



HAL
open science

Décoloration d'une solution aqueuse de Réactif Violet 5 (RV5) par adsorption sur le *Saccharomyces Cerevisiae*

Nelly Ghislaine Rakoto, Rijamanana Andriantefy, Gérard Sarazin, Wilson Rajerison

► **To cite this version:**

Nelly Ghislaine Rakoto, Rijamanana Andriantefy, Gérard Sarazin, Wilson Rajerison. Décoloration d'une solution aqueuse de Réactif Violet 5 (RV5) par adsorption sur le *Saccharomyces Cerevisiae*. 2024. hal-04601433

HAL Id: hal-04601433

<https://hal.science/hal-04601433>

Preprint submitted on 5 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

1 **Titre : Décoloration d'une solution aqueuse de Réactif Violet 5 (RV5) par adsorption sur le *Saccharomyces***
2 ***Cerevisiae***

3 **Title: Decolorization of an aqueous solution of Reagent Violet 5 (RV5) through adsorption on *Saccharomyces***
4 ***Cerevisiae***

5 **Auteurs :** ^{1,2*}Nelly Ghislaine RAKOTO, ²Rijamanana ANDRIANTEFY, ³Gérard SARAZIN, ²Wilson Adolphe
6 RAJERISON,

7 ¹Laboratoire de Chimie de l'Environnement, Mention Procédés et Écologie Industrielle, Domaine Sciences et
8 Technologies, Université d'Antananarivo – BP : 960, Antananarivo Madagascar

9 ²Ecole Doctorale Valorisation des Ressources Naturelles Renouvelables (VRNR) – Domaine Sciences et
10 Technologies – Université d'Antananarivo – BP : 960, Antananarivo Madagascar

11 ³Laboratoire de Géochimie des Eaux – Université Paris-Diderot & Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) -
12 1 rue de Jussieu 75005 Paris. France

13 *Corresponding author: rakotonelly@yahoo.fr or nelly.rakoto@univ-antananarivo.mg

14 **Résumé**

15 Ce travail se concentre sur l'étude de l'adsorption du colorant Réactif Violet 5 (RV5) en solution aqueuse par la
16 levure *Saccharomyces cerevisiae*. En plus des analyses cinétiques et des isothermes d'adsorption, les influences
17 du pH, de la quantité de levure, de la concentration initiale en RV5 et du temps de contact sur l'efficacité du
18 *Saccharomyces cerevisiae* à décolorer l'eau ont été examinées.

19 Le *Saccharomyces cerevisiae* est un adsorbant efficace pour le colorant Réactif Violet 5. Une quantité de 4g de
20 levure est suffisante pour éliminer plus de 90 % de RV5 de l'eau en 60 minutes, à température ambiante en milieu
21 fortement acide (pH=2,7). La décoloration suit le modèle cinétique pseudo-second ordre et l'isotherme
22 d'adsorption est bien décrite par le modèle Langmuir avec une capacité maximale d'adsorption de 65,989 mg de
23 RV5 par gramme de levure.

24 **Mots clés :** *Levure, colorant azoïque, bio adsorption, modélisation, traitement des eaux colorées.*

25 **Abstract:**

26 This work investigates the adsorption process of the dye reactive violet 5 (RV5) from aqueous solution using the
27 yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The study examines the kinetics and adsorption isotherm, alongside evaluating
28 the effects of various parameters such as pH, yeast quantity, initial RV5 concentration and contact time on
29 decolourization efficiency.

30 *Saccharomyces cerevisiae* is an efficient low cost adsorbent for the removal of Reactive violet 5 (RV5) dyes from
31 aqueous solution particularly in environment with low pH (2,7). Using only 4g of this yeast can remove more than
32 90 % of RV5 from water within 60 minutes at room temperature. The decolourization follows pseudo-second
33 order kinetic model and the adsorption isotherm is well described by Langmuir model with a maximum
34 adsorption capacity of 65,989 mg of dyes per gram of yeast.

35 **Key words:** *Yeast, azo dye, bio adsorption, modelling, coloured water treatment*

36 1. Introduction

37 L'industrie textile demeure un pilier important du marché de colorants, elle en utilise pour répondre aux besoins
38 variés des fabricants de vêtements, de tissus d'ameublement et d'autres produits textiles. Dans les années 90,
39 plus de 10 000 molécules de colorants azoïques, appartenant à la classe des colorants synthétiques, ont été
40 commercialisés dans le monde entier (Mansour et al. 2011). Cette prolifération s'explique par leur large gamme
41 de couleurs, leur stabilité chimique, leur facilité d'utilisation et leur coût relativement bas par rapport aux
42 colorants naturels. De plus, leur compatibilité avec une variété de substrats les rend particulièrement intéressant
43 pour de nombreuses applications industrielles.

44 Les colorants azoïques véhiculés par les effluents textiles peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques,
45 peuvent poser des risques sur la santé humaine et détruisent l'esthétique de l'environnement (Mansour et al.
46 2011, Guivarch et Oturan 2004, Bożęcka et al., 2021). La biodégradation de ces colorants azoïques libère des ions
47 nitrates et phosphates sources d'eutrophisation et de sous-oxygénation. L'accumulation des colorants dans les
48 cours d'eau est à l'origine de l'apparition des mauvais goûts et d'odeurs ; la coloration anormale de l'eau réduit
49 la pénétration de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques et la chaîne alimentaire.
50 Les colorants azoïques peuvent être absorbés par les organismes aquatiques, tels que les poissons et les
51 crustacés ; ils s'accumulent dans les tissus des organismes au fil du temps et entraînent des concentrations
52 toxiques dans les organismes en aval de la chaîne alimentaire. La rupture de la liaison azo conduit à la formation
53 des amines aromatiques, produits cancérigènes pour les humains et les animaux.

