

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

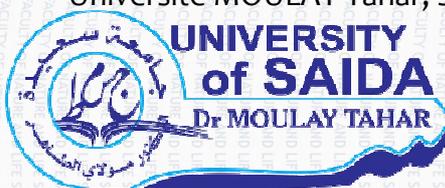
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة مولاي الطاهر، سعيدة

Université MOULAY Tahar, Saida



كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

N° d'Ordre

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Science Biologie

Spécialité : Biotechnologie Végétale et génomique

Thème

Etude de l'adsorption d'un colorant (Bleu de Méthylène) en solution aqueuse, sur déferents biosorbants issues de la filière agricole .

Présenté par :

- Mme : BELABBES Mounira
- Mme : TAZI Razika

Soutenu le : 28/06/2020

Devant le jury composé de :

Président	Mr. Ziani Kadour	MCA Université de Saida
Examineur	Mr. Benreguieg Mokhtar	MCA Université de Saida
Rapporteur	Mr. Hachem Kadda	Pr Université de Saida
Co-Rapporteur	Mr. Adli Djallal Eddine Houari	MCA Université de Saida
Invité	Mr. Mébarki Moubarek	Dr Université de Saida

Année universitaire 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère et A mon cher père

Qui ne cessent de me soutenir dans

Tous les domaines de la vie particulièrement mes études ainsi

Que ce travail à vous maman et papa je vous dis

Mille fois merci.

A ma Grande Mère

A mon frère Mahdi

A mes sœurs Samira , Ahlem , Fossra , Fatiha , Wissal

A ma famille

A ma binôme Razika et sa famille

A tous mes amis (es)

Mounira

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère et A mon cher père

Qui ne cessent de me soutenir dans

Tous les domaines de la vie particulièrement mes études ainsi

Que ce travail à vous maman et papa je vous dis

Mille fois merci.

A mon frère Founes

A mes sœurs Amel , Habiba , Sabah , Zarima ,

Malek

A ma famille

A ma binôme Mounira et sa famille

A tous mes amis (es)

Razika

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir donné le souffle et l'aptitude pour mener à terme ce travail. Nous exprimons notre plus profonde gratitude à Monsieur Kadda Hachem qui nous encadrés et orienté, nous remercions Monsieur Mébarki .M pour tous ses conseils, et son aide à progresser dans nos recherches grâce à son esprit critique et son soutien tout le long de la réalisation de ce modeste travail. Nos vifs remerciements vont également à Monsieur Adeli et aux membres du jury qui ont accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Grand merci aux membres du laboratoire pour leurs soutiens et leurs encouragements. Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mounira & Razika .

Liste des abréviations

A : Absorbance .

V : Volume (L) .

C0 : Concentration initiale du colorant (mg/L) .

Ce : Concentration du colorant à l'équilibre (mg/L) .

qe : Quantité du colorant adsorbée à l'équilibre (mg/g) .

qm (q_{max}) : Capacité maximale d'adsorption (mg/g) .

kL : Constante d'équilibre de Langmuir (L/mg) .

kF : Constante de Freundlich (m¹⁻ⁿ .Lⁿ/g) .

n : Degré de non-linéarité .

R² : Coefficient de corrélation .

Pf : Poids frais (g) .

Ps : Poids stable (g) .

(TE) : Taux d'humidité

BM : Bleu de méthylène .

EA : Endocarpe d'Amande .

EP : Endocarpe de Pistachier .

PA : Péricarpe d'arachide .

UV-Vis: Ultraviolet-Visible

MET : microscopie électronique en transmission

MEB : microscopie électronique à balayage

DRX : diffraction des rayons x

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparaison chimique et valeurs moyennes pour 100 g d'amande fraîche	7
Tableau 2 : Composition de 100 g de graine d'arachide.....	13
Tableau 3 : Evolution des superficies et productions d'arachide au niveau des principales zones productrices en algérie (2013).....	16
Tableau 4 : La composition en nutriments des pistaches (100g).....	20
Tableau 5 : Répartition du pistachier fruitier en Algérie.....	22
Tableau 6: les caractéristiques et propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 : les principales caractéristiques physiques de quelques biosorbants	31
Tableau 8: Valeurs d'adsorbance pour le bleu de méthylène	41
Tableau 9 : Représentation le poids frais et le poids stables sur différents fraction , le taux d'humidité et le pourcentage de partie étudié par rapport au fruit entier.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 10 : Les résultats obtenus par les six solutions de bleu de méthylène sur les différentes fractions.....	46
Tableau 11 : Paramètres de modèle de Langmuir et de freundlich pour l'adsorption du bleu de méthylène sur les résidus brutes des péricarpes d'arachide et l'endocarpe de l'amande et de pistachier.....	49
Tableau 12 : comparaison de nos résultats (q max) des fractions testées par les valeurs récemment rapportées par plusieurs travaux sur le bleu de méthylène.....	51

Liste des figures

Figure 1 : les fleurs d'amandier .	5
Figure 2 : Coupe longitudinale d'amande	6
Figure 3 : Présentation de la production mondiale des amandes	9
Figure 4 : Représentation de feuilles d'arachide.	11
Figure 5 : Fleurs d'arachide.	12
Figure 6 : les fruit d'arachide.	13
Figure 7 : Principaux Producteurs d'arachide dans le monde (2013)	16
Figure 8 : Graines de pistachier vrai.	19
Figure 9 : les différentes partie de la paroi du fruit (le péricarpe) du pistachier	20
Figure 10 : Classification des isothermes d'adsorption	34
Figure 11: les péricarpes d' arachide , les endocarpe de pistache et pistchier et les endocarpe d'amande	38
Figure 12: péricarpe d'arachide , l'endocarpe de pistachier et d'amande après broyage et tamisage	39
Figure 13 : péricarpe d'arachide ,et l'endocarpe d'amande et de pistachier séchées	39
Figure 14 : Solution mère de BM	40
Figure 15: Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène.	41
Figure 16 : Spectrophotomètre UV - visible	42
Figure 17: Les solutions de BM	43
Figure 18 : Pourcentage d'élimination des différents fraction en fonction de concentrations initiales du bleu de méthylène	47
Figure 19: Variation de la capacité d'adsorption à l'équilibre en fonction de la concentration du polluant de bleu de méthylène	48
Figure 20 : Tracage de l'isotherme de Lungmuir de bleu de méthylène	50
Figure 21 : Travage de l'isotherme de Freundlich de bleu de méthylène	52

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer le pouvoir adsorbant de trois coproduits agroalimentaire (les péricarpes d'arachide, les endocarpes d'amande, les endocarpes de pistachier) utilisées pour éliminer un colorant qui est le bleu de méthylène en milieu aqueux. À l'issue de cette étude, il a été confirmé que le péricarpe d'arachide constitue un bon adsorbant pour le bleu de méthylène avec une capacité maximale d'adsorption q_{max} (déterminée en utilisant les isothermes de Langmuir) de 60.97mg/g suivie par l'endocarpe de l'amande et l'endocarpe de pistache avec 30.76 mg/g et 20.83mg/g respectivement. L'étude des isothermes d'adsorption a montré aussi que le modèle de Langmuir décrit mieux la cinétique de bio sorption de BM que le modèle de Freundlich sur les trois supports avec des coefficients de corrélation R^2 supérieurs à 0.95.

Mots clés: péricarpes d'arachide, endocarpes d'amande, endocarpes de pistachier, bleu de méthylène, biosorption.

Abstract

The objective of this study was to determine the adsorption capacity of three agri-food co-products (peanut pericarp, almond endocarp, pistachio endocarp) used to remove a colorant, methylene blue, in aqueous solutions. At the result of this study, it was confirmed that peanut pericarp is a good adsorbent for methylene blue with a maximum adsorption capacity q_{\max} (determined using Langmuir isotherms) of 60.97mg/g followed by almond endocarp and pistachio endocarp with 30.76 mg/g and 20.83mg/g respectively. The study of adsorption isotherms also showed that the Langmuir model is adequate to describes the biosorption kinetics of BM than the Freundlich model on the three substrates with correlation coefficients R^2 higher than 0.95.

Keywords: peanut pericarps, almond endocarps, pistachio endocarps, methylene blue, biosorption.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد القوة الممتازة لثلاث مواد غذائية من المنتجات (قشرة الفستق ، اللوز ، قشور الفول السوداني) المستخدمة لإزالة الصبغة وهي الميثيلين الأزرق في وسط مائي. في نهاية هذه الدراسة ، تم التأكيد على أن قشور الفول السوداني تشكل مادة ماصة جيدة لأزرق الميثيلين مع قدرة امتصاص قصوى (تم تحديدها باستخدام متساوي الحرارة لنقمير) تبلغ 60.97 مجم / جم يليها اللوز والفستق بنسبة 30.76 مجم / جم و 20.83 ملجم / جم على التوالي. أظهرت دراسة مساواة الامتزاز أيضًا أن نموذج لانجموير يصف حركيات الامتصاص الحيوي لـ بشكل أفضل من نموذج فروندلش على الدعامات الثلاثة مع معاملات الارتباط اكبر من 0,95.

الكلمات المفتاحية: قشور الفول السوداني ، أقواس اللوز الداخلية ، الفستق الحلبي ، أزرق الميثيلين ، الامتصاص الحيوي.

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES FIGURES	VII
RESUME	VIII
ABSTRACT	IX
ملخص	X
TABLE DES MATIERES	XI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. L'amande (<i>Prunus Amygdalus</i>)	4
I.1.1. Présentation de l'arbre.....	4
I.1.2. Classification botanique	4
I.1.3. Description morphologique.....	4
I.1.4. Composition chimique	6
I.1.5. Propriétés biologiques des amandes.....	7
I.1.6. Utilisation des amandes.....	8
I.1.7. La production mondiale des amandes	9
I.2. L'Arachide (<i>Arachis Hypogea L.</i>).....	9
I.2.1. Présentation de la plante.....	9
I.2.2. Classification botanique de la plante.....	10
I.2.3. Description morphologique de la plante	11
I.2.4. Composition chimique	13
I.2.5. Propriétés biologique de l'arachide.....	14
I.2.6. Utilisations d'arachide	14
I.2.7. Production mondiale d'arachide	15
I.3. pistachier vrai (<i>Pistacia Vera</i>)	17
I.3.1. Présentation de l'arbre.....	17

I.3.2. Classification botanique	17
I.3.3. Description morphologiques du pistachier fruitier	18
I.3.4. Composition chimique	20
I.3.5. Intérêts et l'utilisation de l'espèce.....	21
I.3.6. Répartition géographique du pistachier vrai	22
I.4. La pollution de l'eau et le colorant bleu de méthylène	23
I.4.1. La pollution des eaux	23
I.4.2. Les principaux types de polluants	24
I.4.3. Procédés classiques de dépollution	25
I.4.4. Les colorants	Erreur ! Signet non défini.
I.4.5. Colorant étudié (bleu de méthylène)	26
I.4.5.1. Définition	26
I.4.5.2. Propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène	26
I.4.5.3. Utilisation	27
I.4.5.4. Toxicité du bleu de méthylène	28
I.5. La biosorption et l'isotherme d'adsorption	28
I.5.1. Supports naturels (bio sorption)	28
I.5.1.1. Définition de la bio sorption	29
I.5.1.2. Définition et origines des biosorbants	29
I.5.1.3. Classification des biosorbants	29
I.5.1.4. Propriétés des biosorbants	30
I.5.2. Facteurs influents sur l'adsorption	32
I.5.3. Isothermes d'adsorption.....	33
I.5.3.1. Définition de l'isotherme	33
I.5.3.2. Classification des isothermes d'adsorption.....	33
I.5.4. Modèles d'isothermes d'adsorption	34
I.5.4.1. Modèle de LANGMUIR	34
I.5.4.2. Modèle de Freundlich	35
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	36
I.6. Matériels et Apparielage	37
I.6.1. Matériel	37
I.6.2. Appareillages.....	37
I.7. Matériel végétales (la biomasse)	37

I.8. Méthodes utilisées	38
I.8.1. Préparation des biosorbants.....	38
I.8.2. Détermination de la teneur en eau.....	39
I.8.3. Préparation de l'adsorbat (Bleu de Méthylène)	40
I.8.4. Courbe d'étalonnage du colorant BM	40
I.8.4.1. Préparation des solutions filles de colorant du BM	40
I.8.5. Procédure expérimentale de la biosorption	42
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	44
I.9. Le taux d'humidité	Erreur ! Signet non défini.
I.10. Evaluation de la bio-adsorption de Bleu de Méthylène sur les différentes fractions	Erreur ! Signet non défini.
I.11. L'isotherme d'adsorption.....	47
I.12. Modélisation des isotherme.....	48
I.12.1. Modèle de Langmuir	49
I.12.2. Modèle de Freundlich	51
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
ANNEXES	66
I.13. Annexe 1	67

INTRODUCTION

Introduction

L'homme a toujours eu comme souci d'augmenter ses ressources en eau. Or, utiliser l'eau, c'est accepter de la polluer. Toute activité, quelque soit domestique, industrielle ou agricole, engendre des rejets polluants indésirables, plus ou moins toxiques (hydrocarbures, composés phénoliques, métaux lourds, insecticides, colorants) (Cirin et al . ,2015).

Les colorants organiques sont fréquemment utilisés dans de nombreuses activités industrielles tels que les teintures du cuir, du papier, du textile, du bois, de la soie, des plastiques, ainsi que dans les industries cosmétiques, alimentaires et pharmaceutiques. Le bleu de méthylène est l'un des colorants le plus utilisé dans la teinture de plusieurs supports, surtout la soie, le coton et le bois et pour la coloration temporaire du papier. Il est utilisé comme indicateur coloré redox, colorant histologique, antiseptique en traitement des plaies superficielles (Sakr et al., 2015) . Par contact, le BM est susceptible de provoquer des brûlures oculaires chez l'homme ou l'animal. L'inhalation induit des difficultés respiratoires et l'ingestion buccale provoque des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes (Karim et al. ,2010).

