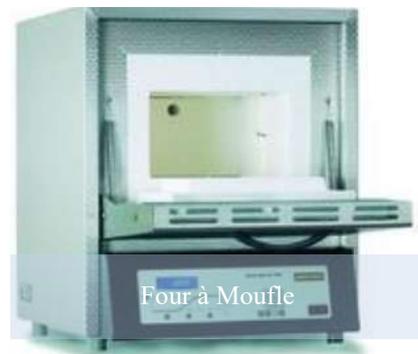
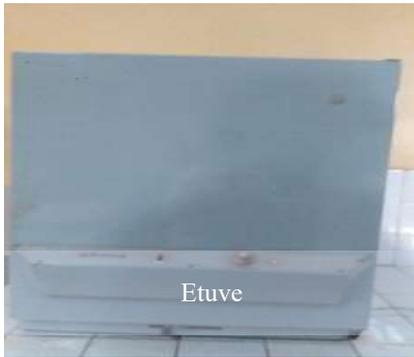


Ou plus tôt en présence de réducteurs comme le charbon



Avec formation de bulles de SO<sub>2</sub>, pour produire des bulles assez grosses qui vont par coalescence, entraîner les bulles résiduelles de CO<sub>2</sub>.

**D. MATERIEL :**



### III. Résultats

#### A. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Les courbes granulométriques du calcin et du sable sont présentées ci-dessous. L'ouverture des tamis varie de 0,1 mm (mod 21) à 4 mm (mod 35).