54 Développer des méthodes efficaces et peu coûteuses pour éliminer ces colorants azoïques s'avère essentiel. Le
55 traitement des eaux colorées par les biomasses offre une alternative attrayante et durable par rapport aux
56 méthodes conventionnelles. L'adsorption par des charbons actifs issus des déchets agricoles repose sur
57 l'utilisation des matériaux de l'agriculture pour piéger et éliminer les contaminants présents dans l'eau. Ces
58 déchets sont soumis à des prétraitements comme le broyage, le lavage ou la modification chimique pour
59 augmenter leur efficacité. La coque de graine de palmiste activée par l'acide phosphorique puis exposée à 400°C
60 pendant trois heures adsorbe plus de 80% de l'orange de méthyle en milieu aqueux (Narcisse et al., 2018). Les
61 graines de *Cucumeropsis mannii* Naudin est un bioadsorbant efficace pour éliminer les colorants
62 particulièrement le Bleu de Méthylène dans l'eau (Kifuani et al. 2018). Les fibres de *Posidonia Oceanica* L.
63 prétraitées pourraient être utilisées comme un matériau adsorbant efficace pour éliminer les colorants des
64 solutions aqueuses (Mahjoub et al., 2008). Les feuilles séchées et broyées de *Pistia stratiotes* sont également
65 performantes dans l'adsorption du Pb (Volf et al., 2015). L'élimination des colorants biologiques exploitent les
66 capacités des microorganismes, des enzymes et des champignons pour éliminer les colorants des solutions
67 aqueuses (Tang et al. 2022). La décoloration par les bactéries permet d'éliminer plus de 90% des colorants après
68 48 heures (Bożęcka et al., 2021). Les bactéries peuvent dégrader une large gamme de colorants, comme le rouge
69 de méthyle, le bleu réactif 59, le rouge réactif, le vert naphthol B, le noir acide 24, le bleu marine remazol, le rouge
70 congo et le jaune métanil. Elles peuvent atteindre une efficacité de décoloration allant de 75% à 100% pour une
71 durée de décoloration allant de 2 heures à 96 heures. Les bactéries *Sphingomonas paucimobilis*, *Nesterenkonia*
72 *lacusekhoensis* et *Lysinibacillus fusiformis* ont la capacité d'atteindre plus de 95 % de décoloration du rouge de
73 méthyle méthyle (Noraini et al. 2012, Prabhakar et al., 2022, Dogan et al. 2013).

74 Ce travail est focalisé sur l'étude de l'efficacité de la levure *Saccharomyces cerevisiae* dans l'adsorption du réactif
75 violet 5, colorant azoïque, en solution aqueuse. Les informations obtenues seront précieuses pour le
76 développement de nouvelles stratégies de traitement des eaux contaminées par des colorants et contribuent à
77 la recherche de solutions durables et efficaces pour atténuer les impacts environnementaux des colorants dans
78 l'eau.

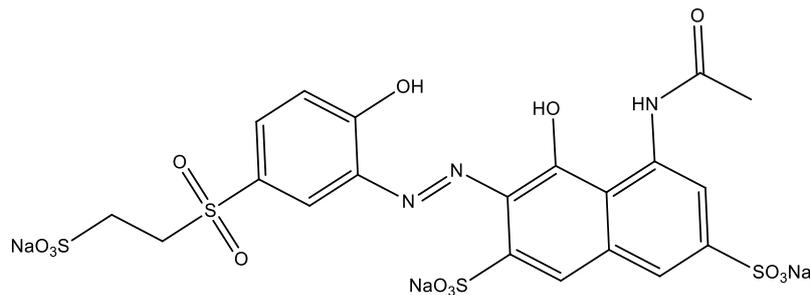
79 **2. Matériels et méthodes**

80 **2.1. Bio-adsorbant**

81 La levure boulangère Baker's yeast de LESAFFRE, dénommée *Saccharomyces Cerevisiae*, a été utilisé comme
82 bioadsorbant. Elle est un organisme aéro-anaérobie capable de vivre et de se développer dans des
83 environnements à la fois avec et sans oxygène. La levure a été exposée à une température de 120°C pendant 15
84 minutes afin de la stériliser tout en préservant sa viabilité et ses propriétés. La quantité de *Saccharomyces*
85 *cerevisiae* a été acclimatée à la température ambiante avant toute utilisation.

86 2.2. Réactif violet 5

87 Le colorant réactif violet RV5, dénommé trisodium (3Z)-5-acetamido-3-[[2-hydroxy-5-
88 (2sulfonatooxyethylsulfonyl) phényl]hydrazinylidene]-4-oxonaphtalene-2,7-disulfonate, a été fourni par
89 Madagascar Chimie Industrielle (MCI) (figure 1). Sa masse moléculaire et sa solubilité dans l'eau à 20°C sont
90 respectivement de 735,6 g.mol⁻¹ et 50 g.L⁻¹. Une solution mère de colorant (1g.L⁻¹) a été préparée dans l'eau
91 distillée et utilisée durant toutes les expériences.



92

93

Figure 1 : Structure chimique de Reactive violet 5

94 2.3. Expériences de bioadsorption

95 L'expérience de bioadsorption a été réalisée selon la technique en batch. Une quantité mesurée de levure a été
96 mélangé avec 50 ml de solution aqueuse de RV5 de concentration connue dans 100 ml de verre en polyéthylène.
97 Une agitation intermittente du mélange a été effectuée jusqu'à la dissolution complète de la levure. Le mélange
98 est ensuite laissé au repos à la température ambiante pour permettre au processus d'adsorption de se dérouler
99 naturellement. L'expérience d'adsorption est terminée lorsque l'équilibre, séparation perceptible de la phase
100 solide et de la phase liquide, soit atteint.

101 La détermination du pH optimal a été réalisé sur cinq lots à trois réplicas de solution colorée de 50 mg.l⁻¹ dont le
102 pH a été ajusté à 2,7 – 3,8 – 4,2 – 5,1 et 6,7 avec HCl à 0,1 mol L⁻¹. Une masse de 0,2 g de levure a été mélangée
103 avec chaque solution préparée.

104 L'effet de la quantité de biomasse a été étudié sur quatre lots à trois réplicas de solution colorée de concentration
105 50 mg.L^{-1} en fixant le pH à l'optimum. Les quatre lots ont été traités par 2 g.L^{-1} – 4 g.L^{-1} – 6 g.L^{-1} et 8 g.L^{-1} de levure.
106 L'influence de la concentration initiale en RV5 a été examinée en considérant cinq lots à trois réplicas. Ces lots
107 ont une concentration en colorant compris entre 10 mg.L^{-1} et 200 mg.L^{-1} acidifié au pH optimal et mélangé avec
108 la quantité optimale de bio adsorbant.
109 Pour les études cinétiques, une quantité fixe de levure (masse optimale) a été mélangée avec 50 ml de solution
110 colorée en RV5 à la concentration optimale et au pH optimal. Les temps de contact considérés varient d'une
111 heure à six heures.
112 Après les expériences d'adsorption, la phase liquide et la phase solide se sont séparées et les concentrations en
113 colorants RV5 restantes dans la phase liquide ont été déterminées respectivement à 625 nm à l'aide d'un
114 spectrophotomètre visible (VWR V 1200 spectrophotometer).