Parmi les procédés de traitement des rejets liquides, la bio sorption correspond à l'utilisation des matériaux biologiques ayant un grand potentiel de fixation des polluants par adsorption. Elle est considérée comme alternative ou complémentaire aux méthodes conventionnelles, utilisées pour le traitement des effluents contenant des colorants qui sont généralement coûteuses. En effet, la bio sorption des colorants ou autres composés organiques contenus dans des effluents aqueux est un procédé pas très ancien qui a montré une grande efficacité dans l'élimination de ces espèces métalliques ou organiques polluantes. (Ouchaoua et Meziani , 2012).

Beaucoup de chercheurs ont montré un grand intérêt pour les biosorbants préparés à base de matériaux naturels ou de déchets agricoles comme : la cosse de noix de coco, écorce de pomme et bagasse de canne à sucre, les noyaux de pêche, les noyaux des dattes, les noyaux d'olives (Benbrahim et Belil , 2019).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'adsorption du colorant bleu de méthylène (BM) sur trois biosorbants (péricarpes d'arachide, l'endocarpe

d'amande, et l'endocarpe de pistachier) qui sont des coproduits largement disponible, naturel, biodégradable et peu coûteux.

Le but de cette étude est de démontrer la capacité de ces biosorbants pour éliminer le bleu de méthylène (BM). Ce travail présenté dans ce mémoire sera organisé de la manière suivante :

- ✓ Le premier chapitre englobe une étude bibliographique sur les biosorbants (pistachier, amande, arachide), pollution des eaux, le colorant bleu de méthylène et on a décrit et définit le procédé de la biosorption ainsi que l'isotherme d'adsorption.
- ✓ Dans le deuxième chapitre, on a décrit la méthodologie adoptée.
- ✓ Une troisième chapitre présente et discute les résultats obtenus.
- ✓ Et finalement la conclusion générale qui résume les principaux résultats de ce travail de recherche.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. L'amande (*Prunus Amygdalus*)

I.1.1. Présentation de l'arbre

L'amandier est l'arbre fruitier le plus durable mais sa production s'épuise rapidement. Il s'agit du premier arbre fruitier à fleur à la fin de l'hiver.

L'amandier s'adapte bien aux conditions méditerranéennes sèches et présente une bonne opportunité de valorisation des terrains marginaux . (Mapm, 2013)

I.1.2. Classification botanique

Les amandes sont des fruits des amandiers qui appartiennent à la famille de *Rosaceae* , au genre *Prunus* et au sous-genre *Amygdales*. (Ozcan et al ,2011)

Deux variétés d'amandes sont communément identifiées au sein de l'espèce « *Prunus Amygdalus* » : les amandes douces qui sont désignées comme « *Prunus Amygdalus dulcis* », et les amandes amères qui sont dénommées « *Prunus Amygdalus amarus* ». (Yada et al ,2011)

Selon (Felipe, 2000) la position systématique de « *Prunus Amygdalus* » est comme suit :

Ordre : *Rosales*
Famille : *Rosaceae*
Sous famille : *Amygdaloideae*
Genre : *Prunus*
Sous genre : *Amygdalus*

I.1.3. Description morphologique

L'amandier est un arbre aux fleurs blanches ou rosées et de grandeur moyenne (6 à 8 mètres).

- **Système racinaire** : puissant, peu ramifié et profondément ancré dans le sol.
- **Feuilles** : Les feuilles d'amandier sont allongées et étroites ; elles ont une coloration verte . (Jacamon, 1985)

- **Fleurs** : Blanches ou rosées à 5 pétales et 5 sépales, elles sont formées au cours de l'été et s'épanouissent très tôt au printemps suivant.

L'amandier porte un nombre de fleurs considérable mais seulement 30% d'entre-elles donneront des fruits. (Jacamon, 1985)



Figure 1 : les fleurs d'amandier (Roussin, 2014).

- **fruit** :

Les fruits des amandes (*P. amygdalus*) ont trois parties distinctes : le noyau ou la viande interne, la partie centrale de la coque et une coque extérieure verte ou coque. (King et al ., 1970) pour l'amande au début de son cycle de maturation, pendant une période de quelques semaines, le fruit entier (graine, endocarpe et mésocarpe) peut être, et est, consommé. (Rabinowitz , 1991 ; Rabinowitz ,2004 ; Rabinowitz 2002)

Différentes parties du fruit de l'amandier (*P. amygdalus* L.)

- noyau d'amande :

Le noyau d'amande, contenant un noyau ou une graine comestible, est la noix du commerce, l'endocarpe (coque) et le mésocarpe sont séparés pour des utilisations à faible valeur. (Rabinowitz , 1991 ; Rabinowitz ,2004 ; Rabinowitz 2002)

- Peau brune de noyau d'amande

la graine d'amande est enfermée dans un revêtement coriace brun, appelé tégument, qui protège l'amande de l'oxydation et de la contamination microbienne (Fraison- Norrie et Sporns , 2002) . Les peaux constituent environ 4% des fruits

d'amande et sont une source facilement disponible de composés phénoliques (Chen et al. 2005).

➤ la coque vert d'amande (coque)

Le mésocarpe de l'amande devient sec, coriace et astringent au goût, ayant environ 8 à 20% (Rabinowitz , 1991 ; Rabinowitz ,2004 ; Rabinowitz 2002).

➤ Coquille d'amande

La coque d'amandier est le nom donné à la matière ligneuse formant l'épais endocarpe ou coque du fruit de l'amandier (*P. amygdalus L.*) (Urrestarazu et al , .2005).

Les sous-produits de la transformation, c coques et coques, représentent plus de 50 % en poids sec des amandiers (Fadel, 1999).

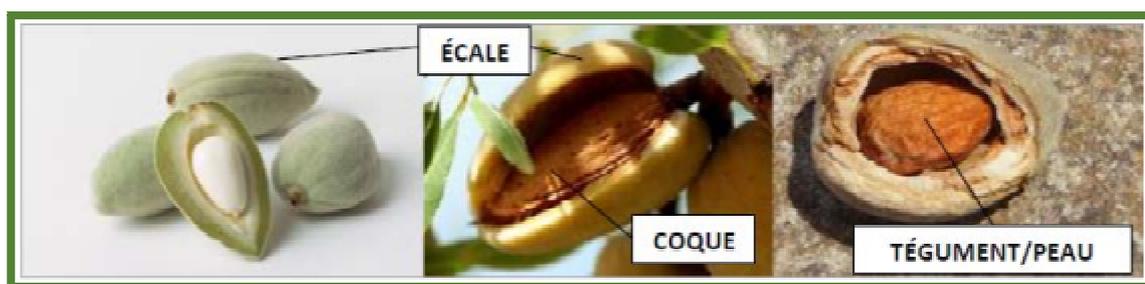


Figure 2 : Coupe longitudinale d'amande . (Adda et ais , 2018)

I.1.4. Composition chimique

L'amande est un aliment énergétique très riche en lipides, protéines, glucides et vitamines.

Comme tous les fruits oléagineux, l'amande est riche en graisses (environ 53% de lipides) en majorité des acides gras, soit en moyenne 60 à 75% d'acide oléique (ω 9), 18% d'acide linoléique (ω 6) et 7% d'acide palmitique.

Les amandes ont un contenu élevé en antioxydants. En effet, la présence d'alphatocophérol (25 à 27 mg/100 g d'amande sèche) est un excellent apport d'antioxydants alimentaires.

Par ailleurs, la teneur en sodium de l'amande étant très faible (1 à 2 mg/ 100 g), le rapport potassium/sodium est compris entre 360 et 900 ce qui est

exceptionnel pour un aliment naturel. Ceci peut être utile dans le traitement des régimes hyposodés. La composition d'amande n'entraîne pas de prise de poids et est bénéfique chez les hypocholestérolémiants (Tessier, 2014).

Tableau 1: Comparaison chimique et valeurs moyennes pour 100 g d'amande fraîche (Tionelli et Gallouin , 2013).

Eau	05 g
Glucides	19 g
Fibres	15 g
Protéides	19 g
Lipides	53 g
Vitamine E	27 mg
Magnésium	300 g
Fer	04 mg
Phosphore	500 mg

I.1.5. Propriétés biologiques des amandes

Les amandes contiennent plusieurs nutriments à savoir les acides gras insaturés, les protéines, les vitamines les minéraux et des substances qui améliorent la santé des vaisseaux sanguins et la fonction artérielle.

La consommation régulière d'amandes à divers bienfaits pour la santé tel qu'un effet hypocholestérolémiant et une diminution du risque de maladies cardiovasculaires, de diabète de type 2 et une diminution du risque de cancer du colon chez la femme.

- **Les maladies cardiovasculaires**

Selon des études épidémiologiques, manger régulièrement des amandes permettrait de fluidifier la circulation sanguine, de réduire la pression artérielle et par conséquent de minimiser les risques de maladies cardiovasculaires.

- **Le Diabète :**

Parce qu'elles sont riches en protéines, en vitamines B et E, en magnésium, en phosphore et en fibres et, qu'elles ont un faible index glycémique, les amandes permettent de prévenir certaines maladies chroniques comme le diabète.

- **Cancer :**

Les amandes sont riches en antioxydants qui permettent de lutter efficacement contre le vieillissement de cellules et l'apparition de certains cancers (passorsante , 2013).

I.1.6. Utilisation des amandes

- Les amandes douces ont un goût très agréable. On les consomme crues, grillées, pilées ou sous forme de pâte. On en tire également une huile à usage cosmétique ou pharmaceutique. (Auburn et Magnan , 2008)

- L'huile d'amandes douces n'est guère utilisée qu'en pharmacie pour la préparation des émulsions, des potions huileuses et du savon médicinal. (Thenard, 1836)

- En médecine traditionnelle, toutes les parties de l'amandier sont utiles. A titre d'exemple, les feuilles fraîches, appliquées localement, calment les douleurs des contusions, des brûlures et des plaies. (Tessier, 2014)

- L'huile d'amandes douces est employée en médecine à usage interne comme adoucissant dans certaines maladies inflammatoires du canal intestinal. (Chevallier, 1875)

- Les amandes amères sont aussi utilisées dans la production des arômes. (Yada et al ,2011)

I.1.7. La production mondiale des amandes

En 2005, la production mondiale des amandes a dépassé 1.17 millions tonnes, les E.U sont les premiers producteurs mondiaux d'amande avec un pourcentage qui dépasse le 81% suivie par l'U.E et l'Australie. (Almanac, 2015)

Selon (ITAFV.2013) , la production nationale d'amandes occupe une superficie de 50 000 ha avec 500 000 quintaux d'amandes séchées .

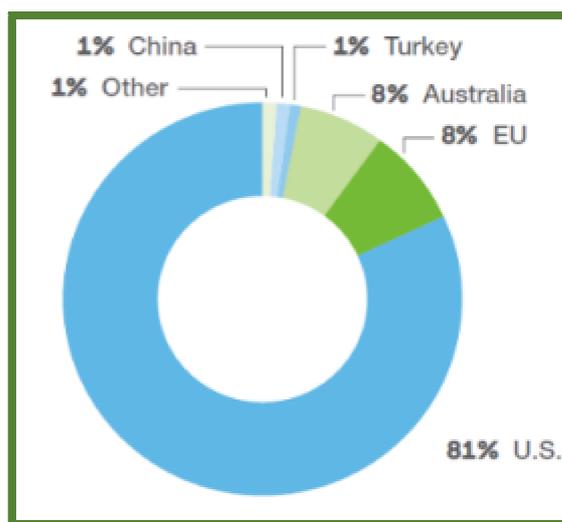


Figure 3 : Présentation de la production mondiale des amandes . (Almanac, 2015)

I.2. L'Arachide (*Arachis Hypogea .*)

I.2.1. Présentation de la plante

L'arachide, *Arachis hypogea* ., également appelée cacahouète, est une légumineuse de la famille de *Papilionacées (Fabacées)*, dont la culture est répandue en climat tropical ou subtropical et fournit une matière grasse utilisée en huil提高. (Clement, 1981)

L'arachide est une plante annuelle, à mode de reproduction autogame, de 30 à 70 cm de haut, érigées ou rampantes, à croissance continue et dont le fruit munit en terre. Son cycle végétatif est de 90 à 150 jours pour les variétés les plus tardives. (Schilling, 1996)

I.2.2. Classification botanique de la plante

L'arachide, de nom binominal *Arachis hypogea* ., a été décrite par Linné en 1753. Elle fait partie de la grande famille de *Fabacées* elle-même divisée en trois sous familles : les *Mimosoideae*, les *Caesalpinoideae* et la sous famille des *Faboideae* anciennement appelée *Papilionideae* dans laquelle on retrouve l'arachide. (Schilling, 1996)

Deux variétés d'arachide sont communément identifiées au sein de l'espèce « *Arachis hypogea L.* » notamment en fonction de leur port érigé ou rampant. Ces variétés sont regroupées en deux grands types :

Virginie : à port rampant et à cycle végétatif plus long (120 à 150 jours).

Valencia et Spanish : à port érigé et à cycle végétatif court (80 à 110 jours). (Gillier et Silvestre , . 1969)

Selon (Hubert, 2000), la position systématique *d'Arachis hypogea L.* est comme suit :

Règne : Végétale

Embranchement : Phanérogames

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicotyle

Sous-classe : Rosales

Ordre : Fabale

Famille : Légumineuse

Sous –Famille : Papilionacées ou Fabacées

Genre : Arrachis

Espèce :*Arachis hypogea*

1.2.3. Description morphologique de la plante

L'arachide est une plante annuelle à fleurs jaunes de 20 à 90 cm de hauteur.

La plante résiste à la sécheresse et à la chaleur mais il lui faut un sol bien drainé. Elle vient à maturité à 100 jours environ dans un climat chaud ce qui la rend particulièrement adaptée à la saison des pluies (Rousset , 2008)

- **Port et tige:** L'arachide cultivée présente pour certaines variétés un port érigé et un port rampant pour d'autres.

