

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'obtention du Diplôme de Master

**Filière : Département de
science de la nature et de la
vie**

**Option: Ecologie, Protection
des écosystèmes**

Intitulé

Bioremédiation du chrome total

Présenter par :

- Boufafa Maroua
- Guedmani Kawther
- Haddad Rayene hibet errahmene
- Houari zineb

Membre de jury

Bouhayene	Président	Université 20 Aout 1955
Maachia	Directeur de mémoire	Université 20 Aout 1955
Gueddah	Examineur	Université 20 Aout 1955

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Avant tout nous remercions "Allah" qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

*Nous remercions très sincèrement notre encadreur **Dr .,Machia** pour sa permanente, sa disponibilité et ses conseils pertinents qui ont grandement facilité ce travail.*

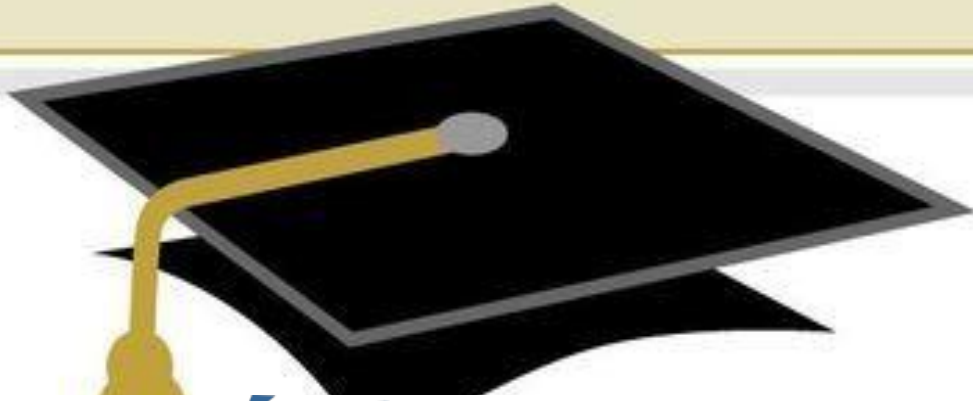
Nous tenons à remercier également l'ensemble des membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Nous voudrions remercier l'ensemble des ingénieurs de Laboratoire de Microbiologie

Sans oublier la responsable de laboratoire, pour leurs aides durant la période de réalisation de ce travail.

*Nous remercions les ingénieurs de l'ONEDD de nous avoir aidé pendant la période d'attente et surtout **M .,Saliha** pour ses conseils et son soutien*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui sont , de près ou de loin, ont apporté leur contribution à ce travail.



Dédicaces

A mes chers parents Guedmani N et Bouaita Z, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

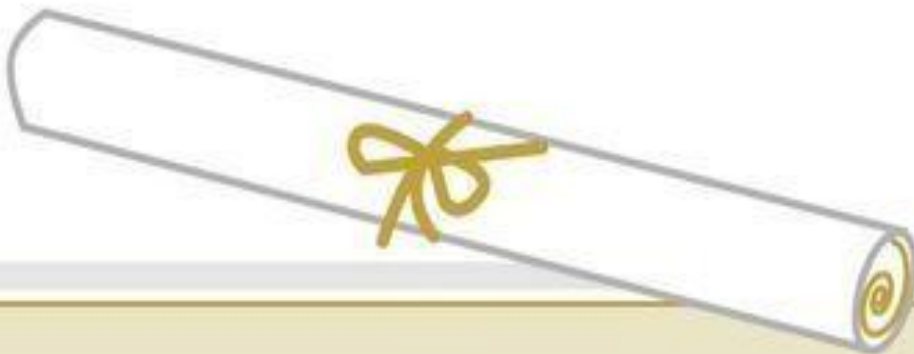
A mes chères sœurs Maïssa et Selma, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

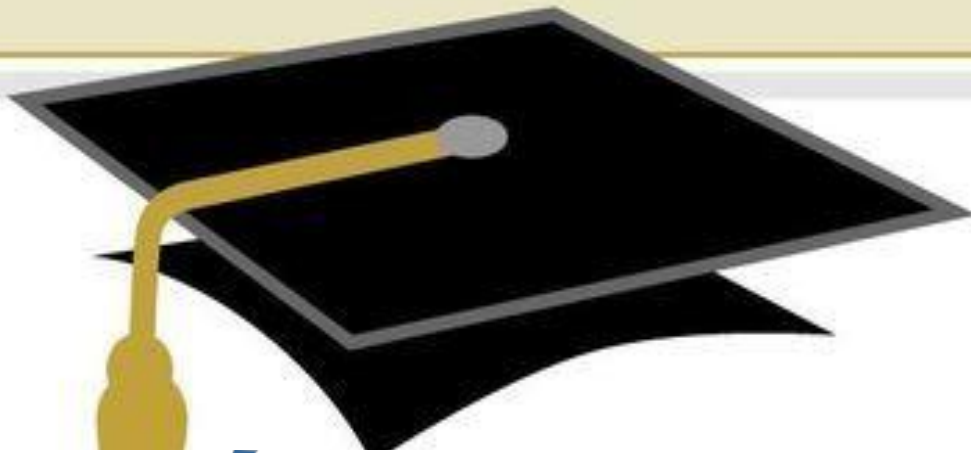
A mes chers frères, Amir et Houssein., pour leur appui et leur encouragement,

*A ma meilleure amie Imen s
Ch.M*

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Guedmani Kawther





Dédicaces

A ma très chère Mère et à l'homme de ma vie mon cher Père, en témoignage et en gratitude de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, eux qui ont consenti tant d'efforts pour mon éducation et mon instruction qui m'ont motivé afin d'atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ma chère sœur : rayane

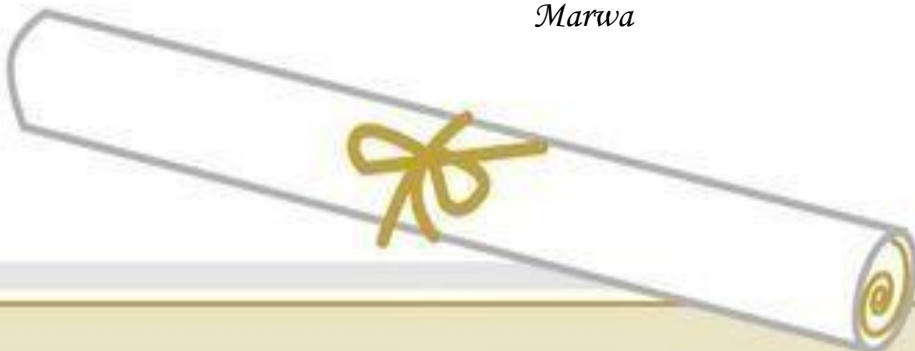
A mon très Chères frères.

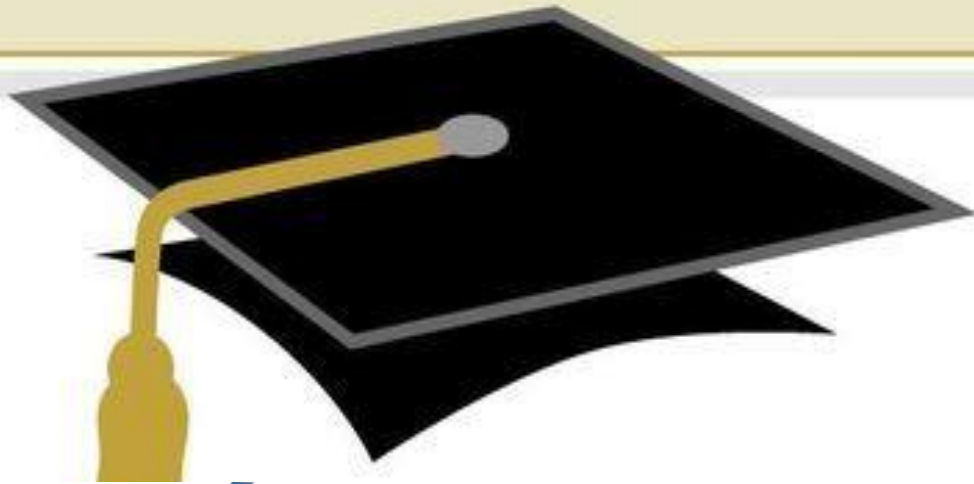
A mes amies soundous et Hanane .

A mes college d'étude zaineb et hiba et kawter pour le parcours que nous avons fait ensemble..

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même avec un mot d'encouragement et de gentillesse.

Marwa





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*À mes très chers parents Rachida Boucharbate et Ali
auxquels je dois tout.*

À madame Machia pour son grand soutien et ses efforts

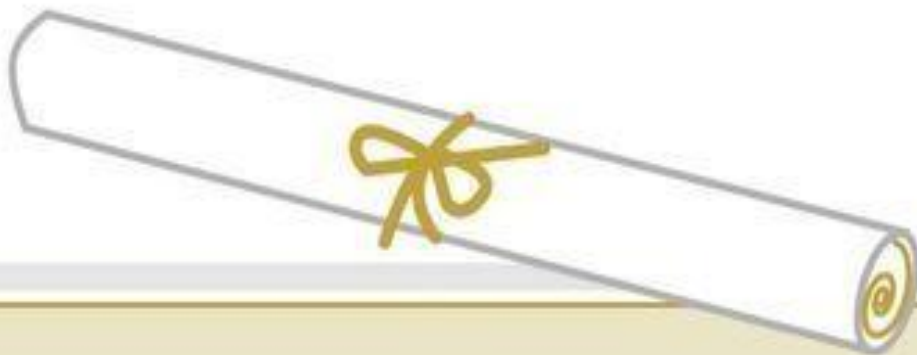
À mes deux sœurs Sabra et Rayane

À mes deux frères Sabri et Ahmade et à toute la famille Houari

À mes cousines Anfel, Mariem et Rokaya

*À tous mes amis et sur tous H CH et mon cousin Ikram, pour leurs
encouragements, leur soutien et leur motivation.*

Houari zineb





Je dédie ce travail:

A ma très chère Mère et mon cher Père, en témoignage et en gratitude de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, eux qui ont consenti tant d'efforts pour mon éducation et mon instruction qui m'ont motivé afin d'atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A mes très Chères sœurs wissem et aya.

A mon très cher petit frère Ahmed.

A ma meilleure cousine Makrem.

A mes amies Amina et Bouchra et roqaya .

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même avec un mot d'encouragement et de gentillesse.

Rayene hibet errahmene



Sommaire

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumés

Introduction1

Chapitre 1 :Synthèse bibliographique

1. Le chrome3

1.1. Histoire d'utilisation du chrome3

1.2. Domaine d'utilisation du chrome3

1.3. Chrome dans l'environnement4

1.3.1. Chrome dans le sol4

1.3.2. Chrome dans l'atmosphère4

1.3.3. Chrome dans l'eau et l'aliment4

1.4 Toxicité4

1.4.1. Toxicité chez l'homme5

1.4.2. Toxicité chez les plantes6

1.4.3. Toxicité chez les microorganismes7

1.5. Procédé d'élimination du chrome7

1.5.1. Procèdes physicochimique7

1.5.1.1. Précipitation7

1.5.1.2. Procédés membranaire8

1.5.1.3. Adsorption8

1.5.1.4. Procédés biologique9

A. Biosorption	9
B. Bioaccumulation	9
1.6 .Mécanismes de résistance des microorganismes au chrome hexavalent	9
1.6.1. Mutation du système de transport du sulfate	9
1.6.2. La réduction du chrome hexavalent par les bactéries	10
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	
1. Description des sites d'accueil	11
2.materiels	11
2.1. Matériel expérimentales	11
2.1. Réactifs et milieu de cultures	12
3. Méthodes	13
3.1. Echantillonnage	13
3.2. Analyses physico chimique.....	14
3.2.1. Détermination des pH.....	14
3.2.2. Détermination du MES	14
3.2.3. Détermination du DBO5	15
3.2.4. Dosage du chrome	16
3.3. Analyses microbiologique	17
3.3.1. Préparation des pré culture.....	17
3.3.2. Préparation des milieux de fermentation.....	18
3.3.3. Mise en culture.....	19
3.4. Identification des bactéries	19
3.4.1. Observation macroscopique	19

3.4.2. Observation microscopique.....	19
3.5. Criblage des microorganismes tolèrent	19
3.5.1. Préparation des solution du chrome.....	19
3.5.2. Test confirmatif.....	20
 Chapitre 3 Résultats et discussion	
1. Résultats.....	21
1.1. Résultats des paramétré physicochimique de l’effluent	21
1.1.1. Résultats du pH.....	21
1.1.2. Résultats du MES.....	21
1.1.3. Résultat du DBO5.....	21
1.1.4. Résultats du dosage du chrome.....	22.
1.2. Résultats de l’observation macroscopique des milieux de fermentation au J-0.....	25
1.3 Résultats de l’analyse microbiologie	25
1.3.1 Résultats de l’observation macroscopique	26
1.3.2. Résultats d’observation microscopique des souches testées.....	26
1.3.3. Observation macroscopique des isolats de l’effluent de tannerie brute.....	29
1.4. Testes de tolérance.....	31
1.4.1. Résultats de l’observation macroscopique	31
1.4.2. Résultats de l’observation microscopique.....	32
1.4.3. Résultats du test confirmatif	34

2.Disscusion	36
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	39

LISTE DES ABREVIATIONS :

Cr (VI) : Chrome hexavalent.