115 **2.4. Traitement des données**

116 L'efficacité de la levure à éliminer les colorants RV5 a été évaluée en tenant compte de la quantité en masse de
117 colorant fixée par la biomasse et le pourcentage de RV5 éliminé selon les relations (1 et 2)

$$118 \quad q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \quad (1)$$

119 Avec q_e : Quantité de colorant fixé à l'équilibre (mg.g^{-1})

120 C_0 : Concentration initiale du colorant (mg.L^{-1})

121 C_e : Concentration du colorant à l'équilibre (mg.L^{-1})

122 V : Volume de la solution (L) et m : masse de l'adsorbant (g)

123 Pour l'étude cinétique, l'équation de q_t représentant la quantité de l'adsorbât fixée à l'instant t (mg.g^{-1}) est
124 obtenue en remplaçant C_e dans l'équation 1 par C_t : concentration d'adsorbât à l'instant t (mg.L^{-1}). Le taux
125 d'élimination est exprimé comme suit :

$$126 \quad R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_e} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

127 C_0 : Concentration initiale du colorant (mg.L^{-1})

128 C_e : Concentration du colorant à l'équilibre (mg.L^{-1})

129 **2.5. Analyse cinétique**

130 Les modèles cinétiques de pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre ont été utilisés pour analyser les
 131 processus d'adsorption des colorants RV5 par les levures. Le modèle cinétique pseudo-premier ordre suppose
 132 que la vitesse de réaction d'adsorption dépend uniquement de la concentration des sites actifs disponibles sur
 133 les levures, elle est proportionnelle à la différence entre la capacité d'adsorption à l'équilibre et la concentration
 134 de colorant à un instant donné. Mathématiquement, le modèle est exprimé par l'équation différentielle (3) dont
 135 l'intégration donne généralement une forme linéaire (4). Le modèle cinétique de pseudo – second ordre suppose
 136 que la vitesse de réaction d'adsorption dépend de la concentration des sites actifs de la levure ainsi que de la
 137 concentration des colorants. Ce modèle est généralement représenté par l'équation différentielle (5) dont
 138 l'intégration est souvent une équation linéaire en t et en q (6).

$$139 \quad \frac{dq}{dt} = k_1(qe - qt) \quad (3)$$

$$140 \quad \log(qe - qt) = \log qe - \frac{k_1 t}{2,303} \quad (4)$$

$$141 \quad \frac{dq}{dt} = k_2(qe - qt)^2 \quad (5)$$

$$142 \quad \frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{t}{qe} \quad (6)$$

143 Où qt est la quantité de colorants adsorbée à un temps donné (mg.g⁻¹), qe est la quantité de colorants adsorbé à
 144 l'équilibre (mg.g⁻¹), t est le temps de contact en minutes, k₂ est la constante de vitesse de pseudo – second ordre,
 145 k₁ est la constante de vitesse de pseudo – premier ordre.

146 **2.6. Analyse de l'isotherme d'adsorption**

147 Les modèles isothermes Langmuir et Freundlich ont été testés pour évaluer la capacité des biomatériaux comme
 148 la levure à adsorber le colorant RV5 et pour optimiser les conditions de biosorption pour maximiser l'élimination
 149 des colorants.

150 Le modèle de Langmuir décrit l'adsorption en couche monomoléculaire (mono couche) sur une surface
 151 homogène. Il peut être approprié pour des systèmes où la surface du biosorbant est relativement uniforme. Ce
 152 modèle considère tous les sites d'adsorption équivalents et indépendants ; Une fois qu'un site est occupé par
 153 une molécule, aucune autre molécule ne peut s'adsorber sur ce site. La forme linéaire du modèle Langmuir est
 154 décrite par l'équation (7) :

$$155 \quad \frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max}} + \frac{1}{q_{max}K_L} \times \frac{1}{C} \quad (7)$$

156
$$R_L = \frac{1}{1+K_L \times C_0} \quad (8)$$

157 Où q : quantité de colorant adsorbé (mg.g⁻¹) ; q_{max} : la quantité adsorbée à la saturation (mg.g⁻¹) ; C :
 158 Concentration du colorant (mg.L⁻¹) ; K_L : Constante d'équilibre d'adsorption dépendant de la température et des
 159 conditions expérimentales (L/mg) ; lorsque l'adsorption suit le modèle Langmuir, le tracé de 1/q en fonction de
 160 1/C (1 /q = f(1/C) est une droite de pente 1/(q_{max}.K_L) et d'ordonnée à l'origine 1/q_{max}.

161 Le nombre adimensionnel de Hall R_L (8), également connu sous le nom de facteur de séparation ou facteur
 162 d'équilibre, représente l'inverse du produit de la constante d'équilibre de Langmuir et la concentration initiale de
 163 colorant. Les valeurs de R_L indiquent le type d'isotherme : l'adsorption est irréversible si R_L est égal à zéro,
 164 favorable s'il est compris entre zéro et un, linéaire si RL est égale à un et défavorable si RL est supérieur à un.

165 Freundlich considère qu'il y a différents types de sites d'adsorption d'énergie différente, distribués selon la loi
 166 exponentielle en fonction de la chaleur d'adsorption. Cette distribution d'énergie s'explique par une
 167 hétérogénéité des sites. Le modèle Freundlich est plus flexible, il permet une adsorption multicouche sur une
 168 surface hétérogène. L'équation de Freundlich (9) a été testée pour modéliser l'adsorption des colorants sur les
 169 cellules de levure.

170
$$\ln q = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C \quad (9)$$

171 La constante K_F de Freundlich est une mesure de la capacité d'adsorption de la levure. Plus la valeur de K_F est
 172 élevée, plus l'adsorbant est efficace pour adsorber le colorant. Le paramètre n indique l'intensité de l'adsorption,
 173 reflétant l'hétérogénéité de la surface de l'adsorbant. Une valeur élevée de n indique une forte adsorption à
 174 faibles concentrations de soluté, tandis qu'une valeur proche de un suggère une adsorption linéaire et une
 175 surface relativement homogène.