La tige mesurant 0.20 à 0.70 cm et peut comporter plusieurs ramifications. Ces dernières sont toujours herbacées de couleur vert clair, vert sombre ou plus ou moins pourpre. Les tiges deviennent creuses en vieillissant. (Gillier , 1969)

- **Racines et feuilles :**

Le système racinaire comporte un pivot à chevelu abondant qui peut s'enfoncer à plus de 1.30 mètre de profondeur et peut porter des nodules sur les racines primaires et secondaires, essentiellement sur les quinze premiers centimètres. (Gillier , 1969)

Les feuilles sont nombreuses, composées de 2 ou 3 paires de folioles membraneuses et ovales. Elles ont une coloration verte plus ou moins foncée en fonction de la variété.

Les feuilles sont portées par un pétiole (portion étroite de la feuille reliée à la tige) de 4 à 9 cm de long, enserrée à sa base par 2 stipules, larges, long et lancéolés (Caron et Ganes , 1993)



Figure 4 : Représentation de feuilles d'arachide. (www.Plant-pictures.com)

▪ **Inflorescences et fleurs :** L'inflorescence de l'arachide se présente sous forme d'épis de trois à cinq fleurs.

Les fleurs de l'arachide sont jaunes, papilionacées et sessiles. Elles sont de deux types : aériennes et souterraines. (Ibra, 1988)



Figure 5 : Fleurs d'arachide. (www.Plant-pictures.com)

Fruit :

M. W. Russell a étudié en détail l'organisation du fruit et de la graine de l'arachide. Son travail ayant été publié dans la Revue de Botanique Appliquée).

La coque de l'arachide adulte présente de dehors en dedans :

1° Une ou deux assises de cellules rectangulaires.

2° plusieurs rangs de grandes cellules ovales à paroi épaisse.

3° une zone parenchymateuse dont les éléments aplatis et écrasés sont méconnaissables.

4° vient ensuite le système libéro-ligneux renforcé par des fibres qui donne à la surface du péricarpe l'ornementation réticulée qui le caractérise.

5° L'endocarpe s'est réduit à une mince pellicule blanche où toute trace d'organisation a pour ainsi dire disparu. Quant aux graines, leur structure rappelle beaucoup celle d'un Pisum ou d'un Haricot. Sous un mince tégument existe un gros embryon constitué par deux cotylédons plan-convexes. Il ne reste que de faibles traces de l'albumen. Le tégument est revêtu extérieurement d'un épiderme formé de cellules polygonales fortement cutinisées et renfermant un tannoïde



Figure 6 : les fruits d'arachide. (Benbrahim et Belil , 2019)

I.2.4. Composition chimique

La graine d'arachide se compose, à poids relativement égal, d'éléments oléagineux et non oléagineux. Elle contient 47% de graisses, 26% de protéine et 17 à 19% d'hydrates de carbone. Le tableau suivant donne la composition de 100 grammes de graine d'arachide et leur équivalent énergétique

Tableau 2 : Composition de 100 g de graine d'arachide .(Knoden et al ,2011)

Constituants	Brute avec peau %	Brute sans peau %
Eau	5.66	5.4
Protéines	26	26.3
Graisses	46.5	48.4
Hydrates de carbone	18.6	17.6
Fibres	2.4	1.9
Cendres	2.3	2.3
Minéraux	1.15	1.15
Autres	0.5	0.5
Energie (J)	2.361	2.387

I.2.5. Propriétés biologique de l'arachide

Les bienfaits de l'arachide pour la santé sont nombreux. Ces graines est très riche en protéines, en acides gras mono-insaturés et polyinsaturés, et en fibres. L'arachide réduire le risque de maladies cardiovasculaires, et peut lutter certains risques de cancer.

▪ Maladies cardiovasculaires :

Des études épidémiologiques associent une consommation régulière d'arachide à une diminution du cholestérol sanguin et du risque de maladie cardiovasculaire. Une étude chimique sur l'effet d'une consommation régulière d'arachide a montré une amélioration de plusieurs paramètres sanguins favorables à la santé cardiovasculaire.

▪ Cancer

Une étude prospective a associé la consommation d'arachide à un risque moins élevé de cancer colorectal chez la femme. L'arachide contient par ailleurs certains composés qui seraient potentiellement bénéfiques dans la prévention du cancer chez l'humain et, les phytostérols contenus dans l'arachide sont associés à une diminution du risque de cancer du poumon. (passportsante, 2013)

I.2.6. Utilisations d'arachide

L'arachide est l'une des principales oléagineuses consommées dans le monde. Elle se prête à de nombreuses utilisations.

➤ Alimentation humaine :

L'utilisation de l'arachide dans les applications alimentaires est aujourd'hui très développée et est principalement transformée en plusieurs dérivés qui entrent dans la composition des produits alimentaires.

La graine d'arachide est un aliment de grignotage (consommée hors de repas). Elle peut être consommée entière fraîche, mais le plus souvent séchée, grillée et salée (Novello et Santamaria ,2005)

La farine et le beurre d'arachide sont utilisés dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication de biscuits. (Hubert, 2000)

➤ **Alimentation animale :**

Le tourteau d'arachide (résidu de la graine après extraction de l'huile), riche en protéines (48 à 50%) est considéré comme un élément important dans l'alimentation du bétail. (Fonceka, 2010)

➤ **Utilisation médicinale :**

- L'arachide est utilisée dans le diagnostic des boutons et des crises d'asthmes (Hubert, 2000)

- L'huile d'arachide est inscrite à la pharmacopée française comme solvant médicamenteux.

- L'huile cosmétique d'arachide est extraite par première pression à froid. Elle possède des propriétés désintoxiquantes qui la rendent parfaite pour le massage contre les douleurs musculaires. Aussi, elle est riche en vitamine A et E. (fasodia, 2015)

I.2.7. Production mondiale d'arachide

▪ **Au niveau mondial :**

L'arachide, deuxième production végétale dans le monde et cultivée par plus de 120 pays, est une culture majeure dans la plupart des régions tropicales et subtropicales. (Fonceka, 2010)

En 2013, la production mondiale d'arachide a dépassé 45 millions de tonnes sur une superficie de 25.4 millions d'hectares. Les principaux producteurs sont la Chine, l'Inde, le Nigéria et les EU ; mais de nombreux autres pays d'Afrique et d'Amérique du sud fournissent une production non négligeable. (Faostat, 2015)

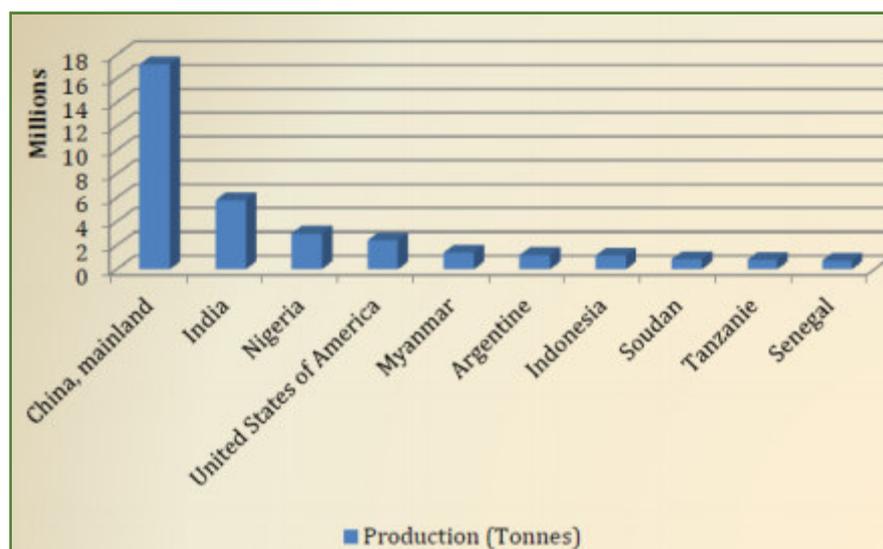


Figure 7 : Principaux Producteurs d'arachide dans le monde (2013) (Faostat, 2015).

▪ **Au niveau national :**

En Algérie, la culture d'arachide est marginalisée par rapport aux autres cultures.

Selon (Madr, 2013), la production nationale d'arachide en 2013 a dépassé 25.5 quintaux sur une superficie de 2 249 d'hectares.

La Wilaya d'El-Taref vient en première position et fournit 45% de cette production, celle d'El-Oued vient ensuite et contribue avec 28% de la production nationale.

Tableau 3 : Evolution des superficies et productions d'arachide au niveau des principales zones productrices en algérie (2013) . (Madr, 2013)

Wilaya	Superficie (ha)	Production (qx)
Adrar	164	2614
Bechar	3	50
El- Bayadh	2	20
El- Taref	1250	11 500

El – Oued	564	7340
Ghardaia	266	3900
Total Algérie	2249	25 514

I.3. pistachier vrai (*Pistacia Vera*)

I.3.1. Présentation de l'arbre

Le Pistachier cultivé est un arbre de faible vigueur, de 3 à 10 m de hauteur; le tronc strié, grisâtre et court : l'écorce des branches est blanchâtre. Le Pistachier vrai est une espèce dioïque. C'est à dire que l'on distingue des pieds mâles et des pieds femelles. Le port du pied mâle est plus érigé que celui du pied femelle (Boutboul, 1986)

I.3.2. Classification botanique

L'étude monographique du genre pistacia, faite par (Zohary, 1952) montre que ce genre comprend 04 sections et 11 espèces, .pictacia vera est la seule espèce produisant des fruits comestibles . (Crossa et Germain , 1982)

La biosystématique du pistachier selon (Bennabi, 2004) est la suivante:

- Règne: Végétal
- Division : Spermatophytes
- Sous division : Angiospermes
- Classe: Dicotylédones
- Sous classe: Ârchyclamidae
- Ordre: Sapindacées
- Famille: Anacardiaceae
- Genre: Pistacia
- Espèce: Pistacia vera L.

I.3.3. Description morphologiques du pistachier fruitier

➤ Le système racinaire

Son système racinaire est très puissant. En germant, la graine émet un très long pivot, il atteint parfois 7 m de profondeur et un système racinaire latérale pouvant atteindre la longueur de 5 – 10 m du collet de l'arbre. Cet ensemble de racines permet au pistachier de supporter les périodes sèches de l'année en cherchant l'humidité dans le sol et se développer dans sols médiocres et dans les zones arides (Boutboul , 1986 ; Lemaistre , 2000)

➤ Les feuilles :

Les feuilles sont caduques, composées, sessiles, imparipennées (3 à 5 folioles ovales rarement à une seule) (Pech , 1953 ; Rebour 1968) arrondies à l'apex ou mucronulées à nervures prominentes .La foliole terminale est plus grande et les latérales plus rondes ,à pétiole très court (Lemaistre , 1959).

➤ Les organes floraux

Chez le pistachier, les fleurs sont unisexuées et groupées en inflorescence. Cette espèce étant dioïque, les inflorescences mâles et les inflorescences femelles sont portées par des pieds distincts.

La différenciation des bourgeons floraux (aussi bien mâles que femelles) s'effectue au cours de l'été et jusqu' au printemps suivant (Avril de l'année suivante). (Boutboul, 1986)

Les inflorescences sont localisées sur les rameaux d'un an, elles apparaissent en avril après les fortes gelées de printemps.

L'inflorescence mâle est une grappe composée, de 6 cm de long en moyenne. Elle comprend de 190 à 260 fleurs (Mlika, 1987).

La fleur mâle est petite et apétale. Elle se compose d'un androcée, constituée d'un nombre variable d'étamines (3 à 8) mais souvent de 5 étamines (Mlika, 1987). Fixées autours d'un réceptacle plan. Cet appareil est protégé par un calice de 3 à 4 bractées membraneuses.

L'étamine a un filet mince, court et une anthère intorse à deux loges séparés par un connectif. Les graines de pollen, qui sont libérées des anthères à

maturité, sont de couleur jaune. De forme sphérique et présentent 4 pores germinatifs.

L'inflorescence femelle est une grappe composée, lâche et rameuse, comprenant de 450 à 500 fleurs (Mlika, 1987).

La fleur femelle petite et apétale, elle comprend un calice de 3 à 5 bractées et un gynécée formé d'un ovaire sessile à 3 carpelles soudés, sans cloison intercalaire ; cet ovaire renferme un seul ovule anatrope porte par un long funicule ; il est surmonté d'un style court et d'un volumineux stigmate trifide à divisions inégales.

Les papilles stigmatiques de couleur jaune verte, sont très développées et frisées, leur surface est de l'ordre de 4mm² (Mlika, 1987).



Figure 8 : Graines de pistachier vrai. (Serrar, 2011)

➤ Le fruit

La pistachier est une drupe sèche de la grosseur d'une belle olive, elle est monosperme, ovoïde généralement déhiscente. Elle mûrit en septembre.

Sa drupe comprend de l'extérieur vers l'intérieur :

- ❖ Le péricarpe : de couleur verdâtre avant maturité, il devient rose jaunâtre ou rouge vif à maturité. il se dessèche et se détache facilement.
- ❖ Le mésocarpe : il est spongieux à maturité.

- ❖ L'endocarpe ou coque : la coque est bivalve (déhiscente ou non) Lignifiée, de couleur blanchâtre.