Cr III: Chrome trivalent.

A.T.S.D.R: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

O.M.S : Organisation Mondiale de la santé.

J.O. R.A : Journal Officiel de République Algérienne.

J : Jours.

Ech : Echantillon.

O.N.E.D.D : Organisation National De L'environnement et développement durable.

A.C.E.D : Algérienne des Cuirs Et Dérives.

DBO5 : Demande biochimique en oxygène.

SM : solution mère.

MES : matière en suspension.

3M : Mobilité, Mode de regroupement, et Morphologie.

K₂Cr₂O₄ : chromate de potassium.

LISTE DES FIGURE

Figure 1 : Toxicité et mutagénicité du Cr(VI) dans la cellule.

Figure 2 : Mutation du système transport du sulfate.

Figure 3 : Etuve (incubateur).

Figure 4 : Spectrophotomètre.

Figure 5 : Situation géographique de l'oued El-Kabîr.

Figure 6 : Rampe de filtration.

Figure 7 : Le dessiccateur.

Figure 8 : DBO Mètre.

Figure 9 : Préparation de la cuve pour le calcul du chrome total.

Figure 10 : Pré culture.

Figure 11 : Préparation des milieux de fermentation en batch.

Figure 12 : Les solutions et les boîte de pétri.

Figure 13 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Ech E.

Figure 14 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Eich 21.

Figure 15 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Eich 11.

Figure 16 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Eich H.

Figure 17 : Milieu de fermentation au jour J- 0 .

Figure 18 : Milieu de fermentation au jour J-7.

Figure 19 : Aspect microscopique (objectif x 40) .

Figure 20 : Résultat du teste après 48h (E).

Figure 21 : Résultat du teste après 48h (11).

Figure 22: Résultat du teste après 48h (21).

Figure 23 : Résultat du teste après 48h(H).

Figure 24 : Observation de la boite de la bactérie (H) après 72 h

Liste des tableaux :

Tableau 1: Effets physiologiques majeurs du chrome chez l'Homme.

Tableau 2: Résultat du pH.

Tableau 3: Résultat de la matière en suspension.

Tableau 4: Résultat de demande biologique d'oxygène en 5 jours.

Tableau 5: Résultat des concentrations du chrome total.

Tableau 6: Présentation des différents aspect macroscopique des souches testées.

Tableau 7: Résultats de l'état frais des souches testées (**objectif x 10 et / ou 40**).

Tableau 8: Aspect macroscopique sur GN.

Tableau 9: Etude comparative des observations macroscopique sans et avec chrome.

Tableau 10: Aspect microscopique (**objectif x10 et /ou x 40**).

Tableau 11: Identification des champignons de résultat du test confirmatif.

Résumé

L'objectif de notre travail était de parvenir à isoler des microorganismes capables de réduire les concentrations en chrome, dans les effluents de la tannerie de Jijel vu son intérêt dans l'industrie locale du cuir. Des analyses physicochimiques nous ont permis de caractériser les effluents de tannerie Jijel, les résultats des paramètres étudiés montrent une charge polluante importante et variable avec le temps. Les analyses microbiologiques des effluents et les tests de tolérance au chrome de treize souches pures nous ont permis d'isoler un champignon *Aspergillus sp.* Dominant et très actif ainsi qu'une bactérie nommée H dégradante le chrome.

Mots clés : Chrome, tannerie, bio remédiation, *Aspergillus*

Abstat

The objective of our work was to isolate microorganisms capable of reducing chromium concentrations in the effluents of the tannery of Jijel, given its interest in the local leather industry. Physicochemical analyses allowed us to characterize the effluents of Jijel tannery; the results of the studied parameters show an important polluting load and variable with time. Microbiological analyses of the effluents and chromium tolerance tests of thirteen pure strains allowed us to isolate a dominant and very active fungus *Aspergillus sp.* as well as a chromium degrading bacterium named H.

Key words : Chromium , tannery , bio remediation , *Aspergillus sp*

ملخص

كان الهدف من عملنا هو النجاح في عزل الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تقليل تركيزات الكروم في النفايات السائلة لمذبغة جيجل ، نظرًا لاهتمامها بصناعة الجلود المحلية. سمحت لنا التحليلات الفيزيائية والكيميائية بتوصيف النفايات السائلة لمذبغة جيجل ، وأظهرت نتائج المعلمات المدروسة حمولة ملوثة كبيرة ومتغيرة بمرور الوقت. مكنتنا التحليلات الميكروبيولوجية للنفايات السائلة واختبارات تحمل الكروم لثلاث عشرة سلالة نقية من عزل *Aspergillus sp.* سائدة ونشطة للغاية وكذلك بكتيريا تسمى H المهينة الكروم.

كلمات مفتاحية : الكروم، مذبغة ، المعالجة الحيوية ، *Aspergillus sp*



Introduction

La pollution par les métaux lourds est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. Ces éléments sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels. Parmi eux, le chrome, un des métaux les plus couramment utilisés dans l'industrie grâce à sa dureté, sa solidité et sa résistance à la corrosion (**Priya et al., 2013 ; Karthik et al., 2017**).

Il n'est pas surprenant, compte tenu de toutes ces qualités, que de grandes quantités de chrome soient utilisées dans différents procédés industriels et qu'en conséquence de grandes quantités de déchets chromés soient produites et éventuellement rejetées dans l'environnement, sans aucun traitement.

Il se trouve principalement sous deux formes ayant des propriétés différentes ; le chrome trivalent et le chrome hexavalent, ce dernier est le plus toxique (**Santoyo et al., 2015; Zhang et al., 2017; Bai et al., 2018**). Le Cr(VI) est très soluble dans l'eau et toxique pour la plupart des organismes en raison de sa nature oxydante forte il pénètre rapidement à travers les membranes biologiques puis subit des interactions avec les protéines intracellulaires et les acides nucléiques (**Urvashi et al., 2007**).


Basés sur ces connaissances, les procédés mis en œuvre aujourd'hui pour traiter les rejets et les sites pollués par le chrome visent à réduire le Cr(VI) en Cr(III) afin de diminuer ces impacts éco toxicologiques sur l'environnement. En parallèle des méthodes physico-chimiques et électrochimiques existantes qui sont connus pour leur coût élevé et l'élaboration d'une quantité importante de boues difficiles à traiter.

De plus en plus de travaux de recherche tentent d'exploiter la capacité de la nature à se générer elle-même, et l'aptitude d'adaptation des microorganismes aux environnements les plus hostiles grâce à l'apparition de souches résistantes. Ceci en quête d'un procédé moins coûteux et plus efficace.

En réponse à la toxicité des métaux, beaucoup de microorganismes ont développé des mécanismes particuliers de détoxification et de résistance aux métaux toxiques (**Wasi et al., 2011**). Ces mécanismes de résistance peuvent être intracellulaires ou extra cellulaires, spécifiques à des métaux particuliers ou généraux pour une large gamme de métaux lourds.

Tout en suivant une démarche scientifique, logique et cohérente, l'objectif de notre travail était de parvenir à isoler des souches bactériennes, capables de réduire les concentrations en chrome, dans les effluents industriels. Notre approche a été totalement réalisée au laboratoire. Nous avons choisi de travailler sur le chrome vu son intérêt dans l'industrie locale du cuire

(tannerie de Jijel) et sa toxicité relative par rapport aux autres métaux. Les résultats de notre étude peuvent avoir des applications industrielles dans le domaine des biotechnologies et particulièrement en biorémediation pour pouvoir surmonter les problèmes de pollution.



Chapitre I
Synthèse
bibliographique

1. Le chrome

1.1. Historique :

Le chrome a été découvert dans l'Oural à Beresovsk dans du minerai de plomb rouge (crocoïte) à la fin du XVIII^{ème} siècle par le chimiste français Nicolas Louis Vauquelin (1763-1829). Ce métal fut nommé ainsi à cause des couleurs éclatantes qu'il donne à certains de ses composés (khrôma en grec signifie couleur). Les couleurs du rubis et de l'émeraude par exemple sont dues à la présence de Cr(III). Le chrome fut utilisé au début du XIX^{ème} siècle dans les procédés de pigmentation aux bichromates, mis au point par Alphonse Louis Poitevin, pour la photographie (**Desjardin, 2002**).

1.2. Domaines d'utilisation du chrome :

Le chrome est utilisé dans trois industries de base - métallurgique, chimique, et réfractaire (applications résistantes à la chaleur). Ces industries sont les plus importantes sources industrielles de chrome en l'atmosphère .

Dans l'industrie métallurgique, le chrome est un composant important de aciers inoxydables et divers alliages métalliques. Dans l'industrie chimique, le chrome est utilisé principalement dans :

- Chromage et tannage du cuir ;
- Pigments de peinture (les composés de chrome peuvent être rouges, jaunes, orange et vert) ;
- Traitement du bois ;
- Photocopier le toner de la machine ;
- Produits chimiques photographiques ;
- Des allumettes de sûreté ;
- Le traitement de l'eau ;

Les utilisations réfractaires du chrome comprennent la brique réfractaire magnésite-chrome pour revêtements de fours métallurgiques et chromite granulaire pour diverses autres applications résistantes à la chaleur (**E.P.A. 1998; A.T.S.D.R. 2000**).

1.3. Chrome dans l'environnement :

Le chrome est l'un des métaux les plus largement employés dans l'industrie grâce à la solidité, la dureté et la résistance à la corrosion qui le caractérisent. Il est utilisé dans divers secteurs, principalement (**Agency for Toxic Substances and Disease Registry (A.T.S.D.R.2011)**).

1.3.1. Chrome dans le sol :

La concentration moyenne de chrome dans la croûte continentale est de 125 mg/kg, avec des valeurs généralement comprises entre 80 et 200 mg/kg (**Losi et al, 1994**).

La thermodynamique suggère que le Cr(VI) peut être naturellement présent dans le sol. Bien que le Cr(VI) ne soit pas facilement adsorbé sur la plupart des surfaces, il est adsorbé par les minéraux argileux avec des groupes hydroxyles inorganiques exposés, y compris les oxydes de fer et d'alumine (**Zachara et al, 1987**).

1.3.2. Chrome dans l'atmosphère :

Les concentrations moyennes dans les zones urbaines pouvant atteindre 0,03 µg/m³, valeurs largement dépassées dans des zones d'industrie de l'acier (**Losi et al, 1994**). Il est éliminé de l'atmosphère autant par les retombées sèches que par les précipitations humides. Le temps de séjour du chrome dans l'atmosphère est évalué à moins de 14 jours (**Nriagu et Nieboer, 1988**).

