



## ELIMINATION DU VIOLET DU BROMOCRESOL EN SOLUTION AQUEUSE PAR BIOSORPTION SUR UNE BIOMASSE TROPICALE : LA SCIURE DU TRIPLOCHITONSCLEROXYLON (AYOUS)

### REMOVAL OF PURPLE OF BROMOCRESOL FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY BIOSORPTION ON A TROPICAL BIOMASS: THE TRIPLOCHITON SCLEROXYLON (AYUS) SAW

*ABBA P.<sup>1,2,\*</sup>, PENGOU M.<sup>3</sup>, BALKISSOU S.<sup>3</sup>, BADJOUKOUN Y.<sup>2</sup>,  
DELSIA L.J.<sup>2</sup>, DANGA R.<sup>3</sup>, ABDOUL W.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Mineral Chemistry Laboratory, Faculty of Sciences, University of Yaounde I,  
Cameroon

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Higher Teachers' Training College, University of Maroua,  
Cameroon

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Maroua, Cameroon

*abbapaltahe@yahoo.fr*

## RÉSUMÉ

Notre travail a porté sur la biosorption du violet de bromocrésol par la sciure de bois d'ayous. La sciure de bois d'ayous a été traitée par l'acide sulfurique, la soude, l'acétate d'éthyle dans le but de la stabiliser et d'augmenter sa capacité d'adsorption ; ceci nous a permis de déterminer les pH d'équilibre et de charge nulle. La biosorption a été étudiée en fonction du temps de contact, de la masse du biosorbant. L'étude de temps de contact a montré que l'équilibre est atteint au bout de 10 min avec une capacité d'adsorption de 0,56 mg/g, soit un taux d'élimination de 98,96 %. L'étude cinétique a montré que la biosorption du violet de bromocrésol suit mieux le modèle pseudo-second ordre avec le coefficient de corrélation de 0,999. L'étude des isothermes d'adsorption a montré que la biosorption est décrite par le modèle de Langmuir avec un coefficient d'adsorption de 0,990.

**Mots clés :** Biosorption, biosorbant, sciure d'ayous, violet de bromocrésol, cinétique.

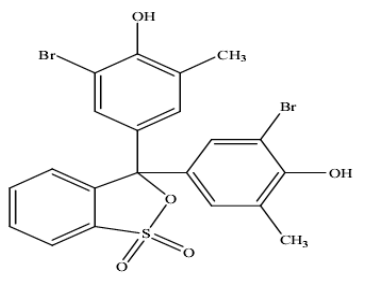
## ABSTRACT

The sawdust of ayous was used as an adsorbent of the removal of purple of bromocrésol from aqueous solutions. The sawdust of ayous was treated by the sulphuric acid, the soda and the acetate of ethyl with an aim of stabilizing it and of increasing its capacity of adsorption; this enabled us to determine the pH of balance, and the pH of zero load. The biosorption was studied according to the time of contact, of the mass of biosorbant. The study of time of contact showed that balance is reached at the end of 10 min with a capacity of adsorption of 0.56 mg/g, that is to say a rate of elimination of 98.96 %. The kinetic study showed that the biosorption of purple of bromocresol follows better the model pseudo-second order with the coefficient of correlation of 0.999. The study of the isotherms of adsorption showed that the biosorption is described by the model of Langmuir with a coefficient of adsorption of 0.990.

**Keywords:** Biosorption, biosorbent, sawdust of ayous, purple of bromocresol, kinetics.

## INTRODUCTION

Le violet de bromocrésol ou pourpre de bromocrésol, ou bromocrésol pourpre ou BCP (de l'anglais bromocrésol purpre), nommé plus complètement « 5,5''-dibromo-o-crésolsulfonephthaleine », est un colorant de la famille des sulfonephthaleines. Sa zone de virage s'étend de pH 5,2 à pH 6,8, passant du jaune au pourpre. Sa formule brute est  $C_{21}H_{16}Br_2O_5S$ . Sa structure est représentée ci-dessous :



**Figure 1 : Structure de violet de bromocrésol**

Le dépouillement des sources publiées a permis de recenser les possibles utilisations pour le pourpre de bromocrésol ou violet de bromocrésol comme indicateur de pH (gamme de pH de 5,2 à 6,8) et réactif analytique dans les essais microbiologiques et biochimiques (AIEPS, 2003-2007). La fiche de données de sécurité (CE), N° 1907/2006 (REACH) avec sa modification (UE) 2015/830 dans la rubrique 2, identifie les dangers des colorants. Ainsi, le pourpre de bromocrésol ou violet de bromocrésol est corrosif et irritant pour la peau, provoquant des lésions oculaires graves et irrite les voies respiratoires.

Une évaluation préalable concernant le pourpre de bromocrésol ou violet de bromocrésol, démontre qu'une fois rejeté dans l'environnement, aura tendance à demeurer dans l'eau. Par conséquent, les effets de cette substance sur l'écosystème aquatique pourraient être préoccupants. Au pH enregistré dans l'environnement (6 à 9), le pourpre de bromocrésol ou violet de bromocrésol sera surtout présent sous forme ionique dans les écosystèmes aquatiques. Comme on s'attend à ce que le produit soit très soluble dans l'eau, les organismes aquatiques pourraient y être exposés (AIEPS, 2003-2007).

