

# Étude du pouvoir décolorant de la pouzzolane pour le traitement des eaux usées

Rijalalaina Rakotosaona\* (1), Lanto Harivola Rabarioelisololo (1), Rianasoambolanoro Rakotosaona (2), Frédéric Randrianarivelo (1), Jean de Dieu Ramaroson (3), Philippe Andrianary (1), Lala Andrianaivo (1).

(1) École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, B.P 1500 Antananarivo 101

(2) Institut Malgache des Recherches Appliquées B.P. 3833 Antananarivo 102

(3) Centre National de Recherches Industrielle et Technologique, Département Matériaux et Génie Civil, BP 6294 Antananarivo 101.

\* auteur correspondant, email : kotolala@gmail.com

## Résumé

La pouzzolane est dotée d'un pouvoir décolorant des eaux usées à cause de sa structure poreuse si l'on utilise comme un filtre. L'objectif de ce travail est de déterminer les meilleures conditions opératoires pour que cette propriété décolorante soit le plus efficace que possible. Nous avons utilisé un « effluent modèle », c'est-à-dire une solution aqueuse de colorant textile. Cette solution est préparée de la même manière que celle des industries textile à Madagascar. Les paramètres qui ont été variés au cours de l'expérimentation sont la granulométrie des pouzzolanes, la température d'activation, la quantité de pouzzolane et le cycle de vie de la masse filtrante. La décoloration est évaluée par mesure de la concentration de colorant dans la solution. Les résultats ont montré qu'on peut avoir une décoloration de 95% lorsque la granulométrie de la masse filtrante est inférieure à 0,5 mm. La température d'activation est comprise entre 250°C et 400°C. Concernant la quantité et le cycle de vie de pouzzolane utilisée, on constate qu'il y a une quantité minimum de pouzzolane pour avoir une décoloration proche de 100% et à chaque cycle de filtration sa capacité à décolorer une solution diminue.

**Mots clés :** Pouzzolane, traitement des eaux, colorant, textile, eau, adsorption

## 1- INTRODUCTION

A Madagascar, l'industrie textile tient un part non négligeable dans la pollution de l'eau. Il fait partie des industries qui consomment le plus d'eau et produit bien évidemment beaucoup de rejet. Dans la plupart des cas, les effluents issus de ces industries sont colorés à cause des résidus de colorant utilisé lors du traitement des tissus. D'une manière générale, le traitement de ces rejets nécessite une phase de décoloration par adsorption. L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif (Degremont, 1989 ; Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris, 2006 ; Boeglin, 2002). Les études effectuées au laboratoire du département génie chimique, ont montré que la pouzzolane est dotée d'une propriété décolorante sur les eaux usées issues des industries de textile (Rakotomavo, 2010 ; Randrianarivelo, 2012 ; Rabarioelisololo, 2014). L'objectif de ce travail est alors de déterminer les conditions qui influent cette propriété décolorante de la pouzzolane. Un « effluent modèle » c'est-à-dire une solution aqueuse de colorant textile est préparée pour la détermination de ces conditions.

## 2. MATERIELS

### 2-1. Le filtre expérimental

Le filtre expérimental (Figures 1, 2 et 3) est conçu et fabriqué au laboratoire de génie chimique de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (Rabarioelisololo, 2014). Elle est constituée :

- D'une boîte cylindrique (diamètre= 11cm; hauteur= 17cm) en plastique transparent, dont le fond est perforé de 1mm de diamètre;
- D'un support en fer plat ;
- D'un entonnoir Büchner en porcelaine.

Le montage du filtre s'effectue dans l'ordre suivant : on fixe en premier l'entonnoir Büchner sur le support, ensuite on place la boîte en plastique au-dessus de l'entonnoir et on verse en dernier la pouzzolane dans la boîte. Le montage final est présenté sur la Figure 3.

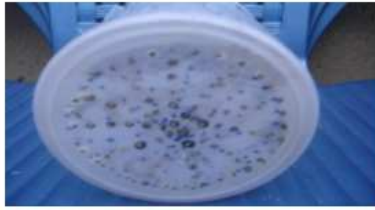


Figure 1 : Fond du filtre



Figure 2 : Support du filtre



Figure 3 : Filtre expérimental

## 2-2. Pouzzolane

La pouzzolane est une roche naturelle constituée par des scories volcaniques basaltiques ou de composition proche. Elle possède une structure alvéolaire. La pouzzolane est généralement rouge ou noire, avec toutes les teintes intermédiaires. La pouzzolane est un matériau léger de densité inférieure à un, poreux, abrasifs, réfractaires et isolants (Wikipedia, 2014)

La pouzzolane utilisée dans cette étude provient de la région du Vakinakaratra dans le district de Betafo (Figure 4). Elle est de couleur noir.



Figure 4 : Région de Vakinakaratra (Centre de recherches d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar, 2009)

La composition chimique des éléments majeurs de la pouzzolane provenant de Betafo par spectrométrie de fluorescence X est présentée sur le tableau 1 suivant (Rasamoela, 2011)

Tableau 1 : Composition moyenne des éléments majeurs de la pouzzolane de Betafo

Oxyde	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>
Composition %	23,16	29,00	34,80	6,87	4,28

Les pouzzolanes de Betafo sont riches en SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## 2-3. Le colorant

Le colorant sert à évaluer l'efficacité du filtre à pouzzolane. Le colorant choisi est celui le plus utilisé dans les industries textiles à Madagascar. Sa dénomination commerciale est le Cibacrone bleu. Sa couleur est bleue et

C'est un colorant réactif destiné à l'impression de fibre cellulosique. Ce colorant fait partie des colorants azoïques (Donzé, 1988).