176 **2.7. Validation des modèles**

177 A part le coefficient de corrélation R², le test Khi-deux χ² (10) et l'Erreur Relative Moyenne (ERM) ont été utilisés
 178 pour valider un modèle théorique d'adsorption. Le test Khi-deux χ² permet d'évaluer à quel point les valeurs
 179 observées diffèrent des valeurs attendues. Plus précisément, il calcule la somme des écarts au carré entre les
 180 valeurs expérimentales et les valeurs théoriques divisée par les valeurs théoriques. Un χ² faible indique une
 181 bonne concordance entre les données expérimentales et les prédictions théoriques.

182
$$\chi^2 = \sum \frac{(V_{exp} - V_{cal})^2}{V_{cal}} \quad (10)$$

183 OÙ V_{exp} est valeur expérimentale et V_{cal} est la valeur calculée à partir du modèle mathématique.
 184 L'ERM, exprimée en pourcentage (11), calcule la moyenne des écarts relatifs entre les valeurs expérimentales et
 185 les valeurs prédites par le modèle. Une ERM faible indique une bonne concordance entre les données
 186 expérimentales et les prédictions du modèle.

$$187 \quad \text{ERM (\%)} = \frac{100}{N_{exp}} \sum_0^{N_{exp}} \frac{|V_{exp} - V_{cal}|}{V_{exp}} \quad (11)$$

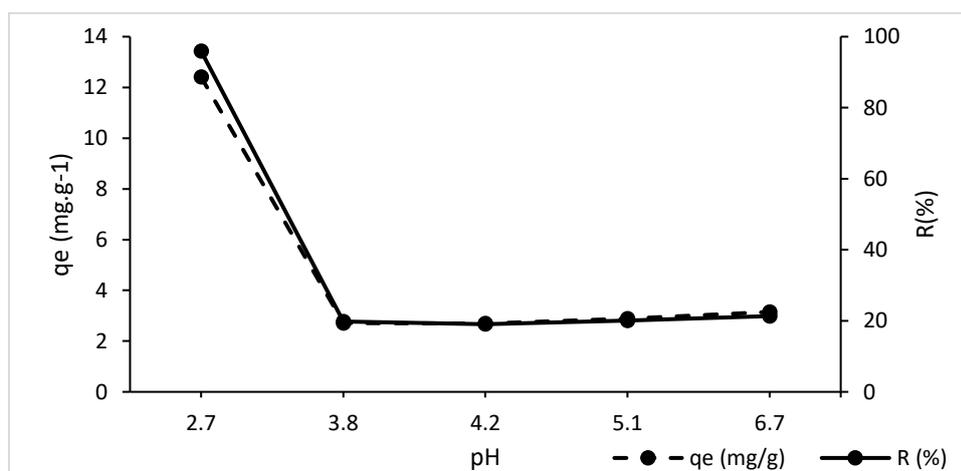
188 Le modèle cinétique d'adsorption le plus performant est celui qui possède un coefficient de corrélation élevé,
 189 une ERM faible et un χ^2 faible.

190 3. Résultats et discussion

191 3.1. Effet du pH initial

192 Le pH initial est un paramètre important dans le processus de bioadsorption. Il peut influencer à la fois la forme
 193 ionique du colorant dans la solution et la charge superficielle du bioadsorbant. Certains colorants peuvent être
 194 présents sous forme anionique ou cationique selon le pH de la solution. Le signe de la forme ionique détermine
 195 comment le colorant interagit avec le bioadsorbant.

196 Il est nécessaire d'ajuster le pH à l'optimum permettant d'atteindre l'équilibre entre la solubilité du colorant, la
 197 charge du bioadsorbant et la compétition avec d'autres espèces chimiques présentes dans la solution. Dans cette
 198 étude, l'effet du pH initial de la solution sur la quantité d'adsorbât fixée à l'équilibre a été examiné entre 2,7 et
 199 6,7 et les résultats sont résumés dans la figure 2.

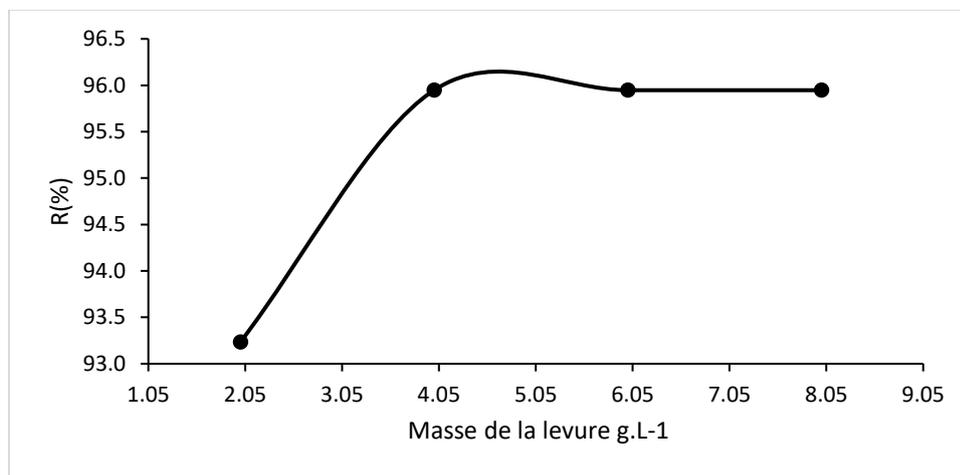


200
 201 **Figure 2 : Effet du pH de la solution sur la biosorption de Reactive Violet 5 par *Saccharomyces cerevisiae***
 202 **(concentration initiale : 50 mg/L ; concentration de la biomasse : 4 g/L.**

203 La capacité d'absorption de colorant RV5 par le *S. cerevisiae* est plus élevée au pH acide avec un taux d'élimination
204 égal à 96 %. Au-delà de cette valeur, ce taux diminue puis reste quasi-constant. La surface de la levure est
205 protonée à faible valeur de pH, ce qui favorise ainsi l'attraction électrostatique et l'adsorption des colorants ;
206 Comparé à d'autres groupements, les aminés (fonction caractéristique des colorants azoïques) sont plus actives
207 dans l'absorption des contaminants en créant des charges positives sur la levure. Les groupements carboxyles et
208 phosphonate quant à eux donnent des charges négatives (Moyo et al. 2012, Zahmatkesh Anbarani et al., 2023,
209 Peng et al. 2010).