❖ L'amandon : c'est la partie comestible de la pistache. Ses deux cotylédons à chair jaunâtre ou verte «pistache», sont enveloppés d'un tégument de couleur brune trachée de rouge au tour du hile (Boutboul, 1986)

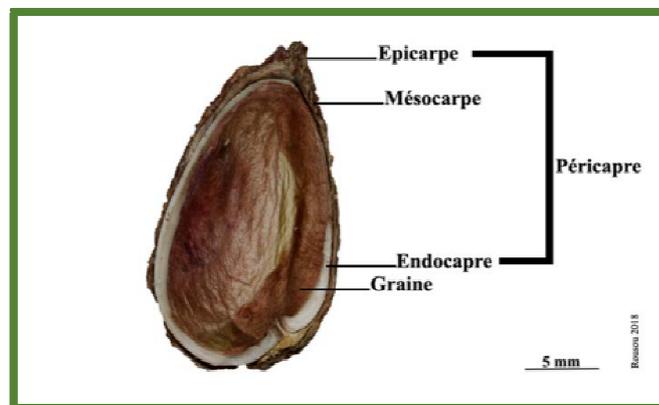


Figure 9 : les différentes parties de la paroi du fruit (le péricarpe) du pistachier. (Rousou, 2018)

I.3.4. Composition chimique

Les pistachiers comme les autres fruits oléagineux contiennent une quantité importante en phospholipides et une quantité moyenne de protéines en plus ses teneurs en sucres et en éléments minéraux comme ils sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : La composition en nutriments des pistaches (100g) . (Boualem, 2015)

Nutriments	Unités	Quantités	Nutriments	Unités	Quantités
Protéines	G	21	Sodium	Mg	1
Lipides	G	44	Zinc	Mg	2
Glucides	G	28	Cuivre	Mg	1
Fibre	G	10	Vitamine C	Mg	5
Calcium	Mg	107	Vitamine B6	Mg	1.7

Fer	Mg	4	Vitamine B12	Mg	0
Magnésim	Mg	121	VitamineA	UI	553
Phosphore	Mg	490	VitamineE	Mg	5
Potassium	Mg	1025			

I.3.5. Intérêts et l'utilisation de l'espèce

○ Intérêt agronomique

Le pistachier fruitier est une espèce importante qui ouvre de grandes possibilités pour le développement des zones arides et semi arides. Il est rustique et résistant aux conditions défavorables du milieu (sécheresse et salinité) (Serrar, 2011) Le pistachier possède un système racinaire très puissant, il est utilisé contre l'érosion et la lutte contre la désertification qui menace constamment ces régions arides et sahariennes (Aleta , 1996)

○ Intérêt médicinal

Les espèces de Pistacia sont utilisées en traitement contre l'eczéma, la paralysie, diarrhée, les infections de la gorge, l'asthme et les douleurs d'estomac aussi que les calculs rénaux (Mouhajir et al ,.2001). Elles ont diverses activités biologiques, hypoglycémiques, antioxydants, anti-inflammatoires et insecticides (Hamdan et Afifi,2004).

○ Intérêt commercial

Selon (Oukabli, 2005), le Pistacia Vera est la seule espèce qui donne des fruits comestibles parmi les espèces que compte le genre Pistacia. Elle constitue une matière première de choix pour l'industrie de la confiserie et de la pâtisserie. Par ailleurs (Olsen, 1999) , ajoute que le pistachier vrai peut être utilisé comme espèce pastorale, son bois est un bois de chauffage. Vu tous ces

intérêts, le pistachier de vrai et le pistachier fruitier méritent d'être protégés et sauvegardés

I.3.6. Répartition géographique du pistachier vrai

En Algérie

Le Pistacia Vera est la seule espèce de son genre qui produit des noix comestibles. Son introduction date des années 70-80, avec une superficie globale de 400 ha environ répartis dans les wilayas (Kafkas et Perl-Treves, 2001).

Tableau 5 : Répartition du pistachier fruitier en Algérie (Kafkas et Perl-Treves, 2001).

Région	Bouira	Batna	Tlemcen	Blida	Msila	Saida
Superficies(ha)	50	2	10	2	150	20

Dans la région de l'Ouest du pays, la mise en place de cette culture a été faite en 1973, limitée à la zone de Saida, sur des terres des domaines autogérées dans trois communes Sidi Ammar, Sidi Aissa, Ain El Hdjar et Ouled Ibrahim. Depuis, ces vergers ont été attribués à des EAC et abandonnés par la suite faute d'une main d'œuvre qualifiée (Kafkas et Perl-Treves, 2001).

L'état algérien notamment l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne de Tessala el Merdja (ITAFV), a mis en place durant la campagne 2000/2001 un vaste programme de production du matériel végétal de reproduction du pistachier (Anonyme, 2013)

I.4. La pollution de l'eau et le colorant bleu de méthylène

I.4.1. La pollution des eaux

Elle se manifeste principalement, dans les eaux de surface, par :

- Une diminution de la teneur en oxygène dissous : les matières organiques, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur quand leur quantité est trop importante. Parmi les substances qui entraînent une importante consommation d'oxygène, notons en particulier les sous – produits rejetés par l'industrie laitière, le sang rejeté par l'industrie de la viande, les déchets contenus dans les eaux usées domestiques, etc. Cette diminution de l'O₂ dissous peut provoquer dans certains cas des mortalités importantes de poissons.

- La présence de produits toxiques : rejetées sous différentes formes, ces substances provoquent des effets qui peuvent être de deux formes : effet immédiat ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide de différents organismes et effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes. La plupart des produits toxiques proviennent de l'industrie chimique, de l'industrie des métaux, de l'activité agricole et des décharges de déchets domestiques ou industriels (Thomazou, 1981) .

- Une prolifération d'algues : bien que la présence d'algues dans les milieux aquatiques soit bénéfique pour la production d'oxygène dissous, celles-ci peuvent proliférer de manière importante et devenir extrêmement gênantes en démarrant le processus d'eutrophisation (dégréement/memento, 1978) Les algues se nourrissent de matières minérales c'est-à-dire phosphore sous forme de phosphate, ainsi qu'azote (ammonium, nitrates et azote gazeux), carbone (gaz carbonique) et d'autres éléments minéraux. La présence excessive de ces éléments est essentiellement liée aux activités humaines, à l'agriculture et à l'industrie (Berne et Cordonnier,1995).

- Une modification physique du milieu récepteur : le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers : augmentation de la turbidité de l'eau (ex. lavage de matériaux de sablière ou de carrière), modification de la salinité (ex. eaux d'exhaure des mines de sel), augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires).

- La présence de bactéries ou virus dangereux : les foyers domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agro-alimentaires rejettent des germes susceptibles de présenter un danger pour la santé.

L'ensemble des éléments perturbateurs décrits ci-dessus parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction dans le sous – sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement (Verlay, 1990).

I.4.2. Les principaux types de polluants

Les matières organiques fermentescibles (MOF) constituent, de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques (déjections animales et humaines, graisses, etc.) sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro – alimentaires, en particulier). La première conséquence de cette pollution réside dans l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien compréhensibles sur la survie de la faune.

Les éléments minéraux nutritifs (nitrates et phosphates), provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques (Mayet, 1994)

, mobilisent également l'attention des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. Ils posent en effet des problèmes, tant au niveau de la dégradation de l'environnement résultant d'un envahissement par les végétaux (eutrophisation...), que des complications qu'ils engendrent lors de la production de l'eau potable.

Les métaux lourds (mercure, cuivre, cadmium, etc.) constituent un problème préoccupant lorsqu'ils sont impliqués dans la pollution des ressources en eau. Non seulement leur toxicité peut être fort dommageable pour le milieu aquatique, mais leur accumulation au fil de la chaîne alimentaire pourrait avoir des effets plus ou moins graves sur la santé humaine .(Edeline, 1993)

La pollution des eaux par les composés organiques de synthèse (produits phytosanitaires) s'est accrue au cours des dernières décennies, notamment sous l'effet du développement de l'activité agricole. La présence de concentrations trop élevées de

pesticides dans certaines ressources complique, comme dans le cas des nitrates, les processus de production de l'eau potable. Par ailleurs, ces substances peuvent s'accumuler au fil de la chaîne alimentaire .(verlags, 1995)

I.4.3. Procédés classiques de dépollution

Les procédés classiques sont utilisés dans les installations municipales de traitement des eaux usées . (Danckwerts, 1951) . Les techniques couramment utilisées sont : l'adsorption sur charbon actif, les résines échangeuses d'ions ou encore un traitement par membrane. S'agissant du traitement par adsorption, le mécanisme d'élimination se résume par l'introduction d'un adsorbant (charbon actif, argile activée...) dans une solution polluée. L'adsorption par charbon actif permet d'avoir un bon rendement de traitement des eaux contaminées par des colorants, des métaux lourds etc. Cependant l'inconvénient de l'adsorption en général, est que les molécules polluantes ne sont pas oxydées mais plutôt transférées de la phase liquide polluée vers la phase solide des adsorbants .Un traitement supplémentaire de la phase solide est donc préconisé. Ces techniques « classique » de dépollution ont beaucoup contribué à l'amélioration de la qualité de l'environnement. Mais le développement industriel et l'évolution des normes sur l'environnement demandent encore plus d'investissements : d'où l'intervention des techniques modernes de dépollution (Saidi et Tayeb,2014).

I.4.4. Les colorants

Différentes industries utilisent les colorants synthétiques pour teindre leurs produits y compris l'industrie textile. Dans le procédé de teinture, l'industrie textile utilise environ 1 m³ d'eau pour le traitement d'une tonne de textile. L'utilisation intensive des colorants a engendré des problèmes aussi bien dans l'environnement que dans l'alimentation. Il est important de mentionner qu'en environnement, la pollution est due aux effluents des industries textiles, et qu'en alimentation, la toxicité est due à l'incorporation de plusieurs colorants synthétiques. La présence de ces espèces dans l'eau, même à de faibles quantités, est très visible et indésirable. Leur présence dans les milieux aquatiques réduit la pénétration de la lumière et retarde ainsi l'activité photosynthétique. Par conséquent, la dépollution des eaux contaminées par ces composés chimiques s'avère

nécessaire aussi bien pour la protection de l'environnement que pour une éventuelle réutilisation de ces eaux. (Abbas, 2015)

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophores. La molécule colorante est un chromogène. Plus le groupement chromophore donne facilement un électron, plus la couleur est intense (Amrouche et Arouri,2013).

En général, les produits utilisés comme colorants sont des composés organiques insaturés et aromatiques. Les colorants rejetés par les industries textiles et les officines de nettoyage des vêtements, sont peu ou pas biodégradables et résistent bien aux traitements classiques d'épuration. Ils créent surtout une nuisance visuelle dans les eaux contaminées bien qu'un certain nombre d'entre eux est mutagène et cancérigène. (Benaissa, 2012)

I.4.5. Colorant étudié (bleu de méthylène)

I.4.5.1. Définition

Le Blue de méthylène (ou chlorure de méthylthionium) est un composé organique dont le nom en nomenclature systématique est 3,7-bis-(diméthylamino) phenazathionium. Il est le colorant le plus couramment utilisé dans la teinture du coton, du bois et de la soie (Baghriche et al ,.2008).

Il fut synthétisé la première fois par Heinrich Caro en 1876 .Ce composé peut être préparé en traitant la diméthyle-4-phénylènediamine avec du sulfure d'hydrogène dissous dans de l'acide chlorhydrique, puis on l'oxyde avec du chlorure ferrique (Wiklund et al ,.2010).

I.4.5.2. Propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène

Le bleu de méthylène (voir Tableau. 6) colorant azinique (thiazine) de la famille basique ou cationique, aussi appelé chlorure de bis-(diméthylamino)-3,7 phenazathionium,

est soluble dans l'eau (50 g/L) et moins soluble dans l'alcool (10 g/L). Sa formule chimique est $C_{16}H_{18}ClN_3S$, une masse molaire de 319,852 g/mol, se présente sous forme d'une poudre cristalline d'un bleu foncé est un dérivé azoté. Il est couramment utilisé comme modèle de contaminant organique en raison de sa structure moléculaire stable. Dans la réaction de réduction, le BM se transforme en leuco méthylène incolore, due à la perte du doublet libre de l'azote et introduction d'un atome d'hydrogène (Ghosh et Bhattacharyya, 2002).

Tableau 6: les caractéristiques et propriétés physico-chimiques du bleu de méthylène (Ghosh et Bhattacharyya, 2002).

Propriétés physico-chimiques de BM	
Synonyme	Chlorure de méthylthioninium C.I. 52015 C.I. Basic bleu 9
Formule brute	$C_{16}H_{18}ClN_3S$
Famille	Colorant basique
Masse molaire	$319,852 \pm 0,022$ g/mol C 60,08 %, H 5,67 %, Cl 11,08 %, N 13,1%, S 10,03 %
Point de fusion (°C)	190
pH	5,9
Pka	3,8
Solubilité	50 g/L eau à 20 °C 10 g/L éthanol à 20 °C
λ_{Max} (nm)	664
Structure	

I.4.5.3. Utilisation

Le bleu de méthylène est le plus important des colorants basiques, il a de différentes utilisations:

-Il peut être utilisé dans beaucoup de maladies mais également dans la désinfections des plantes, des objets tel que l'épuisette et du décor.

-Il peut être utilisé en microscopie, sinon pour les colorations vitales où il fournit d'excellents résultats sur des tissus nerveux, sur des cellules vivantes isolées ou sur des organismes entiers (Protozoaires par exemples).

-Il est aussi un antidote contre l'intoxication au nitrite et a l'ammoniac et un antistress que l'on peut par exemple utiliser lors d'introductions de nouveaux poissons.

- Il est associé au rouge de ruthénium constituent une paire extraordinaire, à utiliser en histologie et cytologie végétales (Tebessi et Hafsi,2011).

1.4.5.4. Toxicité du bleu de méthylène

Les données toxicologiques relatives à l'utilisation du bleu de méthylène chez l'homme depuis de nombreuses années ont indiqué jusqu'à présent l'absence de danger lié à l'utilisation de ce produit comme médicament dont la dose totale administré ne doit pas dépasser 7 mg/kg (Saidi, 2013) Il peut causer des douleurs thoraciques, une dyspnée; une anxiété, des tremblements, des hypertensions, et même coloration de la peau si la dose est élevée. Le bleu de méthylène n'est pas fortement dangereux, mais il a un effet nocif sur les organismes vivants et les eaux (Miyah et al.,2015).