En général, les colorants textiles possèdent une caractéristique commune. Ils se fixent en milieu alcalin sur les groupements hydroxyles alcooliques de la cellulose.

Dans cette étude, le mode opératoire utilisé pour préparer ce colorant textile est pareil à celui employé par les industriels.

### 3. PREPARATION DES ECHANTILLONS :

#### 3-1. La pouzzolane

La pouzzolane est broyée pour avoir une surface spécifique élevée. Un broyeur à boulet conçu au laboratoire est utilisé pour effectuer ce travail. Les échantillons sont ensuite classés selon la taille des grains. On utilise une série de tamis de différentes ouvertures emboîtés les uns sur les autres par ordre décroissantes des dimensions des ouvertures, du haut vers le bas, pour réaliser cette opération. Cinq lots sont obtenus lors de cette opération et leurs dimensions sont présentées sur le tableau 2 suivant.

Tableau 2: La taille des grains obtenus après tamisage.

N° lot	1	2	3	4	5
Dimension de la maille (mm)	Fond de tamis	0,5	2	4	4
Dimension des grains D (mm)	$D \leq 0,5$	$0,5 < D \leq 1$	$1 < D \leq 2$	$2 < D \leq 4$	$4 < D$

Chaque lot est divisé en deux, le premier subit un traitement thermique à 500°C tandis que l'autre est laissé tel quel. Le but de ce traitement est d'activer les surfaces de la pouzzolane. Ce qui permet d'avoir un adsorbant plus efficace envers le colorant à enlever. La durée d'activation est fixée à deux heures (Rakotomavo, 2010). Les équipements nécessaires pour réaliser cette opération sont les suivants:

- Un Four de laboratoire 1000°C
- Un Creuset en céramique

En résumé, les préparations de la pouzzolane lors de cette étude sont présentées sur le schéma (Figure 5) suivant :

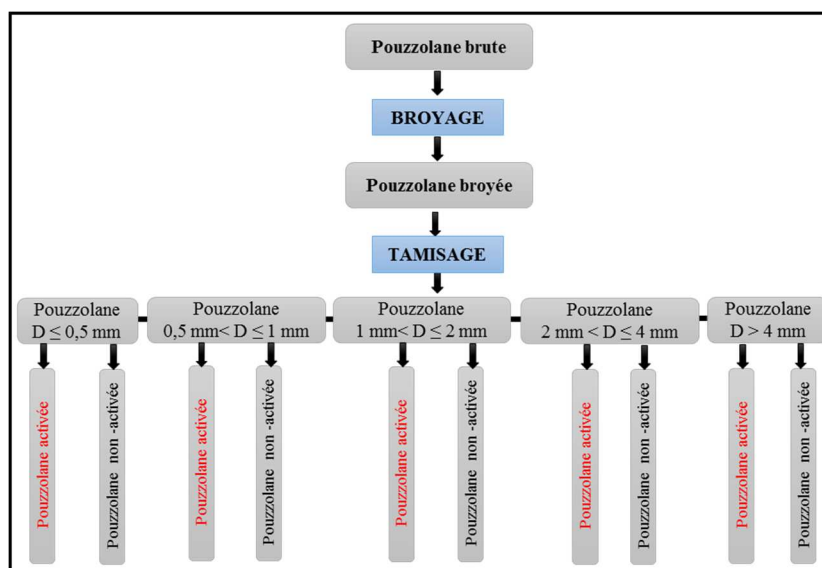


Figure 5 : Schéma récapitulatif de la préparation de la pouzzolane

### 3-2. La solution colorée 20 mg/l

La solution colorée est utilisée pour évaluer la capacité d'adsorption de la pouzzolane. Elle est préparée en dissolvant la quantité requise de colorant et de fixateurs (chlorure de sodium et carbonate de sodium) avec de l'eau distillée dans un bain marie à 60°C.

Voici Les équipements nécessaires pour la préparation de la solution:

- Une balance de précision ;
- Un bain marie à 60°C ;
- Un ballon de 1000 mL.

La préparation de la solution colorée se déroule comme suit :

- Peser 20mg de colorant;
- Peser 10g de chlorure de sodium;
- Verser le tout dans un ballon de 1000mL;
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 1000mL ;
- Mettre dans un bain chaud (température maintenue a 60°C);
- Après 45 mn, verser 1g de carbonate de sodium ;
- Attendre 40mn;
- Retirer le ballon du bain chaud;
- Laisser refroidir à l'air libre dans un milieu sombre.

Ce mode opératoire est le même que celui utilisé par les industries textiles à Madagascar (Rabarioeliso, 2014).

## 4. METHODE D'ANALYSE

La détermination de la concentration des colorants est effectuée avec un spectrophotomètre à absorption moléculaire (PERKIN ELMER, UV/VIS Spectrometer Lambda 10) au laboratoire du Génie Chimique de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo.

