



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'éducation supérieure et la recherche scientifique
جامعة شادلي بن جديد الطارف
Université Chadli Bendjedid
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des sciences de la technologie
قسم الكيمياء
Département : chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité: Chimie Analytique

Thème

Elimination d'un colorant alimentaire "Tartrazine" par l'adsorption.

Présenté par:

Mlle AMIRAOUI KAOUTHER

Devant le Jury :

Président : Dr FERDJANI Salim

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Encadreur: Dr AITBARA Adel

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Examineur: Dr OTHMANE.R khadidja

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Année universitaire 2023-2024



Remerciements

Je remercie Allah, le tout puissant, de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

J'ai eu la chance et le plaisir d'effectuer ce travail de recherche dans le Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement (LSTE) de l'Université des frères Mentouri de Constantine.

Je remercie s'adressent tout d'abord au Pr. T SEHILI Directeur de laboratoire des sciences et technologie de l'environnement de l'université frères Mentouri de Constantine.

Je le remercie de m'avoir accueilli au sein du laboratoire, de m'avoir permis d'acquérir des compétences scientifiques.

Je remercie toute l'équipe, les ingénieures et les travailleurs Sans exception Qui sont au (LSTE) particulièrement à Mlle. BELAHLLOU KHALIDA et Mlle. FERFECHE LYNDA et Mlle. CHAIMA, Mr SALLAM BEDER ELDIN. Merci du fond du cœur.

Un spécial remerciement à mon ancien-encadreur Mr. BOULKAMH Abdelaziz pour toutes les informations qui ma donné, l'aide et la grande patience avec moi.

Je remercie mon encadreur Mr. AITBARA Adel pour sa gentillesse, et d'avoir accepté de m'encadrés, et de m'avoir dirigés.

Je remercie également les membres de jury, président et examinateur, qui ont bien voulu assister, examiner et juger ce modeste travail.

Je remerciements ma famille pour leur soutien continu pendant ma longue étude.

Enfin, j'exprime mon profonde reconnaissance à tous mes amis et mes collègues, toutes les personnes qui m'ont encouragé et soutenu de près ou de loin durant la réalisation de ce travail.

Merci à tous.





Dédicace

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé leurs sacrifices, leurs amours, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes très belles sœurs *Wafa* et *Khaoula*,

Et leur enfantes *Siradj* et *Taj El Din*

A mon très chère frère *Fouad Sofiane*,

Pour leur appui et leur encouragement.

A mes fidèles amis G.Maya H.Abir B.Rahil R.Roumissa

B.Sofiane B.Fakher B.Ilyas D.Ikram R.Rosa G.Manel

Toutes mes amies de l'université de Constantine et El Tarf

A tous ceux qui me sont chers,

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aime,

Merci



Liste des Abréviations

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

$AlO_2M, nSiO_2$: Aluminosilicates cristallisés

Al_2O_3 : Oxydes d'aluminium

$Si(OH)_4$: Hydroxydes de silicium

pH : Potentiel d'hydrogène

NaOH : Hydroxyde de sodium

H_3PO_4 : Acide phosphorique

$HClO_4$: Acide perchlorique

UV : Ultra-violet

PPP : Pelures des petits pois

PF : Pelures de fève PF

CAPPP : Charbons actifs à partir des pelures de petits pois

CAPF : Charbons actifs à partir des pelures de fèves

M1 : Matériau 1 (PPP)

M2 : Matériau 2 (PF)

λ : Longueur d'onde en nm

T : Temps de traitement en min

Abs : Absorbance de la lumière (nm)

M : Mole/L

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Mécanisme du transfert d'un adsorbat vers le site d'adsorption au sein d'un grain d'adsorbant.....	04
Figure I.2	Classification des isothermes d'adsorption selon Giles et al.....	08
Figure I.3	Conséquences de la bioaccumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau	17
Figure II.1	Photo de fèves (gauche) et composition moyenne pour 100g des fèves (droite).....	22
Figure II.2	Photo de petits pois (gauche) et composition moyenne pour 100g de petits pois (droite).....	22
Figure II.3	Préparation du matériau adsorbant des pelures de fèves (PF) M2 et le matériau adsorbant des pelures de petits pois (PPP) M1	23
Figure II.4	les matériaux adsorbants M1 et M2 après l'activation chimique.....	24
Figure II.5	les matériaux adsorbants M1 et M2 après l'activation thermique.....	24
Figure II.6	Photos du montage expérimental.....	25
Figure II.7	Spectre du colorant étudié.....	27
Figure II.8	Essais de stabilité ou de conservation des colorants dans le temps	28
Figure II.9	Courbe d'étalonnage du colorant étudié	28
Figure II.10	Evolution de l'absorbance en fonction de Ph.....	29
Figure II.11	Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différents états de l'adsorbant (PF).....	30
Figure II.12	Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différents états de l'adsorbant (PPP)	31
Figure II.13	Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes masses de l'adsorbant (PF).....	32
Figure II.14	Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes valeurs de Ph.....	34
Figure II.15	Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes concentrations initiales du colorant.....	35

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I.1	Principaux groupes Chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante	12
Tableau I.2	Facteurs influencent la stabilité des colorants alimentaires.....	15
Tableau II.1	Quelques données sur le colorant étudié (Tartrazine).....	20
Tableau II.2	Quelques caractéristiques du colorant étudié.....	26

Sommaire

Introduction Générale	01
------------------------------------	-----------

Chapitre I : Etude Bibliographique

I.1. Adsorption.....	02
I.1.1 Historique.....	02
I.1.2. Définition de l'adsorption.....	02
I.1.3. Nature de l'adsorption	03
I.1.3.1.Physisorption	03
I.1.3.2. Chimisorption.....	03
I.1.4. Mécanismes d'adsorption.....	04
I. 1.5. Domaine d'application de l'adsorption.....	05
I.1.6. Les facteurs influençant l'adsorption.....	05
I.1.6.1. Facteurs liés à l'adsorbant	05
I.1.6.2. Facteurs liés à l'adsorbat	06
I.1.6.3. Facteurs liés au milieu de travail.....	06
I.1.7. Classification des isothermes d'adsorption.....	07
I.1.7.1. Classe L.....	07
I.1.7.2. Classe S.....	07
I.1.7.3. Classe H.....	07
I.1.7.4. Classe C.....	08
I.1.8. Types d'isothermes.....	08

I.1.8.1. Isotherme de Langmuir.....	09
I.1.8.2. Isotherme de Freundlich.....	10
I.2. Les colorants.....	10
I.2.1. Définitions.....	11
I.2.2. Utilisation des colorants	11
I.2.3. Classification des colorants textiles.....	11
I.2.3.1. Classification chimique.....	12
I.2.3.2. Classification tinctoriale.....	13
I.2.4. Les colorants alimentaires.....	14
I.2.4.1. Utilisation de colorant alimentaire.....	14
I.2.4.2. Stabilité des colorants alimentaires	14
I.2.4.3. Nature des colorants alimentaires.....	15
I.2.4.4. Classification de colorant alimentaire.....	15
I.2.5. Toxicité des colorants.....	16
I.2.6. Phénomène de Bioaccumulation.....	16
I.2.7. Les colorants et leurs impacts environnementaux.....	17
I.2.8. Pollution engendrée par les colorants textiles et leurs détections.....	17
I.2.9. Normes et réglementation.....	18
I.2.10.Méthodes d'élimination	18

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Adsorbat (Colorant).....	20
II.1.1. Données sur le colorant utilisé (Tartrazine).....	20

II.1.2. Préparation des solutions et analyses du colorant.....	21
II.2. Adsorbants.....	21
II.2.1. Matériaux bruts issus de l'agriculture	21
II.2.2. Préparation des charbons actifs.....	22
II.2.3. Activation chimique avec l'acide phosphorique.....	23
II.2.4. Activation thermique "Calcination"	24
II.3. Équipement et conditions opératoires d'élimination d'un colorant par adsorption	24
II.4. Résultats et discussion.....	26
II.4.1. Données analytiques sur le colorant étudié.....	26
II.4.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage du colorant étudié.....	28
II.4.3. Résultats de l'optimisation de la dégradation du colorant dans les eaux par l'adsorption	29
II.4.3.1. Effet de l'état de l'adsorbant sur l'élimination du colorant par adsorption sur PF et PPP.....	30
II.4.3.2. Effet de la masse de l'adsorbant (PF) sur l'élimination du colorant par adsorption.....	32
II.4.3.3. Effet de pH sur l'élimination du colorant par adsorption.....	33
II.4.3.4. Effet de la concentration initiale du colorant le phénomène d'adsorption....	34
Conclusion Générale	36
Références bibliographiques	37
Résumé	40

Introduction Générale

L'économie de l'eau pour sauver la planète et pour faire l'avenir d'humanité est ce que nous avons besoin maintenant. Avec la croissance de l'humanité, de la science et de la technologie, notre monde atteint de nouveaux horizons mais le coût que nous payerons dans le futur proche va sûrement être trop haut. Parmi les conséquences de cette croissance rapide est le désordre environnemental avec un grand problème de pollution [1]. L'un des importants polluants, ce sont les colorants, une fois ils dissous dans l'eau, ils seront parfois difficile à traiter car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradé [2] donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisances pour notre environnement.

Il existe plusieurs méthodes physiques, chimiques et biologiques pour traiter et décolorer des effluents pollués dont la technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination de ces colorants [3]. Le principe du traitement par adsorption est de piéger les colorants par un matériau solide appelé adsorbant. Durant ces dernières années, les recherches sont axées sur l'utilisation des adsorbants de faible coût, disponible localement, adsorbant biodégradable, fabriqué à partir des sources naturelles. Dans notre étude, nous avons utilisé les pelures de petits pois (PPP) et les pelures de fèves (PF) comme des adsorbants pour l'élimination d'un colorant alimentaire [4].

L'objectif de ce travail est l'étude de l'influence des principaux paramètres (effet de masse de l'adsorbant, pH, temps de contact, ...etc.) sur le rendement d'élimination du colorant employé (tartrazine) par adsorption sur les pelures de petits pois et pelures de fèves.

Cette étude comporte deux parties: Dans la première partie, nous présenterons une mise au point bibliographique sur la technique d'adsorption et les colorants: La deuxième partie sera réservée d'abord aux matériels et méthodes utilisés lors des expérimentations et tous les résultats obtenus avec leurs discussions. Enfin une conclusion générale fera l'objet de relier les principaux résultats de cette étude.

CHAPITRE I :
Etude bibliographique

I.1. Adsorption

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. L'adsorption C'est un phénomène de surface, à distinguer de l'absorption, phénomène de profondeur. Il existe cinq types d'interfaces selon la nature des deux phases contiguës:(gaz/liquide), (gaz/solide), (liquide/liquide), (liquide/solide), (solide/solide), et pour chacun de ces types d'interfaces, on peut distinguer le cas où ces phases sont pures de celui où elles constituent des mélanges.

Les phénomènes d'adsorption se rapportant aux interfaces liquide/solide, à savoir donc l'adsorption des liquides purs ou en mélange par les solides considérés généralement comme des phases pures. L'adsorption par un solide peut être définie comme étant le phénomène physique de fixation de molécule à la surface du solide par des forces d'interaction faible de type Van der Waals [5].

On appelle « adsorbat » la molécule qui s'adsorbe et « adsorbant » le solide sur lequel s'adsorbe la molécule. Le phénomène inverse par lequel les molécules se détachent est la désorption [6].

I.1.1.Historique

Les phénomènes dont l'adsorption ont été observés initialement dans les liquides par Lowitz en 1785, La première application industrielle a été réalisée quelques années plus tard dans une raffinerie de canne à sucre pour décolorer les sirops. En 1860, le charbon de bois a été utilisé pour éliminer le goût et les odeurs des eaux. Par suite début du 20^{ème} siècle les techniques d'adsorption sont développées grâce aux connaissances scientifiques. Durant la première guerre mondiale, les capacités de purification par le charbon actif ont été mises en évidence dans plusieurs applications [7].

I.1.2.Définition de l'adsorption

Plusieurs définitions ont été données par divers auteurs, nous reportons dans ces paragraphes les plus usuels :

- ❖ L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant par une modification de Concentration à l'interface de deux phases non miscible: (liquide / solide) ou (gaz / sol) On parlera donc de couples (adsorbât / adsorbant);
- ❖ L'adsorption par un solide est définie comme étant le phénomène de fixation des molécules d'une phase gazeuse ou liquide, sur la surface de ce solide;

- ❖ L'adsorption peut aussi être définie comme étant une opération physique de séparation des mélanges et le processus dans lequel une substance est éliminée par une autre, dans laquelle elle se trouve concentrée à l'interphase [7].
- ❖ L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus plus ou moins intenses grâce aux interactions physiques et/ou chimiques [8].
- ❖ De manière générale, l'adsorption est définie comme un processus résultant en une accumulation nette d'une substance à l'interface entre deux phases [9].