1.3.3. Chrome dans l'eau et les aliments :

Dans les systèmes aquatiques, les chromates ont une bonne solubilité, la toxicité des dérivés solubles du chrome varie en fonction de la température, du pH, de la dureté de l'eau ainsi que des espèces d'organismes aquatiques concernés.

L'Algérie autorise une limite de 0,5 mg/L pour le Cr(VI) utilisé dans les eaux usées industrielles selon le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 qui fixe la limite de rejet des eaux usées liquides industrielles (**J.O. R.A , 2006**).

1.4. Toxicité du chrome :

Le chrome présente une toxicité très élevée qui dépend non seulement de sa concentration mais aussi de son degré d'oxydation. Le chrome hexavalent, du fait de sa solubilité, s'est retrouvé en interaction avec beaucoup d'organismes aquatiques et terrestres sans oublier l'homme.

1.4.1 Toxicité chez l'homme :

À l'état de trace, le chrome est un oligo-élément essentiel pour l'homme. Il est associé au métabolisme du glucose par son action sur l'insuline et serait aussi impliqué dans le métabolisme des graisses. Le chrome hexavalent a été considéré comme l'un des polluants les plus toxiques à cause de ses propriétés cancérigènes et tératogènes sur l'être humain. En principe, l'homme absorbe peu de chrome par inhalation, mais pour l'essentiel au travers des aliments et de l'eau potable. Une fois à l'intérieur de la cellule, le chrome se lie au glutathion et grâce au soufre présent dans cette molécule, il est réduit en chrome V puis en chrome IV (Desjardin, 2002).

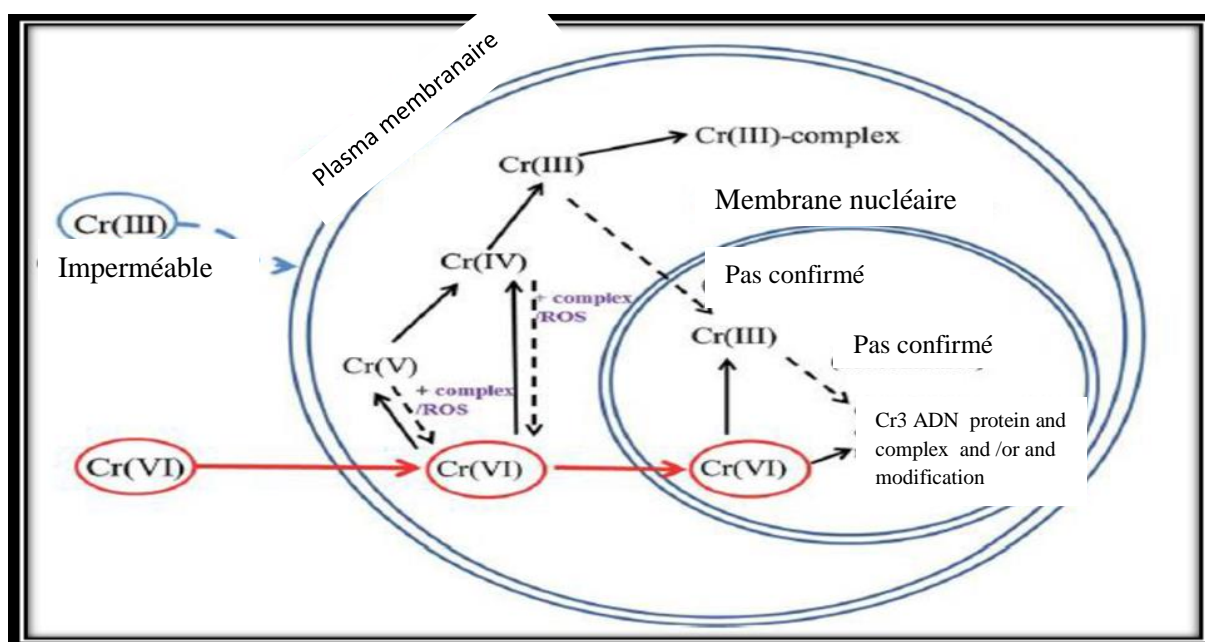


Figure 1 : Toxicité et mutagénicité du Cr(VI) dans la cellule (Cheung et Gu, 2007) (modifier).

Les effets du chrome et ses dérivés sur la santé humaine sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Effets physiologiques majeurs du chrome chez l'Homme (Mishra et Bharagava et al, 2016).

Effets cutanés	Réactions allergiques, éruptions cutanées, irritation de la peau, sécheresse et gonflement
Effets sur le système respiratoire	Ulcération et perforation du tympan, irritation du pharynx et larynx, bronchite asthmatique, irritation du nez et cancer du poumon.
Effets gastro-intestinaux	Ulcères estomac.
Effets rénaux	Nécrose tubulaire aiguë et insuffisance rénale chronique.
Effets cardiovasculaires	Altération du myocarde.
Effets cancérogènes et effets mutagène	Aberrations chromosomiques et échanges de chromatides sœurs, dommages d'ADN, mutations des gènes.

1.4.2. Toxicité chez les plantes :

Le chrome ne semble pas être essentiel à la vie des plantes. Sa toxicité vis-à-vis du règne végétal est rare dans les systèmes naturels. Certaines plantes poussent sur des sites hautement contaminés en chrome. Certains auteurs s'accordent à dire qu'il n'y a pas d'absorption du chrome par les végétaux ou seulement une absorption racinaire sans passage vers les autres parties de la plante (Losi *et al*, 1994). Mais une étude récente a montré que la jacinthe d'eau cultivée en milieu riche en chrome hexavalent était capable de le réduire au niveau de ses racines. Le Cr(III) est alors stocké au niveau de celles-ci mais aussi dans d'autres tissus comme les feuilles et le pétiole sous forme libre ou complexée avec des oxalates (Lytle *et al*, 1998). La capacité détoxifiante de cette plante permet d'envisager son utilisation pour la phytoremédiation de rivières, marécages ou lagunes pollués au chrome (VI).

1.4.3. Toxicité chez les microorganismes :

Le chrome n'est pas un métal essentiel pour la croissance des micro-organismes même si certains auteurs ont affirmé le contraire (**Horitsu et al, 1987**). A notre connaissance, aucune souche bactérienne sauvage ou mutante n'a été décrite comme ayant besoin de chrome pour croître. La présence du métal peut être éventuellement tolérée par les micro-organismes. Dans certains cas, l'élément peut être utilisé comme accepteur final d'électron(s) s'il s'agit de Cr(VI). A de fortes concentrations, le Cr(VI) a des effets toxiques et mutagènes. 10 à 12 mg de Cr(VI) par litre peuvent inhiber le développement de bactéries du sol alors que les mêmes concentrations en chrome (III) n'ont aucun effet (**Ross et al, 1981**). Le chrome a un effet toxique sur les bactéries saprophytes et nitrifiantes, sur les champignons filamenteux, les algues et sur le phytoplancton. Le chrome (VI) altère le matériel cellulaire, le métabolisme et les réactions physiologiques (**Desjardin 2002**).

1.5. Procédés d'élimination du chrome :

L'élimination du Cr comme tous les métaux lourds fait appel à des procédés physicochimiques ou des procédés biologiques basés sur l'utilisation des systèmes biologiques c'est-à-dire l'utilisation des bactéries, des champignons et des plantes (bio remédiation, biosorption) (**Mohan et Pittman, 2006 ; Legrouri et al, 2017**).

1.5.1. Procédés physicochimiques :

1.5.1.1. Précipitation :

La méthode de précipitation la plus couramment utilisée pour enlever les métaux des eaux consiste à neutraliser la solution en élevant le pH pour former des hydroxydes qui se précipitent. La procédure habituelle est l'ajout de produits chimiques tels que la chaux CAO. ou $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Na OH et NH_4OH (**Ababsa, 2013**). Concernant le chrome, la précipitation s'effectue en deux étapes :

- La première consiste à réduire le Cr(VI) en Cr(III), qui est moins toxique, moins soluble et moins mobile que le Cr(VI). La réduction du Cr(VI) se déroule habituellement dans des conditions acides (pH2-3) ;
- La deuxième correspond à la précipitation du Cr(III) dans un domaine de pH basique (8-10) pour former l'hydroxyde de chrome $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (**Sun et al, 2007**).

1.5.1.2. Procédés membranaires :

Les procédés membranaires sont devenus de plus en plus présents dans divers secteurs comme l'industrie pharmaceutique, l'industrie agro-alimentaire, la production d'eau potable, le traitement des eaux d'égouts et des rejets. Nous distinguons trois groupes de procédés en fonction de la nature de la force de transport de matière :

- Les procédés Baro membranaires où le transport de matière ionique ou neutre s'effectue sous l'effet d'un gradient de pression. Il s'agit de l'osmose inverse, la nano filtration et l'ultrafiltration ;
- Les procédés électro membranaires où le transport de matière ionique s'effectue sous l'effet d'un gradient de potentiel électrique, le plus couramment utilisé est l'électrodialyse ;
- Les procédés de dialyse, dont la force motrice de transport de matière ionique ou neutre est le gradient de la concentration. Cette catégorie de procédés n'a jamais été testée pour l'élimination du chrome (**Nordine, 2018**).

Les procédés membranaires sont des procédés assez efficaces pour la réduction des concentrations de chrome mais ce sont des procédés très onéreux. De plus, ces procédés peuvent poser des problèmes comme :

- Le colmatage des membranes, qui se traduit en général par une baisse de la perméabilité et une modification de la sélectivité ;
- La durée de vie des membranes est limitée, soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage ;
- La nécessité de faire circuler le liquide à filtrer tangentiellement à la membrane à des vitesses relativement élevées (2 à 5 ms. ⁻¹), ce qui implique des pompes de grande taille et une consommation d'énergie élevée (**Bouzaiane, 2005**).

1.5.1.3. Adsorption :

C'est une technique physico-chimique utilisée pour le traitement des métaux lourds, il s'agit d'un processus dans lequel un fluide « adsorbat » se fixe sur une matrice solide « adsorbant » L'adsorption du Cr(VI) sur un adsorbant se fait généralement par des attractions électrostatiques entre sa charge négative et celle de l'adsorbant qui est chargé positivement (**Trifi, 2012**).

L'adsorption sur le charbon actif est la plus efficace pour le traitement du Cr dans les effluents, son efficacité est liée à sa surface qui possède une spécificité élevée vis-à-vis du

métal en plus d'une porosité importante (**Corral-Escàrcega et al, 2017**).

Parmi les techniques d'élimination, l'adsorption est considérée comme la méthode la plus acceptable à cause de son efficacité, rentabilité et facilité de mise en œuvre.

1.5.1.4. Procédés biologiques :

L'utilisation des procédés biologiques dans l'élimination du chrome (effluents, sol), présente des avantages par rapport aux procédés conventionnels, ces avantages sont la faible production des boues, le coût réduit, le respect de l'environnement et l'efficacité des processus, en plus, ils se déroulent à pH neutre et à température ambiante (**Varadhan et Mohan, 2017**).

a. Biosorption :

C'est un processus qui met en jeu un mécanisme passif, elle se fait principalement par les cellules non vivantes ou des matériaux biologiques (ex : déchets agricoles), mais également par des microorganismes vivants, elle est réversible, rapide, et indépendante des processus métaboliques énergétiques et n'est donc pas influencée par les inhibiteurs métaboliques (**Rezic et al, 2017**).

b. Bioaccumulation :

La bioaccumulation exige la présence d'organismes vivants, elle se déroule en deux étapes la première est la séquestration du métal « adsorption passive » c'est-à-dire la fixation des ions métalliques sur la surface de la paroi cellulaire et la deuxième consiste en l'incorporation des ions à l'intérieur de la cellule par des systèmes qui consomment de l'énergie « adsorption active », elle est irréversible et lente (**Hlihor et al , 2017**).