Généralement, les effluents des industries textiles, d'impression de papier et la photographie contiennent des résidus des colorants et des produits chimiques (Aboubakar et al, 2017). Cependant l'industrie textile, du fait des colorants qu'elle utilise pour faire la teinture produit de grande quantité d'effluent, qui peut causer des problèmes écologiques sérieux, puisqu'elle contient des composés colorés résultant des colorants défaits aux fibres pendant le processus teignant (Colpini et al., 2008). Les molécules de colorants ont deux composantes principales : le groupement chromophore, responsable de la fabrication de la couleur tels que  $-C=C-$ ,  $-N=N-$  et le groupe auxochrome tel que  $-NH_2$ ,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-SO_3H$  pour solubiliser les molécules et donner l'affinité d'élasticité aux fibres (Colpini et al, 2008 ; Gök et al, 2010). Lorsque ces colorants sont rejetés dans les milieux récepteurs, même à basse concentration, ils peuvent être fortement toxiques et réduire la croissance des bactéries et empêchent la photosynthèse dans la flore aqueuse (Nhameed, 2008 ; Fiorentin et al, 2010) et rendre le sol infertile.

Les colorants sont des molécules récalcitrantes ayant des structures aromatiques complexes, elles sont biologiquement non-biodégradable et d'une toxicité élevée. La plupart des colorants se décompose pour donner des produits dangereux comme  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $HCl$  et peut réduire la photosynthèse (Gupta et al, 2011); il est donc nécessaire d'éliminer ces polluants par des techniques appropriées. Plusieurs techniques sont utilisées, parmi celles-ci la biosorption a retenu notre attention ; elle représente une alternative pour enlever les colorants

des effluents, des sites contaminés ou des rivières. La biosorption consiste à utiliser des biomasses mortes ou inertes ayant la faculté de retenir par adsorption différents contaminants (colorants, métaux lourds, pesticides...) présents dans les effluents liquides.

Face à ce préjudice environnemental, plusieurs procédés de dépollution ont été développés pour éliminer le violet de bromocrésol des effluents industriels ayant comme objectif la protection de l'environnement et l'éventuelle réutilisation des eaux, surtout dans les pays arides. Parmi ces techniques, on cite la réduction suivie d'une précipitation chimique (Ozer et al, 1997), l'échange ionique (Rengaraj et al, 2003), l'osmose inverse (Padilla et Tavani, 1999) et l'adsorption sur charbons actifs commerciaux (Lotfi et Adhoum 2002).

Cependant, la plupart de ces technologies sont coûteuses, surtout lorsqu'elles sont appliquées pour les effluents à haut débit (Achour et al, 2002). Par conséquent, la technique d'adsorption sur les supports biologiques qui sont assez disponibles et bon marché peut être à l'origine d'un processus de dépollution techniquement fiable et surtout économiquement viable. Dans ce contexte, plusieurs travaux de recherche ont été menés ces dernières années dans lesquels toute une panoplie d'adsorbants potentiels a été expérimentée. Parmi ces matrices absorbantes, on cite l'algue verte *Spirogyra* sp. (Gupta et al, 2001), les cônes de pin (Ucun et al, 2002), les semences d'*Ocimum basilicum* (Melo et D'Souza, 2004), des biomasses fongiques (Park et al, 2005), les noyaux des dattes (Khelifi et al. 2016b), les noyaux de mangue (Khelifi et al, 2008) et les déchets d'*Araucaria angustifolia* (Brasil et al, 2006).

L'objectif principal de cette recherche est d'étudier, dans une optique d'optimisation, l'influence de quelques paramètres clés sur la capacité de biosorption du violet de bromocrésol sur une biomasse tropicale très disponible et bon marché, la sciure du bois d'« Ayous » et ce, à partir de solutions aqueuses artificiellement contaminées. Une modélisation des isothermes d'adsorption a été également réalisée afin de comprendre la nature des mécanismes réactionnels mis en jeu lors du présent phénomène de biosorption. Notons que cette biomasse a déjà donné des résultats prometteurs lors d'études d'adsorption des ions cuivriques (Seumo, 2008), des ions mercuriques (Fossog, 2008) et des métaux lourds (Asadi et al, 2008).

## **MATERIELS ET METHODES**

### **Appareillages utilisés**

Lors de nos différentes analyses, nous avons utilisé :

- un agitateur magnétique de marque THERMOLYSE pour agiter la solution avant de réaliser la lecture au spectrophotomètre ;
  - un pH-mètre pour mesurer le pH ;
- un spectrophotomètre de marque (SECOMAM) pour déterminer les concentrations et les absorbances ;
  - une balance numérique pour peser la masse des réactifs solides de marque SARTORIUS ;
- des verreries pour la préparation, le mélange et les mesures de volumes des différentes solutions ;
- une étuve de marque BINDER nous a aidés à sécher nos différents échantillons pour les débarrasser des molécules d'eau ;
  - un four pour la calcination des matériaux.

### **La sciure de bois d'Ayous**

Le matériau utilisé dans le cadre de notre travail est la sciure de bois d'Ayous dont le nom scientifique est triplochiton Scleroxylon. C'est une essence tropicale très abondante, peu dense ( $0,32 \leq d \leq 0,50$ ) et à croissance rapide. Elle appartient à la famille des feuillus qui sont considérés comme des bois durs ; elle est communément utilisée en menuiserie légère (aménagement intérieur, emballage, etc. (Masschelein, 1996). La sciure de bois d'Ayous a été collectée dans une scierie de la ville de Maroua dans la région de l'extrême-nord (Cameoun).