I.1.3. Nature de l'adsorption

L'adsorption est parfois différenciée en adsorption physique et chimique :

I.1.3.1. Physisorption

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals. Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide;
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé;
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité [10].
- Les valeurs d'enthalpie d'adsorption se situent souvent autour de 10 kJ/mol [11].

Ce phénomène consiste essentiellement en la condensation de molécules sur la surface du solide est favorisé par un abaissement de la température [12].

I.1.3.2. Chimisorption

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant. La chimisorption se caractérise par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide ;
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température ;
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique ;

- La non-réversibilité ;
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique [10]. L'enthalpie relative à la chimisorption est plus grande que celle de la physisorption et les valeurs se situent généralement autour de 200 kJ/mol [11].

I.1.4. Mécanismes d'adsorption

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant telle que (c-à-d ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes) [13] :

- Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert du soluté du sein de la solution à la surface externe des particules.
- Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores. En effet, les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.

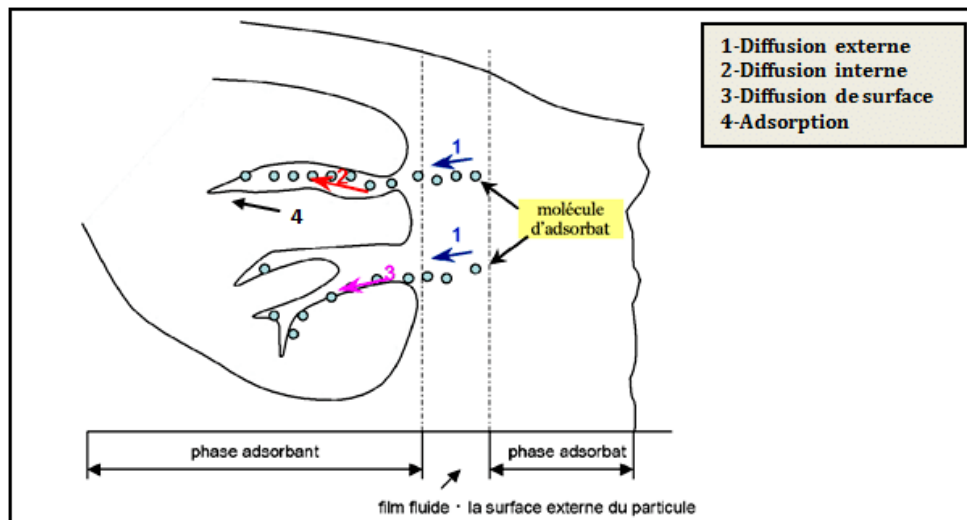


Figure I.1 : Mécanisme du transfert d'un adsorbat vers le site d'adsorption au sein d'un grain d'adsorbant [14].

- Diffusion de surface : pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant [12].

I. 1.5. Domaine d'application de l'adsorption

L'adsorption qui s'avère comme un traitement efficace à l'industrie. En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants:[15]

- Séchage ;
- Traitement des huiles ;
- Traitement des gaz ;
- Industrie textile ;
- Décoloration et traitement des eaux.

I.1.6. Facteurs influençant l'adsorption

L'adsorption dépend de nombreux facteurs dont les principaux [16] sont :

I.1.6.1. Facteurs liés à l'adsorbant : (Polarité, volume poreux, surface spécifique et fonctions superficielles)

Tous les solides agissant comme adsorbant sont caractérisés par une structure microporeuse qui leur confère une très grande surface active de masse. Les adsorbants utilisés dans la pratique sont, soit de nature organique (végétale ou animale), soit de nature minérale. Ils sont employés tels quels ou après un traitement d'activation ayant pour but d'augmenter leur porosité.

Généralement, les adsorbants permettent de réaliser la séparation des composants d'un mélange en retenant plus ou moins, ceux-ci, par le biais de liaisons dont l'intensité varie selon la nature des molécules présentes dans le mélange. Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels ont généralement des surfaces spécifiques au-delà de $100 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, atteignant même quelques milliers de ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$). Ces adsorbants sont nécessairement microporeux avec des tailles de pores inférieures à 2 nm ou mésoporeux avec des tailles de pores comprises entre 2 nm et 50 nm (selon la classification de l'IUPAC) [17].

Les adsorbants les plus utilisés dans les applications de traitement des eaux sont les suivants :

- Les zéolithes: sont des adsorbants de squelette cristallin aluminosilicate tridimensionnel de formule $(\text{AlO}_2\text{M}, n\text{SiO}_2)$. Ils sont sous forme de poudre, granulés ou extrudés.

- Les argiles activées: les argiles sont des aluminosilicates, ce sont des produits naturels qui sont activées pour avoir de meilleures propriétés adsorbants.
- Les alumines: sont des adsorbants amorphes, moyennement polaires et hydrophiles, se sont des oxydes d'aluminium de formule Al_2O_3 , ils sont représentés par des solides blancs inodores insolubles dans l'eau. Ils ont une surface spécifique de $300 \text{ m}^2/\text{g}$.
- les gels de silice: sont des hydroxydes de silicium $Si(OH)_4$ polymère d'acide silicique préparé à partir de silicate de sodium. Il existe deux types de gels de silice : les microporeux, assez hydrophiles, et macroporeux, versatiles, qui diffèrent par la taille des pores comme le nom l'indique.
- Les charbons actifs: les charbons actifs sont de loin les adsorbants les plus fabriqués et utilisés industriellement. Ils ont diverses applications notamment dans les domaines de purification de l'eau, et de l'air. Le pouvoir d'adsorption des charbons actifs est attribué à la porosité, la surface spécifique, et les groupements fonctionnels de surface [18].

I.1.6.2.Facteurs liés à l'adsorbat :(Polarité, solubilité et poids moléculaire) ;

Plusieurs facteurs liés à l'adsorbat peuvent influencer la capacité d'adsorption :

- La solubilité est inversement proportionnelle à la capacité d'adsorption.
- L'augmentation de la masse moléculaire accroît la capacité d'adsorption. Cependant, si elle devient trop grosse, elle n'a plus accès aux micropores, donc cela va diminuer le nombre de sites possibles de façon conséquente.
- La structure de la molécule influence sa capacité d'adsorption. Plus une molécule se rapproche d'une structure symétrique ou coplanaire, plus elle sera adsorbable. De même pour la répartition des charges de façon homogène, par opposition aux molécules dont la charge est concentrée sur un atome.

I.1.6.3.Facteurs liés au milieu de travail :

Les facteurs extérieurs ont une importance très significative sur les phénomènes de surface et en particulier la capacité d'adsorption des matériaux :

- Etant donné que le phénomène d'adsorption est exothermique, l'augmentation de la température entraîne la diminution de la capacité d'adsorption.
- La présence de plusieurs molécules dans une solution va induire une compétition entre celles-ci. En eau naturelle, la compétition est importante entre les micropolluants (concentration maximum de quelques $\mu\text{g/L}$) et la matière organique naturelle (concentration

de l'ordre du mg/L). Par conséquent, leur concentration respective désavantage les micropolluants présents dans l'eau. De plus, la matière organique occupe les macropores (plus de 50nm de diamètre) du charbon du fait de leur grande taille. Cette position entraîne la diminution du nombre de sites d'adsorptions accessibles aux plus petites molécules (pesticides). La matrice organique a donc pour effet de diminuer la surface spécifique du charbon [19].

I.1.7. Classification des isothermes d'adsorption c'est quoi les isothermes

Expérimentalement, on distingue quatre classes principales nommées : L (Langmuir), S (Sigmoïde), H (Haute affinité) et C (partition Constante).

I.1.7.1. Classe L

Les isothermes de classe *L* présentent, aux faibles concentrations de la solution, une concavité tournée vers le bas qui traduit une diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption. Ce phénomène se produit lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles. Elle est souvent observée quand les molécules sont adsorbées à plat, ce qui minimise leur attraction latérale. Elle peut également apparaître quand les molécules sont adsorbées verticalement et lorsque la compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté est faible. Dans ce cas, l'adsorption des molécules isolées est assez forte pour rendre négligeable les interactions latérales.

I.1.7.2. Classe S

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative), Ceci est dû aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals, et se regroupent en îlots dans lesquels elles se tassent les unes contre les autres. Ce comportement est favorisé, d'une part, quand les molécules de soluté sont adsorbées verticalement comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition d'adsorption forte avec le solvant [20].

I.1.7.3. Classe H

La partie initiale de l'isotherme est presque verticale, la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se

produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes. L'isotherme de classe H est aussi observée lors de l'adsorption de micelles ou de polymères formées à partir des molécules de soluté [20].

I.1.7.4. Classe C

Les isothermes de cette classe se caractérisent par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant [20].

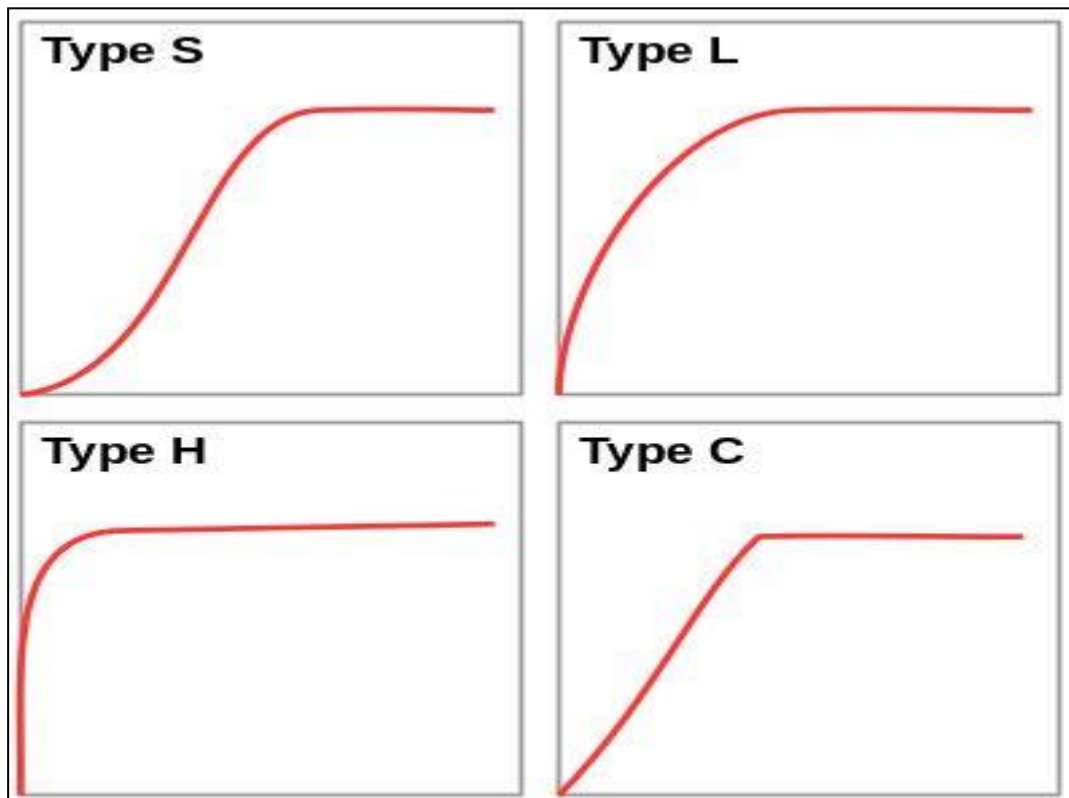


Figure I.2. Classification des isothermes d'adsorption selon Giles et al.

I.1.8. Types d'isothermes

Plusieurs lois ont été proposées pour l'étude d'adsorption, elles expriment la relation entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant à une température donnée, nous citons ci-dessous les deux principaux types.

I.1.8.1. Isotherme de Langmuir

C'est le modèle le plus utilisé pour commenter les résultats trouvés au cours de l'adsorption des composés organique en solution aqueuse. A une température constante, la quantité adsorbée q_e est liée à la capacité maximale d'adsorption q_m , à la concentration à l'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité K_L par l'équation :

$$Q = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + (K_L \cdot C_e)}$$

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \cdot K_L} \cdot \frac{1}{C_e}$$

Avec :

q_e : Quantité d'adsorbat adsorbée à l'équilibre par un gramme d'adsorbat (mg/g).

q_m : Quantité d'adsorbat nécessaire pour couvrir la première couche de l'adsorbant (mg/g).

K_L : Constante d'équilibre caractéristique de l'adsorbat, dépendant de la température et des conditions expérimentales (l/mg).

C_e : Concentration de l'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre (mg/l).