210 3.2. Effet de la masse de bioadsorbant

211 L'influence de la quantité de levure *S. cerevisiae* sur l'adsorption du RV5 a été étudiée en utilisant différentes
212 quantités de levure entre 2 g.L^{-1} – 4 g.L^{-1} – 6 g.L^{-1} et 8 g.L^{-1} . Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 3.



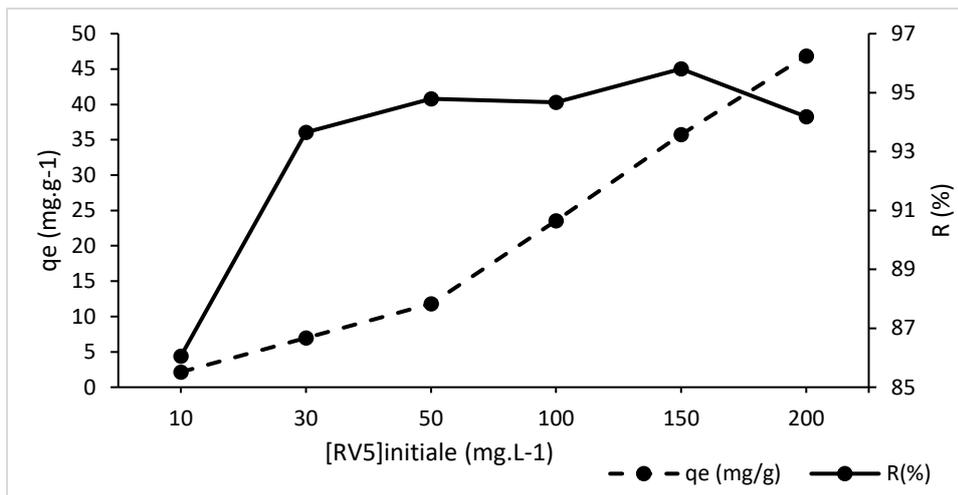
213

214 **Figure 3 : Effet de la dose de la biomasse sur la biosorption de Reactive Violet 5 (concentration initiale : 50**
215 **mg/l ; pH=2.7)**

216 La capacité totale d'adsorption de RV5 est maximale en utilisant 4 g.L^{-1} de levure. L'utilisation d'une quantité
217 élevée de levure augmente le nombre de site de liaison disponible pour le colorant (Singh 2014). Toutefois, une
218 quantité excessive de bioadsorbant peut entraîner une agglomération ce qui pourrait réduire l'accessibilité des
219 sites d'adsorption et ainsi limiter l'efficacité du processus. Dans ce cas, la courbe atteint un plateau ; ajouter plus
220 de bioadsorbant ne mènera plus à une augmentation significative de l'adsorption. La quantité optimale de
221 bioadsorbant pour maximiser l'adsorption est de 4 g.L^{-1} , respecter cette limite optimale permet de ne gaspiller
222 des matériaux.

223 3.3. Effet de la concentration en RV5 initiale

224 L'augmentation de la concentration initiale du colorant dans le processus de bioadsorption peut accroître la
 225 capacité d'adsorption mais elle peut également réduire l'efficacité d'adsorption globale et entraîner une
 226 saturation précoce des sites d'adsorption. Dans cette partie, l'étude de l'influence des concentrations initiales
 227 en colorants a été effectuée entre 9,19 et 26,16 mg de colorant par litre. Les résultats sont reportés dans la figure
 228 4.



229

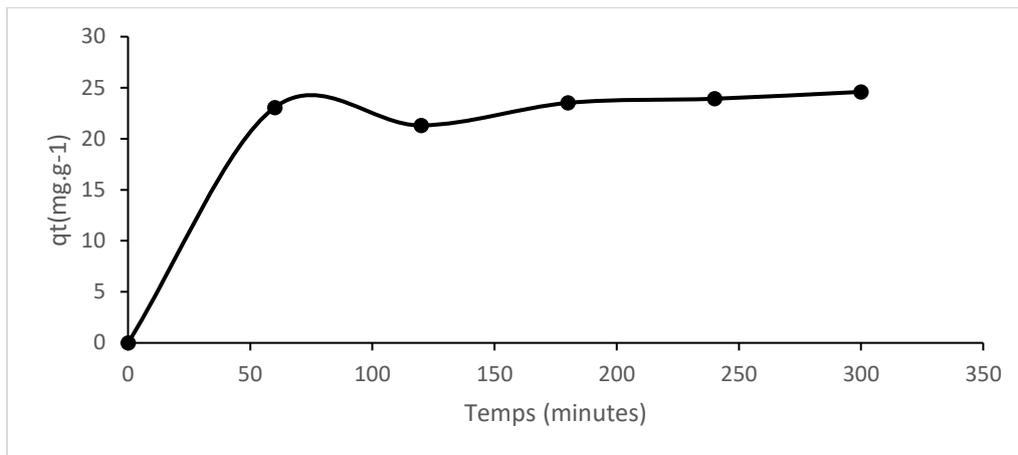
230 **Figure 4 : Effet de la concentration initiale en Reactive Violet 5, pH=2.7 ; dose de la biomasse=4 g/l**

231 Lorsque la concentration du RV5 dans la solution est relativement faible ($[RV5] < 150 \text{ mg.l}^{-1}$), il existe
 232 suffisamment de sites de liaison disponible sur la surface de la levure pour adsorber les colorants. Une fois que
 233 tous les sites sont occupés par les molécules de colorant, la saturation est atteinte. A ce stade, même si la
 234 concentration en RV5 augmente, aucune molécule ne peut plus être adsorbée, la courbe d'adsorption présente
 235 une légère diminution du taux d'élimination, indiquant l'atteinte de la capacité maximale d'adsorption. La
 236 concentration initiale optimale en RV5 est de 150 mg.L^{-1} .