### **Préparation de la biomasse adsorbante**

La préparation des sciures de bois comporte les étapes suivantes :

- le séchage des matériaux a été réalisé au moyen de l'énergie solaire et aussi dans une étuve à 105°C en vue de prévenir une éventuelle altération des propriétés physico-chimiques des matériaux. Plusieurs chercheurs ont pratiqué le séchage modéré des biosorbants, notamment en utilisant l'énergie solaire. A titre d'exemple, des algues vertes et des feuilles de tournesol ont été séchées à l'aide de l'énergie solaire par Ayla (2008) ainsi que Benaïssa et al(2007) respectivement (Benaïssa et Elouchdi, 2007 ; Özer et al, 2008).
- le broyage a été réalisé afin d'obtenir des matériaux homogènes pour le besoin des études de laboratoire, donnant des grains de petite taille, généralement inférieure à 2 mm.

- le lavage a été effectué par mise en contact d'une masse de matériau obtenu après broyage avec une quantité d'eau distillée. La suspension obtenue est agitée à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 24 h. Cette opération a permis l'élimination des résidus de broyage. Après lavage, les matériaux ont été à nouveau séchés à l'étuve à une température de 105°C, jusqu'à l'obtention d'une masse constante.
- le tamisage : les tailles de particules utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur dont la dimension des mailles correspond à un diamètre inférieur ou égal à 0,5 mm. Seuls les grains représentant la masse de matériau qui passe par les mailles de tamis de 0,5 mm ont été considérés pour les essais d'adsorption.

### **Effets de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption**

Deux paramètres physico-chimiques ont été étudiés pour l'adsorption des sciures d'Ayous, il s'agit de : l'effet de masse du biosorbant, l'effet de temps de contact.

#### ***Effet de masse du biosorbant***

Pour étudier l'effet de masse du biosorbant, nous pesons 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, 5 g de sciures de bois brut, à pH d'équilibre 5,89 et nous introduisons chaque masse dans une solution de 50 mL de solution du violet de bromocrésol à  $10^{-5}$  M. Les mélanges sont agités à l'aide d'un agitateur magnétique pendant deux heures. La lecture de l'absorbance se fait à 430 nm.

#### ***Effet du temps de contact***

Ce paramètre permet de mettre en évidence la cinétique du phénomène et surtout de déterminer le temps nécessaire pour que l'équilibre soit atteint. Il est le temps pendant lequel le polluant et l'adsorbant sont en contact. Il permet aussi de déterminer le type de diffusion, la nature des interactions entre l'adsorbant-polluant ainsi que le modèle cinétique correspondant. Pour étudier l'effet de temps de contact, 3 g de biosorbant, à pH d'équilibre 5,89, ont été introduits dans 50 mL de solution du violet de bromocrésol  $10^{-5}$  M ; l'ensemble est homogénéisé sur un agitateur magnétique. Après des intervalles de temps de 5, 10, 15, 20, 25 min, quelques mL de solution sont prélevés à l'aide d'une micro-pipette, puis filtrés à l'aide de papier filtre 0,45  $\mu$ m et analysés par le spectrophotomètre. La capacité d'adsorption ( $Q_e$  en mg/g) et le taux d'élimination (T en %) sont déterminés à partir des équations 1 et 2 :

$$Q_e = (C_o - C_t) V/m \quad (1)$$

$$T(\%) = (C_o - C_t) * 100 / C_o \quad (2)$$

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Caractérisation physico-chimique des biosorbants

#### *Caractéristiques physiques*

Pour une bonne compréhension des propriétés correspondantes et afin d'établir d'éventuelles corrélations entre les matériaux et leurs capacités de rétention des polluants choisis, les techniques de caractérisation physico-chimiques suivantes ont été considérées.

#### *Matières sèches, humidité, teneur en cendre et matières volatiles*

Le tableau 1 ci-dessous présente quelques caractéristiques physiques des différents supports utilisés :

**Tableau 1 : Matières sèches, humidité, cendre et matières volatiles des différents matériaux utilisés**

Matériaux	Matière sèche (%)	Humidité (%)	Cendre (%)	Matière Volatile (%)
SCAY-B	99	1	2,87	97,13
SCAY-AS	96,56	3,44	-	-
SCAY-AE	95,72	4,28	-	-
SCAY-S	97,02	2,98	-	-

D'après ce tableau, nous constatons que le matériau brut sciure d'Ayous brut (SCAY-B) présente un taux en matières sèches de 99% plus élevé que la sciure d'Ayous traité à l'acide sulfurique (SCAY-AS), que la sciure d'Ayous traité à l'acétate d'éthyle (SCAY-AE), que la sciure d'Ayous traité à la soude (SCAY-S), mais un taux d'humidité de 1% inférieur à ces derniers. Cette différence peut être due aux différents traitements et lavage à eau qui ont d'une part, diminué le taux en matières sèches d'Ayous brut et d'autre part, augmenté le taux d'humidité de ces derniers. Les trois matériaux ayant subi plusieurs traitements et lavage à eau ont les teneurs en matières sèches quasiment proches.

#### *Surface spécifique*

Le tableau 2 regroupe les différentes valeurs de la surface spécifique de nos matériaux. Le tableau 2 montre que le traitement de nos matériaux permet d'augmenter leur surface spécifique. Le matériau traité à la soude a une surface spécifique de 313,95 m<sup>2</sup>/g plus élevée suivi de celui traité avec l'acétate d'éthyle 230,23 m<sup>2</sup>/g. Il est à remarquer que le traitement chimique et thermique

(calcination) ont permis d'augmenter significativement la surface spécifique des matériaux traités. Il faut noter que la surface spécifique dépend du diamètre du matériau traité ; plus le diamètre est petit, plus grande est la surface spécifique.