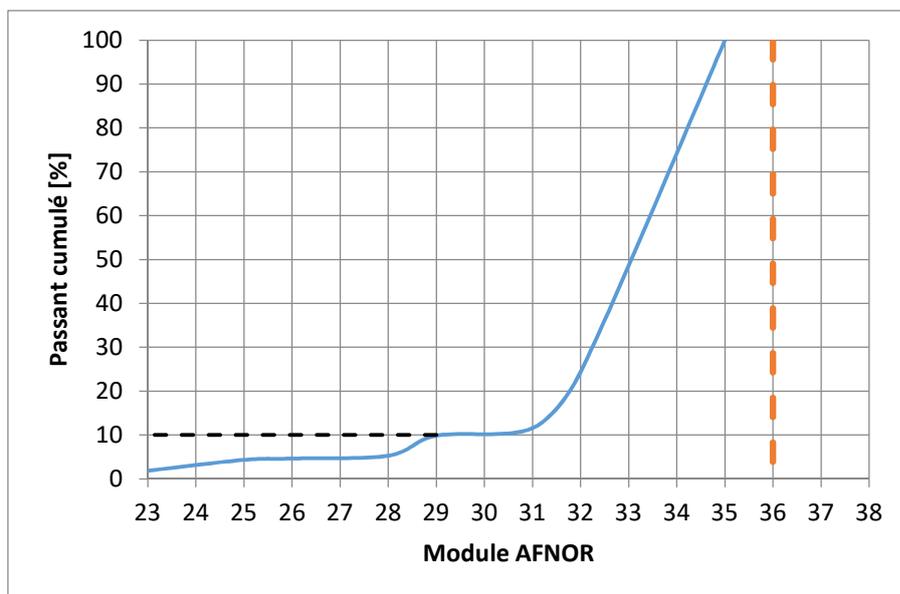


Figure 1. Courbe granulométrique du calcin

- $d_{10}$  : 0,63 mm (Module 29)
- Module de finesse = 3,6

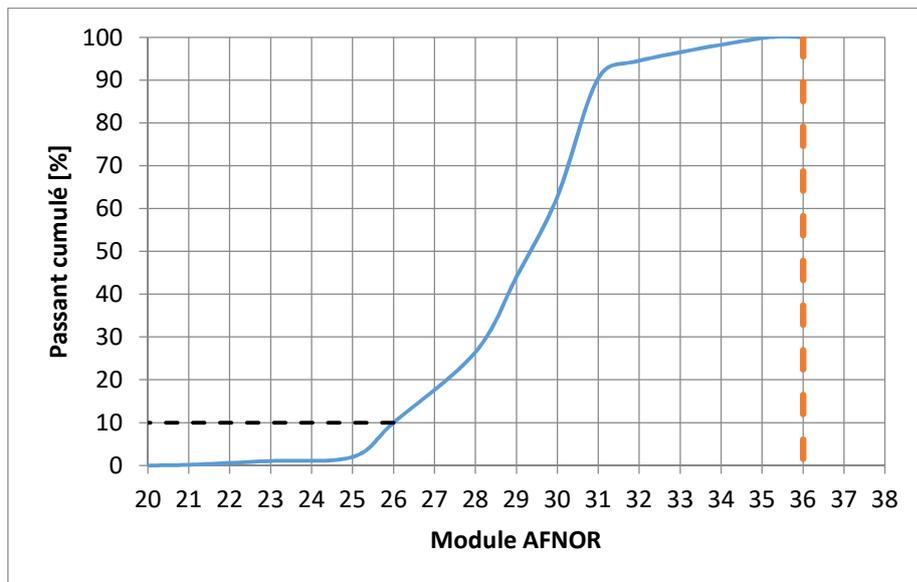


Figure 2. Courbe granulométrique du Sable de Mananjary

- $d_{10}$  : 0,315 mm (Module 26)
- Module de finesse = 2,5

## **B. CARACTERISTIQUES DU CALCIN DE LA COMPAGNIE VIDZAR**

L'analyse physico-chimique et pré-traitement du calcin est présenté dans le tableau ci-dessous. Pour mieux illustrés le résultat, les données ont été recoupés avec les exigences des industries verriers.

**Tableau 1.** Comparatif des caractéristiques des calcins de la compagnie Vidzar avec les exigences des industries verriers

Exigences des industries verriers (Pajean, 2008)		Résultats Obtenus
Granulométrie > 3,15 mm (mod 36)	< 10%	0%
Granulométrie > 50 mm (mod 38)	0%	0%
Teneur en matériaux infusibles	< 0.05 g/kg	0g/Kg
Perte au feu (réducteur totaux)	< 0,25%	0.04%
Teneur en humidité	< 3%	0.02%

### C. Mise en four du mélange

Chaque élément de composition de la pâte de verre a été pesé soigneusement avec une balance de précision. Puis ils ont été mélangés manuellement pendant 15 à 30 minutes. Ensuite, les creusets sont placés dans l'enceinte du four à moufle. La température de cuisson est de 1000° C à 1100°C. Le temps de cuisson a d'abord été de 5 h. Compte tenu des résultats, le temps est passé de 5 heures à 9 heures. Ci-dessous des photos des échantillons obtenus.

Echantillon 1



Echantillon 2



Echantillon 3



Echantillon 4



Figure 3. Echantillons E1 à E4

Les actions menées pour aboutir aux échantillons ci-dessus sont récapitulées dans le tableau 2 avec les paramètres et les commentaires y afférents.

**Tableau 2.** Résultats de quelques essais réalisés au laboratoire

N°	T°C	t(h)	M (mn)	Composition	Commentaires
1	1100°C	9h	15 mn	Sable + Soude + Calcin +Chaux	Verre transparent composé de bulle et de

					fissure. Le verre présente de gros grains blancs renforçant la matrice du verre à texture rugueuse.
2	1100°C	9h	30 Mn	Sable + Soude + Calcin + CaCO <sub>3</sub>	Verre transparent bien lisse mais muni de taches bleues. Texture craquelée avec présence de bulles d'air
3	1000°C	5h	30 mn	Sable + Soude + Email transparent+ Calcin	Le verre obtenu est sous forme pâteuse de couleur blanche très nette d'un côté. D'un autre côté, il a un aspect transparent et bien lisse avec des cassures plus

					visibles et de très fines bulles de gaz.
4	1100°C	9h	30 mn	Sable +Soude +Email transparent+ Calcin + Chaux	L'échantillon de pâte de verre est lisse, transparente avec une trace de fissures. La texture n'est pas encore très claire et de nombreuses cassures sont observées.

Légende :

- T (°C) : Température de cuisson en degré Celsius
- t (h) : Temps de mise en four par heures
- M (mn) : Durée de mélangeage et de malaxage de la pâte de verre

#### **IV. Discussion**

L'utilisation du  $\text{CaCO}_3$  est la cause probable du non clarté si on se réfère aux recherches menés par Allart-Bruin (S.M.A. Allaart-Bruin, 2006). En ajoutant de l'émail au mélange, la couleur du verre devient plus claire. Quant aux bulles de gaz, ils résultent de l'oxygène dégagé lors de la fusion.