L'exposition aigue à ce produit causera :

- Exposition externe : irritation de la peau et des dommages permanentes aux yeux
- Par l'inhalation : respiration rapide ou difficile et augmentation de la fréquence cardiaque.
- Par l'ingestion : irritation de l'appareil gastro-intestinal nausée, transpiration prodigue, confusions mentaux, cyanose et nécrose des tissus humains. (Larbi ,2008)

1.5. La biosorption et l'isotherme d'adsorption

1.5.1. Supports naturels (bio sorption)

Depuis la mise en évidence des matériaux adsorbant vers la fin du 18ème siècle, la préparation et l'utilisation de ces matériaux dans divers domaines n'a cessé de se développer. Actuellement, on s'intéresse de plus en plus à l'environnement qui constitue le cadre de vie de la population et de ce fait, on vise souvent à éliminer les déchets d'origines

diverses ou plutôt à les valoriser et rendre leur recyclage possible et économique (Ouchaoua et Meziani,2012).

I.5.1.1. Définition de la bio sorption

La bio sorption correspond à l'utilisation des matériaux biologiques ayant un grand potentiel de fixation des polluants par adsorption. Elle est considérée comme alternative ou complémentaire aux méthodes conventionnelles, utilisées pour le traitement des effluents contenant des ions métalliques ou des colorants qui sont généralement coûteuses. En effet, la bio sorption des métaux lourds, colorants ou autres composés organiques contenus dans des effluents aqueux est un procédé pas très ancien qui a montré une grande efficacité dans l'élimination de ces espèces métalliques ou organiques polluantes, utilisant des matériaux naturels comme adsorbants, tels qu'à titre d'exemple, les dérivés de déchets agricoles. Le terme général « Bio sorption » a été utilisé pour décrire la propriété des matériaux d'origine naturelle, morts ou vivants, à retenir des ions métalliques lourds ainsi que des éléments radioactifs (Ouchaoua et Meziani,2012).

I.5.1.2. Définition et origines des biosorbants

Les biosorbants sont des squelettes organiques, constitués pour la plupart de polysaccharides, de formule brute générale $C_x(H_2O)_y$. Ces derniers désignent une grande variété de polymères, initialement appelés hydrates de carbone, dont les principaux sont, selon leur abondance dans la nature. Ils sont pour la plupart des déchets agricoles et industriels ayant des propriétés intrinsèques qui leur confèrent une capacité d'adsorption. Ce sont des déchets végétaux tel que l'écorce de pin, l'écorce d'hêtre, la bagasse de canne à sucre, le vétiver, les pulpes de betterave, les fibres de jute, noix de coco, les noyaux de dattes, les noyaux de tamarin, le sagou, les coquilles des amandes, les cosses de riz, coquilles des Noix...exc. (Mortland et al ., 1986 ; Ouchaoua et Meziani,2012).

I.5.1.3. Classification des biosorbants

Les biosorbants peuvent être regroupés en deux catégories : les biosorbants d'origine aquatique et ceux provenant du secteur agro-industriel.

I.5.1.3.1. Biosorbants d'origine aquatique

Les biosorbants d'origine aquatique désignent la biomasse, constituée à la fois d'espèces animales et végétales. Il est prouvé que la biomasse (vivante ou morte) possède de très bonnes capacités d'adsorption dues particulièrement à ses caractéristiques

physicochimiques. Toutefois, il est préférable d'utiliser la biomasse morte, car sont alors éliminés les problèmes de toxicité, d'alimentation et de maintenance du milieu de culture (Ouchaoua et Meziani,2012).

I.5.1.3.2. Biosorbants d'origine agro-industrielle

Cette catégorie de biosorbants regroupe les matériaux d'origine végétale, provenant du secteur agricole ou d'une filière industrielle. Cessant des matériaux riches en tanin qui, grâce aux groupements polyhydroxy-polyphénol, leur confère une grande efficacité dans la rétention des polluants. Il n'existe pas une différence stricte entre les biosorbants d'origine agricole et ceux d'origine industrielle (Ouchaoua et Meziani,2012).

I.5.1.4. Propriétés des biosorbants

I.5.1.4.1. Propriétés physiques

- **La structure poreuse :** La structure poreuse d'un adsorbant est caractérisée par la mesure de sa surface spécifique et de son volume poreux, exprimés en $m^2 \cdot g^{-1}$ et $cm^3 \cdot g^{-1}$ respectivement (Mortland et al.,1986).. (Le tableau 7) regroupe les principales caractéristiques physiques de quelques biosorbants natifs. Ces données montrent clairement le faible développement de la structure poreuse de ces matériaux, qui présente des valeurs de surface spécifique très inférieures à celles des charbons actifs commerciaux. La répartition du volume poreux total des charbons actifs et des biosorbants suggère que l'adsorption des polluants sur ces deux types de matériaux se fait par des mécanismes différents.
- **Surface spécifique :** La surface spécifique d'un adsorbant, mesurée par adsorption en phase gazeuse, est calculée à partir de la capacité d'adsorption du matériau et représente la surface occupée par une molécule adsorbée dans une monocouche (Mortland et al.,1986).

Tableau 7 : les principales caractéristiques physiques de quelques biosorbants . . (Mortland et al.,1986).

Les biosorbants	Sbet (m ² /g)	Vt (cm ³ /g)	P (kg/m ³)
Ecorces de mandarine	119.3	0.38	/ [26]
Noyaux d'olive	0,187	/	1,25 [27]
Déchet de maïs	37-43	0,31-0.65	/ [28]
Coquilles de graine	614,01	0,4722	/ [29]

I.5.1.4.2. Chimie de surface

Les fonctions de surface d'un matériau peuvent avoir une influence significative sur ses propriétés d'adsorption. Le caractère basique ou acide de la surface d'un adsorbant conditionne ses capacités de rétention vis-à-vis des polluants. Or, le caractère et les propriétés chimiques d'un adsorbant sont directement liés à la nature des groupements fonctionnels localisés à sa surface. Pour les charbons actifs, par exemple, l'existence de complexes oxygénés de surface et de fonctions contenant de l'oxygène, telles que les fonctions carboxyliques, phénoliques ou lactones, entraîne un caractère acide du matériau, alors que la présence de fonctions de type pyrones, chromènes ou carbonyles induit un caractère basique (Kang et al.,2007).

I.5.1.4.3. La fraction pariétale des biosorbants

La fraction pariétale d'un biosorbant est constituée généralement par sa teneur en cellulose, hémicellulose, tanin et lignine, insoluble dans l'eau. Les hémicelluloses sont les plus facilement biodégradables, la cellulose étant plus ou moins résistante selon sa structure. La cellulose et les hémicelluloses sont souvent liées à la lignine sous forme d'un complexe ligno-cellulosique difficilement accessibles aux micro-organismes.

Le tanin se trouve dans pratiquement toutes les divisions d'une plante (écorce, racines, feuilles, fruits). Il n'a pas de structure chimique précise, mais comporte toujours des groupements phénoliques. Ses groupements polyhydroxy-poly phénol confèrent aux biosorbant une capacité d'adsorption importante. Cependant, lorsqu'il est présent à de très grandes proportions, il provoque la coloration de l'effluent à traiter.

La lignine est constituée d'un groupe de substances chimiques appartenant aux composés phénoliques. Elle est le deuxième bio polymère après la cellulose, synthétisée par les végétaux

Grâce à ses groupements fonctionnels (alcool, aldéhydes, éthers, hydroxydes de phénols, acides, cétones), la lignine joue un rôle important au niveau des mécanismes d'adsorption des biosorbant. Elle est d'ailleurs isolée et extraite de certains biosorbant, pour être utilisée dans la rétention de polluants.

La cellulose est un glucide qui est un polymère du glucose (ou polysaccharide du glucose), de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ (n compris entre 200 et 14 000) et principal constituant des végétaux, en particulier de la paroi cellulaire. Elle garantit la rigidité de la paroi cellulaire des plantes. La cellulose semble ne pas jouer un très grand rôle dans les mécanismes d'adsorption (Robert et Rowland,1973). ont d'ailleurs noté la faible efficacité du coton, constitué à 90% de cellulose pour l'adsorption de polluants métalliques.

I.5.2. Facteurs influents sur l'adsorption

Dans le cas de l'adsorption en phase liquide, un grand nombre de facteurs sont susceptibles d'avoir une influence sur le processus d'adsorption, parmi eux on distingue les facteurs liés à :

a) **Nature de l'adsorbant** (Talidi, 2006):

- La surface spécifique;
- La densité et la nature des groupes fonctionnels qui se trouve à sa surface;
- La distribution de la taille des pores;
- Le taux de cendre.

b) **Nature de l'adsorbat** (Statterfield, 1978)

- Sa masse moléculaire;
- Sa polarité;
- Sa solubilité;
- La taille des molécules;

- La nature des groupements fonctionnels (acides ou basiques);

c) Conditions opératoires (Sun et Meunier,2007) :

- La concentration en adsorbant et en adsorbat;
- La température de la solution;
- La présence d'espèces compétitives pour les mêmes sites d'adsorption (cas des mélanges) ;
- Le pH du milieu;
- Le temps de contact entre l'adsorbant et l'adsorbat;
- La vitesse d'agitation;

I.5.3. Isothermes d'adsorption

I.5.3.1. Définition de l'isotherme

Une isotherme d'adsorption est la variation de la quantité adsorbée Q_e (mg/g) sur un solide en fonction de la concentration C_e (mg/L) du composé adsorbable à l'équilibre, à une température donnée. Un grand nombre de modèles d'isothermes d'adsorption a été développé par différents chercheurs et les isothermes ont été classées suivant leur forme par BRUNAUER, EMMETT et TELLER en 1938. La plupart de ces isothermes ont d'abord été proposées en phase gaz, puis adaptées aux phénomènes en phase liquide, parmi lesquelles l'isotherme de LANGMUIR (Adib, 1987)

I.5.3.2. Classification des isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption d'un composé peuvent présenter plusieurs formes. Elles sont divisées en cinq groupes (figure10) d'après la classification proposée par (Brunauer *et al.* 1940).

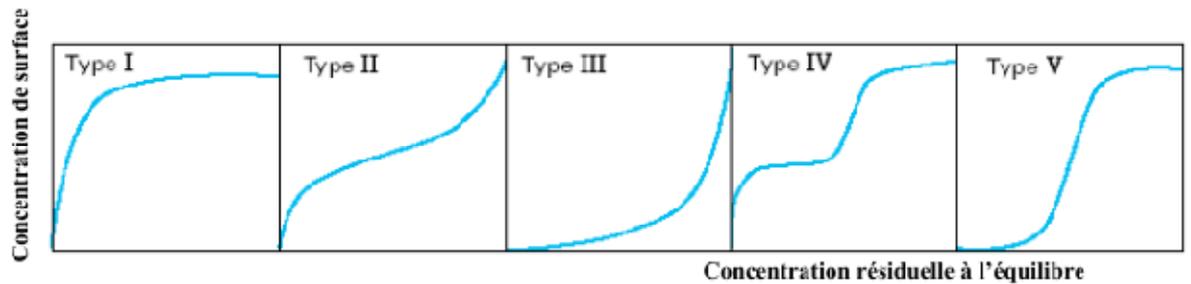


Figure 10 : Classification des isothermes d'adsorption

- Isotherme de type I : adsorption favorable sur des solides microporeux. La quantité adsorbée est importante même pour de faibles concentrations de polluant.
- Isothermes de type II et III : elles sont généralement observées pour des adsorbants ayant une large gamme de tailles de pores. Pour chaque système, il y a une progression continue avec la création de multicouches d'adsorption. Elle est due à une condensation capillaire dans les mésopores.
- Isothermes de type IV et V : dans ces cas, l'adsorption est dite défavorable puisqu'il faut une forte concentration de composé en phase liquide pour avoir des quantités adsorbées importantes.

I.5.4. Modèles d'isothermes d'adsorption

Nous présentons dans cette partie du travail les modèles les plus fréquemment utilisées pour expliquer les phénomènes d'adsorption solide-liquide.

I.5.4.1. Modèle de LANGMUIR

Le second modèle le plus communément utilisé est celui de Langmuir proposé en 1918. Les hypothèses initiales sont (Aksas, 2012)

- le solide adsorbant présente une capacité d'adsorption limitée (q_m);
- tous les sites actifs sont identiques, la surface du solide est uniforme ;
- Les sites actifs ne peuvent complexer qu'une seule molécule de soluté (adsorption monocouche);
- il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées.

L'équation de Langmuir (1) et sa linéarisation (2) sont les suivantes :

$$q_e = \frac{q_{\max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} + \frac{1}{b \cdot q_{\max}} \cdot \frac{1}{C_e} \quad (2)$$

avec:

q_e : la quantité d'élément trace adsorbé par l'adsorbant à l'équilibre (mg d'ions par g de biosorbant);

q_{max} : la capacité maximale d'adsorption (mg d'ions par g de biosorbant) ;

K_L : la constante d'équilibre de Langmuir traduit l'affinité entre l'adsorbant et l'adsorbant (L.mg⁻¹);

C_e : la concentration en ions métalliques en solution à l'équilibre (mg L⁻¹).

I.5.4.2. Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich, donne une indication sur l'hétérogénéité à la surface de l'adsorbant, il est défini par la relation suivante (Bouaziz, 2014) :

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$$

K_F et n sont des constantes de Freundlich reliées à la capacité d'adsorption et l'intensité d'adsorption. La forme linéaire de l'équation de Freundlich peut être écrite sous forme logarithmique selon la relation suivante :

$$\text{Log } q_e = \text{Log } K_F + \frac{1}{n} \text{Log } C_e$$

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I.6. Matériels et Apparielage

I.6.1. Matériel

Bécher
Erlenmeyer
Fioles
Eprouvettes
Pipettes
Entonnoir
Barreau magnétique
Verre de montre
Papier filtre
Burette
Tamis (d = 2 mm)

I.6.2. Appareillages

pH mètre.
Etuve.
Centrifugeuse .
Une balance analytique
Spectrophotomètre UV-visible .
Agitateur.

I.7. Matériel végétales (la biomasse)

Les échantillons qui ont fait l'objet de cette étude sont des coproduits agroalimentaire ; les péricarpes d'arachide , les endocarpe d'amande et de pistachier . Ces fruits leurs abondance est importante dans notre pays, alors que leurs usage se limite a la consommation alimentaire.