1.6. Mécanismes de résistance des microorganismes au chrome hexavalent :

Dans ce cas la résistance au Cr (VI) est due à la présence d'une mutation chromosomique du système de transport du sulfate (SO_4^{-2}). A cause de la similarité chimique entre le (SO_4^{-2}) et le CrO_4^{-2} , le chrome hexavalent utilise les canaux de transport du sulfate et entre dans la cellule, la pénétration du Cr (VI) provoque des effets néfastes. Dans le cas d'une mutation au niveau des gènes qui codent pour le système de transport du sulfate, le Cr (VI) ne pénètre pas dans la cellule et la bactérie résiste à la présence de ce métal toxique (**Baldiris et al, 2018**).

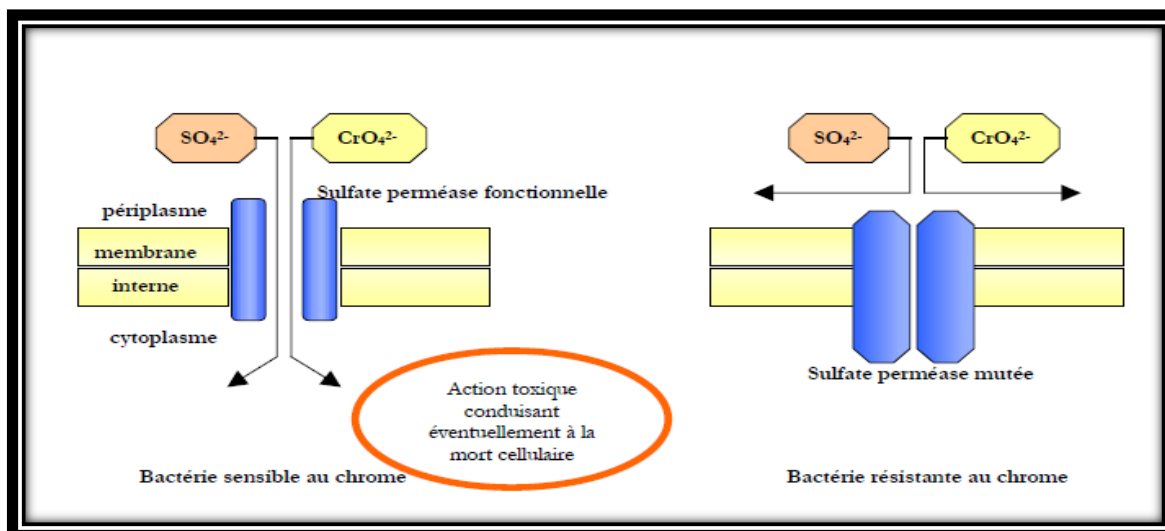


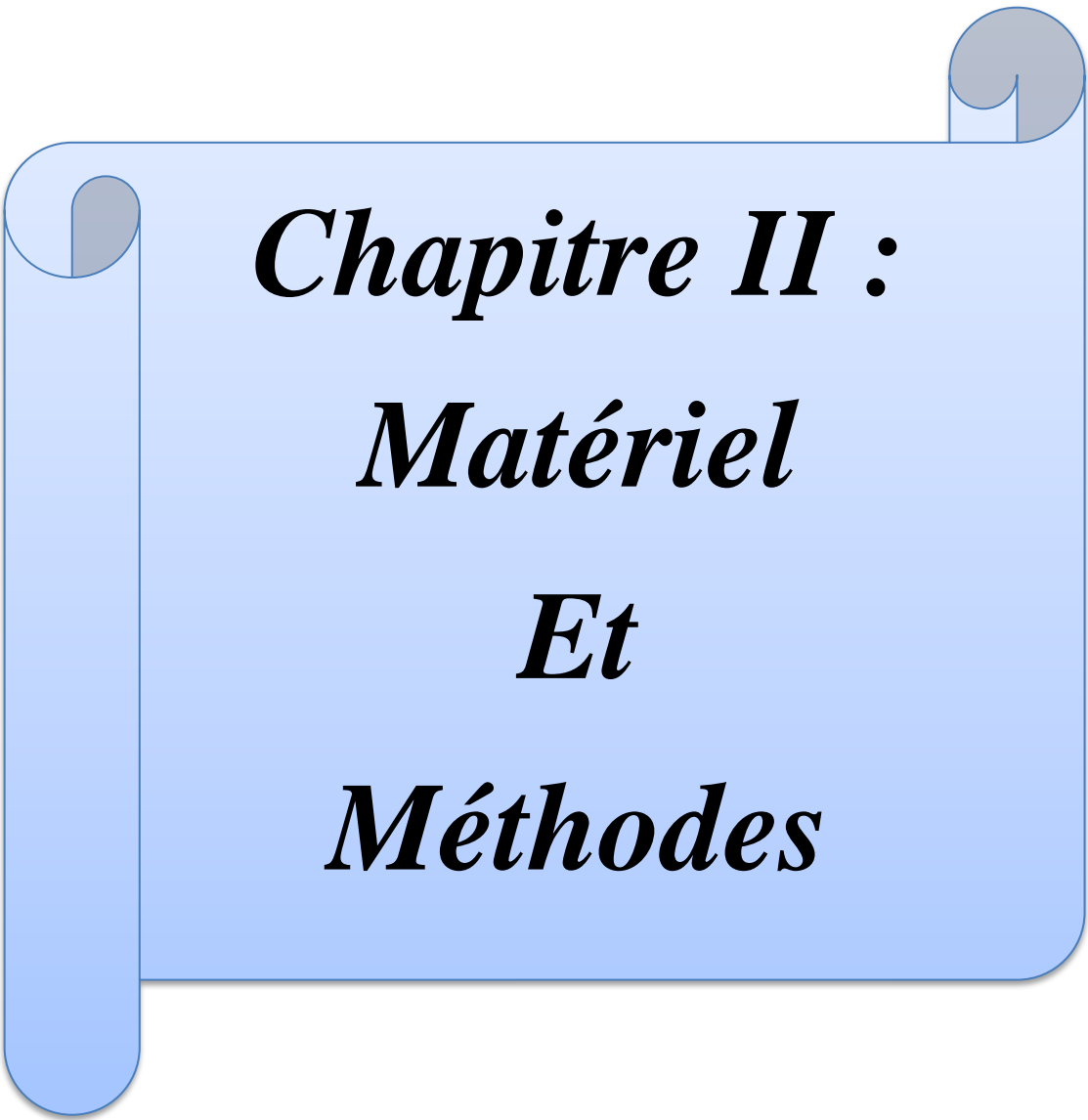
Figure2 : Mutation du système transport du sulfate (Desjardin, 2002).

1.6.2. La réduction du chrome (VI) par les bactéries :

La détoxification' du Cr 4 en Cr 3 par les microorganismes se fait en condition aérobies ou anaérobies (Zhu *et al*, 2008) une variété de microorganismes connue par sa capacité à réduire le cr4 par des enzymes ou des réducteurs métaboliques (Baldiris *et al*, 2018).

La réduction aérobie se fait généralement par des chromate-réductases solubles (Ishak *et al*, 2016) en deux phases, le premier est la production du Cr (V) par réduction de la forme toxique en consommant un électron, le deuxième est la réduction de la forme intermédiaire Cr (V) en Cr (III) (Baaziz *et al*, 2017).

La réduction anaérobie du cr4 se fait par l'intermédiaire des réductases solubles ou liées à la membrane. Une réduction indirecte du Cr (VI) peut avoir lieu, par des réducteurs métaboliques comme le Fe (II) pour *Shewanalla.sp* et les composés soufrés pour *Acidithiobacillus sp.* (Sulfite, thiosulfate, poly thionates) (Masaki *et al*, 2015), *Thiobacillus ferrooxidans*, *Desulfovibrio vulgaris* (Zhu *et al*, 2008), ou par des composés extra/intracellulaires (acides aminés, acides organiques, vitamines, glutathion) (Dhal *et al*, 2013).



Chapitre II :
Matériel
Et
Méthodes

1. Description des sites d'accueil

Notre travail a été réalisé au niveau de deux sites ; l'un au laboratoire de microbiologie N 217 situé au niveau de hall technologique de la Faculté des Sciences de l'Université de Skikda sur une période de 1 mois (du 27 février au 27 mars) , pour l'analyse microbiologique, et 15 jours (du 1 Mars au 14 Mars) pour l'analyse physico-chimiques au niveau du laboratoire de l' observatoire national de l'environnement et du développement durable (O.N.E.D.D) de SKIKDA .

2. Matériel :

2.1. Matériel expérimental :

- Spectrophotomètre UV – Visible (UV mini 1240)
- PH mètre
- DBO mètre (OxiTop Box)
- Bain de sable
- Bec Bunsen
- Bain marie (Gerhardt Bonn)
- Four pasteur (Memmert)
- Etuve 37°C (Memmert)
- Etuve 30° C (Memmert)
- Microscope optique (Olympus optical Chk2-F-GS)
- Pompe à vide pour rampe de filtration
- Béchers de 100 ml
- Pipettes de 10 et de 2 ml
- Fioles de 300 ml
- Fiole conique 100 ml
- Spatule en verre
- Papier filtre (wathman)
- Erlen Meyer de 500 ml
- Lame, lamelle
- Pipette pasteur
- Becher,

- Anse de platine
- Barreau magnétique
- Boites de pétri
- Ecouvillon
- Flacon en verre stérile pour l'analyse microbiologique
- Entonnoir.

2.2. Réactifs et Milieu de culture :

- Eau oxygénée (H₂O₂)
- Acide chlorhydrique HCL
- Hydroxyde de sodium NaOH
- Chlorure de sodium Na Cl
- chromate de potassium (K₂Cr₂O₄).
- Bleu de méthylène
- bouillon nutritif
- Gélose nutritive
- Gélose potato dextrose agar (PDA)
- Agar-agar
- Peptone



Figure 3: Etuve (incubateur).



Figure 4: Spectrophotomètre

3. Méthodes :

3.1. Echantillonnage :

Le site de notre étude est la tannerie de Massoud Khenifar , elle se situe dans la daïra d'EL Milia wilaya de Jijel et précisément au 3ème km sur route de Constantine 261. Elle est située au bord de l'oued El-Kabir où elle déverse ses effluents liquides. Il y a une station d'épuration mais elle est non fonctionnelle jusqu'à ce jour. L'oued El-Kabir est considéré comme une source hydraulique importante pour les différentes activités industrielles de la région comme la tannerie choisi .Il est situé au sud-est de la wilaya de Jijel. Le prélèvement a été effectué dans une bouteille plastique de 1.5L. Pour les analyses physico - chimiques et des flacons en verre stérile pour l'analyse microbiologique. Les effluents sont de couleur noir gris foncé avec une odeur nauséabonde.

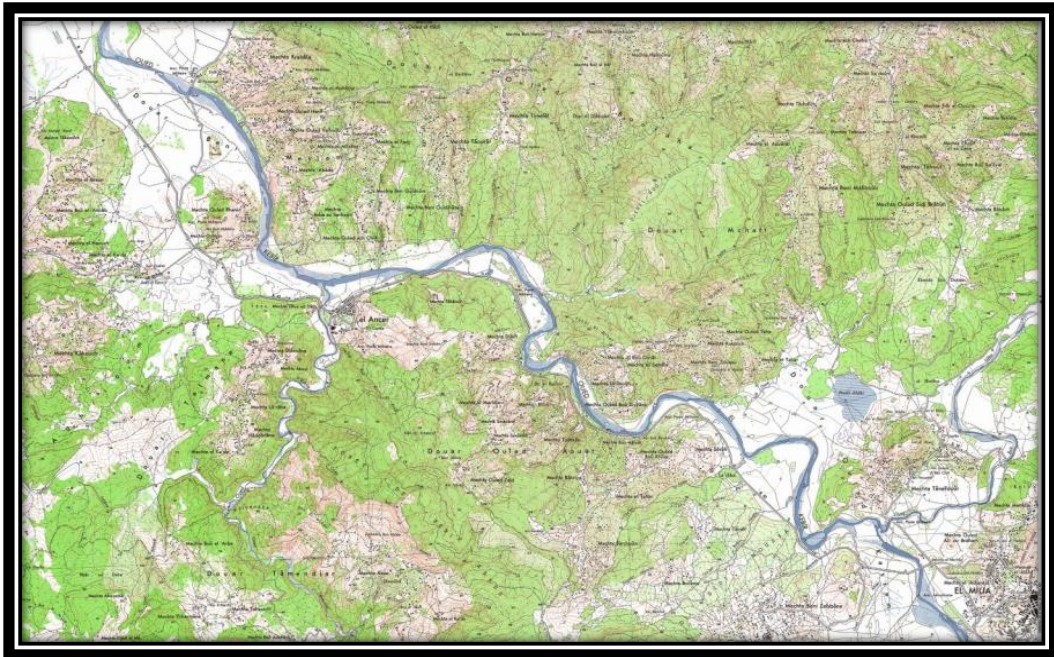


Figure 5: Situation géographique de l'oued El-kabir (B.N .E.D .R ,2004).