### 4-1. Longueur d'onde de travail

La longueur d'onde de travail correspond à celle où il y a l'absorbance maximum de la solution étudié. Une série de mesure a été effectuée pour déterminer cette longueur d'onde. Pour le colorant bleu de concentration 20mg/l, Les valeurs de l'absorbance pour la longueur d'onde variant entre  $\lambda=450\text{nm}$  et 620nm sont présentées dans le tableau 3 suivant. (Rodier et al, 2009)

Tableau 3: Résultats de mesure de l'absorbance maximale

Longueur d'onde (nm)	450	500	510	600	620
Absorbance	0,028	0,098	0,145	0,185	0,122

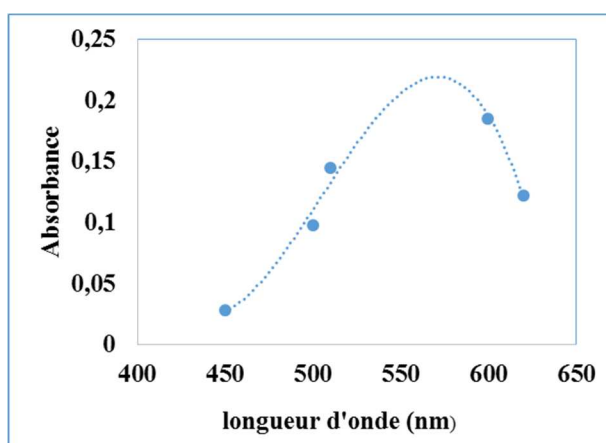


Figure 6 : Absorbance du colorant bleu de concentration 20 mg. L<sup>-1</sup> en fonction de la longueur d'onde.

D'après cette figure 6, l'absorbance maximum du colorant correspond à une longueur d'onde comprise entre 550 nm et 600 nm. Comme l'appareil ne peut pas produire une longueur d'onde entre 550 nm et 600 nm, la longueur d'onde de travail  $\lambda$  est alors fixée à 600 nm dans toutes les expérimentations réalisées. Cette valeur est jugée comme la plus proche du maximum d'absorbance.

#### 4-2 Courbe d'étalonnage

Les solutions étalons sont préparées par dilution d'une solution mère C=100 mg.L<sup>-1</sup>. Le résultat de la dilution ainsi que les mesures d'absorbance sont présentés sur le tableau 4 suivant.

Tableau 4 : Concentration et absorbance des solutions filles.

N° de tube	1	2	3	4	5
Volume solution mère Vm (mL)	0	5	10	15	20
Volume eau distillée (mL)	100	95	90	85	80
Concentration des solutions filles (mg/L)	0	5	10	15	20
Absorbance	0,00000	0,02211	0,07614	0,12049	0,16633

Dans la figure 7, la droite de la courbe d'étalonnage permet de déterminer la concentration du colorant bleu contenu dans le filtrat en mesurant son absorbance à une longueur d'onde égale à 600 nm.

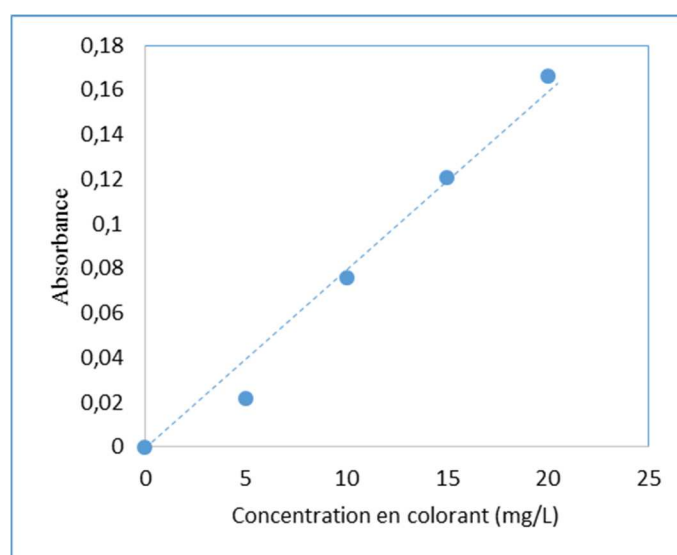


Figure 7 : Courbe d'étalonnage.

## 5 -METHODE

L'objectif du travail est de déterminer les paramètres optimums de la filtration pour avoir un résultat efficace. Cette efficacité est évaluée par la mesure du pourcentage de décoloration p qui est définie par :

$$p (\%) = 100 \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

p : Pourcentage de décoloration

C<sub>i</sub> : Concentration avant filtration en [mg.L<sup>-1</sup>]

C<sub>f</sub> : Concentration après filtration en [mg.L<sup>-1</sup>]

Les variables de procédé sont :

- La granulométrie des pouzzolanes;

- La température d'activation.
- Quantité de pouzzolane
- Cycle de vie de la masse filtrante

La méthodologie globale de l'étude est résumée sur le diagramme (Figure : 8)