**Tableau 2 : Valeurs de la surface spécifique du matériau.**

Matériaux	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)
SCAY-B	184,19
SCAY-S	313,95
SCAY-AE	230,23
SCAY-AS	205,12

### *Propriétés en milieu aqueux*

#### *pH à l'équilibre*

Le tableau ci-dessous présente des résultats des mesures des différents pH<sub>eq</sub> effectués sur les suspensions des matériaux avec de l'eau distillée :

**Tableau 3 : Valeurs de pH<sub>eq</sub>**

Matériaux	Acétate d'éthyle	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Témoin
pH <sub>eq</sub>	3,56	10,21	1,44	5,89

Le pH d'équilibre de matériau brut est de 5,89 il est clair qu'il est acide. Par la suite, le traitement à l'acide sulfurique et à l'ester (solution acide éthanoïque et éthanol) a fait baisser le pH d'équilibre rendant ces solutions encore plus acides. Ceci est sans doute dû au fait que les solutions utilisées sont acides. Le traitement à la soude fait augmenter le pH de 5,89 à 10,21 ; ce qui explique l'effet de la nature de l'activation effectuée sur ce matériau.

#### *pH de charge nulle*

Le tableau 4 présente les valeurs du pH de charge nulle des différents matériaux.

**Tableau 4 : Valeurs de pH<sub>CN</sub>**

Matériaux	Acétate d'éthyle	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Témoin
pH <sub>CN</sub>	4,2	11,6	2,2	7,0

Au-dessus du pH<sub>CN</sub> la charge extérieure du biosorbant est négative, donc nous pouvons dire que toutes les charges des matériaux sont positifs NaOH car pH<sub>CN</sub> > pH<sub>eq</sub>



### **Comparaison du $pH_{eq}$ et du $pH_{CN}$**

Le tableau 5 montre que les valeurs de pH de charge nulle sont de même ordre de grandeur que les valeurs du pH d'équilibre pour les matières à l'état brut et après traitement.

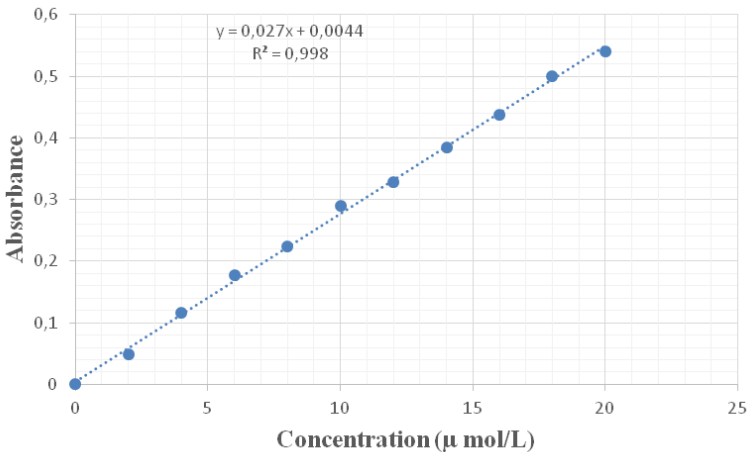
La poudre d'Ayous a une surface à caractère acide dont ce dernier a diminué après un traitement en acide sulfurique et en ester d'où la diminution de pH de charge nulle pour ces deux matériaux. Par ailleurs, l'on peut constater que le traitement à la soude a fait passer le pH de charge nulle de 5,89 à 11,6. Ce qui justifie le caractère basique de l'agent chimique.

**Tableau 5 : Comparaison de  $pH_{eq}$  et de  $pH_{CN}$**

Matériaux	Acétate d'éthyle	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Témoin
$pH_{eq}$	3,56	10,21	1,44	5,89
$pH_{CN}$	4,2	11,6	2,2	7,0

### **Courbe d'étalonnage**

La courbe d'étalonnage du violet de bromocrésol a été obtenue en employant des solutions du violet de bromocrésol de concentration comprises entre de 2 à 20  $\mu\text{mol}$ , avec une solution tampon de pH 4,7. La figure ci-dessous indique une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,998$ .



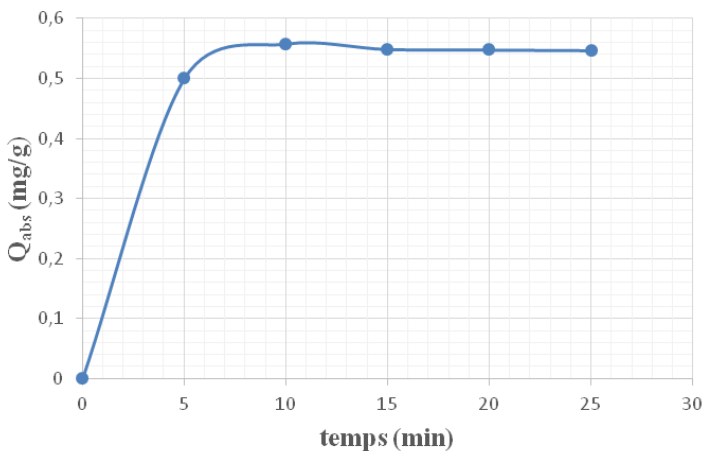
**Figure 2 : Courbe d'étalonnage de VBC**

Il ressort que le coefficient de corrélation obtenu à une valeur très proche de l'unité, on peut donc affirmer que cette méthode permet de déterminer les concentrations résiduelles du violet de bromocrésol en solution.