3.2. Analyses physico chimique :

3.2.1. Détermination du pH :

3.2.1.1. Principe :

C'est la détermination de la concentration en ions H_3O^+ , l'électrode en verre est universellement employée pour la mesure du pH de l'eau, car elle ne modifie pas l'équilibre à la concentration gazeuse.

3.2.1.2. Mode d'opérateur :

La détermination du pH se fait à l'aide d'un pH mètre. Après rinçage de l'appareil avec l'eau distillée, on immerge l'électrode de l'appareil dans la solution à analyser jusqu'à la stabilisation du pH. Nous pouvons lire le résultat sur l'appareil.

3.2.2. Détermination des matières en suspensions (MES) :

3.2.2.1. Principe :

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec.

3.2.2.2. Mode d'opérateur :

- Laver le filtre avec l'eau distillée ;
- Incuber le filtre dans l'étuve à 105°C ;
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pour refroidir (30 min) ;
- Peser le filtre sur la rompe et filtrer 100 ml de l'échantillon ;
- Utiliser une rampe de filtration pour faciliter la filtration (laver le récipient Avec l'eau distillée pour récupérer toutes les MES) ;
- Incuber le filtre dans l'étuve 1 heure à 105°C ;
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pour refroidir (30min) ;
- Peser le filtre avec la balance analytique.



Figure 6:Rampe de filtration



Figure 7:Dessiccateur.

$$\text{MES} = 1000(\text{b-a})/\text{V}$$

a : Masse du filtre avant filtration en milligramme.

b : Masse du filtre après filtration en milligramme.

V : Volume d'échantillon en millilitre.

3.2.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5):

3.2.3.1. Principe :

Elle est représentée par la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader la matière organique dans l'eau. C'est une méthode manométrique, elle permet de mesurer la quantité d'oxygène consommée et induire par la production de CO₂ absorbé par un piège à soude créant ainsi une dépression enregistrée par le manomètre. Cette dépression est liée par corrélation à la DBO en fonction du volume de l'échantillon.

3.2.3.2 Mode d'opérateur :

- La prise d'essai est de 43.5 ml ;
- Introduire 34.5 ml dans un flacon en verre contenant un barreau magnétique. ;
- Mettre deux pastilles de soude (NaOH) dans un ruban en caoutchouc dans le goulot de la bouteille ;
- Fermer les flacons par les têtes et mettre à 0 ;
- La température est équilibrée par un thermostat réglé à 20°C ;

- Les échantillons sont incubés pendant 5 jours à l'obscurité dans une armoire Thermorégulatrice fermée à clef.



Figure 8 : DBO mètre.

3.2.4. Dosage du chrome total:

3.2.4.1. Principe :

Le chrome hexavalent déjà existant est réduit en chrome trivalent par le sulfite de sodium en présence d'acide sulfurique. Le chrome total, transformé en chrome trivalent, est oxydé par une solution de permanganate de potassium et dosé spectrophotométriquement sous forme hexavalente. Cette méthode est recommandée pour les eaux contenant des matières organiques.

3.2.4.2. Mode d'opérateur :

- Traiter dans une fiole conique 100 ml d'eau à analyser par 5 ml de solution d'acide sulfurique au 1/2 et 1ml de solution de sulfite de sodium ;
- Agiter après 10minutes de repos, porter au bain de sable et laisser les vapeurs se dégager pendant 5 minutes, en obturant la fiole conique avec un entonnoir ;
- Refroidir et diluer à environ 80ml ;
- Porter à ébullition et ajouter goutte à goutte de la solution de permanganate de potassium jusqu'à coloration rose persistante ;
- Verser alors quelques gouttes de solution de permanganate de potassium en excès ;
- Porter de nouveau à ébullition 10 minutes ;
- Ajouter goutte à goutte de la solution d'azoture de sodium jusqu'à décoloration de la solution mais en évitant d'en mettre en excès ;
- Maintenir l'ébullition 2 minutes ;
- Refroidir et filtrer si nécessaire ;

- Transvaser dans une fiole jaugée de 50ml ;
- Rincer et ajuster à 50ml avec de l'eau permutée.
- Toutes les analyses physicochimiques suivies proviennent de l'ouvrage de **Rodier (2009)**.



Figure 9: Préparation de la cuve pour le calcul du chrome total.

3.3. Analyse microbiologique :

Les conditions d'asepsie doivent être impérativement respectées.

3.3.1. Préparation des prés cultures :

3.3.1.1. Principe :

Ensemencement en milieu liquide.

3.3.1.2. Mode d'opérateur :

- Mettre 5 ml de bouillon nutritif dans chaque écouvillon ;
- Ensemencé chaque écouvillon par une souche pure lyophilisée (il s'agit de 11 souches (C,E,F,H , 11 ,12 13,21,26,28,31) , la levure *Saccharomyces cerevisiae* ainsi que *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont prélevées respectivement de la levure de bière et du yaourt nature ;
- Incubé les écouvillons dans l'étuve à 37° C pendant 24 h.



Figure10: Pré cultures.

3.3.2. Préparation des milieux de fermentation :

3.3.2.1. Principe :

Fermentation en batch (discontinue).

3.3.2.2. Mode d'opérateur :

- Stériliser 14 erlen meyer a l'étuve à 180°C pendant une heure ;
- Refroidir les erlenmeyers ;
- Mettre 100 ml d'échantillon (tannerie) dans chaque erlen meyer ;
- Ajouter 1 ml de bouillon nutritif de chaque pré culture ;
- Incubation des erlen pendant 3 jours à température ambiante à l'obscurité ;
- La filtration se fait à travers papier wattman 0.45 μm pour recueillir une solution prête dosage du chrome total.

NB : l'erlen témoin ne contienne pas d'inoculum.



Figure 11: Préparation des milieux des fermentations en batch.

3.3.3. Mise en culture :

3.3.3.1. Principe :

Ensemencement en milieu solide par épuisement en stries.

3.3.3.2 .Mode opératoire :

- Coulez la gélose nutritive et la gélose PDA dans deux boîtes de pétri distinctes ;
- Laissez les géloses se solidifier ;
- Ensemencez les échantillons dans les deux boîtes de pétri ;
- Laissez les deux boîtes incubées à température ambiante pendant 10 jours avec une lecture de chaque jour.

3.4. Identification des bactéries :

3.4.1. Observation macroscopiques :

Elle est portée sur l'observation à l'œil nu des colonies qui permet de décrire l'aspect des colonies sur milieu PDA et GN c'est-à-dire la taille des colonies, la couleur, la forme, le diamètre, surface, consistance.

3.4.2. Observation microscopiques :

L'état frais préparé entre lame et lamelle nous permet de mettre en évidence les 3M ; morphologie, mobilité et mode de regroupement. L'observation a été réalisée par un microscope optique objectif (x10, x40).

3.5. Criblage des microorganismes tolérant le Cr :

3.5.1. Préparation des solutions du chrome (Cr) :

La solution mère de Cr (1000 mg/l) a été préparée par la dissolution de 10g de sel de chromate de potassium, K_2CrO_4 dans 100ml de l'eau distillée. La solution mère a été diluée pour obtenir quatre solutions filles (1/2, 1/4, 1/8, 1/16).

3.5.2. Test confirmatif :

3.5.2.1. Principe :

Confirmation de la tolérance et / ou la dégradation du chromate de potassium par les bactéries sélectionnée à l'aide du chromate de potassium K_2CrO_4 .

NB : Le même protocole a été suivi pour les champignons sélectionnés à partir du milieu PDA (Voir 3.3.3.) Avec la seule différence la gélose PDA au lieu de la gélose nutritive.

3.5.2.2. Mode opératoire :

- Coulez la gélose nutritive dans 4 boites de pétri ;
- Laissez solidifier ;
- Tracez aux revers de chaque boite quatre quadrants ;
- Faites un trou dans chaque quadrants et un trou à l'inter section de ses derniers en utilisant la Pipette pasteur ;
- Ensemencez la gélose par beurrage les quatre bactéries sélectionnée présentes dans les écouvillons ;
- Mettez dans chaque trou 40 μ l les solutions du chromate de potassium à différents concentrations ;
- Laissez les boites reposer sur la paillasse pendant 4h ;
- Incubez les boites à température ambiante pendant 7 jours avec lecture chaque jour

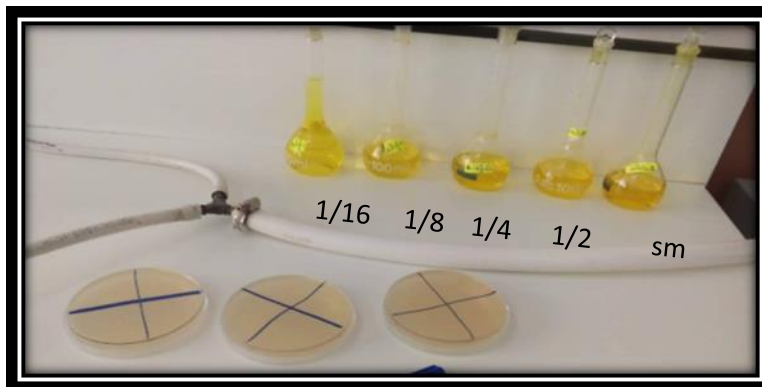
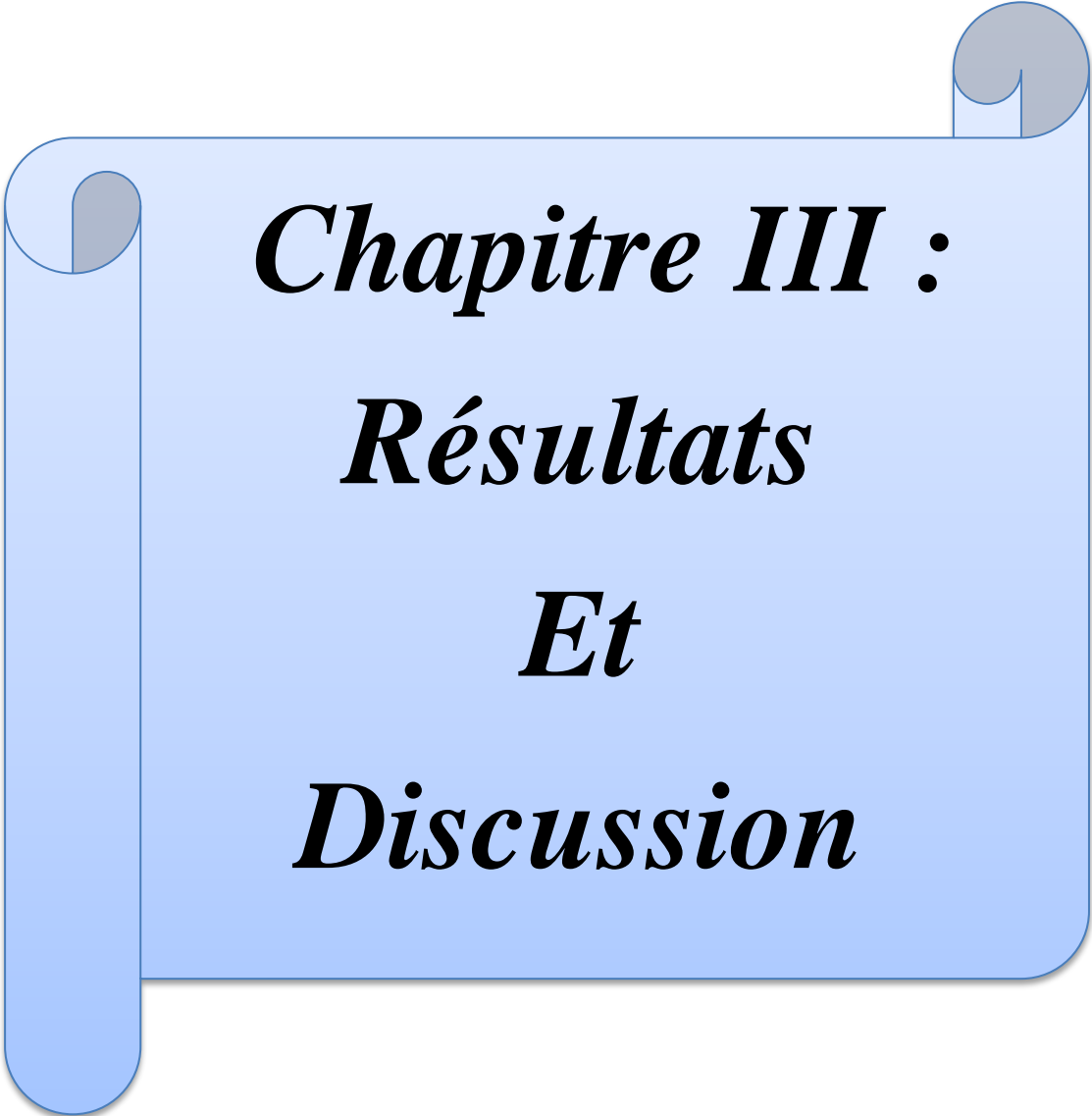