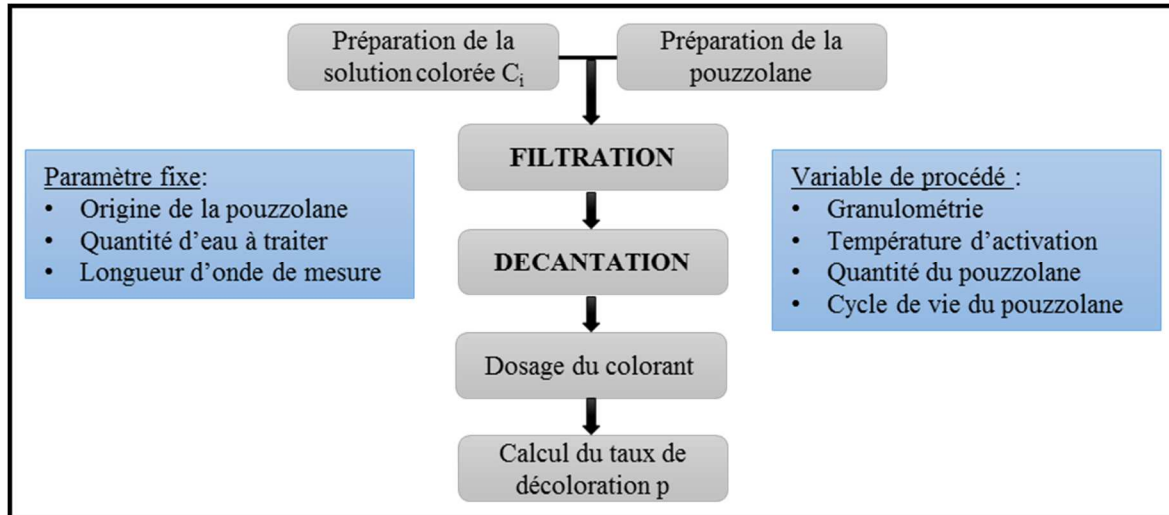


Figure 8 : Méthodologie globale de l'étude

Pour chaque expérience, le volume d'eau colorée à traiter est fixé à 500ml, l'épaisseur de la pouzzolane dans le filtre est toujours égale à 10cm et les mesures de la concentration de colorant dans le filtrat sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre avec la longueur d'onde égale à 600nm. Dans le cas où des fines particules du matériau filtrant passent à travers le filtre, il faut décantier le filtrat ainsi obtenu pour ne pas perturber les mesures spectrophotométriques. Cinq séries d'expérience ont été réalisées pour cette étude (Rabarioeliso, 2014).

### 5-1. Détermination de l'influence de la granulométrie sur la filtration.

Cette expérimentation permet de déterminer l'influence de la granulométrie sur la filtration. Cinq filtres ont été réalisés avec de la pouzzolane broyée, tamisée, non activée:

- Le premier filtre est constitué d'une couche de pouzzolane de diamètre:  $4\text{mm} < D \leq 5\text{mm}$ ;
- Le second, d'une couche de pouzzolane de diamètre:  $2\text{mm} < D \leq 4\text{mm}$  ;
- Le troisième, d'une couche de pouzzolane de diamètre:  $1\text{mm} < D \leq 2\text{mm}$  ;
- Le quatrième, d'une couche de pouzzolane de diamètre:  $0.5\text{mm} < D \leq 1\text{mm}$  ;
- Le cinquième, d'une couche de pouzzolane de diamètre:  $D \leq 0.5\text{mm}$ .

### 5-2 Détermination de l'influence de l'activation thermique de la pouzzolane

Cette expérience permet de comparer l'efficacité d'un filtre à pouzzolane activé ou non activé. Le premier filtre est constitué d'une couche de pouzzolane non activée et le second, d'une couche de pouzzolane activée à 500°C (Rakotomavo, 2010).

### 5-3. Détermination de la température d'activation optimum de la pouzzolane

L'objectif cette étude est de déterminer la température d'activation optimum de la pouzzolane. L'expérience consiste à réaliser une série de filtration sur un lit de pouzzolane de granulométrie fixe mais avec différentes températures d'activation.

### 5-4. Détermination de l'influence de la quantité de pouzzolane sur la filtration

Ce paramètre est important pour la conception de l'appareil de filtration car la taille du filtre dépend de la quantité de la pouzzolane utilisée. Dans cette expérimentation, l'épaisseur de la couche du filtre est variée tandis que les autres paramètres sont fixes.

### 5-5 Cycle de vie de la matière filtrant

Le but est de déterminer le nombre d'utilisations du filtre avant que ce dernier ne soit plus efficace. Le déroulement de l'expérience est résumé par la figure 9 ci-dessous.

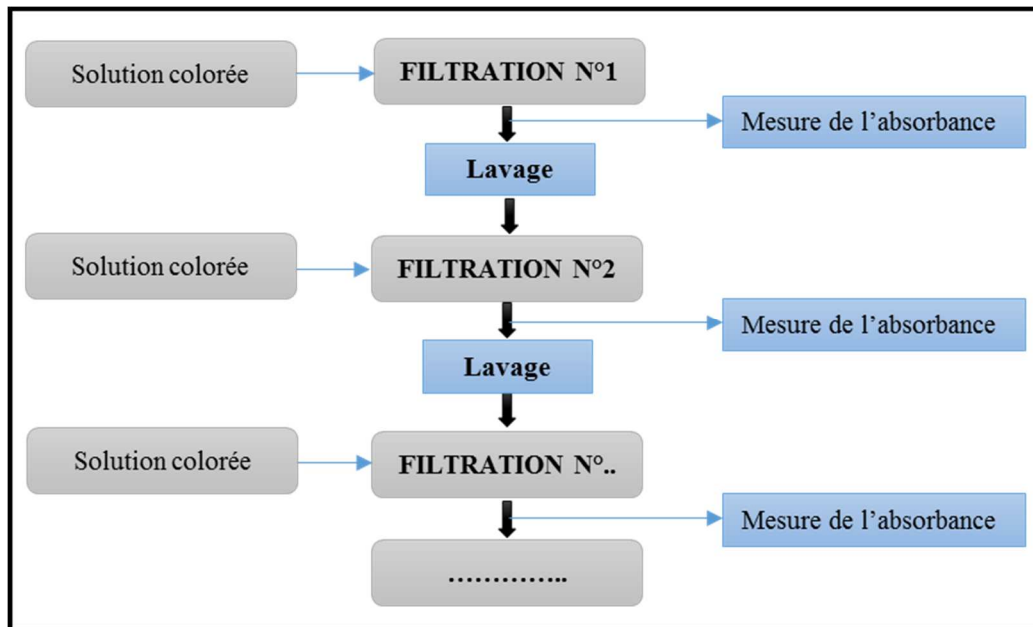


Figure 9: Démarche expérimentale pour la détermination du nombre d'utilisations efficaces du filtre

A chaque opération de filtration, la pouzzolane est lavée dans un récipient rempli d'eau de robinet. Si l'eau est toujours colorée, on renouvelle l'opération jusqu'à obtenir une eau transparente dans la cuvette. En fait, le lavage a pour but d'enlever les produits qui restent à la surface du matériau filtrant.