##### **Echantillon E1 :**

Le produit dérivé du mélange présente 02 aspects différents. D'apparence rugueuse et transparent, voir, verdâtre, il est muni, d'une part, de plusieurs cassures internes. Il s'avoisine de l'état vitreux avec de gros grains blanc répartie dans la masse pâteuse du verre. Toutefois, une partie est dégagée. Deux possibilités peuvent être à l'origine de cela. Soit le mélangeage a été mal fait, soit la température de fusion du sable n'est pas atteinte. Pour ce faire un deuxième échantillonnage a été réalisé.

##### **Echantillon E2 :**

Avec les mêmes conditions que pour E1, le temps de malaxage a été augmenté et les pourcentages des composants modifiés dans ce deuxième essai. La pâte de verre a un aspect similaire à l'échantillon E1. Seulement, on constate que les grains blancs dégénérés se répartissent différemment. Les parties au bord extérieur

et central du creuset sont lisses et transparentes. Par rapport au précédent, il y a formation de bulles d'air et absence de fissure.

#### **Echantillon E3 :**

En effectuant la cuisson à 1000°C, l'obtention d'un verre lisse sans grains non dégénérés, ni des cassures n'a pas été possible. Il existe encore des bulles de gaz et des cassures dans la texture du mélange obtenu.

Ces défauts proviennent d'un temps de cuisson insuffisant, mais surtout du traitement du sable qui est le facteur primordial.

#### **Echantillon E4 :**

A en juger par la qualité de verre obtenu, l'ajout de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  dans le mélange est la cause probable du non clarté du verre. Outre cela, faute de recuisson, une partie du sable n'est pas transformée. Rendant ainsi la pâte hétérogène.

### **V. Conclusion**

En guise de conclusion, le sable bien traité associé aux calcins et d'autres composants chimiques permet de fabriquer du verre sodo-calcique. Le calcin de cette étude répond aux exigences des verriers. Il entre dans la plage de niveau de qualité exigé par les verriers pour une

utilisation massive de calcin externe dans les fours. Le sable siliceux de Mananjary et le calcin de la compagnie Vidzar ont un taux de silice intéressant pour le façonnage de verre sodo-calcique. Toutefois, la température du verre en fusion n'arrive pas à fondre entièrement le sable. D'où la fusion du verre est à l'état pâteuse. L'homogénéisation du mélange avant enfournement joue un rôle important dans la cuisson du verre sodo-calcique. Plusieurs paramètres tels que le malaxage, le temps et la température de cuisson, la granulométrie et surtout les proportions des composants du mélange, impactent sur la structure et l'aspect du verre. Il a été prouvé que les matières premières et les déchets verriers de la compagnie Vidzar peuvent servir pour la production des verres sodo-calcique. Des études technico-économique et financière ainsi que la modélisation du procédé soufflé-soufflé de cette recherche sont détaillés dans un ouvrage plus volumineux rédigé par le même auteur (RAFALIMANANA , 2021).

## **VI. Remerciements :**

Notre gratitude s'adresse au groupe VIDZAR Madagascar pour le sponsoring dont ils ont fait part. Nous tenons également à remercier l'école doctorale de l'INGE (Ingénierie et GEoscience) et l'EDSTII de l'Université d'Antananarivo Madagascar pour nous avoir permis de

mener à bien notre étude. Sans oublier le laboratoire de l'OMNIS Madagascar qui ont chaperonnés les études expérimentales au sein de leurs locaux.

## VII. Références

Barton, J. & Guillemet, C., 2005. *Le verre*. Berlin: EDP Sciences.

BESARIE, A., 1962. *Rapport final sur les matières premières pour une industrie de verrerie*, Antananarivo: Service de Géologie Ampandrianomby.

INSTAT/D.S.E/S.S.E.S/COMEXT, 2018. s.l.:s.n.

Pajean, G., 2008. *Recyclage du verre*. Paris: Une petite encyclopedie du verre.

RAFALIMANANA , L. J., 2021. *Implantation d'une industrie verrière grâce aux calcins de la compagnie Vidzar à Madagascar*. 1<sup>è</sup> éd. Antananarivo: Université d'Ankatso.

S.M.A. Allaart-Bruin, B. v. d. L. a. R. M., 2006. <https://www.semanticscholar.org/>. [En ligne]

Available at:

<https://www.win.tue.nl/analysis/reports/rana04-27.pdf>

[Accès le 18 Février 2021].