Figure 11: les péricarpes d'arachide, les endocarpes de pistachier et les endocarpes d'amande.

I.8. Méthodes utilisées

I.8.1. Préparation des biosorbants

Avant leurs utilisations, les péricarpes d'arachide , endocarpe d'amande et de pistache ont lavés à l'eau de robinet puis avec de l'eau distillée, après ils sont séchées à la température du laboratoire, broyées et finalement tamisés (Tamis à mailles $\leq 200 \mu\text{m}$).

Le Lavage les adsorbants sont lavées plusieurs fois à l'eau distillée afin d'éliminer toute sorte de poussières ou d'impuretés adhérentes jusqu' à l'obtention des eaux de lavage claires.

Le séchage Le séchage des matériaux a été réalisé dans un laboratoire à température ambiante, pendant quelques jours. En vue de prévenir une éventuelle altération des propriétés physicochimiques des matériaux.

Le broyage Le broyage a été réalisé afin d'obtenir des matériaux homogènes pour le besoin des études de laboratoire, donnant des grains de petite taille, broyés à l'aide du broyeur.

Le Tamisage Les tailles des particules utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur dont la dimension des mailles correspond à diamètres 200µm. Les échantillons sont conservés dans des flacons pour les tests biosorption .



Figure 12: péricarpe d'arachide, l'endocarpe de pistachier et d'amande après broyage et tamisage.

I.8.2. Détermination de la teneur en eau

Périsarpe des cacahuètes ; endocarpe d'amande et de pistachier et séparé puis séchés à l'étuve à la température de 50°C , jusqu'à l'obtention d'un poids stables pour déterminer leur teneur en eau .



Figure 13 : péricarpe d'arachide ,et l'endocarpe d'amande et de pistachier séchées

Le taux d'humidité est un rapport exprimé en pourcentage, il est déterminé par le séchage de l'adsorbant dans une étuve. Et calculé par la formule suivante :

$$TE\%=[PF-PS/PF].100$$

Ou PF et PS représentent le poids frais et le poids sec respectivement

I.8.3. Préparation de l'adsorbat (Bleu de Méthylène)

La solution de colorant a été préparée en utilisant de l'eau distillée. Pour avoir une bonne reproductibilité des résultats des études d'adsorption, nous avons préparé le volume de 0.5 litre de solution mère à une concentration de (1000mg/l). On a fait dissoudre 500 mg de BM dans 500ml d'eau distillée. Le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation.



Figure 14 : Solution mère de BM

I.8.4. Courbe d'étalonnage du colorant BM

I.8.4.1. Préparation des solutions filles de colorant du BM

La courbe d'étalonnage sert à déterminer les concentrations résiduelles en colorant, pour cela on a préparé par dilution plusieurs solutions filles à partir de la solution mère pour couvrir un domaine de concentration variant de (2, 5, 10, 15, 20, 25) mg/l. Nous l'avons dilué avec l'eau distillée jusqu'à 200ml dans une fiole jaugée.

Selon l'équation de la dilution suivante: $C1.V1=C2.V2$

Avec :

C1 : la concentration de la solution mère (mg.l⁻¹).

C2 : la concentration à préparer (mg.l⁻¹).

V1 : le volume prélevé de la solution mère.

V2 : le volume de la solution à préparer

Puis on a mesuré les absorbances correspondantes en utilisant un spectrophotomètre UV-visible et en fixant la longueur d'onde du maximum d'absorption de BM, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 8: Valeurs d'adsorbance pour le bleu de méthylène

Ci (mg/l)	2	5	10	15	20	25
A	0.48	0.94	1.86	2.40	2.70	2.75

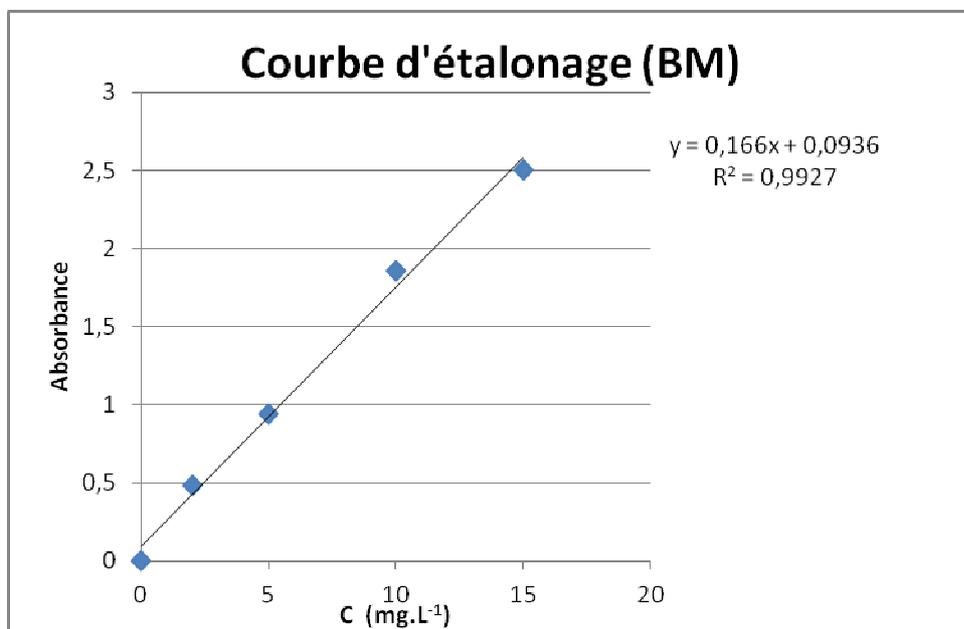


Figure 15: Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène

x : concentration des solutions filles préparés

y : absorbance



Figure 16 : Spectrophotomètre UV - visible

I.8.5. Procédure expérimentale de la biosorption

Pour étudier l'adsorption en suite les étapes suivantes :

- ✓ On commence par introduire une masse $m=0.1g$ de la biosorbant a testé dans six bécher.
- ✓ Puis on ajoute 50ml de solution de BM de concentration connue.
- ✓ Ces bécher sont ensuite placés sur un agitateur à 280 tpm pendant 2 heures.
- ✓ Pour la mesure de la concentration non adsorbée de bleu de méthylène a l'issue de chaque expérience d'adsorption ,l'adsorbant à été éliminé centrifugée (centrifugeus) pendant 30 mn à 3000 rpm .
- ✓ ensuite le contrifugeat est alors analysée par spectrophotométrie UV-Visible en surveillant les changements d'absorbance à $\lambda_{max}=664$ nm pour le BM.

- la quantité de BM adsorbée par gramme de fractions $q(mg/g)$ et calculée selon les formules suivants :

$$q=(C_i-C_e)V/M.$$

Ou C_i et C_e sont respectivement les concentrations initiale et finale de BM on solution s'expriment on mg/l. V est le volume en litre de la solution et M représente la masse des fractions en gramme.

Le pourcentage d'élimination est calculé selon la formules suivantes :

$$\% \text{ élimination} = (C_i - C_e) \times 100 / C_i .$$



Figure 17: Les solutions de BM

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussions

I.9 Le taux d'humidité

Tableau 9 : Représentation le poids frais et le poids stables sur différents fractions, le taux d'humidité et le pourcentage de partie étudiée par rapport au fruit entier

	Amande	Pistachier	Arachide
Poids frais (g)	6.47	1.82	2.36
Poids stable (g)	5.71	1.74	2.21
Taux d'humidité (TE) %	11.74	4.39	6.35
% de partie étudiée /le fruit entier	48.79	46.84	35.81

$$TE\%=[PF-PS/PF].100$$

La valeur de taux d'humidité de l'endocarpe de pistachier et le péricarpe d'arachide est faible ne dépasse pas le 4.39% et le 6.35% par rapport à l'endocarpe d'amande qui dépasse le 11.74 %. L'endocarpe d'amande contient une grande proportion d'eau, cette valeur met en évidence le fort niveau de conservation de la teneur en eau. Cette teneur est peut être aussi liée aux conditions climatiques lors de la récolte des échantillons, aux stades et aux conditions de développement de chaque espèce. Il y a aussi les conditions de stockage des fruits.

Notre résultat de taux d'humidité de péricarpe d'arachide avec 6.35 % reste supérieur à celui obtenue par (Benbrahim et Belil, 2019) qui ne dépasse pas le 4%. Cela est dû à plusieurs raisons, notamment le stockage et la qualité de l'espèce.

I.10.Evaluation de la bio-adsorption de Bleu de Méthylène sur les différentes fractions

La bioadsorption du bleu de méthylène a été étudiée sur différentes fractions (péricarpe d'arachide, et l'endocarpe d'amande, et de pistachier) en fonction de la

concentration initiale de la solution de BM ($2-25 \text{ mg.L}^{-1}$). Pour chaque fraction, la capacité ultime d'adsorption apparente (q_e) et le pourcentage d'adsorption (% élimination) ont été calculés. Les résultats obtenus sont présentés ci-après.

Tableau 10 : Les résultats obtenus par les six solutions de bleu de méthylène sur les différentes fractions

	Péricarpe d'arachide (PA)					
Ci (mg.L^{-1})	2	5	10	15	20	25
Ce (mg.L^{-1})	0,40	1,41	1,83	3,06	3,50	4,10
qe (mg.g^{-1})	0,8	1,8	4,08	5,97	8,26	10,45
% élimination	79,90	71,9	81,7	79,6	82,6	83,6
	Endocarpe d'amande (EA)					
Ce (mg.L^{-1})	0,15	0,61	0,98	1,04	1,28	1,35
qe (mg.g^{-1})	0,93	2,19	4,51	6,98	9,36	11,83
% élimination	92,5	87,8	90,2	93,1	93,6	94,6
	Endocarpe de pistachier (EP)					
Ce (mg.L^{-1})	0,38	1,08	2,41	3,92	4,52	5,12
qe (mg.g^{-1})	0,38	1,08	3,41	5,92	7,52	9,12
% élimination	80,8	78,3	75,9	73,9	77,4	79,5

Les courbes de (Figure 18) ainsi que les résultats résumés dans le (Tableau 10) montrent une diminution du pourcentage d'adsorption de BM avec l'augmentation des concentrations initiales de solution de BM suivie d'une ré augmentation, jusqu'à une valeur pratiquement constante à partir du $C_i=10 \text{ mg.L}^{-1}$ à l'égard de (PA), $C_i=15 \text{ mg.L}^{-1}$ chez (EA), et $C_i=20 \text{ mg.L}^{-1}$ pour (EP) avec % élimination de 81,7%, 93,1% et 77,4% respectivement.

- L'endocarpe de l'amande à éliminé presque la totalité de bleu de méthylène avec (94,6%) devant (79.5%) pour l'endocarpe de pistachier et (83.6%).pour le péricarpe d'arachide

- la quantité d'adsorption (q_e) de péricarpe d'arachide , et de l'endocarpe d'amande, et de pistachier s'augmente en fonction de l'augmentation de la concentration initiale de BM, ce phénomène peut être expliqué par l'élévation du gradient de concentration avec l'accroissement de la concentration initiale, donc l'augmentation de la diffusion des molécules de colorants en solution à la surface de l'adsorbant .(Hamdi, 2012)

- L'endocarpe d'amande a la capacité d'absorber une grande quantité de bleu de méthylène (11.38 mg/g) par rapport à l'endocarpe de pistachier (9.12 mg /g) et le péricarpe d'arachide (10.45 mg /g).

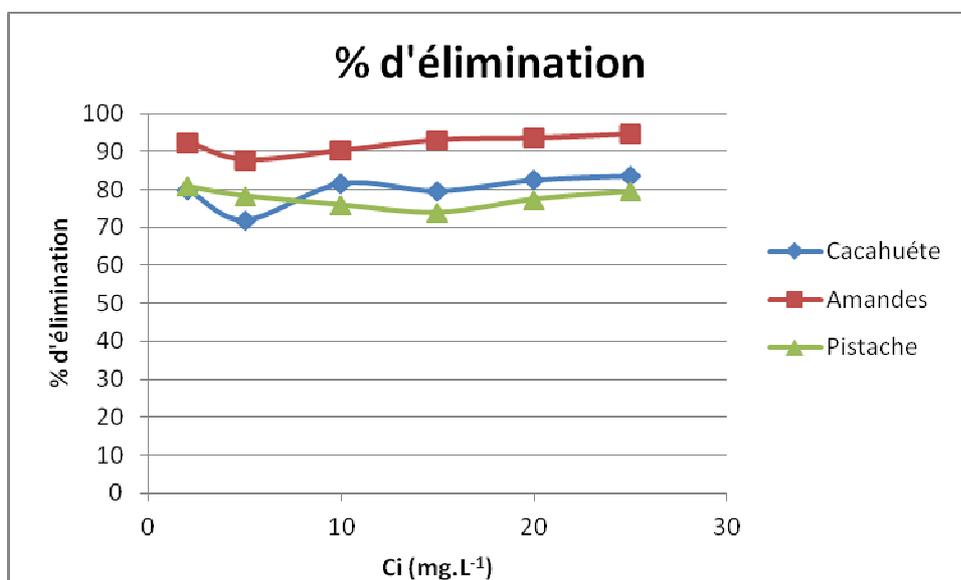


Figure 18 : Pourcentage d'élimination des différents fraction en fonction de concentrations initiales du bleu de méthylène .

I.11.L'isotherme d'adsorption

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle très important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption et l'identification du type d'adsorption. Elles sont obtenues par la connaissance du temps de contact et aussi par la représentation graphique de la quantité de colorant adsorbée à l'équilibre en fonction de la concentration de ce colorant ($q_e = f(c_e)$).