## Influence de quelques paramètres

### *Influence du temps de contact*

A partir de cette figure 3, nous pouvons dire que la quantité du violet de bromocrésol adsorbée croît avec le temps. L'adsorption du violet de bromocrésol est rapide pendant les 10 premières minutes avant de tendre vers la saturation (palier d'équilibre). Ceci peut s'expliquer par le fait qu'initialement les sites d'adsorption sont vacants, ainsi le polluant a un accès facile à la surface du biosorbant d'où un taux élevé d'adsorption. En outre, du fait que le gradient de concentration de la solution et l'interface liquide-solide est assez élevé au début de la mise en contact des phases solides et liquides expliquerait cette rapidité d'adsorption.



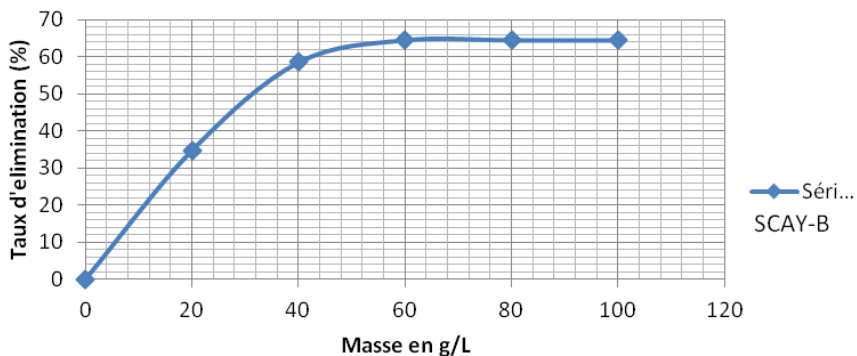
**Figure 3 : Influence du temps de contact**

Après la phase initiale, l'adsorption devient moindre due à une diffusion plus lente des espèces dissoutes à travers les pores de l'adsorbant (Graindorge et Landot, 2007). Nous observons la formation du palier à partir de 10 min d'agitation avec une quantité de violet de bromocrésol adsorbée à l'équilibre de 0,56 mg/g, soit un taux d'élimination d'environ 98,96% ; ce qui traduit l'occupation de la majorité des sites de fixation du polluant. La saturation rapide de SCAY-B serait liée à son caractère hydrophile (Tonlé et al, 2008; Gong et al,

2008 ; Sarioglu et al, 2006 ; Marin, 2001 ; Kenne, 2011). Cependant, le temps de contact fixé à 10 min est très rapide pour ce matériau brut comparé à celui obtenu par Tonlé et al (2008) qui ont atteint un maximum d'adsorption du bleu de méthylène avec l'argile brute après 50 min et Gong et al (2008) ont atteint un maximum d'adsorption du bleu de méthylène avec la sciure brute de *Castanopsis sclerophylla* après 36 heures.

### ***Influence de la masse du biosorbant***

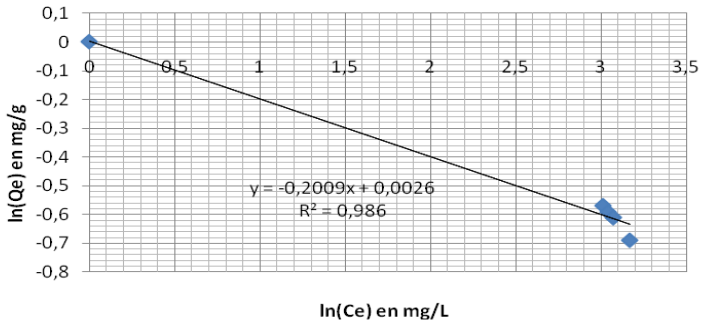
Au regard de la figure 4, nous en déduisons que le taux d'élimination croît avec l'augmentation de la masse. L'optimisation est atteinte pour une masse de 60 g/L pour un taux d'élimination de 64% ; ceci s'explique par le fait que les sites d'adsorption sont saturés, raison pour laquelle nous observons un palier de saturation. Comme le taux d'élimination est supérieur à la moyenne (50%), nous pouvons dire que la sciure de bois est un bon adsorbant.



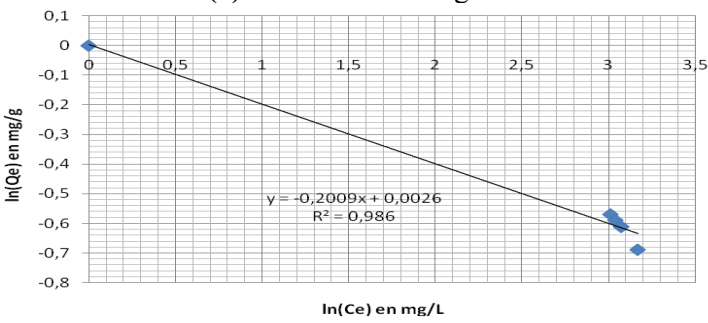
**Figure 4 : Influence de la masse du biosorbant**

### **Isothermes d'adsorption**

La figure 5 présente les modèles basés sur l'hypothèse d'adsorption monocouche à savoir le modèle de Langmuir et celui de Freundlich



(a) Isotherme de Langmuir



(b) Isotherme de Freundlich

**Figure 5 : Linéarisation des isothermes d'adsorption du violet de bromocrésol de SCAYB suivant les modèles de (a) Langmuir et (b) Freundlich**

Cette figure donne les droites moyennes pour les isothermes de Langmuir et de Freundlich. Pour comparer ces isothermes obtenues suivant ces modèles, nous avons regroupés les résultats donnant les différentes constantes dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Constantes relatives aux isothermes de Langmuir et de Freundlich**