Figure12 : Les solutions et les boites de pétri.



Chapitre III :
Résultats
Et
Discussion

1. Résultats

1.1 .Résultats des paramètres physico-chimiques de l'effluent :

1.1. 1 Résultat du pH :

Les résultats des mesures de pH de l'eau de tannerie (A.C.E.D) ainsi les normes du pH sont mentionnées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Résultat du pH

<i>Paramètre</i>	<i>Résultat</i>	<i>Normes</i>
<i>pH</i>	<i>9</i>	<i>6.5-8.5</i>

Le résultat obtenu montre que le pH de l'effluent de la tannerie est légèrement élevé par rapport aux normes (6,5–8,5) alors il est basique.

1 .1.2.Résultat du MES :

Tableau 3: Résultat de la matière en suspension.

<i>Paramètre</i>	<i>Unité</i>	<i>Résultat</i>	<i>Normes</i>
<i>MES</i>	<i>mg/L</i>	<i>293≈300</i>	<i>35</i>

Le résultat des MES de l'effluent de la tannerie est très élevé par rapport aux normes.

1 .1.3.Résultat de la DBO5 :

Tableau 4: Résultat de demande biochimique d'oxygène en 5 jours.

<i>Paramètre</i>	<i>Unité</i>	<i>Résultat</i>	<i>Normes</i>
<i>DBO5</i>	<i>mg/L</i>	<i>>50</i>	<i>35</i>

Le résultat de la DBO5 de l'effluent de la tannerie est élevé par rapport aux normes.

1.1.4. Résultat du dosage du chrome total :

Le résultat du dosage du chrome des différents échantillons testés comparé à l'effluent brute est au témoins est présenté dans le tableau suivant .

Tableau 5: Résultats des concentrations du chrome total.

Echantillon	Concentration mg/l
Brute = 2 mg/l	
Témoin = 0.15 mg/l	
31	0,14
26	0,14
21	0,07
E	0,05
H	0,09
28	0,14
12	0,14
11	0,08

Par manque de réactifs le chrome des échantillons C, F, 13, bactérie lactique et levure n'ont pas été dosé

La concentration du chrome total dans effluent brute et de l'ordre de 2 mg/l inférieur a la norme selon (J.O.R.A., 2006). Comparé à la concentration du témoin et des échantillons testé nous remarquons une diminution importante par E ,21,11,H respectivement .

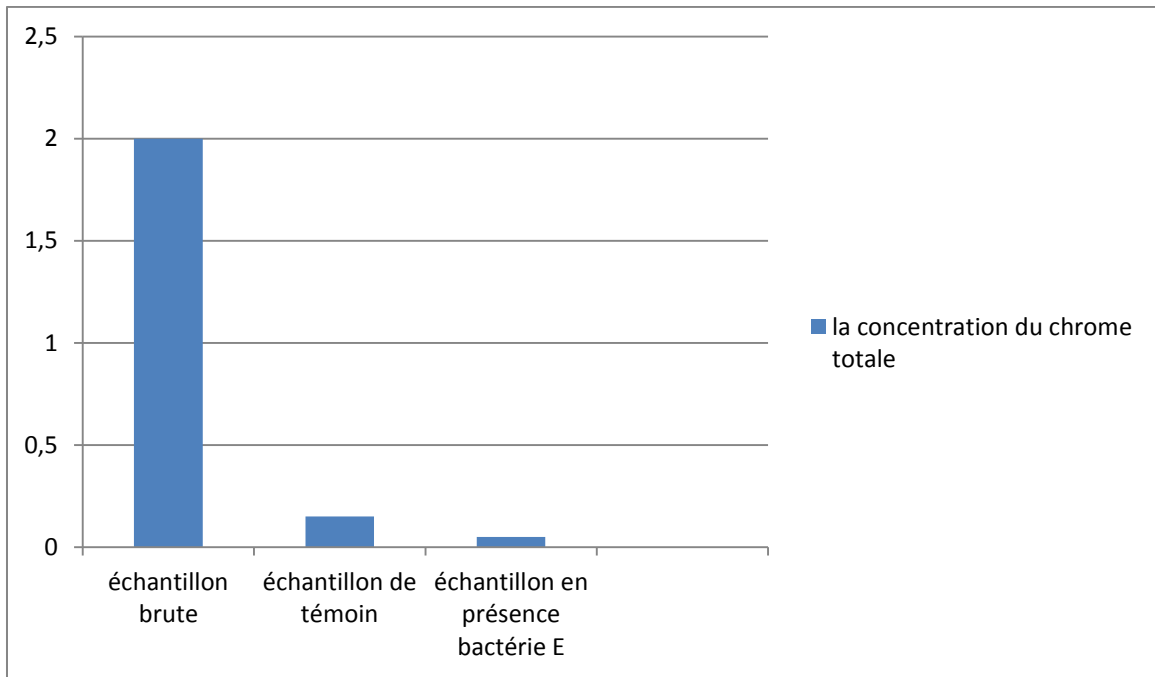


Figure13. Résultat de la concentration d'échantillon brute et Ech E.

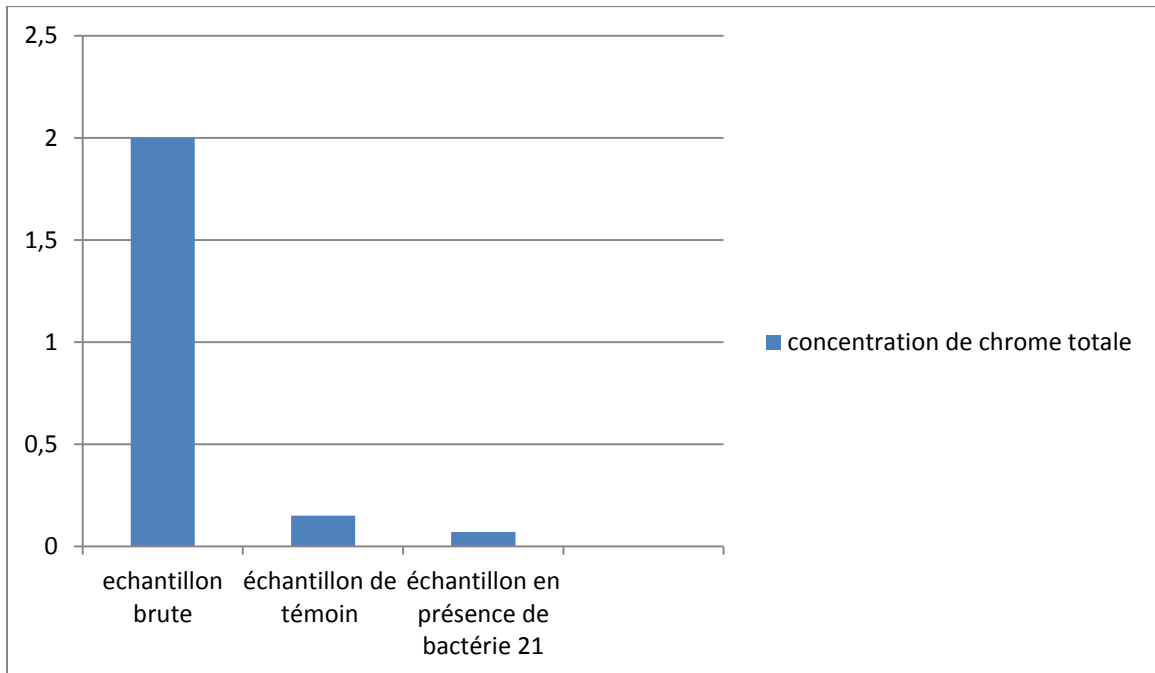


Figure14 : Résultats de la concentration d'échantillon brute et Ech 21.

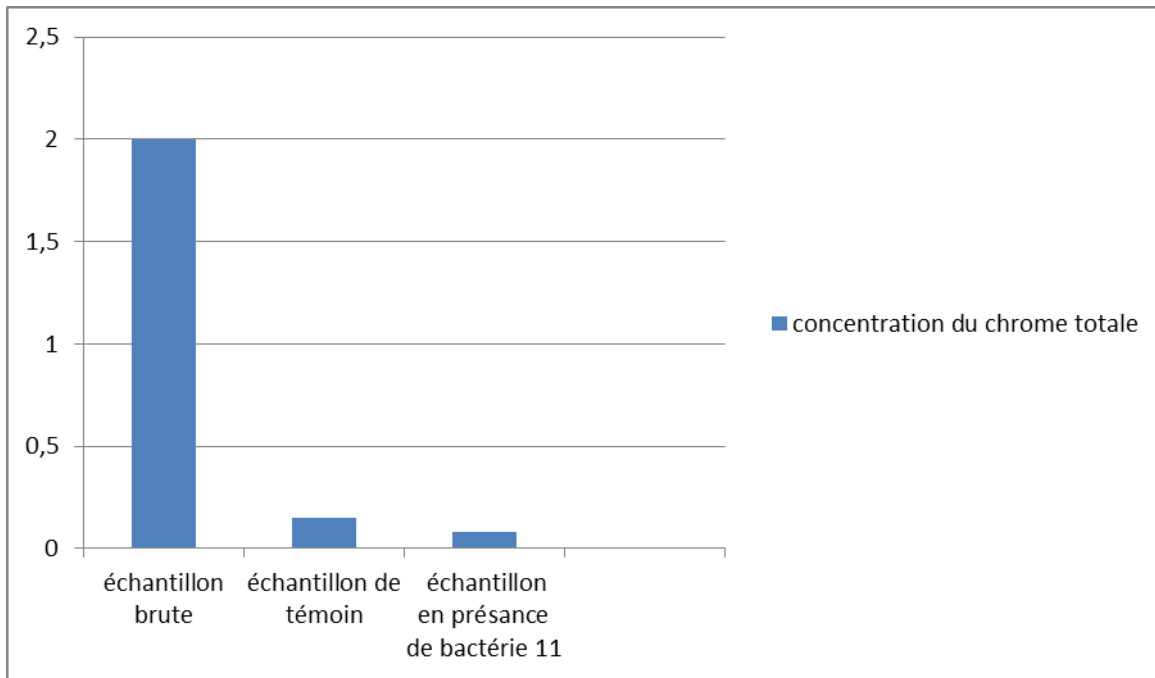


Figure15 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Ech 11.