237 3.4. Effet du temps de contact

238 Le temps de contact est un paramètre fondamental dans les études cinétiques. La courbe d'évolution de
 239 l'adsorption du colorant RV5 par la levure montre deux phases (figure 5). La première apparaît durant les soixante
 240 premières minutes ; une prolongation du temps de contact favorise l'interaction entre le site de liaison de la
 241 levure et les colorants ; l'adsorption par la levure est rapide et efficace. Le colorant est plus adsorbé que désorbé.
 242 La deuxième phase est caractérisée par une faible variation de la quantité de colorant adsorbé par unité de masse
 243 de levure ; tous les sites de liaison disponibles sont occupés par les molécules de colorants. Cette phase

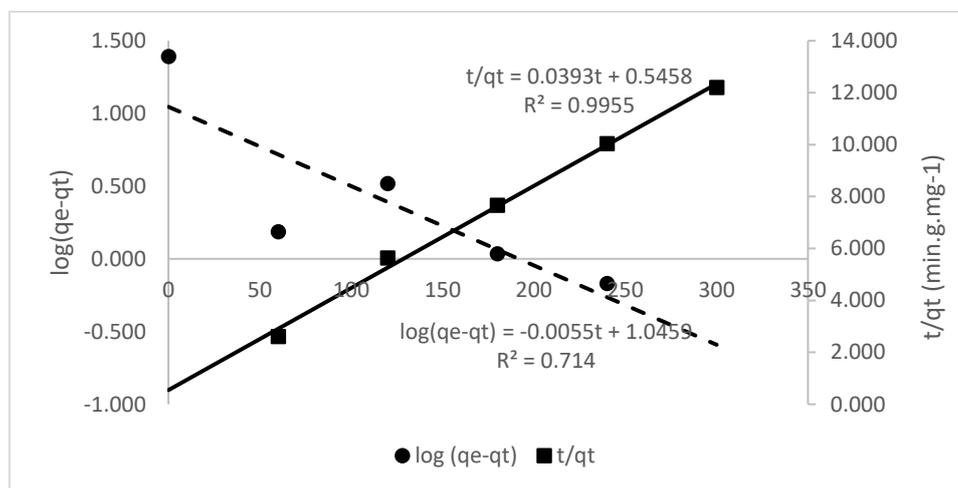
244 correspond à l'adsorption lente du colorant RV5 indiquant l'atteinte de l'équilibre. Selon les données
 245 expérimentales, un temps de contact d'au moins 60 minutes est requis pour l'adsorption efficace du RV5.



246
 247 **Figure 5 : Effet du temps de contact sur la biosorption de Reactive Violet 5 à pH=2.7 ; dose de la biomasse= 4**
 248 **g.L⁻¹**

249 **3.5. Cinétique d'adsorption**

250 Les représentations graphiques des modèle pseudo-premier ordre et pseudo-second ordre pour l'adsorption du
 251 colorant RV5 par la levure sont illustrées dans la figure 6. Les valeurs des paramètres cinétiques sont résumées
 252 dans le tableau 1.



253
 254 **Figure 6 : Cinétique pseudo-premier ordre ($\log(qe-qt)=f(t)$) et pseudo-second ordre ($t/qt = f(t)$) pour**
 255 **l'adsorption de RV5**

qe, exp (mg.g-1) = 24,594		
	Pseudo-Premier Ordre	Pseudo-Second Ordre

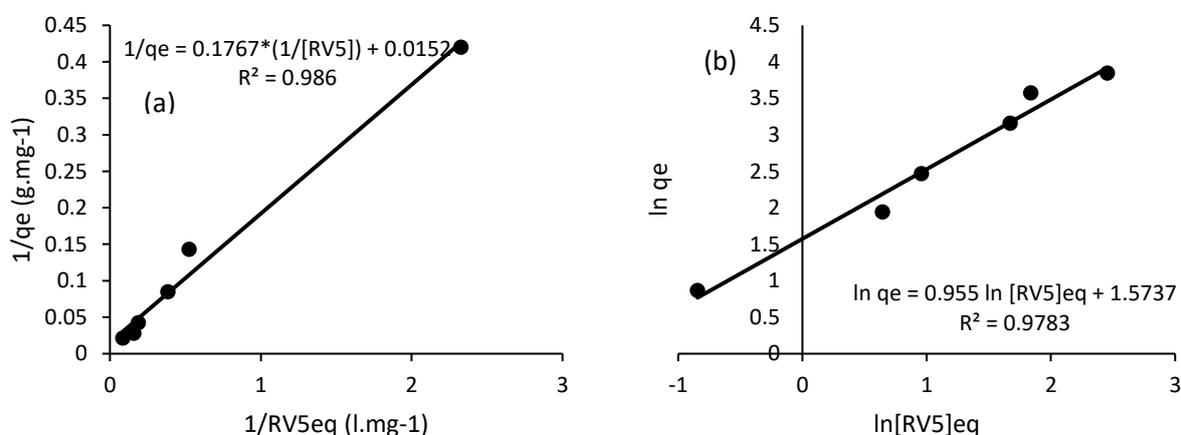
q_e, calculé (mg.g⁻¹)	11,117	24.445
k₁ (min⁻¹)	0,012	0,002
R²	0,7141	0,9955
χ²	16,338	0,028
ERM	54,79	3,45

256 **Tableau 1 : Paramètres cinétiques pour l'adsorption des colorants RV5 par la levure**

257 Le modèle cinétique pseudo – second ordre est capable de représenter les données expérimentales lors de
 258 l'adsorption du colorant RV5 par la levure. Les quantités de RV5 adsorbés, valeur expérimentale : q_e, exp (24.594
 259 mg/g) et valeur calculée : q_e, Calc (24.445 mg/g), sont très proches. En plus du coefficient de corrélation élevé
 260 (0.9955), les valeurs de χ² (0.028) et ERM (3.45) sont faibles, ce qui renforce la validité de ce modèle.

261 3.6. Isotherme d'adsorption

262 Les figures 7 illustrent les données expérimentales selon deux modèles et les paramètres d'isothermes obtenues
 263 à partir de ces représentations sont résumés dans le tableau 2.