Biosorbant	Langmuir			Freundlich		
	$K_L$	$R^2$	$Q_{max}(mg/g)$	$K_F$	$R^2$	$1/n$
SCAY-B	-4,066	0,990	0,528	1,002	0,986	-0,200

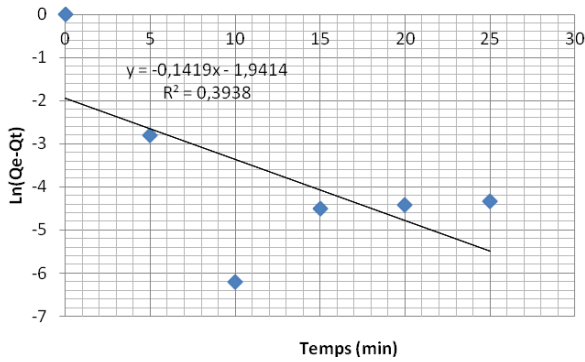
Au regard des résultats obtenus, nous constatons que le coefficient de corrélation du modèle de Langmuir est  $R^2=0,990$  et celui de Freundlich est  $R^2=0,986$ . Ces valeurs sont plus proches de l'unité, nous pouvons dire que cela traduit une adsorption monocouche sur une surface énergétiquement homogène (Tonlé et al, 2008 ; Kenne, 2011).

*Elimination du violet du bromocresol en solution aqueuse par biosorption sur une biomasse tropicale : la sciure du triplachiton scleroxylon (ayous)*

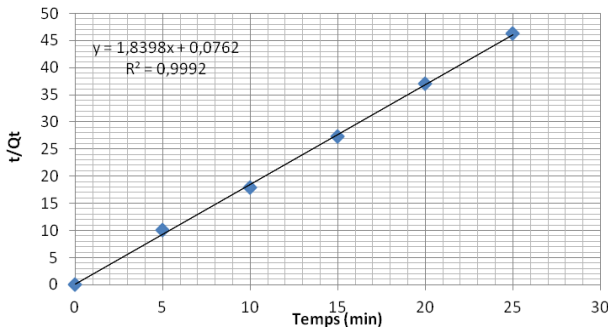
La capacité d'adsorption maximale déterminée à partir du modèle de Langmuir 0,528 mg/g montre que l'adsorption du violet de bromocrésol est importante. En effet Gong et al (2008) ont obtenu une capacité maximale d'adsorption de 0,274 mmol/g pour la sciure brute de Castanopsis sclérophylle sur le bleu de méthylène.

### Modèle cinétique d'adsorption

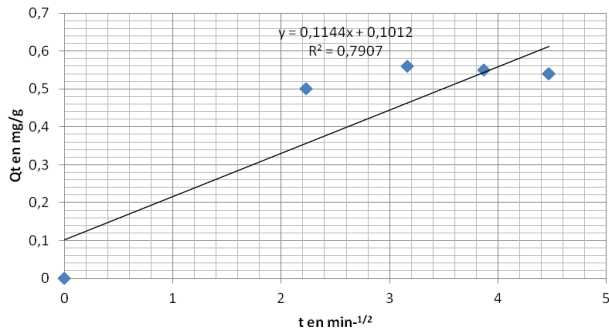
Les modèles cinétiques d'adsorption pseudo-premier ordre, pseudo-second ordre et diffusion intraparticulaire qui nous permettent de déterminer la quantité adsorbée à l'équilibre ainsi que la constante de vitesse sont représentés ci-dessous :



(a) Pseudo-premier ordre



(b) Pseudo-second ordre



(c) Modèle de diffusion intraparticulaire

**Figure 6 : Modèle cinétique d'élimination du violet de bromocrésol (a) Pseudo-premier ordre, (b) Pseudo-second ordre et le modèle de diffusion intraparticulaire**

Cette figure présente les droites moyennes de deux modèles. Les paramètres cinétiques obtenus qui ont été utilisés pour les modélisations présentées sur la figure 6 sont consignés dans le tableau 7 :

**Tableau 7 : Paramètres cinétiques du pseudo-premier ordre, pseudo-second ordre et intraparticulaire**

Biosorbant	Pseudo-premier ordre		Pseudo-second ordre			Paramètre cinétique intraparticulaire		
	R <sup>2</sup>	K <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	K <sub>2</sub>	T <sub>1/2</sub>	Vo	Qe	k <sub>ip</sub>
SCAY-B	0,393	-0,141	0,999	1,839	0,971	0,57	0,56	0,114

Il ressort de ce tableau 7 que, le coefficient de corrélation de SCAY-B pour le pseudo-premier ordre est très éloigné de l'unité, alors que celui du pseudo-second ordre est plus proche de l'unité. Donc nous pouvons affirmer que c'est le modèle cinétique du pseudo-second ordre qui peut mieux déterminer la quantité adsorbée à l'équilibre ainsi que la constante de vitesse. Etant donné que le modèle cinétique du pseudo-second ordre présente une meilleure corrélation pour le biosorbant (R<sup>2</sup> =0,999), ceci confirme l'affinité de la sciure de bois d'Ayous avec le violet de bromocrésol ; c'est généralement le cas pour la biosorption des polluants (Tonlé et al, 2008 ; Kenne, 2011). Nous pouvons affirmer que les molécules adsorbées adhèrent à la surface du biosorbant par une chimisorption (Ho et McKay, 1999). La constante de vitesse de pseudo-second ordre (K<sub>2</sub>), le temps de demi-réaction (T<sub>1/2</sub>) et la vitesse initiale (Vo) montrent que la cinétique sur SCAY-B est plus rapide, Ce qui confirme que SCAY-B présente divers types de sites de fixation. En effet, Vrtoch et Augustin (2009) ont obtenu des constantes de vitesse pour le modèle de pseudo-second

ordre respectivement  $K_2 = 0,05$  g/mmol/min et  $K_2 = 0,02$  g/mmol/min pour le *Rhizopus* sp R-18 et le *Penicillium chrysogenum* (Vrtoch et Augustin, 2009) valeurs inférieures à celles de SCAY-B.