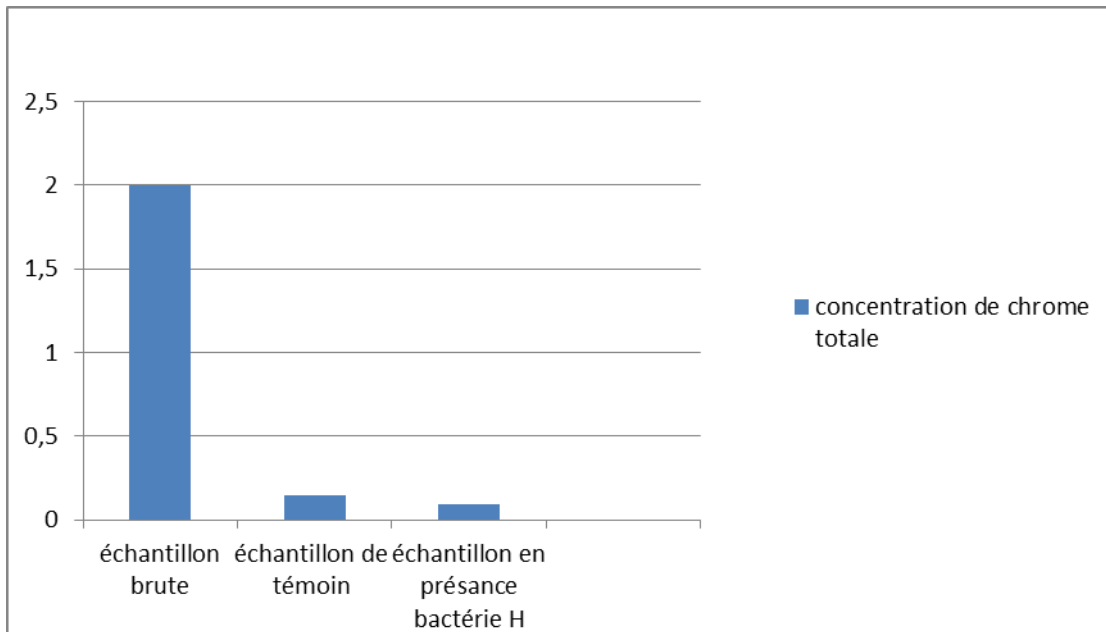


Figure16 : Résultat de la concentration d'échantillon brute et Eich H.

1.2. Résultats de l'observation macroscopique des milieux de fermentation au J - 0

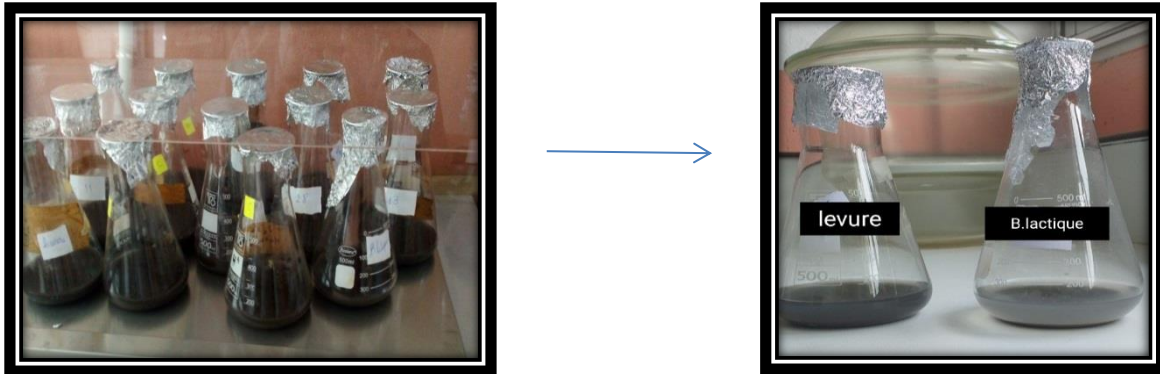


Figure 17: Milieu de fermentation au jour J- 0 **Figure 18:** Milieu de fermentation au jour J-7

D'après les résultats obtenus dans les figures 17 et 18 nous remarquons un virage de couleurs du noir foncé vers une couleur très claire, cette décoloration peut être expliquée par la diminution de la charge polluante avec une dégradation du chrome totale.

1.3 Résultats de l'analyse microbiologique :

Au total, treize (13) souches ont été isolées.

1.3.1 Résultat de l'observation macroscopique :

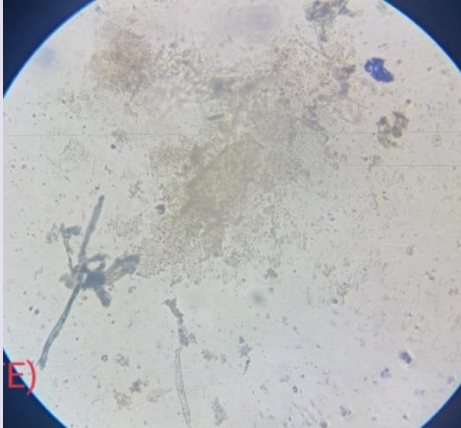


Les résultats de l'observation macroscopique des boîtes de pétri ensemencé par les souches testées sont récapitulées dans le tableau suivant :

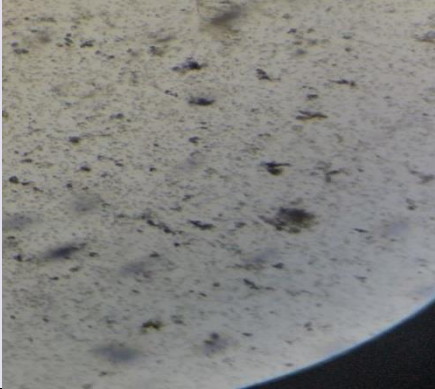
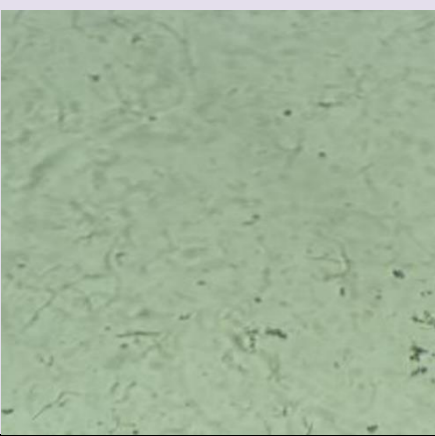

Tableau6: Présentation des différents aspect macroscopique des souches testées.

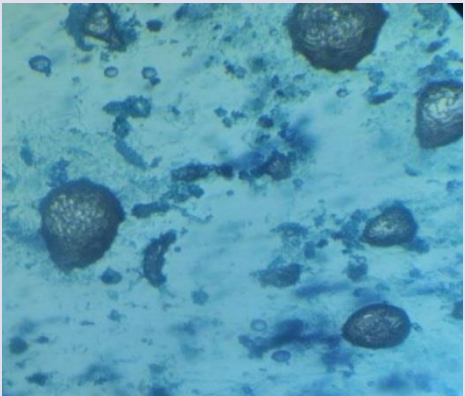
Code	Taille	couleur	forme	surface	consistance
11	>3 mm	Blanche	irrégulière	lisse	crémeuse
12	>3 mm	Beige	irrégulière	lisse	crémeuse
13	>3 mm	Orange	irrégulière	lisse	crémeuse
21	>3 mm	Blanche	ronde	lisse	crémeuse
26	>3 mm	Blanche	irrégulière	lisse	crémeuse
28	>3 mm	Blanche	ronde	lisse	crémeuse
31	>3 mm	Blanche	ronde	lisse	crémeuse
H	>3 mm	Blanche	irrégulière	lisse	crémeuse
E	>3 mm	Blanche	ronde	lisse	crémeuse
F	>3 mm	Blanche	ronde	lisse	crémeuse
C	>3 mm	Blanche	irrégulier	lisse	crémeuse
Levure	<3 mm	Beige	ronde	lisse	crémeuse
B,lactique	<3 mm	Blanche	irrégulière	lisse	crémeuse


1.3.2. Résultats d'observation microscopique des souches testées:

Tableau 7: Résultats de l'état frais des souches testées (objectif x 10 et / ou 40).

<u>Code</u>	<u>critère microscopique</u>	
F		3M : B. cocci .immobile .isolé
E		3M : B. Cocci .immobile .isolé
Levures		3M Cocci .immobile, regroupé


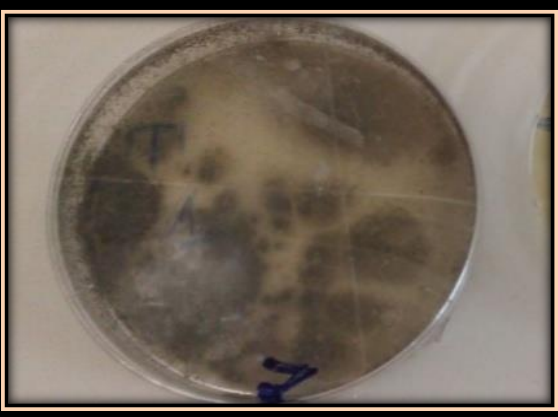
Bactérie lactique		3M : bâtonnets isolée et Cocci en chaînette , immobile .
H		3M : bâtonnet , immobile , regroupé
11		3M : bâtonnet . immobile , isolé

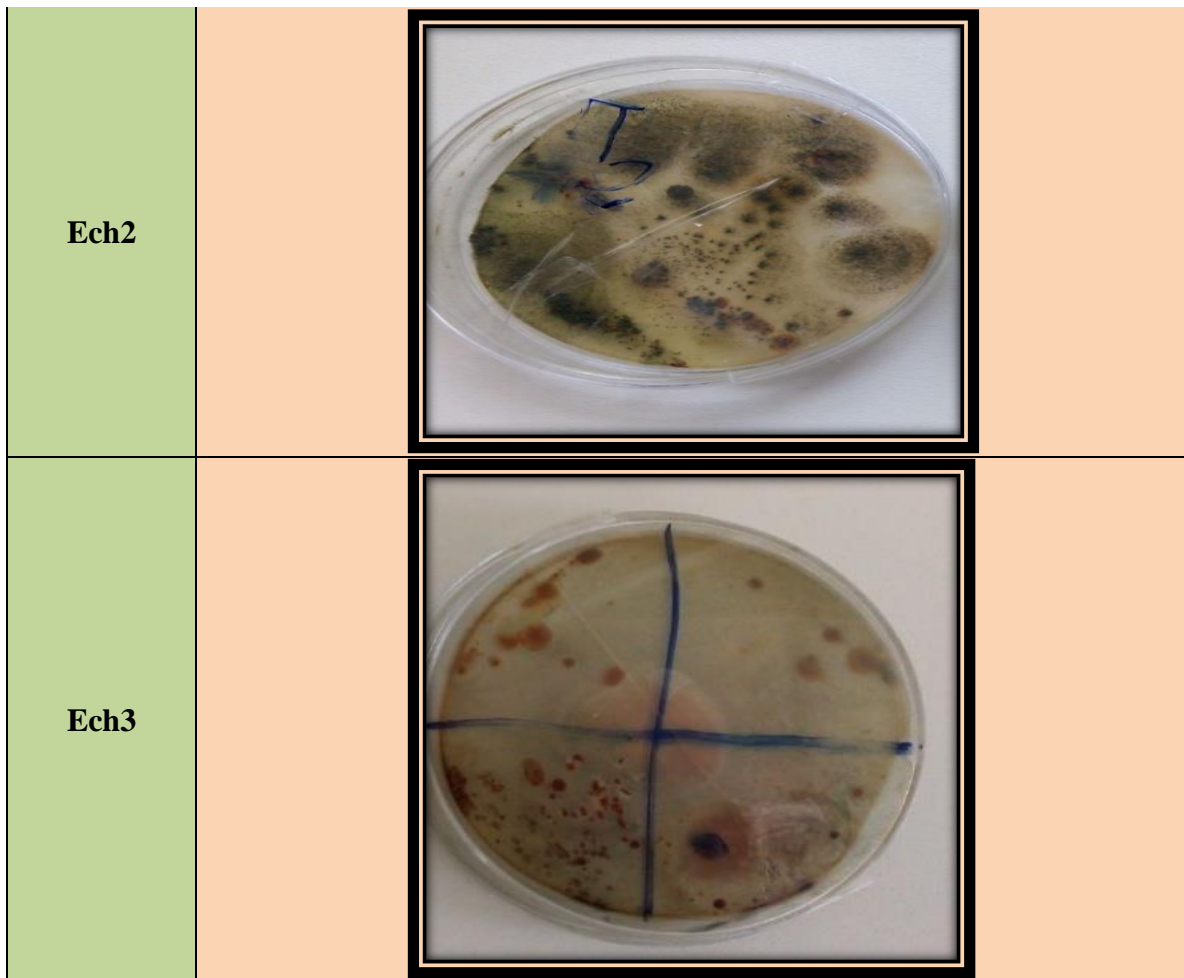
12		contamination
----	---	---------------