264 **Figure 7 : Représentation linéaire de Langmuir (a) et Freundlich (b) pour la bioadsorption du colorant RV5 sur**
 265 **la levure**

266

Modèle	Paramètres	
Langmuir	R ²	0,986
	χ ²	0,3694
	q _{max} (mg.g ⁻¹)	65,989

	K_L (L.g ⁻¹)	0,086
	R_L	0,5376
Freundlich	R^2	0,9783
	χ^2	0,9414
	1/n	1,0471
	K_f (mg.g ⁻¹)/(L.mg ⁻¹)	4,2777

267 **Tableau 2 : Valeurs des paramètres d'isotherme pour la bioadsorption du colorant RV5 sur la levure**

268 Le modèle d'isotherme de Langmuir décrit efficacement le comportement d'adsorption du colorant RV5 sur la
269 surface de la levure. Son coefficient de corrélation élevé (0,986) et son Khi-deux faible (0,3694) indiquent un
270 ajustement très précis ; les valeurs expérimentales correspondent de près aux valeurs prédites.

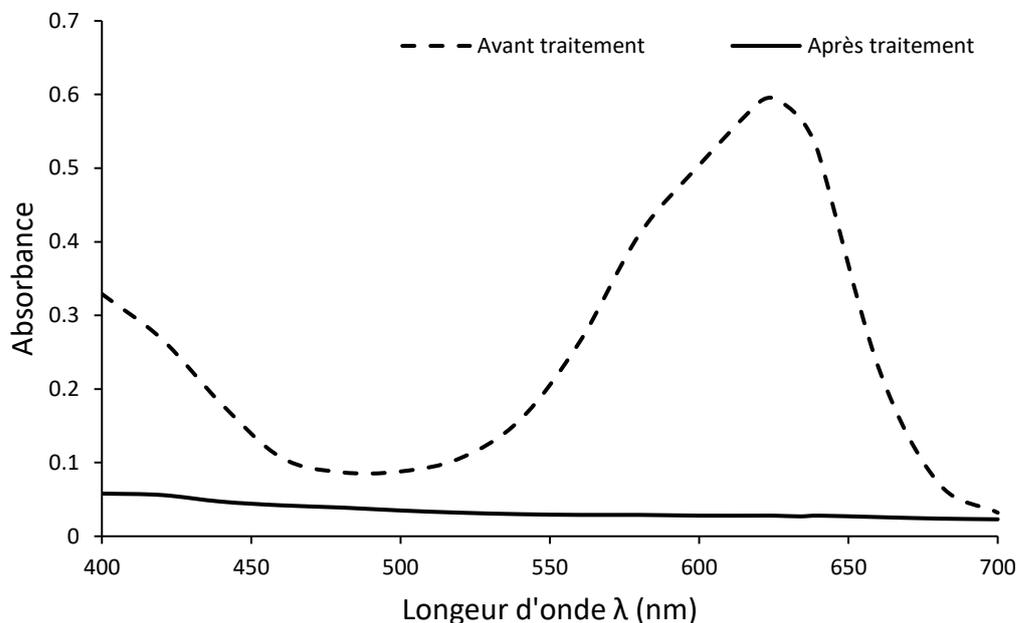
271 La capacité maximale d'adsorption du colorant RV5 sur la levure est comparable voire supérieure à celle de
272 diverses biomasses moins coûteuses dans la littérature (tableau 3). La levure est un excellent bioadsorbant pour
273 ce colorant, avec des interactions fortes entre colorant /levure ($K_L = 0,086L.g^{-1}$) et avec un processus d'adsorption
274 globalement favorable ($R_L < 1$).

275

Biomasses	q _{max} , mg.g ⁻¹	Références
<i>Cucumeropsis manni</i>	89,41	Kifuani et al. 2018
<i>Aspergillus niveus</i>	141,79	Aracagök 2023
Déchets solides municipaux (issus des ménages de la ville de Mostaganem Algérie)	45,82	Berrazoum et al. 2015
Graines d'Acacia Arabica	62,11	Saibaba et King 2013
Déchets de palmier	39,47	Belala et al. 2011
Natural Clay	From 300 to 567 selon le colorant	Guiza et al. 2004
Peau de banane activée	19,671	Amel et al., 2012
Peau de banane naturelle	18,647	
Bentonite Clay	21,795	Ibrahim et al., 2023
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	65,989	Cette étude

276 **Tableau 3 : Comparaison des valeurs de la capacité maximale d'adsorption des colorants par divers biomasses**

277 Le balayage du spectre d'absorption de la solution aqueuse de RV5 ne montre plus de pics après son adsorption
278 sur la levure. Le colorant a été efficacement adsorbé (figure 8 et photos).



279
280 **Figure 8: Spectre d'absorption de Reactive Violet 5 avant et après traitement (pH=2.7; de concentration :**
281 **50mg/l ; dose de la biomasse= 4 g.L⁻¹)**

282 4. Conclusion

283 Cette étude évalue l'utilisation des *Saccharomyces cerevisiae* comme bioadsorbant pour éliminer le colorant RV5
284 de l'eau. Pour déterminer les conditions optimales de décoloration, les effets du pH, de la concentration initiale
285 en RV5, de la dose de levure et du temps d'interaction ont été examinés. Les analyses cinétiques et des
286 isothermes d'adsorption sont cruciales pour maximiser l'efficacité de l'élimination du colorant.

287 Le processus de décoloration du réactif violet RV5 est optimal dans des conditions spécifiques, notamment à un
288 pH acide de 2,7, avec une dose de *saccharomyces cerevisiae* de 4 g.L⁻¹, une concentration initiale en colorant de
289 150 mg.L⁻¹ et un temps de contact de 60 minutes. L'adsorption du colorant par la levure suit un modèle cinétique
290 pseudo-second ordre et le modèle d'isotherme de Langmuir avec un qmax (capacité maximale d'adsorption) de
291 65,989 mg.g⁻¹.

292 L'adsorption du colorant RV5 par la levure est une technique très prometteuse et économique pour le traitement
293 des eaux contaminées par ce type de colorant. Cette approche pourrait être étendue à d'autres colorants et
294 contaminants.