Le modèle de diffusion intraparticulaire permet d'étudier la diffusion du polluant au sein du biosorbant. A travers la figure 10c, nous constatons que la droite ne passe pas par l'origine, ce qui implique que la diffusion ne gouverne pas la biosorption. La constante de diffusion est  $k_{ip} = 0,114$  mg/g/min<sup>1/2</sup> nous pouvons dire que la diffusion est lente.

## CONCLUSION

Notre étude avait pour objectif principal d'utiliser les sciures de bois comme un système bio-adsorbant pour éliminer le violet de bromocrésol dans les effluents des industries textiles ou de la photographie. Ainsi, pour atteindre notre objectif, nous avons soumis la sciure de bois à un traitement chimique dans le but de la stabiliser pour améliorer sa capacité d'adsorption, lequel nous a permis de déterminer le pH d'équilibre et le point de charge nulle dont leur comparaison nous permet de savoir si la charge extérieure de l'adsorbant est positive ou négative. Pour nous renseigner sur la masse réelle du matériau et sa perte en masse, la teneur en matières sèches et le taux d'humidité ainsi que la teneur en matières volatiles et en cendres ont été déterminés y compris la surface spécifique de l'adsorbant.

Après avoir déterminé les conditions opératoires optimales, nous avons testé l'adsorption du violet de bromocrésol sur les sciures de bois d'Ayous à l'état brut en suivant l'effet de masse du biosorbant et l'effet de temps de contact, lesquels nous ont permis de tracer les isothermes d'adsorption.

Les résultats de la biosorption du violet de bromocrésol montrent que le processus est assez rapide car l'équilibre est atteint après 10 min. L'efficacité du biosorbant étudiée à l'état brut dépend des paramètres physico-chimiques étudiés : le temps de contact, la quantité du biosorbant.

Ce processus suit mieux le modèle cinétique de pseudo-second ordre et l'isotherme de type Langmuir. Le phénomène d'adsorption s'effectue par formation d'une monocouche du polluant à la surface du biosorbant et l'étape limitant est la chimisorption. La quantité maximale absorbée  $Q_{max} = 0,52$  mg/g montre que le taux d'adsorption est élevé, soit un taux d'élimination de 98,96%.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOUBAKAR, ABDOUL W., BOUBA L. (2017). Caractérisation des eaux de surface aux alentours d'une Société agro-industrielle de Maroua-Cameroun. Larhyss Journal, N° 29, pp.209-225.
- ACHOUR S., GUERGAZI S., GUESBAYA N., SEGHAIRI N., YOUCEF L. (2002). Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles, Larhyss Journal, N°1, pp.107 – 128.
- AIEPS Artificial Intelligence Expert Prédictive System, (2003-2007) .Version 2.05. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Division des substances existantes, Division des nouvelles substances. Modèle conçu par Stephen Niculescu. Accès : Environnement Canada, Division des substances existantes, Division des nouvelles substances.
- ASADI F., SHARIATMADARI H., MIRGHAFARI N. (2008). Modification of rice hull and sawdust sorption characteristics for remove heavy metals from synthetic solutions and wastewater, Journal of Hazardous Materials., Vol.154, pp. 451-458.
- BENAÏSSA H., ELOUCHDI M.A. (2007). Removal of copper ions from aqueous solutions by dried sunflower leaves, Chemical Engineering and Processing., Vol.46, pp. 614–622
- BRASIL J.L., EV R.R., MILCHAREK C.D., MARTINS L.C., PAVAN F.A., DOS SANTOS A.A., DIAS L.P., DUPONT J., ZAPATA C.P., NORENA E.C.(2006). Statistical design of experiments as a tool for optimizing the batch conditions to Cr(VI) biosorption on Araucaria angustifolia wastes. Journal of Hazardous Materials, B133, pp.143-153.
- COLPINI L.M.S., ALVES H. J., ANDREO DOS SANTOS O. A., COSTA C.M.M, (2008). Discoloration and Degradation of Textile Dye Aqueous Solutions with Titanium Oxide Catalysts Obtained by the Sol-gel Method, Dyes Pigment, Vol.76, pp. 525-529.
- FIORENTIN L.D., TRIGUEROS D.E.G., MODENES A.N., ESPINOZA-QUIÑONES F.R., PEREIRA N.C., BARROS S.T.D., SANTOS O.A.A.(2010). Biosorption of Reactive Blue 5G Dye onto Drying Orange Bagasse in Batch System: Kinetic and Equilibrium Modelling, Chemistry Engineering Journal, Vol.163, pp. 68-77
- FOSSOG V. (2008). Amélioration par modification chimique de la biosorption des ions mercuriques par la sciure du Triplochiton Scleroxylon (Ayous), Mémoire de DEA, Université de Yaoundé I, Cameroun.
- GÖK O., ÖZCAN A.S., ÖZCAN A.,(2010). Adsorption Behaviour of a Textile Dye of Reactive Blue 19 From Aqueous Solutions onto Modified Bentonite, Applied Surface Science, Vol.256, pp. 5439-5443.