## 6- RESULTATS

Pour chaque lot, trois essais de filtration différents ont été réalisés. La pouzzolane est à chaque fois remplacée après chaque filtration. Pour chaque échantillon, l'absorbance est mesurée.

### 6-1. Influence de la granulométrie de la pouzzolane (non activée).

Les résultats de l'expérimentation sont présentés sur la figure 10 et sur les tableaux 5 et 6 suivants.

Tableau 5 : Influence de la granulométrie sur le pourcentage de décoloration pour  $D < 0,5\text{mm}$  et  $0,5\text{mm} \leq D < 1\text{mm}$

Granulométrie	$D < 0,5\text{mm}$			$0,5\text{mm} < D < 1\text{mm}$		
N° essais	1	2	3	1	2	3
Absorbances	0,007	0,009	0,007	0,040	0,043	0,046
Concentrations (mg/L)	0,84	1,08	0,84	4,81	5,18	5,54
Pourcentages de décoloration (%)	95,80	94,60	95,80	75,95	74,10	72,30
Débit moyen $\text{mL}\cdot\text{s}^{-1}$	0,32			0,60		

Tableau 6 : Influence de la granulométrie sur le pourcentage de décoloration pour  $1 \text{ mm} \leq D < 2 \text{ mm}$ , et  $2 \text{ mm} \leq D < 4 \text{ mm}$ ,  $4 \text{ mm} \leq D < 5 \text{ mm}$

Granulométrie	1mm<D<2mm			2mm<D<4mm			4mm<D<5mm		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N° essais	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Absorbances	0,091	0,090	0,091	0,094	0,097	0,095	0,101	0,103	0,099
Concentrations (mg/L)	10,97	10,84	10,97	11,32	11,69	11,44	12,16	12,41	11,93
Pourcentages de décoloration (%)	45,15	45,80	45,15	43,40	41,55	42,80	37,95	40,35	39,20
Débit moyen mL.s <sup>-1</sup>	2,30			3,05			4,01		

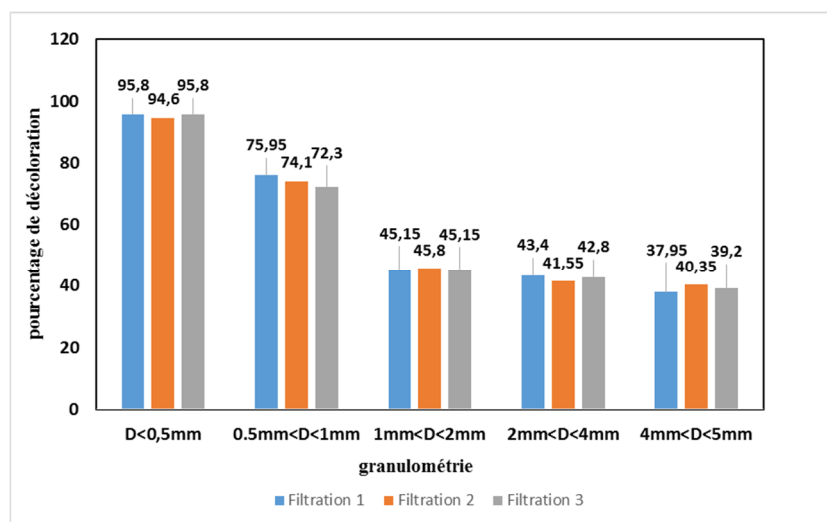


Figure 10 : Influence de la granulométrie sur la décoloration de la solution

La figure 11 suivante présente le débit de filtrat en fonction de la granulométrie de la masse filtrante.

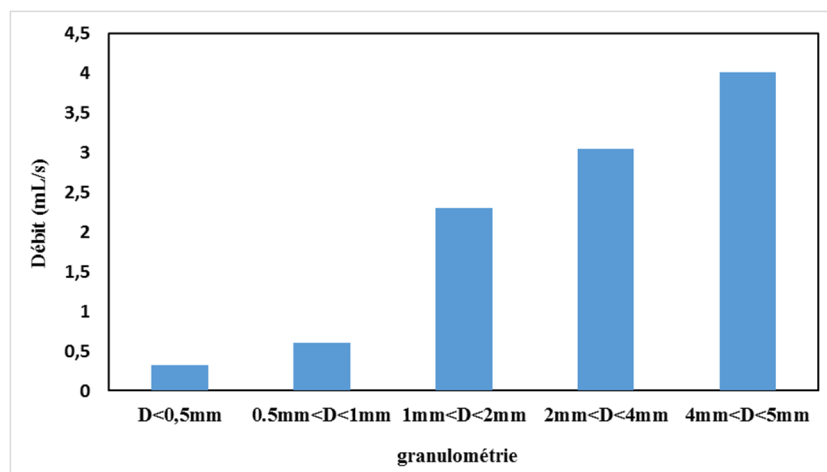


Figure 11 : Débit de filtrat en fonction de la granulométrie de la masse filtrante.