En traçant $1/q_e$ en fonction de $1/C_e$ on obtient une droite de pente $1/K_L \cdot q_m$ et d'ordonnée à l'origine $1/q_m$, cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation q_m et K_L .

Parmi les caractéristiques de l'isotherme de Langmuir, on peut citer :

- Sa simplicité
- Les paramètres q_m et K_L ont un sens physique. La valeur de K_L est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide ; la valeur de q_m exprime la quantité de soluté fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche mono moléculaire. Cette simplicité est une conséquence des hypothèses restrictives qui permettent d'établir ce modèle: l'équivalence de tous les sites

d'adsorption et la non-dépendance de l'énergie d'adsorption avec le taux de couverture de la surface. Ceci se traduit par l'absence des interactions entre des espèces adsorbées et adjacents sur la surface.

I.1.8.2. Isotherme de Freundlich

C'est une équation empirique largement utilisée pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption. Elle ne repose sur aucune base théorique. Toutefois l'expérience montre qu'elle décrit bien les résultats d'adsorption des micropolluants par les solides tels que les charbons actifs, les sols et les argiles. Elle se présente sous la forme [21]:

$$Q = \frac{K_f \cdot C_e}{n_f}$$

Q: Quantité adsorbée par gramme du solide. &

C_e: Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption.

Linéarisable en :

$$\text{Ln}q_e = \text{Ln} k_f + \frac{1}{n} \text{Ln}C_e$$

K_f et **1/n_f** : constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.

I.2. Les colorants

De tout temps, l'homme a utilisé les colorants pour ses vêtements, pour sa nourriture et pour la décoration de son habitation. Ainsi, dès l'antiquité, il a su extraire les matières colorantes à partir de végétaux comme l'indigo et d'animaux comme le carmin extrait de la cochenille. Ceci a permis le développement du commerce entre les différentes peuplades de l'époque. L'utilisation de ces colorants naturels s'est prolongée jusqu'à la première moitié du XIX^{ème} siècle. Ils furent ensuite progressivement remplacés par des colorants synthétiques, lesquels sont mieux adaptés à de nombreux usages particuliers [22]. Les matières colorantes se divisent en deux grands groupes:

- Colorant : matière colorante soluble dans les solvants et les substrats.
- Pigment : matière colorante insoluble dans les solvants et les substrats.

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre, est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements [22].

I.2.1. Définitions

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur : appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation auxochromes [23].

Les colorants sont des composés non dégradables par les micro-organismes, ces rejets toxiques et nocifs pour les eaux superficielles et de profondeur, présentent un danger certain pour l'homme et l'animal. Les colorants synthétiques ont presque complètement supplantés les colorants naturels. Les colorants azoïques constituent la famille la plus importante sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50% de la production mondiale de matières colorantes [22].

I.2.2. Utilisation des colorants

L'industrie des colorants constitue un marché économique considérable car de nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement :

- Pigments (industrie des matières plastiques);
- Encre, papier (imprimerie);
- Colorants alimentaires (industrie agro-alimentaire);
- Pigments des peintures, matériaux de construction, céramiques (industrie du bâtiment);
- Colorants capillaires (industrie des cosmétiques);
- Colorants et conservateurs (industrie pharmaceutique);
- Carburants et huiles (industrie automobile etc.,...);

I.2.3. Classification des colorants textiles

Les colorants sont des molécules organiques insaturées qui possèdent une affinité pour les fibres sur lesquels sont appliquées. Ces interactions peuvent être de nature physique ou chimique. Les matières colorantes peuvent être classées selon plusieurs voies, dont en application textiles deux sont utilisées : d'après leur structure chimique ou selon leur méthode d'application (classes tinctoriales) [24]. Chromophores classés par intensité décroissante dans le tableau II.1. D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxochromes [25].

Tableau I.1 : Principaux groupes Chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH ₂)
Nitroso (-NO ou -N-OH)	Méthylamino (-NHCH ₃)
Carbonyl (=C=O)	Diméthylamino (-N(CH ₃) ₂)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-OH)
Nitro (-NO ₂ ou =NO-OH)	Alkoxy (-OR)
sulfure (C=S)	Groupes donneurs d'électrons

I.2.3.1. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore (tableau I.1).

- Les colorants anthraquinoniques : c'est la deuxième classe de colorants textiles la plus utilisée (après les colorants azoïques). Ils représentent 20 à 25 % du marché des colorants textiles. La structure de base est celle de l'antraquinone, ils sont caractérisés par le groupement chromophore hydroxyle [25]. Leur formule générale dérivée de l'antracène montre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino.
- Les colorants azoïques : sont caractérisés par le groupe fonctionnel azo (-N=N-) unissant deux groupements alkyles ou aryles identiques ou non (azoïque symétrique et dissymétrique). Ces structures qui reposent généralement sur le squelette de l'azobenzène, sont des systèmes aromatiques ou pseudo-aromatiques liés par un groupe chromophore azo.
- Les colorants indigoïdes : tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du bleu indigo provoquent d'importants effets hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.
- Les colorants xanthènes : dont le composé le plus connu est la fluorescéine, sont dotés d'une intense fluorescence. Peu utilisés en tant que teinture, leur usage est bien établi comme marqueurs lors d'accidents maritimes ou comme traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines, des flux de rejets, etc.
- Les phtalocyanines : ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.).
- Les colorants nitrés et nitrosés : forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré

lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO₂) en position ortho par rapport à un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

- La curcumine (E100) : est un des constituants du curry et est extraite de curcuma longa, ou safran, cultivée en Extrême-Orient et à Madagascar. Le produit, de couleur jaune orangé brunâtre, est soluble dans éthanol et l'acide acétique glacial (couleur jaune clair), dans les bases (couleur rouge brun) [26].
- La tartrazine (E102) : est un colorant jaune à noyau pyrazole soluble dans l'eau. Elle est suspectée de présenter des risques d'allergie, tout particulièrement en association avec d'autres substances (dont l'aspirine et les substances à noyau pyrazole). Ceci ne l'empêche pas d'être un colorant synthétique parmi les plus utilisés, surtout à cause de son excellente stabilité [26].

I.2.3.2. Classification tinctoriale

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant - substrat est du type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxochromes [21].

- Les colorants acides ou anioniques : Très solubles dans l'eau grâce à leurs groupes sulfonate ou carboxylate, ils sont ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide. L'affinité colorant - fibre est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupes amino des fibres textiles.
- Les colorants basiques ou cationiques : Classe des colorants porteurs d'ions positifs et reconnus pour leurs nuances brillantes. Les colorants basiques se composent de grosses molécules et ce sont des sels solubles dans l'eau. Ils ont une affinité directe pour la laine et la soie et peuvent être utilisés sur le coton. La solidité des colorants basiques sur ces fibres est très faible. Ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes.
- Les colorants de cuve : sont des colorants insolubles dans l'eau, appliqués sur la fibre après transformation par réduction alcaline en leuco dérivés. La teinture se termine par la

réoxydation in situ du colorant sous sa forme insoluble initiale. Réputés pour leur bonne résistance aux agents de dégradation (lavage, rayons solaires), les colorants de cuve sont largement utilisés sur le coton, le lin, la rayonne et autres fibres cellulosiques, à l'image de l'indigo pour la teinture des articles jean ou denim [21].

I.2.4. Les colorants alimentaires

Les Colorants alimentaires sont très utilisés dans les produits alimentaires surtout les colorants azoïques, ils sont présents dans de nombreux aliments, notamment, la margarine, les fromages, les confitures et les gelées, les desserts, les boissons, etc... Vu leur effet toxique et les risques qu'ils peuvent entraîner chez les êtres humains, les pays développés se sont attachés à gérer leur utilisation et fait l'objet d'une évaluation scientifique rigoureuse. La classification la plus ancestrale de ces colorants est :

- Les colorants naturels : à l'instar du jus de betterave, ils sont présents dans la nature.
- Les colorants de synthèse : ils sont produits de façon industrielle, mais existent dans la nature. C'est par exemple le cas de l'extrait de paprika, qui est pourtant d'origine naturelle. À noter que la chlorophylle cuivrique est un colorant naturel modifié.
- Les colorants artificiels : ils n'existent pas du tout dans la nature [27].

I.2.4.1. Utilisation de colorant alimentaire

Leur utilisation touche les domaines tels que [27] :

- La confiserie pour les bonbons, dragées, pâtes de fruits.
- Les liqueurs telles que les liqueurs vertes, mauves, roses, etc...
- La pâtisserie tant pour les gâteaux et les tartes que pour les biscuits secs.
- La siroperie et la limonaderie.
- La fromagerie, le beurre et la margarine (coloration en jaune).

I.2.4.2. Stabilité des colorants alimentaires

Les colorants alimentaires les plus sensibles sont les pigments naturels dont la stabilité sera conditionnée par la composition de l'aliment, le procédé de fabrication utilisé, l'emballage et la date limite de consommation [28]. Les facteurs qui influencent sur les colorants alimentaires sont présentés dans le tableau suivant (I.2).

Tableau I.2 : Facteurs influençant la stabilité des colorants alimentaires

Facteurs	Effets
Lumière	Décoloration
Ph	Changements de couleur
Chaleur	Pas de changement de couleur
Oxydation	Dégradations, décolorations
Métaux	Dégradations, dépôts de calcium

I.2.4.3. Nature des colorants alimentaires

C'est un composé chimique colorée naturels qui se trouve dans la nature sous forme des plantes (ex : safran) ou synthétiques (liquide ou poudre...) en générale organiques. La terminologie industrielle moderne définit un colorant comme un produit contenant le colorant organique pur avec différents additifs et agents de couplage, qui facilitent son utilisation [29].

I.2.4.4. Classification de colorant alimentaire

Il existe deux types de colorants Alimentaire :

- *Colorants naturels* : Il existe une dizaine de colorants naturels, alors que l'on compte des milliers de colorants synthétiques. Jusqu'en 1850, les colorants alimentaires ont été d'origine naturelle. C'était des colorants pour la plupart organiques qui provenaient :
 - ✓ de végétaux comestibles (carotte [orange], betterave [rouge], peau de raisin noir [noir],...)
 - ✓ d'extraits d'origine animale ou végétale non habituellement consommée (rouge cochenille provenant d'un insecte d'Amérique centrale [Coccus Cacti], stigmaté de crocus [safran],...)
 - ✓ du résultat de la transformation de substances naturelles (caramel [marron], ...). Les colorants naturels sont extraits des plantes, des arbres, des lichens ou insectes et des mollusques [29].
- *Colorants synthétiques* : les colorants synthétiques sont des composés synthétisés à partir de premier chaîne principale de base telle que le benzène,..... qui sont eux même issu synthétisée des huiles [29].

I.2.5. Toxicité des colorants

Par définition, la toxicité est la mesure de la capacité d'une substance à provoquer des effets néfastes sur toute forme de vie, telle qu'un être humain, une bactérie ou une plante ou une sous structure de cet organisme tel que le foie. Le sujet d'une étude toxicologique se fait sur une substance ou sur les conditions externes et leurs effets délétères sur les organismes vivants, tissus, cellules ou organites. Selon la dose on distingue trois formes de toxicité [30] :

- La toxicité aiguë
- La toxicité subaiguë
- La toxicité à long terme

A l'exception des colorants alimentaires, les rejets d'effluents des industries textiles, chargés en colorants, dans les rivières et les réceptacles de façon générale, peuvent nuire considérablement aux espèces animales et végétales ainsi qu'aux divers micro-organismes vivant dans ces eaux. Cette nuisance pourrait être liée à la diminution de l'oxygène dissous dans ces milieux. Par ailleurs, leur très faible biodégradabilité, due à leur poids moléculaire élevé et à leurs structures complexes, confère à ces composés un caractère toxique pouvant être élevé ou faible. De ce fait, ils peuvent persister longtemps dans ce milieu, engendrant ainsi des perturbations importantes des différents mécanismes naturels existant dans la flore (pouvoir d'autoépuration des cours d'eau, inhibition de la croissance des végétaux aquatiques, etc.) et dans la faune (destruction d'une catégorie de poissons, de microorganismes, ...etc) [31].

I.2.6. Phénomène de Bioaccumulation

Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques, soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est absorbée, alors cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, se retrouvent exposées à des teneurs en substances toxiques pouvant aller jusqu'à cent mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau (illustration du phénomène de bioaccumulation de pesticides Figure I.3).