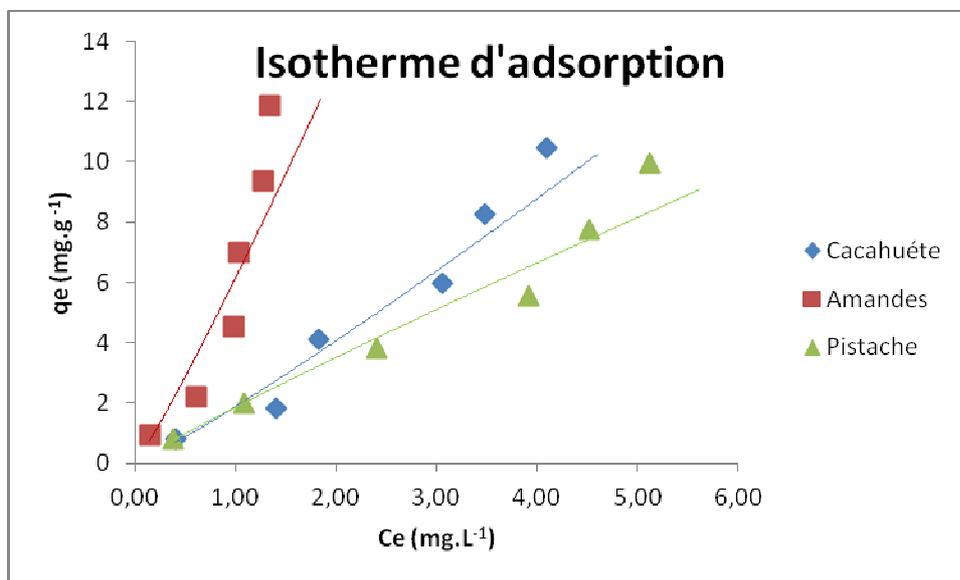


Figure 19: Variation de la capacité d'adsorption à l'équilibre en fonction de la concentration du polluant de bleu de méthylène

Nous constatons que la capacité d'adsorption augmente progressivement avec la concentration de colorant sans atteindre la saturation remarquable. D'après l'allure de ces courbes (la figure 19). Nous pouvons dire que ces isothermes sont de type III selon la classification proposée par (Brunauer et al. 1940). Elles sont généralement observées pour des adsorbants ayant une large gamme de tailles de pores. Pour chaque système, il y a une progression continue avec la création de multicouches d'adsorption. Elle est due à une condensation capillaire dans les méso pores.

I.12. Modélisation des isotherme

Cette partie traite la Modélisation des résultats d'adsorption du BM sur les différents fractions. Les différentes modélisations utilisées dans cette étude sont : le modèle de Langmuir et le modèle de Freundlich.

Tableau 11 : Paramètres de modèle de Langmuir et de Freundlich pour l'adsorption du bleu de méthylène sur les résidus bruts des péricarpes d'arachide et l'endocarpe de l'amande et de pistachier

bio sorbent	Langmuir			Freundlich		
	$q_{\max}(\text{mg/g})$	$K_L (\text{L/mg})$	R^2	$K_F (\text{mg/g})$	$1/n$	R^2
<i>Arachide</i>	60.97	0.0082	0.96	1.86	1,11	0.94
<i>Amande</i>	30.76	0.0052	0.95	6.02	1,1	0.89
<i>Pistachier</i>	20.83	0.02208	0.99	1.81	0.92	0.98

Les données de tableau 11 permettent de faire les remarques suivantes :

1)- la capacité maximale d'adsorption de péricarpe d'arachide (60.97mg/g) est le plus élevé comparativement au l'endocarpe de l'amande (30.76mg/g) et de pistachier (20.83mg/g).

2)-Les coefficients de corrélation R^2 sont entre 0.89 et 0.99 pour les deux modèles ce qui souligne la bonne répétabilité des résultats expérimentaux.

I.12.1.Modèle de Langmuir

La modélisation des résultats expérimentaux par l'isotherme de Langmuir, est exploitée sous la forme linéaire ($1/q_e = f(1/C_e)$) est représentée sur la figure 3 .

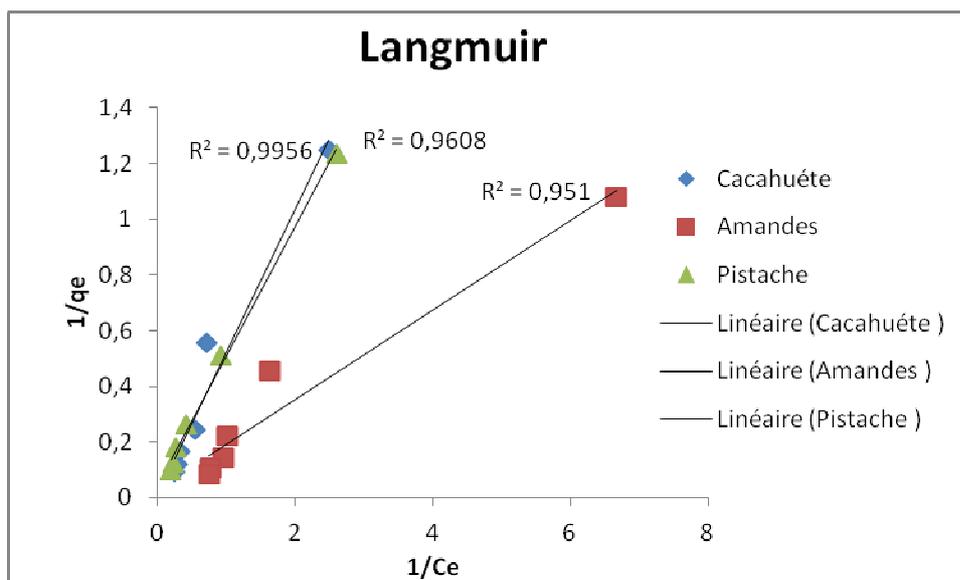


Figure 20 : Traçage de l'isotherme de Lungmuir de bleu de méthylène

Le modèle de Langmuir montre un excellent degré de linéarisation avec R^2 qui se situe entre 0.95 et 0.99. De plus, le ($K_L = 0.022$) est élevé pour l'adsorbant (EP) comparativement au (PA) et (EA) avec 0,0082 et 0,0052 L/mg respectivement.

Les fractions testées à présenté une (q_{max}) de 60.97 mg/g, 50.76 mg/g, et 30.83 mg/g pour (PA), (EA) et (EP) respectivement. Ces résultats dépassent les valeurs récemment rapportées par plusieurs travaux sur le Bleu de Méthylène

Tableau 12 : comparaison de nos résultats (q_{\max}) des fractions testées par les valeurs récemment rapportées par plusieurs travaux sur le bleu de méthylène

Adsorbants	q_{\max} (mg/g)	References
Péricarpe d'arachide (PA)	60.97	Nos résultats
Endocarpe de l'amande (EA)	50.76	
Endocarpe de Pistachier (EP)	30.83	
Noyaux de datte	1.29	(Boubidi et Chibane, 2020/2021)
Ecorce d'orange	1.267	
Ecorce d'orange	0.179	(Zerfa et Kouchache, 2015)
Tige des dattes	0.175	

I.12.2. Modèle de Freundlich

La représentation graphique de $\log(q_e)$ en fonction de $\log(C_e)$ pour l'adsorption du bleu de méthylène sur Arachide (PA), amande (EA), et pistachier (EP) comme montre la Figure et le tableau 21.

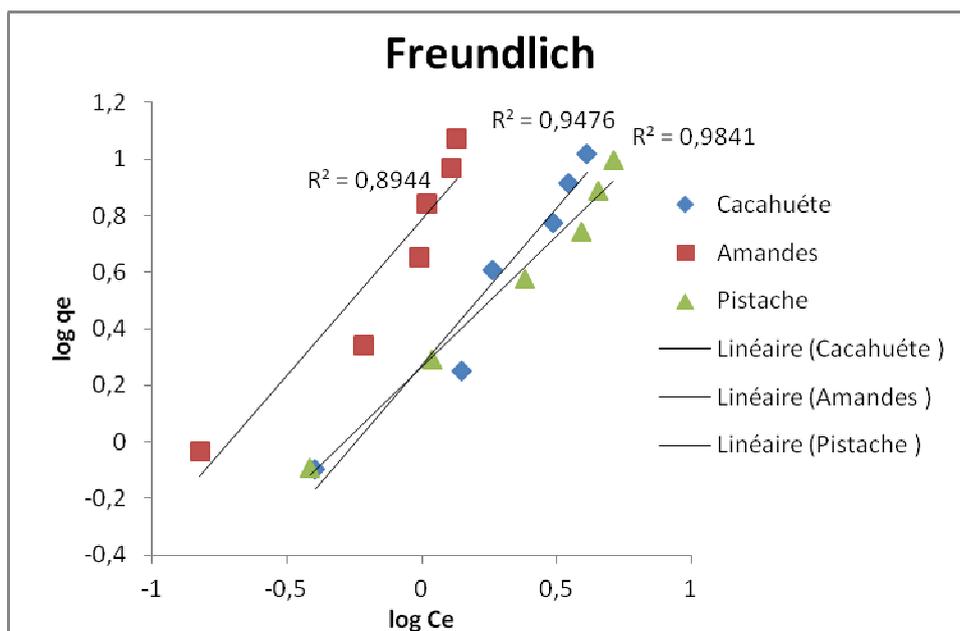


Figure 21 : Traçage de l'isotherme de Freundlich de bleu de méthylène.

Un K_F élevé indique une capacité d'adsorption élevée. L'endocarpe d'amande (EA) avait un $K_F = 6.02$ mg/g, alors que celle d'arachide (PA) et de pistachier (EP) était de 1.86 mg/g et 1.81 mg/g respectivement.

Le $1/n$ estime l'intensité d'adsorption ou l'hétérogénéité de surface. Une valeur de $1/n$ proche de zéro indique une hétérogénéité de l'adsorbant (Haroon et al.,2017) . L'endocarpe de pistachier (EP) est plus hétérogène que celle d'arachide et l'amande avec 0.91.

La capacité d'adsorption est favorable lorsque $0 < 1/n < 1$ (Mébarki et al.,2022). Sur la base de ce critère, les capacités d'adsorption de l'endocarpe de pistachier (EP) est plus favorables que celui de péricarpe d'arachide et l'endocarpe de l'amande avec 1.11 et 1.1 respectivement.

A partir des résultats obtenus, nous constatons que les valeurs du coefficient de corrélation obtenues à partir de modélisation de langmuir sont excellentes que par la modélisation de Freundlich. A cet effet, nous pouvons dire que le modèle de Langmuir décrit mieux la cinétique de biosorption de BM que le modèle de Freundlich.

CONCLUSION

Conclusion

Le travail réalisé au cours de ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un thème de recherche intéressant sur la dépollution des eaux chargées en colorants par un procédé d'adsorption cette technique s'avère efficace dans la rétention et l'élimination des composés organiques et minéraux existants dans l'eau.

Cette étude a eu pour objectif principale d'étudier l'efficacité des trois biosorbants (péricarpe d'arachide, endocarpe de pistachier et d'amande) dans le processus de biosorption d'un colorant (bleu de méthylène). Les résultats expérimentaux ont démontré que:

- la quantité adsorbée et Le pourcentage d'élimination augmente avec l'augmentation de la concentration initiale des solutions de BM.
- Les résultats obtenus, indiquent que l'adsorption du BM sur l'endocarpe de l'amande est favorable ce qui nous permet de dire sans aucun doute que cette adsorbant peu être valoriser dans tels opérations de purification.
- Et enfin, les résultats obtenus par la modélisation des isothermes expérimentales d'adsorption par les modèles de Langmuir et de Freundlich montrent que le modèle de Langmuir décrit mieux la cinétique de bio sorption de BM que le modèle de Freundlich.

Sur le plan des perspectives, les travaux devront se poursuivre dans le but :

- Etudier la biosorption des péricarpes d'arachide , l'endocarpe de pistachier et d'amande avec d'autres colorants et d'autres polluants organiques tels que les pesticides, les phénols, ainsi que les métaux lourds.
- Etudier d'autres paramètres (pH, température, temps de contact) qui peuvent avoir une influence sur la capacité d'adsorption.
- Etude structurale des biosorbants avec les techniques de microscopie électronique (MET et MEB), et spectrale (DRX).

Pour conclure, les péricarpes d'arachide, l'endocarpe de pistachier et d'amande, des coproduits largement disponible, non coûteux représentent un avantage majeur pour le traitement des eaux contaminées par le Bleu de méthylène .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- (1978). *Dégréement / Mémonto technique de l'eau*, Paris .
- Abbas, M. (2015, 04 25). thèse de doctorat. *Valorisation du noyau d'abricot dans la dépollution des eaux*, p15. Université M'Hamed Bougera Boumerdese.
- Adda, K., & Ais, Y. (2018). MASTER 2. *Caractérisation des graines et d'huile d'amandes amères de la région Aomar (Bouira), Essai de valorisation par incorporation dans un produit Cosmétique* . DEPARTEMENT DE L'AGRONOMIE: UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA.
- Adib, O. (1987). Thèse Institut Nationale polytechnique de Toulouse. *Adsorption par le charbon actif de micropolluants organiques en solutions Aqueuse* .
- Aksas, H. (2012). Thèse doctorat. *Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels* . Université M'Hamed Bougara – Boumerdès .
- Aleta, N., Ninot, A., Rouskas, O., Zakinthinon, G., Avanzato, O., & Mendes, A. (1996). *Producci on de plantas de terebinto (Pistacia terebinthus) en contenedor. Inv. Agr. (suos presse)* , (121-132) PP.
- Almanac, A. (2015). *Almond Board of California ,Almond Almanac Edition Modesto* , P28. Californie.
- Amrouche, S., & Arouri, T. (2013). mémoire de mestre. *Adsorption des colorants textiles sur le minerai du phosphate noir de Kef Es Sennoun* , p3,4. université Abderrahmane mira Bejaia.
- Anonyme. (2013). *Dictionnaire agricole* .Ed ; *La librairie Larousse* .Paris . , P356.

Auburn, R., & Magnan, D. (2008). *Cultivez les plantes sauvage et comestibles* . Editions Artémis pour la présente édition . , P48.