La Figure10 montre la reproductibilité des résultats. Pour chaque lot de taille de particule différente, on constate un débit de filtration élevé sur le lot N°5 ( $4 \text{ mm} < D < 5 \text{ mm}$ ) par rapport aux autres. Ceci s'explique par la porosité élevée du lot et la vitesse d'écoulement devient élevée. Cette augmentation de la vitesse se traduit par une augmentation du débit de filtration.

On remarque aussi que le pourcentage de décoloration augmente lorsqu'on travaille avec des pouzzolanes dont la granulométrie est petite. On peut avoir une décoloration jusqu'à 95,4% lorsque les granulométries de la masse



filtrante est inférieur à 0,5 mm. Ce résultat s'interprète par l'augmentation de la surface spécifique de la pouzzolane lorsque les diamètres des particules diminuent ainsi que l'augmentation du temps de contact entre la solution et la pouzzolane à cause de la valeur du débit qui est faible.

Pour conclure, sur les 5 lots, on peut dire que le lot N°1 ( $D < 0,5\text{mm}$ ) est efficace au niveau adsorption même si le débit de filtration est faible. Dans la suite des expériences, la taille des grains est fixé à  $D < 0,5\text{mm}$ .

### 6-2. Effet de la température d'activation de la pouzzolane sur la filtration.

Dans cette expérimentation, la granulométrie est fixée à  $D < 0,5\text{mm}$ . Pour chaque lot, trois mesures de concentration de colorant dans le filtrat sont effectuées pour assurer la reproductibilité des résultats. Le tableau 7 et la figure 12 représentent les résultats sur l'influence de l'activation de la pouzzolane sur la décoloration de la solution.

Tableau 7 : Influence de la température d'activation de la pouzzolane sur la décoloration de la solution

Pouzzolane	Non activé			Activé à 500°C		
N° essais	1	2	3	1	2	3
Absorbances	0,007	0,009	0,007	0,009	0,008	0,007
Concentrations (mg/L)	0,84	1,08	0,84	1,08	0,96	0,84
Pourcentages de décoloration (%)	95,80	94,60	95,80	94,60	95,20	95,80

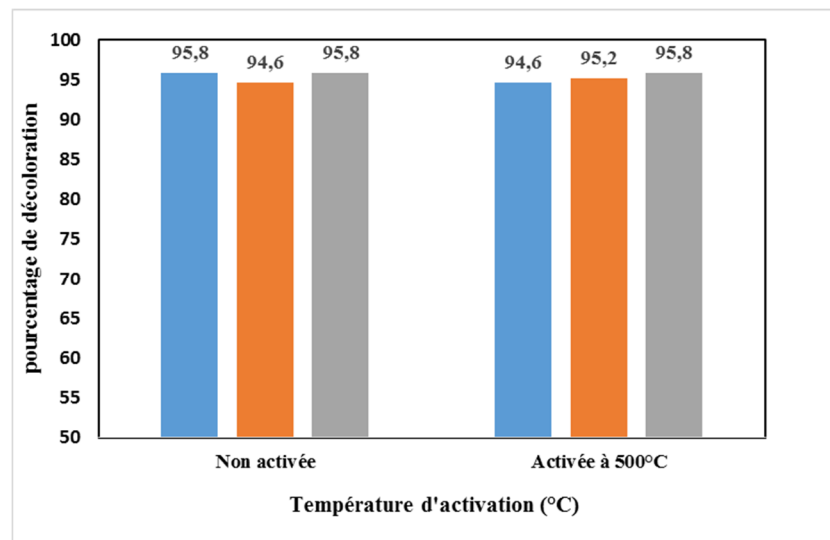


Figure 12 : Influence de l'activation de la pouzzolane la décoloration de la solution

Ces résultats montrent que les valeurs du pourcentage de décoloration pour les deux températures d'activation sont presque égales avec une différence de 0,20%. Cette différence est assez faible pour tirer une conclusion sur l'influence de l'activation de la pouzzolane sur la filtration. Ce qui amène à approfondir l'étude sur la détermination de la température d'activation optimum pour la pouzzolane.

### 6-3. Détermination de la température d'activation optimale

Afin de déterminer la température d'activation optimale, des nouvelles températures intermédiaires : 250°C et 750°C ont été prises. Comme dans les expériences précédentes, trois mesures de concentration (Tableau 8) ont été effectuées pour assurer la reproductibilité des résultats.

Tableau 8 : Résultat de l'activation de la pouzzolane à 250°C et à 750 °C

Pouzzolane	Activé à 250°C			Activé à 750 °C		
	1	2	3	1	2	3
N° essais						
Absorbances	0,000	0,001	0,001	0,135	0,136	0,132
Concentrations (mg/L)	0,00	0,12	0,12	16,20	16,32	15,84
Pourcentages de décoloration (%)	100	99,40	99,40	19,00	18,40	20,80

Les résultats obtenus sont rassemblés sur les figure 13 et 14 suivantes :