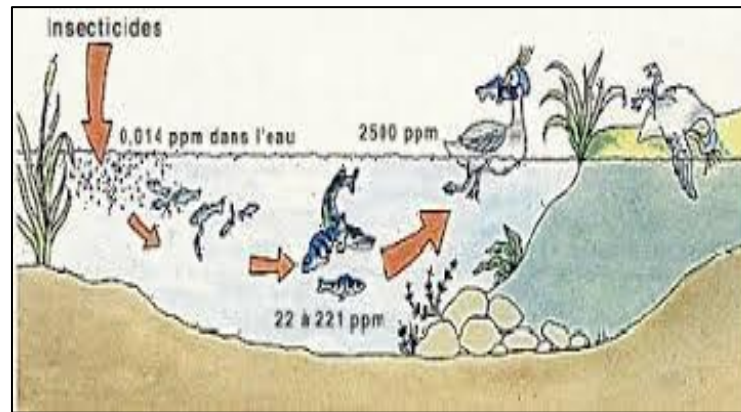


Figure I.3 : Conséquences de la bioaccumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau [28].

I.2.7. Les colorants et leurs impacts environnementaux

Beaucoup de colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$). Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels. Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème est une source dramatique de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire [30].

I.2.8. Pollution engendrée par les colorants textiles et leurs détections

L'industrie textile est parmi les industries anciennes et technologiquement complexes dans le monde, cette industrie utilise un grand volume en eau et en matières colorantes. Cependant, les effluents textiles sont classés parmi les effluents les plus pollués dans les différents secteurs. Ce sont des mélanges complexes contenant plusieurs substances polluantes : colorants, métaux lourds, et des additives chimiques utilisés au cours des opérations de teinture et d'impression. Ces composés sont caractérisés par une très bonne stabilité à la lumière, à la température, aux détergents et aux attaques chimiques et microbiologiques [24].

En définitive, l'industrie textile génère beaucoup de rejets liquides chargés en divers polluants organiques et minéraux, ce qui pose un vrai problème à l'homme et à l'environnement. Face à ce problème, il convient de noter que les données publiées dans les normes algériennes sur les rejets de l'industrie textiles, ne précisent aucune teneur des colorants. Le chapitre suivant donne donc une revue bibliographique sur les méthodes de

traitement des colorants textiles en vue d'une élimination maximale de ces polluants en minimisant la formation des sous-produits dangereux.

I.2.9. Normes et réglementation

La législation sur les rejets d'eaux résiduaires devient de plus en plus stricte. L'Algérie est dotée d'une réglementation 06-141 sur les rejets d'effluents textiles dans le milieu hydrique.

Certaines substances à risques ont été réglementées par le législateur européen et parfois par les législateurs nationaux, afin d'imposer aux professionnels des obligations visant à protéger le consommateur. Ainsi, il existe des réglementations sur les colorants azoïques (directive 200/61), le pentachlorophénol (Directive 199/51), le nickel (Directive 1994/27), le cadmium (Directive 1991/338), le mercure (Directive 89/677), les phtalates (Décision 99/815). Le règlement 552/2009 du 22/06/2009 est venu intégrer l'ensemble de ces textes (repris initialement dans la directive européenne 76/769/CEE) à l'annexe XVII du règlement 1907/2006 du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH). Cette annexe reprend donc l'ensemble des réglementations en termes de toxicité, parmi lesquelles on retrouve celles applicables au secteur textile-habillement. Ces textes font désormais partie intégrante du Dispositif « REACH » au titre des restrictions. Toutefois, certaines substances ne font pas l'objet d'un texte précis mais peuvent avoir des effets néfastes sur la santé du consommateur ou sur l'environnement comme les colorants allergènes et cancérigènes, exemple : le formaldéhyde,...etc [32].

I.2.10. Méthodes d'élimination :

Il existe de nombreux procédés de traitement qui peuvent être utilisés pour l'élimination des colorants des eaux usées on peut citer : L'adsorption, échange ionique, coagulation-floculation, oxydation...

Parmi ces procédés de traitement, l'adsorption reste une des techniques les plus prometteuses en raison de sa commodité et de sa simplicité d'utilisation.

Certainement le coût est un paramètre important pour l'application de ce procédé, de ce fait, au cours des dernières années de nombreux chercheurs s'intéressent de plus en plus sur l'utilisation des adsorbants qui seront à la fois efficaces et de faible coût.

Bon nombre d'études se focalisent sur l'utilisation de certains adsorbants à partir de déchets naturels on cite à titre d'exemple : la sciure de bois, les coquilles de noix, la peau d'orange, ou encore déchets de blé, ces adsorbants sont des matériaux naturels disponibles en grandes quantités et à bas prix [33].

Chapitre II :
Matériels et Méthodes;
Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous présenterons l'adsorbat (colorant) et les adsorbants utilisés. Par la suite nous démontrons les protocoles expérimentaux et les méthodes d'analyses utilisées.

II.1. Adsorbat (Colorant)

II.1.1. Données sur le colorant utilisé (Tartrazine)

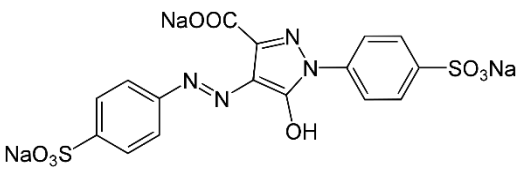
Ce colorant fait partie des colorants synthétiques mono azoïques. C'est le sel trisodique de 4,5-dihydro-5-oxo-1-(4-sulfophényl)-4-[4-sulfophényl-azo]-1H-pyrazole-3-acide carboxylique. Sa formule chimique est : $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$ et son poids moléculaire $PM = 534,37$ g/mole. Elle se présente sous forme de poudre jaune orange inodore.

La Tartrazine est connue également sous différents noms suivant son emploi:

- E 102, Food yellow 4 : usage alimentaire
- FD&C N°5: usage alimentaire, médicamenteux et cosmétique
- C.I. ACID YELLOW 23, CI 19140: usage cosmétique [34].

Le pH de la Tartrazine est acide, bien soluble dans l'eau et peu soluble dans l'éthanol, elle absorbe l'humidité de l'air et incompatible avec les agents oxydants forts, les agents réducteurs forts, les acides forts. Elle devient rouge en milieu alcalin.

Tableau II.1 : Quelques données sur le colorant étudié (Tartrazine).

Tartrazine	
<u>Nom UICPA</u>	(4E)-5-oxo-1-(4-sulfonatophényl)-4-[(4-sulfonatophényl)hydrazono]-3-pyrazolecarboxylate de sodium
Apparence	Poudre orange à jaune de couleur
<u>Formule brute</u>	$C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$
<u>Masse molaire</u>	$534,363 \pm 0,027$ g/mol
<u>T° fusion</u>	350 °C
<u>T° ébullition</u>	870 °C
<u>Solubilité</u>	38 g/L (eau, 2 °C) ; 200 g/L (eau, 25 °C) ; 200 g/L (eau, 60 °C)

Tous les colorants, particulièrement les colorants mono-azoïques changent de couleur en milieu alcalin et acide en présence de métaux tels que ; le zinc, étain, fer et cuivre à haute température à cause de l'effet réducteur de l'hydrogène libéré. La photodégradation de la tartrazine par rayonnement ultraviolet produit des composés aromatiques, de faible poids moléculaire, plusieurs acides organiques et des ions inorganiques [35].

II.1.2. Préparation des solutions et analyses du colorant

Un colorant alimentaire commerciale sous le code "E102" à été employé dans cette étude. Il est de couleur jaune ou orange, destiné à la coloration des produits alimentaires pour la fabrication des gâteaux, la moutarde ...etc. Dans un objectif d'optimisation, le colorant a été préparé à une concentration initiale de 10^{-3} M ans de l'eau distillée. Le spectre correspondant à ce colorant est réalisé en spectroscopie dans le visible sur un appareil (SHIMADZU UV 1900). La mesure de pH a été effectuée sur un pH-mètre (HANNA, HI 8521) alors que la conductivité sur un appareil (KONDUKTOMETER 703 knick). La mesure de turbidités du colorant a été réalisée sur un turbidimètre : Phywe System GMBH 2100N, Germany).

Quatre solutions ont été utilisées dans ce travail, et toutes ces solutions sont préparées avec de l'eau Ultrapure, une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de marque PROLABO d'une pureté de (>97%) à une concentration de 1 M, une solution d'acide phosphorique (H_3PO_4) de marque HONEYWELL d'une pureté supérieure de 97% avec des concentrations de 1.5M et 3 M, une solution d'acide perchlorique ($HClO_4$) de marque MERCK avec une pureté de 60 % et une concentration de 0.1 M. Ainsi qu'une solution de Tartrazine E102 ($C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$) avec une concentration d'une solution mère de 10^{-3} M.

II.2. Adsorbants

II.2.1. Matériaux bruts issus de l'agriculture

Il s'agit de pelures des petits pois (PPP) et de pelures de fève (PF). Ces produits ont été récoltés dans la région de nord de la wilaya de Sétif.

➤ La fève

C'est une plante annuelle légumineuse de la famille des Fabaceae, sous-famille des Faboideae, tribu des Fabeae. Comme les fêveroles, les fèves cultivées ont comme origine l'espèce botanique *Vicia faba* (figure II.1).

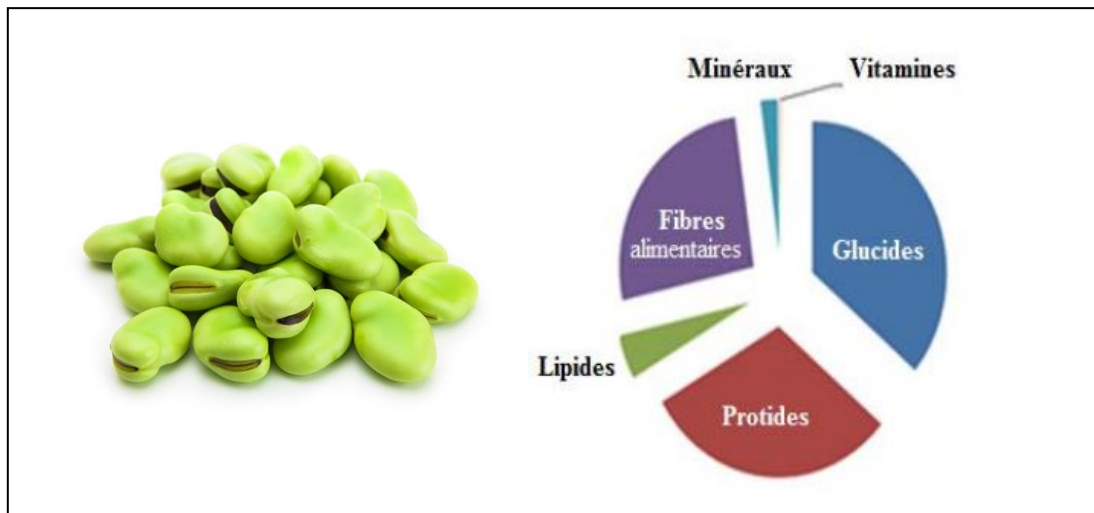


Figure II.1: Photo de fèves (gauche) et composition moyenne pour 100g des fèves (droite)

➤ Les petits pois

Les petits pois sont les jeunes graines vertes de variétés cultivées du pois, récoltées après leur développement dans les gousses et avant leur maturité (*figure II.2*).

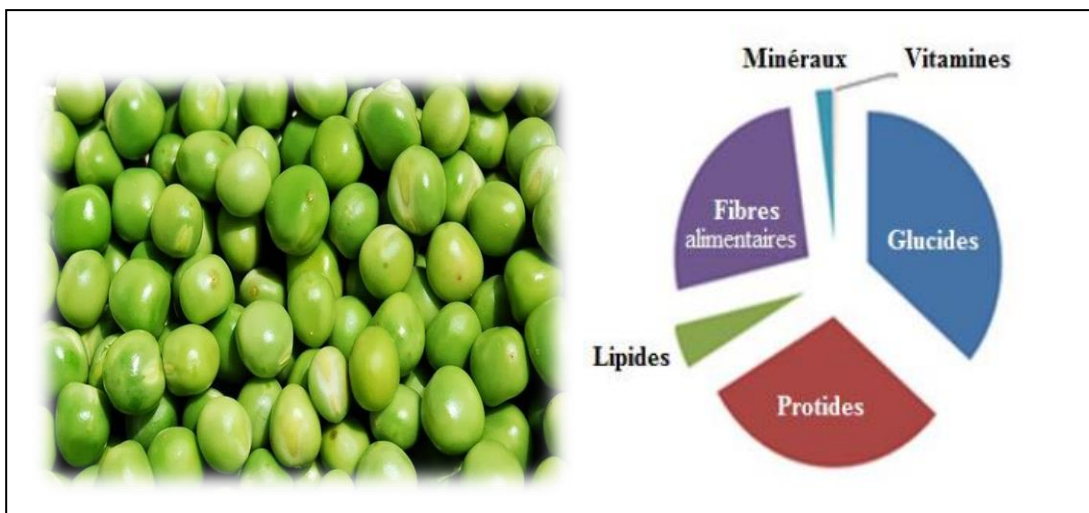


Figure II.2: Photo de petits pois (gauche) et composition moyenne pour 100g de petits pois (droite)

II.2.2. Préparation des charbons actifs

Après avoir séparé le pois et la fève des pelures, nous avons séché les pelures en les exposant à la lumière du soleil pendant plusieurs jours pour éliminer l'humidité. Les pelures de petits pois (PPP) et de fève (PF) sont ensuite broyées et tamisées pour obtenir une poudre homogène. Puis, les (PPP) et les (PF) sont lavés plusieurs fois avec de l'eau distillée chaude pour éliminer les impuretés jusqu'à la clarification du liquide de rinçage. Après cette étape, le

matériau est séché à 80°C pendant 24 heures, puis broyé une deuxième fois pour obtenir une poudre homogène (*figures II.3*).