Baghriche, O., Djebbar, K., & Sehili, T. (2008). *Etude cinétique de l'adsorption d'un colorant cationique (vert de méthyle) sur du charbon actif en milieu aqueux* .

Benaissa, A. (2012). *mimoire de master . Etude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle* . université Abou Baker Belkaid Tlemcan .

Benbrahim, f., & Belil, H. (2019, 07 14). *mémoire de master. Adsorption d'un colorant de bleu de méthylène en solution aqueuse, sur un bioadsorbant issu de déchet agricole*. saida, génie de procédés, saida algérie: université Dr moulay taher saida.

Bennabi, B. (2004). *La culture du pistachier en Syrie*. 3p .

Berne, F., & Cordonnier, J. (1995). *Industrial Water treatment* . Paris: Edition Technique.

Boualem, S. A. (2015). *THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES Option Biologie végétale. Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre Pistacia* . Département d'Agronomie: Université STAMBOULI Mustapha de Mascara.

Bouaziz, K. I. (2014). *Traitement de solutions organiques diluées par couplage adsorption-oxydation électrochimique (Doctoral dissertation, Toulouse 3)*.

Boubidi, B., & Chibane, m. (2020/2021). *mémoire master 2. ADSORPTION D'UN COLORANT (BLEU DE METHYLENE) EN SOLUTION AQUEUSE, SUR DES BIOADSORBANTS ISSUS DE DECHETS AGRICOLES (ECORCES D'ORANGE – NOYAUX DE DATTES)* . OUM EL BOUAGHI, DÉPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES: UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI.

Boutboul, H. (1986). *LA RELANCE DE LA NATURE DU PISTACHIER FRUITIER DANS LE MIDI méditerranéen* rev .hort n°264 ,pp 25 :29 .

Caron, H., & Ganes, D. (1993, Mai). *Agriculture spéciale* . Centre d'édition de reproduction et de diffusion de document pédagogique .

Chen, C., Millbury, P., Lapsley, K., & Blumberg, J. (2005). *Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation.* , 135 ((5)) , 1366-1373. *The journal of nutrition.*

Chevallier, A. (1875). *Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires médicamenteuses et commercialisées avec l'indication des moyens de les reconnaître* , 4^{ème} édition , P524.

Cirin, G., Montiel, A., & Badot, P. (2007). *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: procédés membranaires , bioadsorption et oxydation chimique* . presses UNIV .Franche - Corrie .

Clement, J. (1981). *Larousse agricole* .Edition Librairie Larousse . Paris.

Crossa, R., & Germain, E. (1982). *Avenir de la culture des arbres fruitiers à fruits secs dans les pays méditerranéens : Amandier, Noyer, Pistachier.* *Revue fruits*, Vol. 7, n° 10, pp: 617- 626.

Danckwerts, P. (1951). *Industrial & Engineering Chemistry. Significance of liquid-film coefficients in gas absorption.* , 43 ((6)) , 1460-1467.

dégréement/memento. (1978). *technique de l'eau*. paris .

Edeline, F. (1993). *Traitement des eaux industrielles chargées en métaux lourds* , tribune de l'eau (N 565) , 5^{ème} édition CEDEDOC .

Fadel, J. (1999). *Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective.* *Animal Feed Science and Technology* , 79 ((4)) , 255-268.

Faostat. (2015). *La base de données statistique de l'organisation des nations unie pour l'alimentation et l'agriculture* .

Larbi , F (2008). *Contribution à la décoloration des résiduaire textiles par des argiles naturelles.* Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella.

Felipe, A. (2000). *El almendro: el material vegetal*. Mira Editores.

Fonceka, D. (2010). *Elargissement de la base génétique de l'arachide cultivée (Arachis Hypogea) . Applications pour la construction de populations . L'identification de QTL et l'amélioration de l'espèce cultivée .Thèse de doctorat . Montpellier sur Agro , P108.*

Frison-Norrie, S., & Sporns, P. (2002). *. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Identification and quantification of flavonol glycosides in almond seedcoats using MALDI-TOF MS , 50 ((10)) , 2782-2787.*

Ghosh, D., & Bhattacharyya, K. (2002). *Adsorption of methylene blue on Kaolinite , 20 ((6)) , 295-300. Applied clay science.*

Gillier, P. (1969). *L'arachide*. Maisonneuve et Larousse. Agroalimentaires école polytechnique fédérale, Paris 2000. *Journal of clinical nutrition 9 : P528-532.*

Gillier, P., & Silvestre, P. (1969). *L'arachide. Collection techniques agricole et tropicales. Maisonneuve et Larousse. P292.*

Gregorio, C., & Pierre-Marie, B. (2007). *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ.*

Hamdan, I., & Afifi, F. (2004). *Studies on the in vitro and in vivo hypoglycemic activities of some medicinal plants used in treatment of diabetes in Jordanian traditional medicine. Journal of Ethnopharmacology 93, 117-121 pp. 54-56 .*

Hamdi, L. (2012, 10 16). *mémoire de Magister. Valorisation des produits agricoles industriels pour le traitement des effluents :Cas de l'adsorption du bleu de méthylène par l'Alfa . Genie des ^procédés: Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.*

Haroon, H., Gardazi, S., Butt, T., Pervez, A., Mahmoud, Q., & Bilal, M. (2017). *Novel lignocellulosic wastes for comparative adsorption of Cr (VI): equilibrium kinetics and thermodynamic studies. Polish Journal of Chemical Technology, 19(2).*

- Hubert, P. (2000). (ING .D'agronomie); Fiche technique d'agriculture spéciale .
- Ibra, F. (1988). *L'arachide .Grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies , P300.*
- Itafv. (2013). *Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne. République Algérienne démocratique et populaire. Ministère de l'agriculture du développement de la pêche.*
- Jacamon, M. (1985). *Les arbres à fruits sec : Amandier, châtaignier, noisetier, noyer. « La maison rustique » , P.40.*
- Kafkas, S. A., & Perl-Treves, R. (2001). *Morphological and molecular phylogeny of Pistacia species in Turkey. Theoretical and Applied Genetics , 102 ((6)) , 908-915.*
- Kang, K., Kim, S., Choi, J., & Know, S. (2007). *Journal of Industrial and Engineering Chemistry. SOPRION of Cu²⁺ and activated base pretreated granular activated carbon fiber samples. , 14 ((1)) , 131-135.*
- King, A., Miller, M., & Eldridge, L. (1970). *Almond harvesting, processing, and microbial flora. Applied Microbiology , 20 ((2)) , 208-214.*
- Knoden, J., Dufour, L., & Bindelle, J. (2011). *Fabrication de beurre de cacahuète . Version provisoire . Collection Manuels techniques , P3-4.*
- Lemaistre, J. (1959). *Le Pistachier(Etude bibliographique).Fruit14,57-77.*
- Lemaistre, J. (2000). *Etudes bibliographique de pistachier pp12-15.*
- Madr. (2013). *La Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche .*
- Mapm. (2013, Octobre). : *Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime 2013. Veille économique- secteur amandier , Royaume du Maroc.*
- Mayet, J. (1994). *La pratique de l'eau , Traitement aux point d'utilisation , le Moniteur , 2 eme , p 382. Paris.*

Mébariki, M., Hachem, K., Gloaguen, V., & Faugeron-Girard, C. (2022). *Removal of metallic cations from aqueous solutions using acorn pericarp fractions of Quercus ilex as new biosorbents. International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-8.

Miyah, Y., Idrissi, M., & Zerrouq, F. (2015). *Journal of Materials and Environmental Science. Etude et Modélisation de la Cinétique d'Adsorption du Bleu de Méthylène sur les Adsorbants Argileux (Pyrophyllite, Calcite)[Study and Modeling of the Kinetics Methylene blue Adsorption on the Clay Adsorbents (Pyrophyllite, Calcite)] (6)* , 699-712.

Mlika. (1987). *Anatomies des fleurs et évolution des bourgeons floraux en inflorescences du pistachier et l'amandier .INRA France pp343-355.*

Mortland, M., Shaobai, S., & Boyd, S. (1986). *Clays and Clay Minerals* , 34 , 581-585.

Mouhajir, F., Hudson, J., Rejdali, M., & Towers, G. (2001). *Multiple antiviral activities of endemic medicinal plants used by Berber peoples of Morocco. Pharmaceutical biology*, 39(5), 364-374.

Novello, C., & Santamaria, C. (2005). *L'allergie a l'arachide* , P7.

Olsen, M. (1999). *National Food Administration, Division of biology, P.O. box 622, SE-75126 UPPSALA (Suède). Pp (1-9)* .

Ouchaoua, S., & Meziani, A. (2012). *Mimoire de magister. Epuration des eaux chargées en métaux lourds (Cadmium, Plomb) par adsorption sur des biosorbants* .

Oukabli, A. (2005). – *Le pistachier – Un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture N° 125, Pp : 1- 4.*

Ozcan, M., Unver, A., Erkan, E., & Arslan, D. (2011). *Characteristics of some almond kernel and oils. Scientia Horticulture* , V 123 , p 330-333.

Pech, H. (1953). *Le Pistachier en Syrie .Fruits*,8 :479-487.

Rabinowitz, I. (1991). *U.S. Patent No. 5,064,762. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.*

Rabinowitz, I. (2002). *Method of producing aqueous extracts from almond hulls*. US Patent.

Rabinowitz, I. (2004). *Dietary fiber , process for preparing it , and augmented dietary fiber from almond hulls .*

Rebour, H. (1968). *Fruits méditerranéens autres que les Agrumes*. La maison rustique 8Paris (6^{ème} édition). 330 pages.

Robert, S., & Rowland, S. (1973). *Envir. Sci. Techno. « Removal of mercury from aqueous solution by nitrogen Containing chemically modified cotton ».* , 7 , 552-555.

Rousou, M. (2018). *Identification des restes archéologiques du genre Pistacia L. : approches morphologique et morphométrique traditionnelle et géométrique*. Archéologie et Préhistoire.

Rousset, P. (2008). *Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales*. Coordonnateur. Brasilia : CIRAD , P288.

Roussin, J. (2014). *L'amandier culture et travail en bonsaï*. Mémoire N° 3 dans le cadre de l'École Française du Bonsaï de la F.F.B. , P 1-26.

Saidi, F. (2013). *Elimination du Bleu de Méthylène par des Procédés d'Oxydation Avancée*.

SAIDI, Z., & Tayeb, M. (2014). *Master 2. ÉTUDE DE LA DEPOLLUTION DES EAUX CONTAMINEES PAR LE TOLUENE UTILISANT L'ADSORBANT NATUREL ZIZYPHUS LOTUS . Génie de procedes: UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI*.

Sakr, F. .., Sennaoui, A. .., Elouardi, M. .., Tamimi, M., & Assbbane, A. (2015). *Etude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus (Adsorption study of Methylene Blue on biomaterial using cactus)*. *Journal of materials and Environmental Science* , 6 ((2)) , P 397-406.

Schilling, R. (1996). *L'arachide en Afrique tropicale*. Maisonneuve et Larousse. , P171 . P15-30 et 142-146.

Serrar, M. (2011). *Le pistachier pour valoriser les zones arides*.pp :1-2
ag.info.omafra@ontario.

Statterfield, C. (1978). Cours dispensé au Massassuchet of technology.
Heterogenous catalysis in practice .

Sun, L., & Meunier, F. (2007). *Adsorption : aspects théorique Techniques de l'ingénieur , J 2 , 730*.

Talidi, A. (2006). Thèse de doctorat. *Etude de l'élimination du Chrome et du bleu de méthylène en milieu aqueux par adsorption sur la pyrophyllite traitée et non traitée* . L'université Mohammed V-Agdal Rabat.

Tebessi, S., & Hafsi, S. (2011). *Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant organique sur le charbon actif* .

Tessier, A. (2014). *L'amandier : Douleur des contusions, des brûlures, laxatif, vieillissement de la peau... Riche en potassium- Articles scientifique phyto-Aroma (thérapie)*.

Thenard, L. (1836). *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*. Louis Hauman et compagnie, Libraires-Editeurs , P206 .

Thomazou, R. (1981). *Stations d'épuration : eaux potables , eaux usées : précis théorique et technologique* . technique et documentation.

Tionelli, N., & Gallouin, F. (2013). *Des fruits et des graines comestibles du monde entier*. Edition Lavoisier, Paris , P59.

Urrestarazu, M., Martinez, G., & del Carmen Salas, M. (2005). *Almond shell waste: possible local rockwool substitute in soilless crop culture*. *Scientia Horticulturae* . , 103 ((4)) , 453-460.

verlags, V. (1995). "Water "in *Ull man's Encyclopedia of Industrial chemistry* , vol.8 .

Verlay, S. (1990). *Technologie des eaux résiduaires* .

Wiklund, L., Basu, S., Miclescu, A., Wiklund, P., Ronquist, G., & Sharma, H. (2010). *Annals of the New york Academy of Sciences*. *Neuroand cardioprotective*

effets of blockade of nitric oxide action by administration of méthylene blue , vol 1122 ((1)) , 231-244.

Yada, S., Karen, L., & Guangwuei, H. (2011). Areview of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. Food composition analysis.

Zerfa, A., & Kouchache, K. e. (2015). Master en Génie des procédés. Etude expérimental de l'adsorption d'un colorant sur des déchets agricoles (Ecorce d'orange et de tige des datte . Université L'Arbi ben mhidi oum El bouaghi.

Zohary. (1952). amonographical study of the genus pistacia .palestine journal bot j.séries ,5pp :187-228.

Web Site :

fasodia. (2015). *cacahuetes*. Consulté le mars 13, 2022, sur fasodia: : <http://fasodia.com/PAGES/cacahuetes%20sucrées.html>

passport sante. (2013). *encyclopedie alimentaire*. Consulté le avril 25, 2022,surpassportsante: <http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=a>
rac hide_nu.

www.Plant-pictures.com

ANNEXES

I.9. Annexe 1

Traçage de l'isotherme de Langmuir et Freundlich de bleu de méthylène.