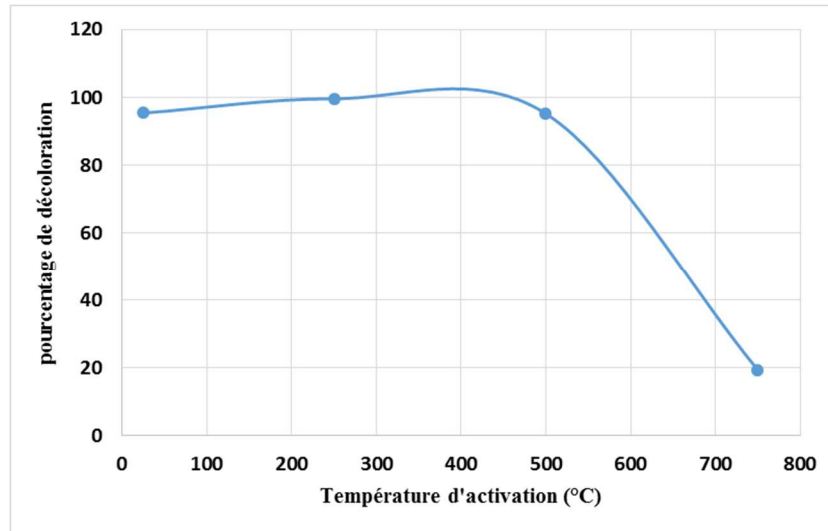


Figure 13 : Détermination de la température d'activation de la pouzzolane

D'après cette courbe, le pourcentage de décoloration est maximal pour une température d'activation de la pouzzolane comprise dans l'intervalle [250°C à 400°C].

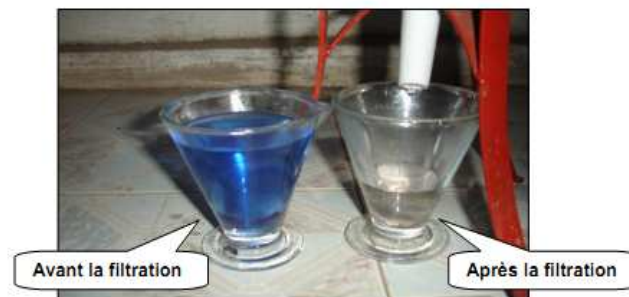


Figure 14 : Photo de la solution avant et après décoloration

#### 6-4. Effet de la quantité de la pouzzolane sur la filtration

Les paramètres suivants sont fixés au cours de cette expérimentation : granulométrie  $D < 0,5$  mm, température d'activation  $T = 250^\circ\text{C}$ . L'objectif de cette expérimentation est de déterminer l'effet de la quantité de la pouzzolane sur la filtration. Les résultats de mesure sont présentés sur le tableau 9.

Tableau 9 : Résultat sur la détermination d'influence de la quantité de la pouzzolane sur la filtration

Epaisseur du lit	6 cm (0,5 kg)			8 cm (0,75 kg)			10 cm (1kg)			15 cm (1,4 kg)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
N° essais												

Absorbances	0.016	0.020	0.019	0.008	0.0085	0.010	0,000	0,001	0,001	0.000	0.001	0.000
Concentrations (mg/L)	1.92	2.40	2.28	0.96	1.02	1.20	0,00	0,12	0,12	0.000	0.012	0.000
Pourcentages de décoloration (%)	90.4	88.0	88.6	95.2	94.9	94.0	100	99,40	99,40	100	99.40	100

En reprenant les résultats précédents, on obtient la figure 15 suivante :

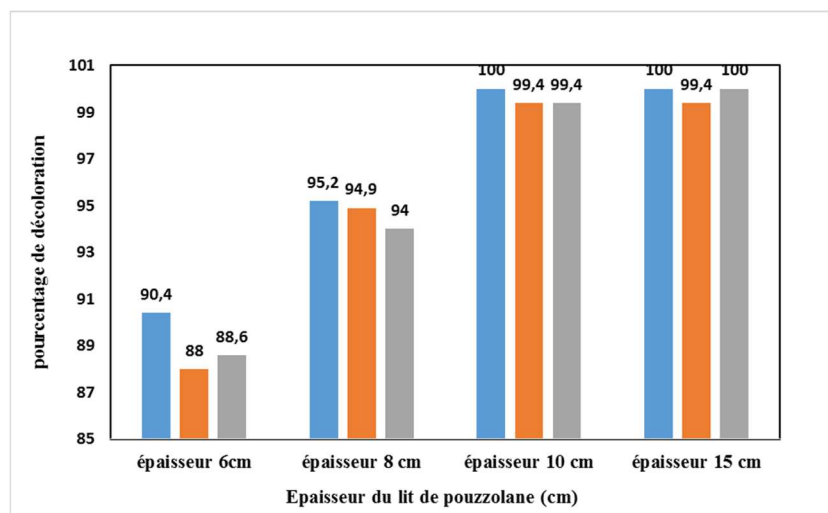


Figure 15 : Pourcentage de décoloration en fonction de la hauteur du lit de la pouzzolane

On constate que plus le filtre est épais plus le résultat est satisfaisant. Autrement dit, la filtration est de plus en plus efficace au fur et à mesure que la masse de la pouzzolane augmente. A partir d'une épaisseur de 10 cm (1kg de pouzzolane), on obtient 99,4% de décoloration et à 15 cm on arrive à 100%. On peut dire que le résultat optimum est à partir de 10 cm.

### 6-5. Cycle de vie du filtre.

Comme toutes les expériences précédentes, la granulométrie de la pouzzolane est fixée à  $D < 0.5\text{mm}$  et la température d'activation est de  $250^\circ\text{C}$ . La méthodologie est déjà présentée dans le paragraphe 5-5. Le tableau 10 et la figure 16 représentent les résultats sur l'étude du cycle de vie du filtre.