En littérature, il existe plusieurs méthodes de préparation des charbons actifs, physique et chimique. La synthèse des charbons actifs à partir des résidus de l'agriculture par la méthode d'activation chimique a fait l'objet de nombreuses études. L'étude de [36, 37] consistait en la préparation de charbons actifs à partir des pelures de petits pois (CAPPP) et des pelures de fèves (CAPF). Afin d'obtenir un produit applicable dans le traitement des eaux. Ils ont utilisé comme agent activant l'acide phosphorique (H_3PO_4).



Figure II.3: Préparation du matériau adsorbant des pelures de fèves (PF) **M2** et le matériau adsorbant des pelures de petits pois (PPP) **M1**

II.2.3. Activation chimique avec l'acide phosphorique

Parmi les acides, l'acide phosphorique a été très largement utilisé pour l'activation des charbons [38, 39]. Pour cela, 10 g de chaque échantillon brut ont été mélangés à la solution de H_3PO_4 à des concentrations de (1.5M) et (3M) pour les pelures de petits pois (PPP) et les pelures de fèves (PF) respectivement, maintenus sous agitation (250 rpm) pendant 10 h. Les mélanges ont été mis à l'étuve pendant 24 h à 110 °C (*figures II.4*).



Figure II.4: les matériaux adsorbants M1 et M2 après l'activation chimique

II.2.4. Activation thermique "Calcination"

Les produits ont été mis dans un four à calcination, avec une vitesse de chauffe de 10°C/min et maintenus à la température 450 °C pendant une heure (1h). Les produits obtenus après calcination, les charbons actifs des pelures des petits pois CAPPP et des pelures de fèves CAPF, sont lavés avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) (1 M), puis lavés avec de l'eau distillée plusieurs fois jusqu'à pH \approx 6.5. Les produits sont ensuite séchés à 110 °C pendant 24 h. (figures II.5).



Figure II.5: les matériaux adsorbants M1 et M2 après l'activation thermique

II.3. Équipement et conditions opératoires d'élimination d'un colorant par adsorption

Après avoir récupéré les matériaux (PF et PPP) sous différents états (naturel, après activation chimique ou thermique), et pour chaque paramètre testé, le montage expérimental de procédé employé (Adsorption de E102 sur PF et PPP) (figure II.6) est constitué d'un multi-agitateur (6 postes de bécher en verre de 100 ml chacun). Dans chaque bécher on introduit

une quantité connue de l'adsorbant avec une quantité de l'adsorbat (colorant tartrazine) à un volume et une concentration connue, par la suite et après avoir terminé avec les cinq autres bécher, on met la série de bécher sous conditions opératoires bien déterminées de pH, température, vitesse d'agitation, etc.

Plusieurs facteurs ont été testés à savoir, le temps de contact, la masse (quantité) de l'adsorbant, le pH, le type d'adsorbant, et la concentration du colorant, sur un échantillon synthétique de colorant en poudre d'une concentration initiale de 10^{-3} M. Les solutions sont constamment agitées avec un agitateur magnétique pour une bonne homogénéisation. Des prélèvements ont été effectués chaque [5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 30 ; 45 ; 60 ; 90 ; 120] min pour tous les paramètres testés. Les échantillons sont récupérés afin d'effectuer des mesures de l'absorbance et puis des comparaisons de l'état initial, intermédiaire (au cours de traitement) et final de la solution. La réponse choisie dans cette étude est le rendement d'adsorption qui est calculé à l'aide de l'équation (II.1) suivante :

$$Re = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} * 100 \text{ (II. 1)}$$

Avec :

- C_0 : La concentration initiale du colorant (M) ;
- C_e : La concentration résiduel (à l'équilibre) du colorant dans la solution (M) ;

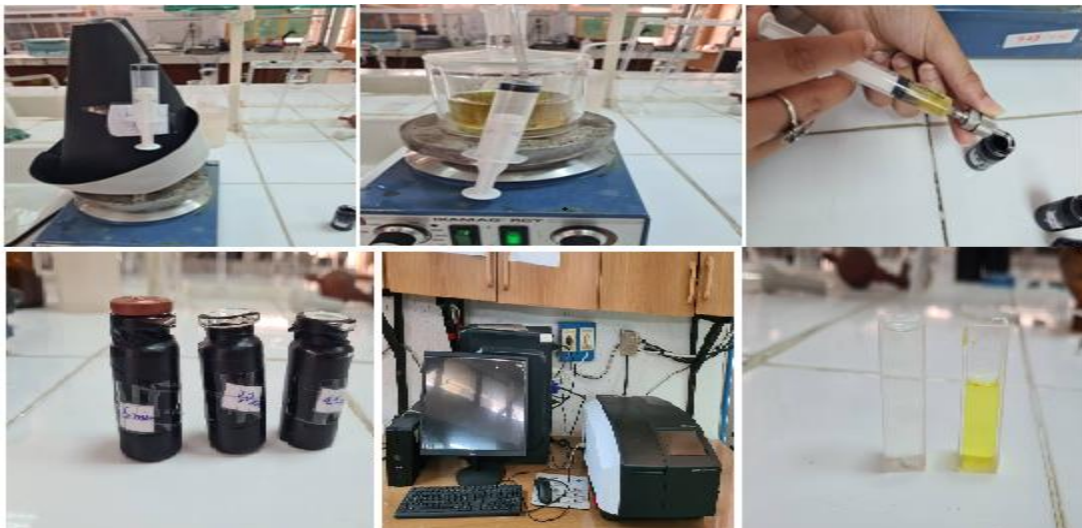


Figure II.6 : Photos du montage expérimental

II.4. Résultats et discussion

II.4.1. Données analytiques sur le colorant étudié

Dans le cadre de cette étude, un colorant a été examiné afin de mieux comprendre ses propriétés physico-chimiques ainsi que son comportement en solution. Le tableau II.2 présente les principales caractéristiques de ce colorant. On peut constater que pour une concentration de 50 mg/L utilisée, le colorant absorbe et peuvent être distingué par une valeur de λ_{\max} (nm). Le spectre d'absorption dans le visible correspondant est représenté dans la (figure II.7). Compte tenu de l'absence de structure de base du colorant, et au vu des valeurs de pH, il est alors évident que les turbidités trouvées sont faibles et comparables à celles trouvées en eaux potables. Les valeurs de conductivités trouvées en solution aqueuses ne sont pas éloignées aussi des eaux potables.

Les essais de stabilité ou de conservation du colorant dans le temps (échantillon de colorant à 50 mg/L gardé dans un flacon ambré à l'obscurité et ouverts une fois/3 jours pour analyse de l'absorbance) ont montré (figure II.8) une bonne stabilité puisque aucun changement de pH initial (figure II.8) et d'absorbance initiale, n'a été observé sur la durée de conservation étudiée soit 20 jours [40].

Tableau II.2 : Quelques caractéristiques du colorant étudié.

Couleur	Orange
λ_{\max} (nm)	425
pH ₀	6.1
Turbidité(NTU)	08
Absorbance	2.059
Concentration (mg/L)	50
Conductivité initiale (μ S/cm)	348

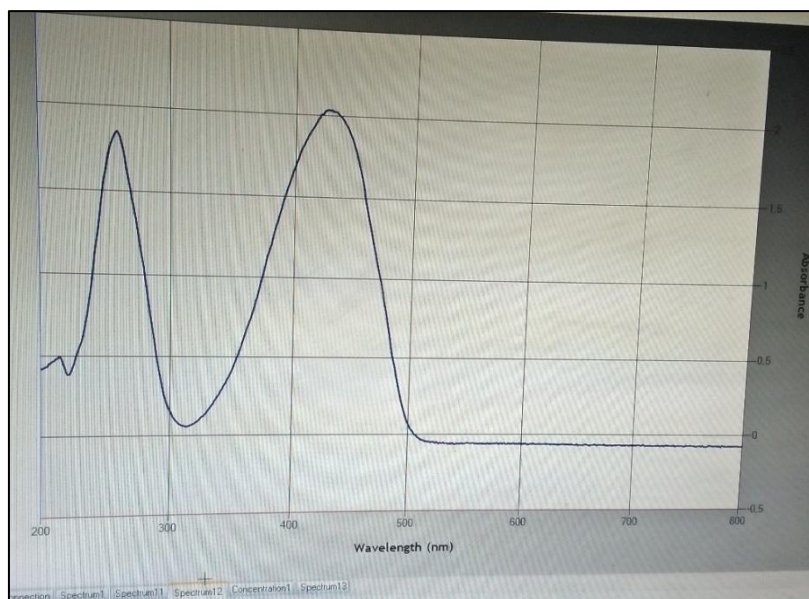
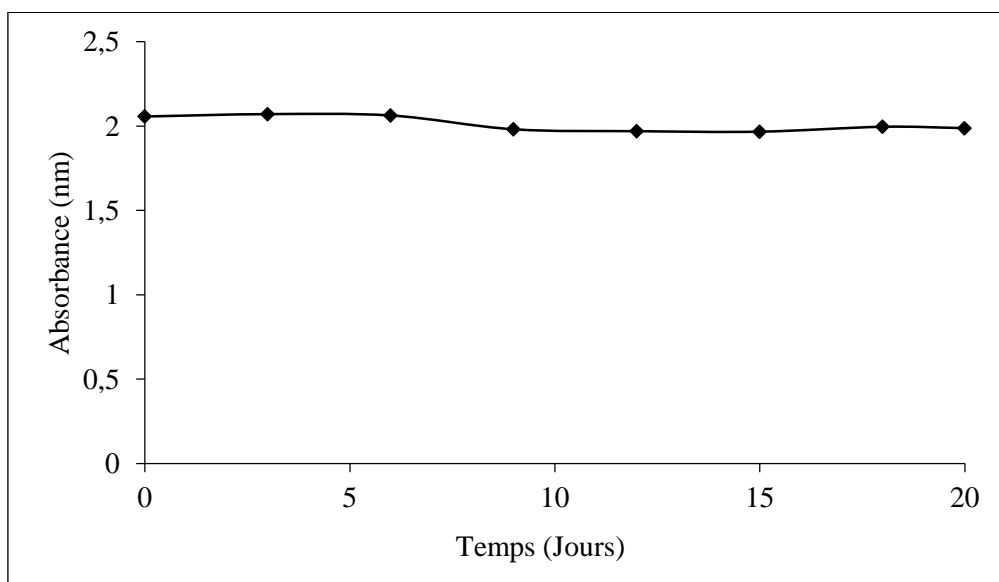


Figure II.7 : Spectre du colorant étudié



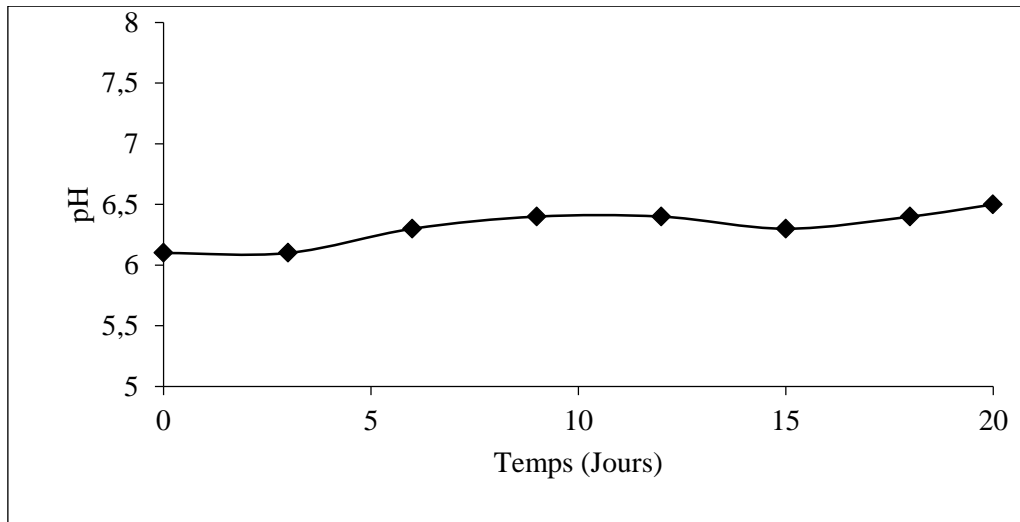


Figure II.8 : Essais de stabilité ou de conservation des colorants dans le temps [40]

II.4.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage du colorant étudié

La courbe d'étalonnage pour le colorant étudié, a été établie identiquement à partir d'une solution mère à 10^{-3} M diluée à l'eau distillée pour en faire des solutions filles à 5×10^{-6} , 8×10^{-5} , 10^{-5} , 2×10^{-5} et 5×10^{-5} M. Toutes les solutions de colorant préparées sont analysées en spectrométrie dans le visible aux longueurs d'ondes maximales déjà optimisées à savoir $\lambda_{\max}=425$. Le tracé de la courbe d'étalonnage du colorant, correspondant à l'Absorbance = f (concentration (M)), montre (*figure II.9*) de bon coefficient de corrélation sensiblement égal à l'unité.