295 **Références bibliographiques**

- 296 Amel K., Hassen M. A., Kerroum D. (2012). Isotherm and kinetics study of biosorption of cationic dye onto banana
297 peel. *Energy Procedia*, **19**, 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.208>
- 298 Aracagök Y. D. (2023). An investigation of the Trypan blue dye's biosorption on fungal biomass. *Gümüşhane*
299 *University Journal of Sciences*, **13(3)**, 605 – 615. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1254888>
- 300 Belala Z., Jeguirim M., Belhachemi M., Addoun F., Trouvé G. (2011). Biosorption of basic dye from aqueous
301 solutions by Date Stones and Palm-Trees Waste: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies.
302 *Desalination*, **271(1-3)**, 80-87. <https://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.12.009>
- 303 Berrazoum A., Marouf R., Ouadjenia F., Schott J. (2015). Bioadsorption of a reactive dye from aqueous solution
304 by municipal solid waste. *Biotechnology Reports*. **7**, 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2015.04.005>
- 305 Bożęcka A., ORLOF-NATURALNA M., KOPEĆ M. (2021). Methods of Dyes Removal from Aqueous Environment.
306 *Journal of Ecological Engineering*. **22(9)**, 111-118. <https://doi.org/10.12911/22998993/141368>
- 307 Dogan N. M., Bozbeyoglu N., Arar D., Akdogan H. A., Topuz M. C., Beyatli y. (2013). Investigation of reactive dye
308 turquoise blue HFG removal with lysinibacillus fusiformis B26 and detection of metabolites. *Fresenius*
309 *Environmental Bulletin*. **22(9)**, 2567-2575.
- 310 Guivarch É., Oturan M. A. (2004). Le problème de la contamination des eaux par les colorants synthétiques:
311 Comment les détruire? Application du procédé électro-Fenton. *Actualité Chimique*, **(277-278)**, 65-69.
- 312 Guiza S., Bagane M., Al-Soudani A. H., Amore H. B. (2004). Adsorption of basic dyes onto natural clay. *Adsorption*
313 *Science and Technology*. **22(3)**, 245-256. <https://doi.org/10.1260/0263617041503462>
- 314 Ibrahim A. J., Dwesh H. A. W., Al-Sawad A. R.Y. (2023). Adsorption of methylene blue dye onto bentonite clay:
315 Characterization, adsorption isotherms, and thermodynamics study by using UV-Vis technique. *Analytical*
316 *Methods in Environmental Chemistry Journal*. **6(3)**, 5-18. <https://doi.org/10.24200/amecj.v6.i03.243>
- 317 Kifuani K. M., Kifuani Kia Mayeko A., Noki Vesituluta P., Ilinga Lopaka B., Ekoko Bakambo G., Mbala Mavinga B.,
318 Muswema Lunguya J. (2018). Adsorption d'un colorant basique, Bleu de Méthylène, en solution aqueuse, sur un
319 bioadsorbant issu de déchets agricoles de *Cucumeropsis mannii* Naudin. *International Journal of Biological and*
320 *Chemical Sciences*. **12(1)**, 558-575. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.43>

321 Mahjoub B., Ncibi M. C., Seffen M. (2008). Adsorption d'un Colorant Textile Réactif sur un Biosorbant Non-
322 Conventionnel: Les Fibres de Posidonia Oceanica (L.) Delile. *Canadian Journal of Chemical Engineering*.
323 86(1), 23-29. <https://doi.org/10.1002/cjce.20005>

324 Mansour H. B., Boughzala U., Dridi D., Barillier D., Chekir-Ghedira L., Mosrati R. (2011). Textiles dyes as a source
325 of wastewater contamination: Screening of the toxicity and treatment methods. *Revue des Sciences de l'Eau*.
326 24(3), 209-238. <https://doi.org/10.7202/1006453ar>

327 Moyo M., Chigondo F., Mutare E., Nyamunda B. C. (2012). Removal of phenol from aqueous solution by
328 adsorption on yeast, *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Recent Research and Applied Studies*,
329 11(3), 495-503.

330 Saibaba N. K. V., King P. (2013). Equilibrium And Thermodynamic Studies For Dye Removal Using Biosorption.
331 *International Journal Of Research In Engineering & Technology*, 1(3), 17-24.

332 Narcisse A., Moussa D., Roland N. G. K. (2018). Étude De L'Adsorption D U Colorant Orange De Méthyle Sur
333 Charbons Actifs En Milieu Aqueux : Influence De La Concentration De 'Agent Chimique D'Activation. *Afrique*
334 *Science*, **14(6)**, 322-331.

335 Noraini C. H. C., Morad N., Norli I., Teng T.T., Ogugbue C. J. (2012). Methylene blue degradation by *spingomonas*
336 *paucimobilis* under aerobic conditions. *Water, Air, and Soil Pollution*, **223(8)**, 5131-5142.
337 <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1264-8>

338 Peng Q., Liu Y., Zeng G., Xu W., Yang C., Zhang J. (2010). Biosorption of copper(II) by immobilizing *Saccharomyces*
339 *cerevisiae* on the surface of chitosan-coated magnetic nanoparticles from aqueous solution. *Journal of Hazardous*
340 *Materials*. **177(1-3)**, 676-682. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.084>

341 Prabhakar Y., Gupta A., Kaushik A. (2022). Using indigenous bacterial isolate *Nesterenkonia lacusekhoensis* for
342 removal of azo dyes: A low-cost ecofriendly approach for bioremediation of textile wastewaters. *Environment,*
343 *Development and Sustainability*. **24(4)**, 5344-5367. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01661-0>

344 Singh V. P. (2014). Suspended Sediment Concentration and Discharge. *Entropy Theory in Hydraulic Engineering*.
345 359-398. <https://doi.org/10.1061/9780784412725.ch08>

- 346 Tang K. H. D., Darwish N. M., Alkahtani A. M., Abdelgawwad M. R., Karácsony P. (2022). Biological Removal of
347 Dyes from Wastewater: A Review of Its Efficiency and Advances. *Tropical Aquatic and Soil Pollution*, **2(1)**, 59-75.
348 <https://doi.org/10.53623/tasp.v2i1.72>
- 349 Volf I., Rakoto N. G., Bulgariu L. (2015). Valorization of Pistia stratiotes Biomass as Biosorbent for Lead (II) Ions
350 Removal from Aqueous Media. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*. **50(10)**, 1577-1586.
351 <https://doi.org/10.1080/01496395.2014.978018>
- 352 Zahmatkesh Anbarani M., Esmaili Nasrabadi A., Bonyadi Z. (2023). Use of Saccharomyces cerevisiae as new
353 technique to remove polystyrene from aqueous medium: modeling, optimization, and performance. *Applied*
354 *Water Science*, **13(8)**, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13201-023-01970-x>