Tableau 10 : Résultats sur l'étude du cycle de vie des pouzzolanes

Nombre de filtration	Absorbance	Concentration (mg.L-1)	Pourcentage(%)
1	0,001	0,12	99,44
2	0,007	0,84	95,80
3	0,045	5,40	73,00
4	0,068	8,16	59,20
5	0,099	11,88	40,60
6	0,115	13,80	31,00

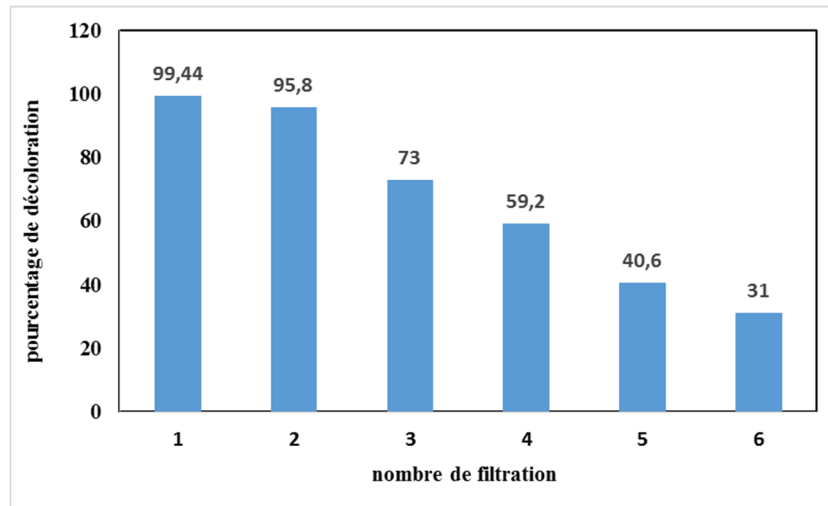


Figure 16 : Décoloration obtenue en fonction du nombre de cycle filtration

On constate que le pourcentage de décoloration diminue à chaque fois que le filtre est recyclé. Après 6 filtrations, le pouvoir de la pouzzolane à décolorer diminue de 60%. En fait, le lavage permet seulement d'enlever les colorants fixés à la surface du matériau filtrant mais ceux adsorbés sont restés à l'intérieur du matériau.

Selon la norme en vigueur pour les industries textiles (Ministères de l'Environnement, 2003), les effluents doivent être transparents, c'est-à-dire un taux de décoloration proche de 100%, pour respecter cette norme, le filtre ne peut pas être utilisé qu'une seule fois.

## 7- CONCLUSION

L'objectif de cette étude est d'étudier la capacité de la pouzzolane à décolorer une solution. Un « effluent modèle » c'est-à-dire une solution colorée préparée à partir de colorant textile est utilisé pour réaliser cette étude. La technique est basée sur une filtration en profondeur en utilisant la pouzzolane comme masse filtrante. Les résultats montrent que la granulométrie et la quantité de la pouzzolane utilisé influe la capacité de décoloration de la pouzzolane. Plus la granulométrie est petit plus le traitement est efficace mais le débit du filtrat est faible. Il existe aussi une quantité minimum de la pouzzolane pour que la décoloration soit maximum. Une étude sur la détermination de la température d'activation est réalisée. Cette température se situe entre 250°C et 400°C. Une étude sur le cycle de vie de la pouzzolane est aussi réalisée. A chaque cycle de filtration, la capacité de décoloration de la pouzzolane diminue au fur et à mesure. Après 6 filtrations successives, cette capacité diminue de 60% de sa capacité initiale.

## 8- BIBLIOGRAPHIE

Boeglin J., (2002) : Traitements physico-chimiques de la pollution soluble - Traitements d'adsorption, Technique de l'ingénieur, G1271.

Centre de recherches d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar, (2009) : Région Vakinankaratra, Antananarivo, Madagascar, [[http://www.monographiemada.com/monographie.php?t=1\\_1&p=1&region\\_code=14&lng=FR](http://www.monographiemada.com/monographie.php?t=1_1&p=1&region_code=14&lng=FR)]

Degrémont SA, (1989) : Mémento technique de l'eau, Tome 1, Tome 2, 9ème édition, Edition du cinquantenaire, Degrémont, Rueil-Malmaison.

Donzé, J., (1988) : Colorants textiles, Technique de l'ingénieur, K350

Ministères de l'Environnement, (2003) : décret N° 2003/464 portant la classification des eaux de surfaces et réglementation des rejets d'effluents liquides, Antananarivo, Madagascar.

Rabarioelisololo, R., H., (2014) : Contribution à l'étude d'un filtre à base de pouzzolane pour la décoloration des eaux usées. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Chimie Appliquée à l'Industrie et Environnement, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Rakotomavo F., H., (2010) : Contribution à l'étude et à l'amélioration des traitements physiques des eaux usées. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Chimie Appliquée à l'Industrie et Environnement, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Randrianarivelo F., I., (2012) : Contribution à l'élaboration de filtre pour eau potable à usage familial. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Chimie Appliquée à l'Industrie et Environnement, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Rasamoela M., F., (2011) : Caractéristiques géotechnique et chimique des pouzzolanes dans la région de Betafo, mémoire d'ingénieur en géologie, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.

Rodier J., Legube B., Merlet N., Brunet R.,(2009) : L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer,. 9ème édition DUNOD, Paris.

Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris, (2006) : Traitement de potabilisation des eaux de surface adsorption sur charbon actif, Paris, France, [[http://step.ipgp.fr/images/0/08/ADSORPTION\\_SUR\\_CHARBON\\_ACTIF.pdf](http://step.ipgp.fr/images/0/08/ADSORPTION_SUR_CHARBON_ACTIF.pdf)].

Wikipedia, (2014) : Pouzzolane, [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pouzzolane>] (consulté le 15/02/2014)