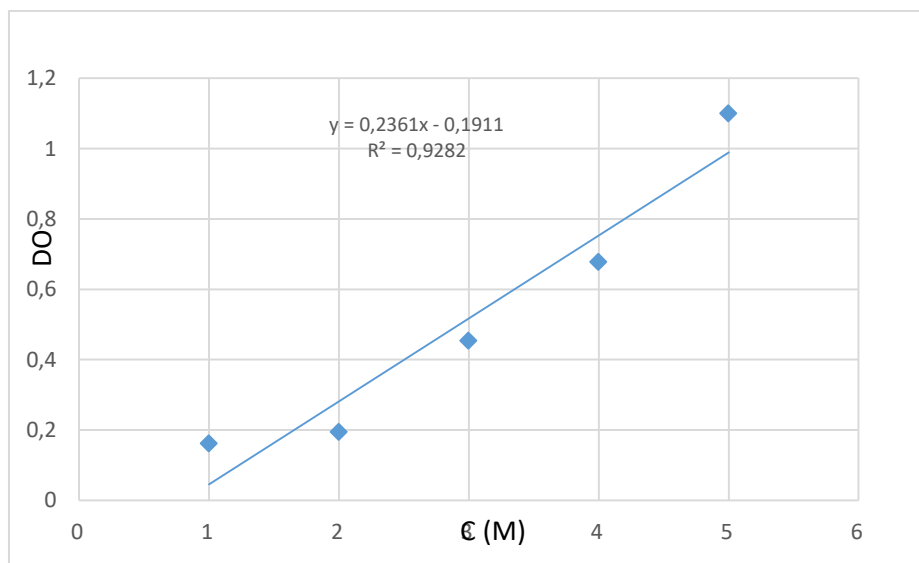


Figure II.9 : Courbe d'étalonnage du colorant étudié

Les courbes de la *Figure II.10* montrent que le colorant étudié (tartrazine) prend des absorbances très peu variables (du 0,436 au 0,671) en fonction des valeurs de pH testés (3, 4, 7, 9 et 11) avec une concentration d'une solution fille de $3 \cdot 10^{-5}$ M. De ce fait, dans un milieu très acide (pH=3), l'absorbance est environ 0,588 avec une couleur jaune légèrement foncé par rapport à l'équilibre (pH₀) alors qu'il est de couleur jaune claire en milieu basique (pH=11) avec une absorbance de 0,436. Nous pouvons en conclure que le pH modifie légèrement l'absorbance du colorant alimentaire étudié.

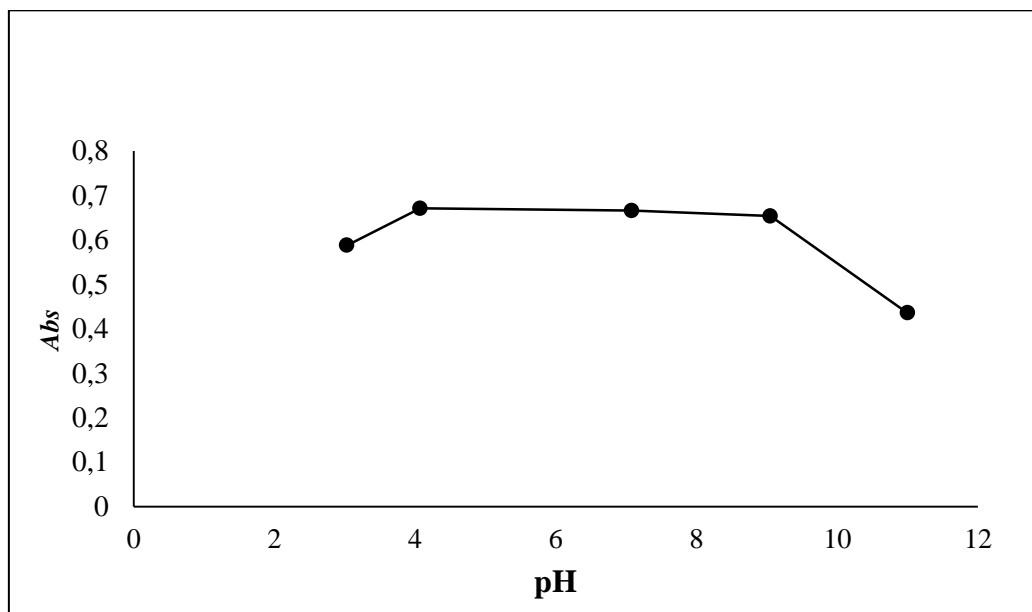


Figure II.10 : Evolution de l'absorbance en fonction de pH

Cette expérience a été réalisée avec solution fille avec concentration $3 \cdot 10^{-5}$ et pH libre 5.85

II.4.3. Résultats de l'optimisation de la dégradation du colorant dans les eaux par l'adsorption

L'échantillon d'eau à traiter, a été réalisée milieu synthétique (colorant plus eau distillée). La technique de traitement physico-chimique d'adsorption adopté est basée sur la propriété qu'un solide (adsorbant) de fixer sur sa surface des polluants organiques ou minérales (adsorbats).

L'optimisation de ce procédé d'adsorption est nécessaire et nécessite l'étude de plusieurs paramètres influençant l'efficacité du traitement par ce type de procédé. Pour cela, et afin de mieux optimiser ce procédé physico-chimique d'adsorption, nous avons étudié des paramètres tels que la concentration en adsorbat, la quantité de l'adsorbant, le pH initial de la solution, la nature de l'adsorbant (naturel ou activé, soit chimiquement, soit thermiquement), ainsi que le temps de contact.

II.4.3.1.Effet de l'état de l'adsorbant sur l'élimination du colorant par adsorption sur PF et PPP

Dans cette partie d'étude, les essais d'adsorption en fonction de type d'adsorbant (PF et PPP) et l'état de l'adsorbant (état naturel, après activation chimique et après activation thermique) ont été effectués selon le même protocole expérimental que pour les essais d'adsorption en fonction de la masse de l'adsorbant, La masse de 5 mg de l'adsorbant à été utilisée avec une concentration initiale de $3.10^{-5}M$ de colorant étudié et le temps d'adsorption est varié de 0 à 120 minutes.

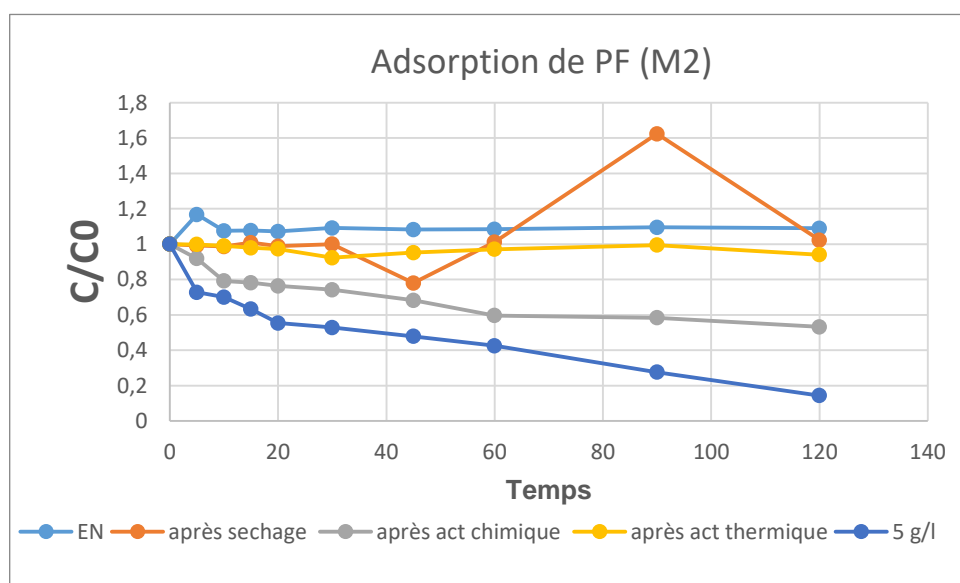


Figure II.11: Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différents états de l'adsorbant (PF)

Les résultats de la *figure II.11* montrent que les meilleurs rendements d'élimination du colorant étudié ont été obtenus avec l'adsorbant de pelures de fève (PF) après calcination (activation thermique), alors que les rendements d'élimination du colorant dans le milieu étudié avec PF et après activation chimique sont acceptables par rapport aux rendements d'élimination avec l'adsorbant à l'état naturel (sans activation chimique et thermique), ceci est expliqué par l'augmentation de la surface spécifique des matériaux employés de l'état naturel à l'étape de l'activation thermique. Les courbes de la *figure II.12* présentent l'évolution des quantités adsorbées avec le temps en fonction de l'état de matériau pelures de petit poids (PPT), les courbes montrent de faibles quantités adsorbées soit à l'état naturel ou autres (après activation chimique ou thermique). [41] ont observé que les surfaces BET des charbons actifs sont plus élevées que celles des matériaux bruts. Ceci est dû au traitement chimique qui a un

grand effet sur les propriétés texturales des adsorbants. Il est à noter que les propriétés d'adsorption des charbons dépendent particulièrement de leurs chimies de surface (la surface spécifique, la taille des pores...).

Après l'activation des PPP et des PF par H_3PO_4 , les surfaces spécifiques augmentent d'une façon importante. Elles passent de $1.17 \text{ m}^2/\text{g}$ à $735.27 \text{ m}^2/\text{g}$ pour les PPP et de $0.85 \text{ m}^2/\text{g}$ à $760.56 \text{ m}^2/\text{g}$ pour les PF et dépassent celle du CAC qui est égale à $721.03 \text{ m}^2/\text{g}$. Le volume microporeux du CAPPP le plus élevé comparé à ceux du CAPF et du CAC. La comparaison entre les différents diamètres des pores montre que le diamètre du CAC (71.96 \AA) est supérieur à ceux du CAPPP (58.42 \AA) et du CAPF (52.88 \AA) ; ce qui dénote la grande capacité d'adsorption du CAC par rapport aux autres matériaux [42]. Ainsi, La distribution de la taille des pores montre que les surfaces des charbons actifs activés avec H_3PO_4 sont majoritairement microporeuses et ils peuvent être des excellents adsorbants pour les molécules organiques de grande taille. Le mécanisme de la décomposition thermique des charbons actifs repose sur la division de la température en intervalles. La température de décompositions dépend du matériau utilisé et du mode de traitement chimique employé [43]. Donc, les PPP, CAPPP, PF, CAPF et CAC peuvent contenir de la cellulose et de la lignine. Cependant c'est difficile d'identifier la décomposition des particules.