*Elimination du violet du bromocresol en solution aqueuse par biosorption sur une biomasse tropicale : la sciure du tripluchitonscleroxylon (ayous)*

- GONG R., LIU X., FENG M., LIANG J., CAI W. and LI N. (2008). Comparative study of methylene blue sorbed on crude and monosodium glutamate functionalized Sawdust, *Journal of Health Science*, Vol.54, pp. 623-628.
- GRAINDORGE J., LANDOT E. (2007). « La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités » Territorial Editions.
- GUPTA V.K., GUPTA B., RASTOGI A., AGARWAL S., NAYAK A. (2011). A Comparative Investigation on Adsorption Performances of Mesoporous Activated Carbon Prepared From Waste Rubber Tire and Activated Carbon for a Hazardous Azo Dye-Acid Blue 113, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.186, pp.891-901.
- GUPTA V.K., SHRIVASTAVA A.K., NEERAJ J. (2001). Biosorption of chromium (VI) from aqueous solutions by green algae *Spirogyra* species. *Water Resource*, Vol.35, pp.4079-4085.
- HO Y.S., MCKAY G. (1999). Pseudo-second order model for sorption process, *process biochemistry*. Vol 34, pp. 456-556.
- KHELIFI O., MEHREZ I., BEN SALAH W., BEN SALAH F., YOUNSI M., NACEF M., AFFOUNE A. M. (2016b). Etude de l'adsorption du Bleu de Méthylène (BM) à partir des solutions aqueuses sur un biosorbant préparé à partir des noyaux de datte Algérienne, *LARHYSS Journal*, N° 28, Issue 4, pp. 135-148.
- KHELIFI O., MEHREZ I., YOUNSI M., NACEF M., AFFOUNE A.M. (2008). Methyl orange adsorption on biosorbent derived from mango seed kernels, *LARHYSS Journal*, N° 36, pp. 145-156
- KENNE G.D. (2011). Biosorption du paraquat par les matériaux lignocellulosiques et élaboration des capteurs électrochimiques à film de sciures de bois, Thèse de doctorat, Université de Yaoundé 1, Cameroun
- LOTFI M. et ADHOUM N. (2002). Modified activated carbon for the removal of copper, zinc, chromium and cyanide from wastewater. *Separation and Purification Technology*, pp.137-146.
- MARIN J. (2001). Elimination de cations métalliques par la sciure de bois d'Epicéa-Valorisation de la sciure par modification chimique et greffage de molécules aux fonctions échangeuses d'ions, Thèse de doctorat, Université de Limoges, France .
- Masschelein W. J. (1996). *Processus unitaires du traitement de l'eau potable*. Édition cebedoc, Paris,
- MELO J.S. et D'SOUZA S.F. (2004). Removal of chromium by mucilaginous seeds of *Ocimum basilicum*. *Bioresource Technology*, Vol.92, 151-155.
- NHAMEED B.H., (2008). Equilibrium and Kinetic Studies of Methyl Violet Sorption by Agricultural Waste, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.154, pp. 204-212

- OZER A ., ALTUNDOGAN H.S., ERDEM M. et TUMEN F.(1997). A study on the Cr(VI) removal from aqueous solutions by steel wool. *Environmental Pollution*, Vol. 97, pp.107-112.
- ÖZER Ayla, GÜRBÜZ GÖRKEM, AYL A C., ALIMLI B., BAHADIR K. (2008). Körbahti, “Investigation of nickel(II) biosorption on *Enteromorpha prolifera*: ptimization using response surface analysis”, *Journal of Hazardous Materials.*, Vol.152, pp.778–788.
- PADILLA A.P. et TAVANI E.L. (1999). Treatment of an industrial effluent by reverse osmosis. *Desalination*, Vol.129, pp.219-226.
- PARK D., YUN Y.S. et PARK J.M. (2005). Use of dead fungal biomass for the detoxification of hexavalent chromium: screening and kinetics. *Process Biochemistry*, Vol.40, pp. 2559-2565.
- RENGARAJ S., JOO C.K., KIM Y. et YI J. (2003). Kinetics of removal of chromium from water and electronic process wastewater by ion exchange resins: 1200H, 1500H and IRN97H. *Journal of Hazardous Materials.* Vol.102,pp. 257-275.
- SARIOGLU M., ATAY U. A.(2006). Removal of methylene blue by using biosolid, *Global Nest Journal.*, Vol.8, pp.113- 120.
- SEUMO P.(2008). Contribution à la valorisation de la sciure d’ayous : Etude de la biosorption des ions cuivriques par la sciure du *TriplochitoScleroroxylon* (Ayous), Mémoire de DEA, Université de Yaoundé I, Cameroun.
- TONLÉ I., NGAMENI E.,TCHEUNO H., TCHIÉDA V., CARTERET C., WALCARIUS A. (2008). Sorption of methylene blue on an organoclay bearing thiol groups and application to electrochemical sensing of the dye, *Talanta.*, Vol.74, pp. 489-497.
- UCUN H ., BAYHAN Y.K., KAYA Y., CAKICI A. et ALGUR O.F.(2002). Biosorption of chromium(VI) from aqueous solution by cone biomass of *Pinus sylvestris*. *Bioresource Technology*, Vol.85, pp. 155-158.
- VRTOCH U., AUGUSTIN J. (2009). Linear and non-linear regression analysis for the biosorption kinetic of methylene blue, *Nova Biotechnologica.*, Vol.9,Issue 2, pp.199-204