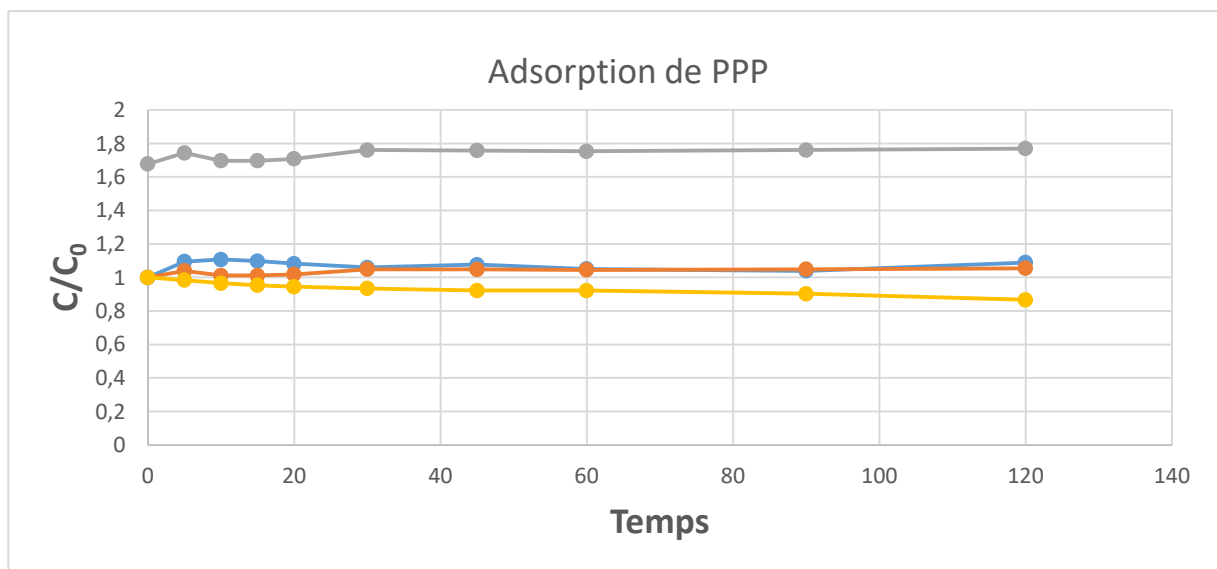


Figure II.12 : Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différents états de l'adsorbant (PPP)

Il est très important de tester les capacités d'adsorption de n'importe quel matériau en procédant à l'optimisation des différents paramètres et facteurs influençant la capacité d'adsorption. Et pour des raisons de disponibilité, l'encombrement au niveau du laboratoire, et le temps qui est très limité, nous avons décidé de continuer à travailler avec un seul matériau, il s'agit de pelures de fève (PF) après activation thermique, et ça cause de bon rendements d'élimination de colorant employé (E102).

II.4.3.2. Effet de la masse de l'adsorbant (PF) sur l'élimination du colorant par adsorption

Sur la figure II.13, nous avons représenté la variation des quantités adsorbées (exprimées en C/C_0) du colorant étudié) en fonction des masses de charbon actif (1, 2, 3 et 5 g) préparé a base de pelures de fève (CPF) avec un temps de contact de 2 heures, la concentration initiale en adsorbât utilisée est de $3 \cdot 10^{-5}$ M. Nous constatons que les valeurs de C/C_0 de colorant étudié diminuent avec le temps à mesure que la masse du charbon actif de pelures de fève augmente, jusqu'à la décoloration totale qui a lieu vers 0.14 M avec un ordre de décoloration 85%

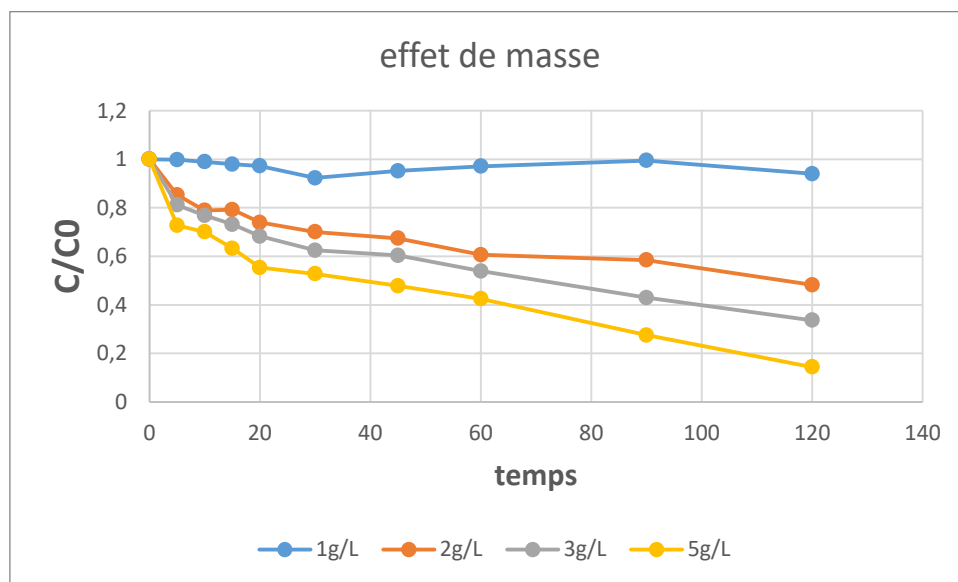


Figure II.13 : Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes masses de l'adsorbant (PF)

L'augmentation du pourcentage d'adsorption observée en fonction de la masse de l'adsorbant est due à la disponibilité de sites libres d'adsorption qui augmente avec la quantité

d'adsorbant jusqu'à la masse 5 g. Aux faibles masses de l'adsorbant, les molécules du colorant accèdent difficilement aux sites d'adsorption de l'adsorbant, d'où l'accroissement de la quantité adsorbée de colorant avec la masse de l'adsorbant mais avec des cinétiques différentes selon la nature, le type et l'état de l'adsorbant. Au-delà de cette masse, le nombre de sites libres accessibles devient stable. L'addition de l'adsorbant ajoute le nombre des sites libres mais ces additions supplémentaires entraînent par fois la formation des agglomérations des particules surtout dans le cas des bioadsorbants [44].

Les courbes de la *figure II.13* montrent clairement que la masse de 5g de l'adsorbant donne de meilleurs taux de réduction ou des quantités adsorbées importantes en comparant avec d'autres masses testés tels que 1, 2 et 3, ceci est expliqué comme nous avons indiqué auparavant par le grand nombre de sites accessibles par les molécules de colorants dans le milieu, en rappelant que la capacité ultime d'adsorption exprime la quantité de soluté (colorant) adsorbée par unité de masse mieux par unité des particules adsorbantes. L'encombrement stérique est aussi à la base de la réduction de la surface totale accessible d'où une diminution de la capacité d'adsorption en fonction de la masse de l'adsorbant et une constance de l'adsorption à partir des masses élevées en adsorbant. Il y a nivellement de l'adsorption. [45] ont aussi observé les mêmes variations de la capacité d'adsorption avec la masse de l'adsorbant pour l'élimination du colorant azoïque carmoisine par le processus d'adsorption sur diatomite.

II.4.3.3. Effet de pH sur l'élimination du colorant par adsorption

Le pH initial des solutions colorés est un paramètre très important pour contrôler le processus d'adsorption, ainsi le paramètre de pH joue un rôle important sur la charge superficielle de l'adsorbant, sur le degré d'ionisation du colorant en solution et par conséquent sur le taux d'adsorption. [46, 47] L'effet du pH sur l'élimination du colorant tartrazine (E102) par le procédé d'adsorption sur (PF) a été étudié par la mise en contact de 100 ml de solution du colorant (3×10^{-5}) avec 5g/l de l'adsorbant. Les résultats sont représentés sur la *figure (II.14)*.

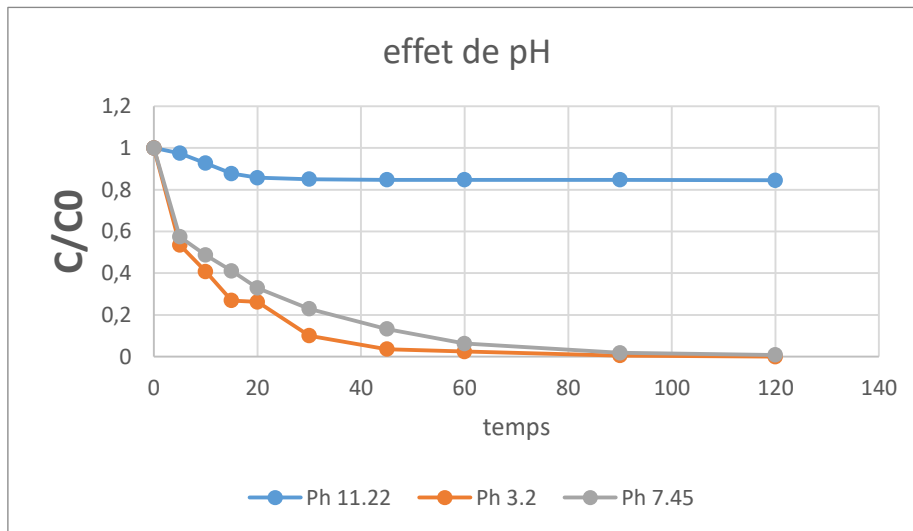


Figure II.14 : Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes valeurs de pH

Les résultats de la *figure II.14* montrent que le charbon actif des pelures de fève (CAPF) préparé à partir des déchets agricoles est efficace pour l'élimination de la matière organique dissoute dans l'eau (les molécules de colorant). A cet effet, on observe une augmentation du rendement d'élimination du colorant étudié (tartrazine) lorsque le pH de la solution diminue (pH=3,2), alors que avec des valeurs de pH basique (pH=11), le rendement d'élimination est presque négligeable (environ 20 à 30 %). L'évolution du rendement d'élimination dans le domaine des pH étudiés s'explique par le fait que lorsque le pH est supérieur au pH_{pzc} ($pH_{pzc} = 6.01$). En générale, le mécanisme d'adsorption de colorant peut être considéré par les interactions électrostatiques entre les molécules du colorant et les fonctions de surface de l'adsorbant. En autre, le pH de la solution entraîne généralement une modification de la charge superficielle de l'adsorbant et influence aussi la dissociation du soluté (colorant).

II.4.3.4.Effet de la concentration initiale du colorant le phénomène d'adsorption

L'effet de l'augmentation de la concentration initiale en colorant dans la solution sur le processus d'adsorption est étudié en testons trois concentrations (10^{-5} , 3.10^{-5} , 5.10^{-5}) sur une quantité de 5g/l en adsorbant (CPF) à différents temps de contact.

Les résultats de la *figure II.15* montrent que les rendements d'élimination de colorant étudié diminuent avec l'augmentation de la concentration, ceci peut être due à la saturation

des sites d'adsorption sur la surface de l'adsorbant par le fait que l'augmentation de la concentration augmente le nombre de molécules du polluant dans la solution pour la même masse de l'adsorbant, ce qui entraîne une compétition entre les molécules des composés organiques pour occuper ces sites d'adsorption. L'activation par l'acide phosphorique conduit à une distribution poreuse très étendue. Elle est généralement utilisée pour des précurseurs lignocellulosiques.

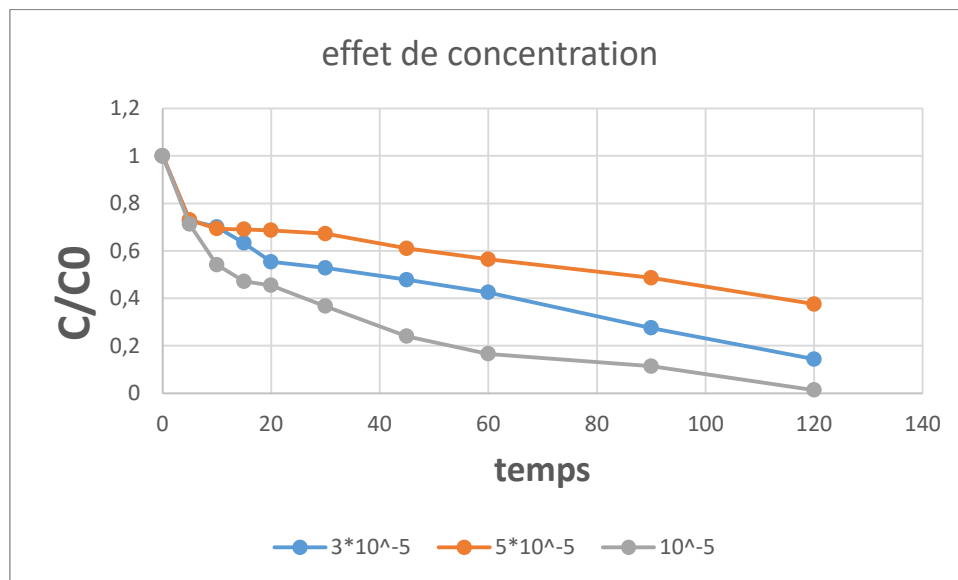


Figure II.15 : Evolution de la quantité adsorbée en fonction de temps avec différentes concentrations initiales du colorant.

Cette figure montre qu'une forte concentration de l'adsorbat ne semble pas jouer un rôle positif dans l'adsorption. L'excès de tartrazine va réduire le transfert de masse diminuant ainsi la cinétique de dégradation.

Nous constatons que les valeurs C/C_0 du colorant étudié diminuent avec le temps car la concentration initiale en tartrazine est faible plutôt qu'élevée.

Conclusion Générale

Ce travail avait pour objectif, l'étude de l'élimination de d'un colorant alimentaire Tartrazine (E102) par adsorption sur les pelures de petits poids (PPP) et pelures de fève (PF) à l'état naturel, après activation chimique et thermique, en étudions les principaux paramètres réactionnels qui influent sur le rendement d'élimination (concentration du colorant, pH, la masse de l'adsorbant ainsi que le temps de contact).

L'utilisation de ce procédé d'adsorption a permis de réduire la coloration des eaux étudiées mais a des efficacités différentes selon le type et la nature de l'adsorbant ainsi que son état d'utilisation (naturel, après activation chimique ou thermique), ce qui conduit à la recherche des meilleurs conditions lié à l'adsorbant avec lesquelles l'élimination du colorant dans les eaux est a son maximum.

A partir des résultats de mesure de l'absorbance du colorant avant, au cours du traitement et après traitement, permettent de déduire que l'application du procédé d'adsorption sur pelures de fève donne des rendements d'élimination du colorant satisfaisants (0%) à l'état naturel, 46% après l'activation chimique et 6% après l'activation thermique et à la masse optimale 85% avec pratiquement les mêmes conditions opératoires de pH (pH= 4.03), concentration initiale de colorant $3 \cdot 10^{-5}$ M et un temps de contact de (120 min).

Les résultats obtenus de l'influence des paramètres étudiés nous a permis de conclure :

- Le temps d'équilibre est au tour de 120 min pour les faibles concentrations (10^{-5} , $3 \cdot 10^{-5}$ M), est au tour de 240 min pour la concentration ($5 \cdot 10^{-5}$ M).
- l'élimination totale du colorant étudié est atteinte en milieu acide (pH=3.2).
- l'augmentation de la masse d'adsorbant influe d'une manière significative sur le rendement d'élimination du colorant étudié (E102).
- L'augmentation de la concentration initiale du colorant diminue le rendement d'élimination.

Bibliographies

- [1] **Gupt V.K., Suhas.**, « Application of low-cost adsorbents for dye removal–A review», *Journal of Environmental Management*, vol 90, pp. 2313–2342, (2009).
- [2] **Forgacs E., Cserhati T., Oros G.**, «Removal of synthetic dyes from wastewaters: A review», *Environ. Int.*, vol 30, pp. 953–971, (2004).
- [3] **Ahmed M.J., Dhedan S.K.**, « Equilibrium isotherms and Kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural Wastes-based activated carbons», *Flui. Phas. Equil*, vol 317, pp. 914, (2012).
- [4] **S. Thakur, S. Pandey, and O. A. Arotiba**, "Development of a sodium alginate-based organic/inorganic superabsorbent composite hydrogel for adsorption of methylene blue," *Carbohydrate polymers*, vol. 153, pp. 34-46,(2016).
- [5] **Bougdah N.** Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite, Mémoire de Magister, Université 20 Août 55-Skikda, (2007).
- [6] **Boukrah H.** Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, Mémoire de Magister, l'université du 20 août 1955-Skikda,(2008).
- [7] **Daoud T.** Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte « La *Streptomyces Rimosus* », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenue hassan badi, el-harrach -Alger, juin,(2007).
- [8] **Chikhi K.** Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia, Master Académique, Université Kasdi Merbah -Ouargla, (19/06/2013).
- [9] **Khalfaoui A.** Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane, Thèse de Doctorat, Université Mentouri -Constantine, (2012).
- [10] **Sedira N.** Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Mémoire de Magister, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras, (2012/2013).
- [11] **Bouaziz A.** Biosorption du nickel par la biomasse *Pleurotusmutilus*, Ecole Nationale polytechnique, juin, (2009)..
- [12] **Kanouri R. Labide A.** Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia, Mémoire master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, (2012/2013).
- [13] **Cherraye R.** Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant), Mémoire Master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, (16/06/2012).
- [14] **Manole Creanga, (2007)**

- [15] **Chouat M. laboubi F.** Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra, Juin (2013).
- [16] **Rodier., J.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles-eaux résiduaires-eaux de mer, 8^{ème} édition, 380-391p, (1996).
- [17] **Ikhlass M.T.** Etude de l'élimination du chrome (VI) par adsorption sur l'alumine activée et par dialyse ionique croisée, Thèse de Doctorat, Université Paris-Est Créteil ICMPE, (22/12/2012).
- [18] **CultureSciences-Chimie-ENS.** L'adsorption et l'environnement
- [19] **Schrotter J-C.Daines C. Bozkaya B.** Elimination de la matière organique dans les concentras membranaires, Anjou Recherche Chemin de la Digue-BP76, (2008).
- [20] **Hedi, B., M.** Les colorantes textiles sources de contamination de l'eau, article scientifique, 1-2p, (2011).
- [21] **Meguellati, R.** Optimisation de l'élimination d'un colorant alimentaire par adsorption, mémoire, université Bourdj Arreridj, 3-6p, (2021).
- [22] **Aidaoui, D., Kouadri, A.** Dégradation d'un colorant le gentiane violet par la technique de l'electrocoagulation. Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 11-12 p(2018).
- [23] **Lamri, N.** Elimination du colorant orange en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, Mémoire, université de Constantine, 12p, (2010).
- [24] **Boucherit, N.** Traitement des colorants textiles par procédés de couplage : fenton-enzyme, thèse de doctorat, université de Tizi-ouzou, 6p, (2016).
- [25] **Samaha, H.** Etude de dégradation des colorants de textiles par les procédés d'oxydation avancée, Mémoire, 6-7p, (2008).
- [26] **Trabelsi,H.** Etude de dégradabilité et de la toxicité des colorants par ozonation et photocatalyse, thèse de doctorat, 15-16p, (2014).
- [27] **Lansari, I.** Elimination des colorants textiles par des sorbants naturels, thèse de doctorat, université-Tlemcen, 24p, (2021).
- [28] **Alami., O.** Effet de la consommation subchronique de la Tartrazine sur la structure historique des reins, du foie et du cerveau chez la souris, mémoire, université d'oran, 19-20p, (2010).
- [29] **Crini, C., Badot, P.M.** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. Presses universitaires de Franche-Comté,352 p, (2007).

- [30] **Dekhil, S.W.** Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi, (2012).
- [31] **Ziati. M.** Adsorption et électrosorption de l'arsenic (III) sur charbon à base de noyaux de dattes activés thermiquement et chimiquement. Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar ANNABA, (2012).
- [32] **CMA.** [Veille économique] Vêtements et accessoires pour enfants (2016).
- [33] **S. Boumchita^{1*}, A. Lahrichi², Y. Benjelloun¹, S. Lairini¹, V. Nenov³, F. Zerrouq¹** Elimination d'un colorant cationique dans une solution aqueuse par un déchet alimentaire : Epluchure de pomme de terre
- [34] **Bouanimba N.** Etude comparative de la dégradation photochimique et photocatalytique de quatre colorants: Impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photocatalytique de TiO₂. Thèse de doctorat, Université de Constantine 1, 204 p, (2014).
- [35] **Lemerini W.** Contribution à l'étude de l'effet de quelques colorants azoïques alimentaires sur l'activité de la carboxylestérase porcine. Thèse de doctorat. Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen, 109 p, (2016).
- [36] **Baccar R., Sarra M., Bouzid J., Feki M., Blanquez P.,** «Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by-product», Chem. Eng. J, vol 211-212, pp. 310-317, (2012).
- [37] **T.-H. Liou,** "Development of mesoporous structure and high adsorption capacity of biomass-based activated carbon by phosphoric acid and zinc chloride activation," Chemical Engineering Journal, vol. 158, no. 2, pp. 129-142, (2010).
- [38] **A. Bhatnagar and M. Sillanpää,** "Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment - a review," Chemical engineering journal, vol. 157, no. 2-3, pp. 277-296, (2010).
- [39] **N. El Hannafi, M. Boumakhla, T. Berrama, and Z. Bendjama,** "Elimination of phenol by adsorption on activated carbon prepared from the peach cores: modelling and optimisation," *Desalination*, vol. 223, no. 1-3, pp. 264-268, (2008).
- [40] **Satur Ch.** Elimination d'un colorant alimentaire "Tartrazine" dans les eaux par les procédés «Fenton». Université Chadli Bendjedid –El Tarf, (2023)

- [41] **N. Wibowo, L. Setyadhi, D. Wibowo, J. Setiawan, and S. Ismadji**, "Adsorption of benzene and toluene from aqueous solutions onto activated carbon and its acid and heat treated forms: influence of surface chemistry on adsorption," *Journal of hazardous materials*, vol. 146, no. 1-2, pp. 237-242, (2007).
- [42] **A. Ouchene, H. Khelili, M. Guellala, N. Zouaoui, A. Amrane.**, Preparation and characterization of new adsorbents of pea and bean agricultural peels for water purification loaded with organic tryptophan compound. 234 (2021) 206–221; *Desalination and Water Treatment*.
- [43] **C. Djilani, R. Zaghdoudi, A. Modarressi, M. Rogalski, F. Djazi, and A. Lallam**, "Elimination of organic micropollutants by adsorption on activated carbon prepared from agricultural waste," *Chemical Engineering Journal*, vol. 189, pp. 203-212,(2012).
- [44] **Kifline Milebudi KIFUANI, Anatole KIFUANI KIA MAYEKO, Philippe NOKI VESITULUTA, Bernard ILINGA LOPAKA, Gracien EKOKO BAKAMBO, Blaise MBALA MAVINGA et Jérémie MUSWEMA LUNGUYA**. Adsorption d'un colorant basique, Bleu de Méthylène, en solution aqueuse, sur un bioadsorbant issu de déchets agricoles de *Cucumeropsis mannii* Naudin ; *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(1): 558-575, February (2018).
- [45] **K. Labiod, S. Hazourli, M. Bendaia, M. Tlili, A. AitBara, R. Graine et H. Meradi**. Removal of azo dye carmoisine by adsorption process on diatomite. *Adsorption Science & Technology*. <https://doi.org/10.1155/2022/9517605>
- [46] **Salleh M. A. M., Mahmoud D. K., Karim W. A. W. A., Idris A.** Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review *Desalination* 2011 280 9517605 1-3 1 -13 Crossref 2-s2.0-80053321207.
- [47] **Munagapati V. S., Yarramuthi V., Kim Y., Lee K. M., Kim D.-S.** Removal of anionic dyes (Reactive Black 5 and Congo Red) from aqueous solutions using banana peel powder as an adsorbent *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2018 148 9517605 601 -607 Crossref 2-s2.0-85032890905 PubMed

Résumé

Les rejets chargés de colorants posent deux problèmes majeurs, l'un esthétique et l'autre lié à la santé publique, d'où la nécessité de traiter. Dans cette étude scientifique, nous avons examiné l'adsorption du Tartrazine par les pelures des petits pois et pelures de fève, d'origine végétale. Nous avons effectué plusieurs essais expérimentaux pour déterminer les conditions optimales telles que le temps de contact, la concentration initiale, la masse d'adsorbant, le pH. Les résultats ont montré que le deuxième matériau est plus adapté à la cinétique d'adsorption de ce colorant. L'adsorption du tartrazine était maximale à un pH de 3.2 et à une masse optimale 5g/l. L'adsorption était un processus spontané et endothermique. Les adsorbants activés présentaient une meilleure capacité d'adsorption par rapport aux adsorbants brute.

Mots clés: Adsorption, Tartrazine, Pelures des petits pois, Pelures de fève

ملخص

تطرح الإفرازات المحملة بالأصبغ مشكلتين رئيسيتين، إحداهما جمالية والأخرى مرتبطة بالصحة العامة، ومن هنا تأتي الحاجة إلى العلاج. قمنا في هذه الدراسة العلمية بفحص امتزاز التارترازين بواسطة قشور البازلاء و قشور الفول من أصل نباتي. أجرينا العديد من الاختبارات التجريبية لتحديد الظروف المثلى مثل زمن التلامس، التركيز الأولي، كتلة المادة المازة، الرقم الهيدروجيني. أظهرت النتائج أن المادة الثانية أكثر ملائمة لحركية الامتزاز لهذه الصبغة، وكان امتصاص التارترازين أقصى عند درجة حموضة 3.2 وعند كتلة مثالية 5 جم/ لتر. كان الامتزاز عملية عفوية وماصة للحرارة. أظهرت الممتزات المنشطة قدرة امتصاص أفضل مقارنة بالممتزات الخام.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز، التارترازين، قشور البازلاء، قشور الفول

Abstract:

The discharges loaded with dyes pose two major problems, one aesthetic and the other linked to public health, hence the need for treatment. In this scientific study, we examined the adsorption of Tartrazine by pea pods and broad bean pods, of plant origin. We conducted several experimental tests to determine optimal conditions such as contact time, initial concentration, adsorbent mass, pH. The results showed that second material is more suited to the adsorption kinetics of this dye. The adsorption of tartrazine was maximum at a pH of 3.2 and at an optimal mass of 5g/l. Adsorption was a spontaneous, endothermic process. Activated adsorbent shad showed better adsorption capacity compared to raw adsorbents.

Keywords: Adsorption, Tartrazine, pea pods, broad bean pods