26		<p>3M : bâtonnet . immobile . isolé</p>
----	---	---

1.3.3. Observation macroscopique des isolats de l'effluent de tannerie brute

Tableau 08: Aspect macroscopique sur GN

Echantillons	Critères macroscopique sans chromate	
Ech		
Ech1		


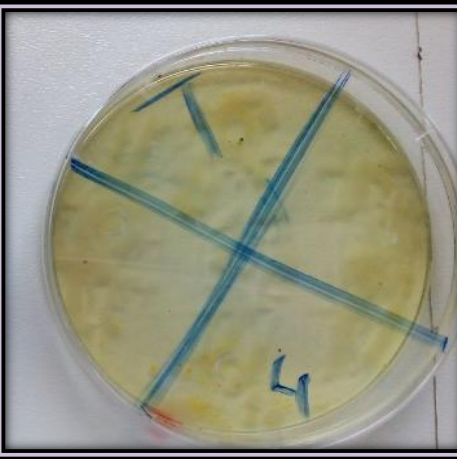

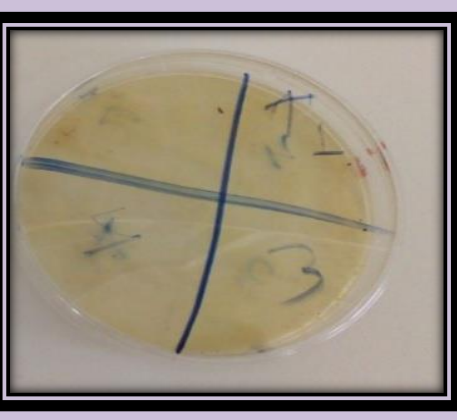

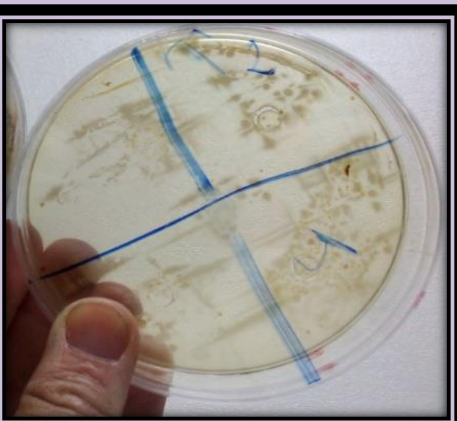


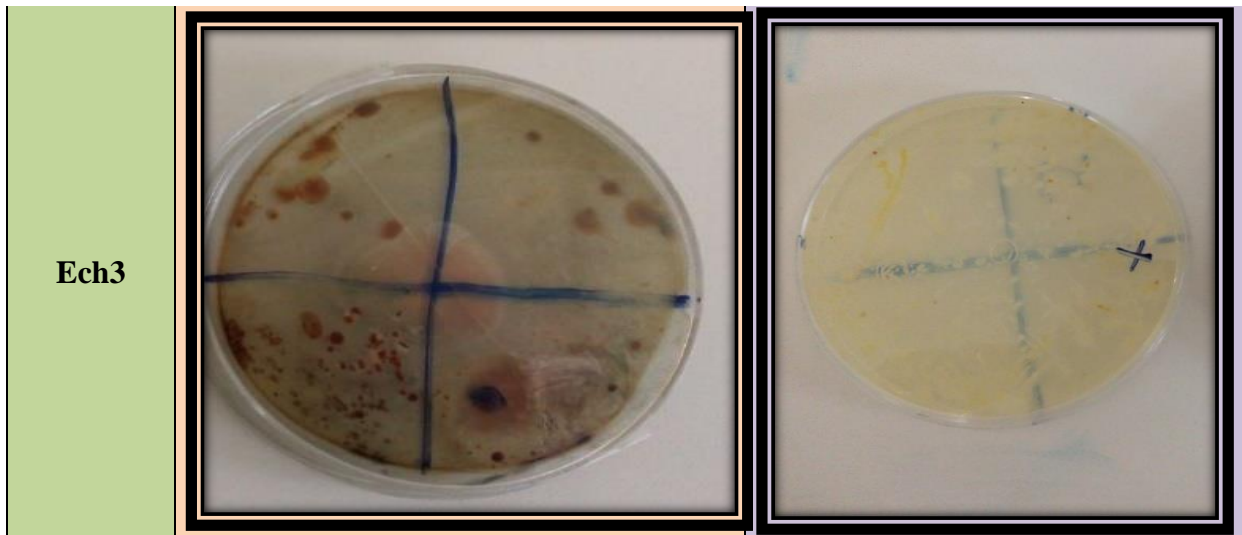
Au total sur les quatre 4 boites de pétri (2 PDA et 2 GN) ensemencées par l'effluent brute et témoin (effluent sans inoculum) apparaissent des isolats fongique dominant .

1.4. Tests de tolérance :

1.4.1. Résultats de l'observation macroscopique :



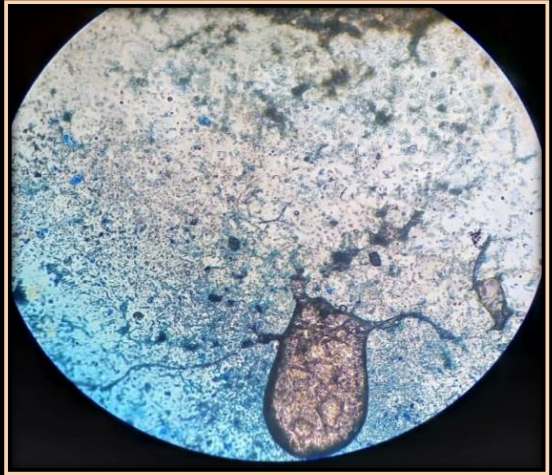
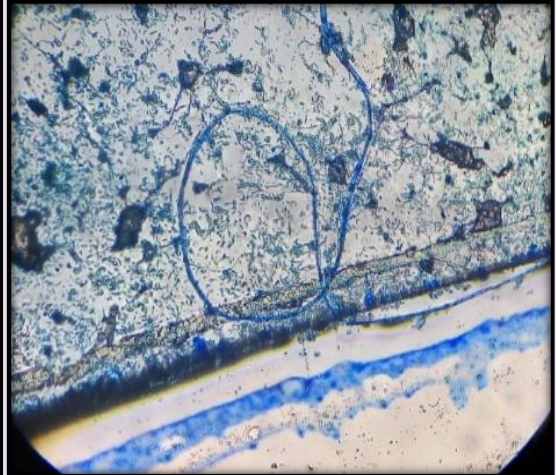
Tableau 09: Etude comparative des observations macroscopique sans et avec chrome.

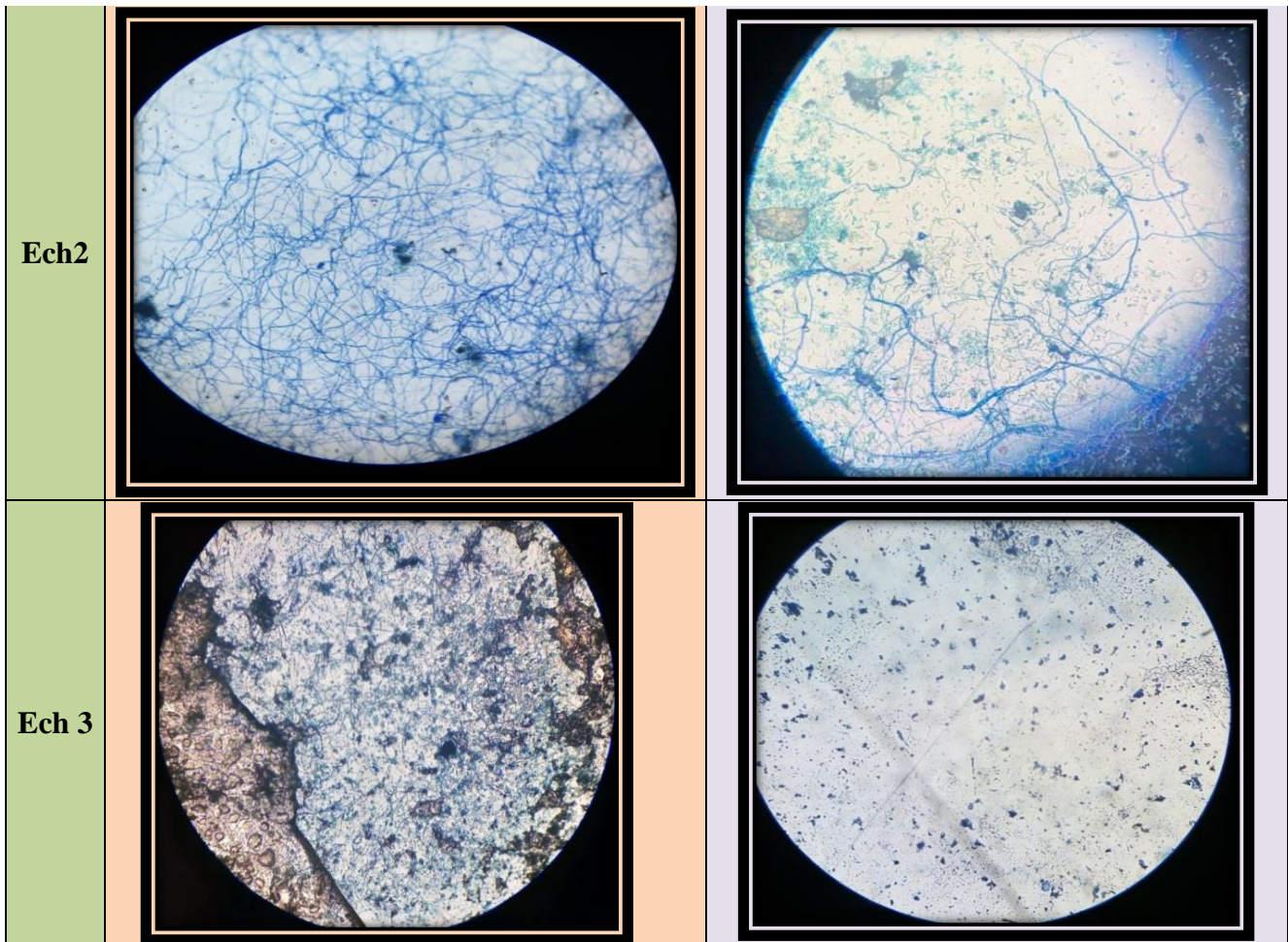
Echantillon	Critères macroscopique sans chromate	Critère macroscopique avec le chromate de potassium
Ech		
Ech1		
Ech2		



1.4.2. Résultats de l'observation microscopique :

Tableau 10: Aspect microscopique (objectif x10 et /ou x 40).

Code	Critère microscopique sans chrome	Critère microscopique avec le chrome
Ech		
Ech 1		

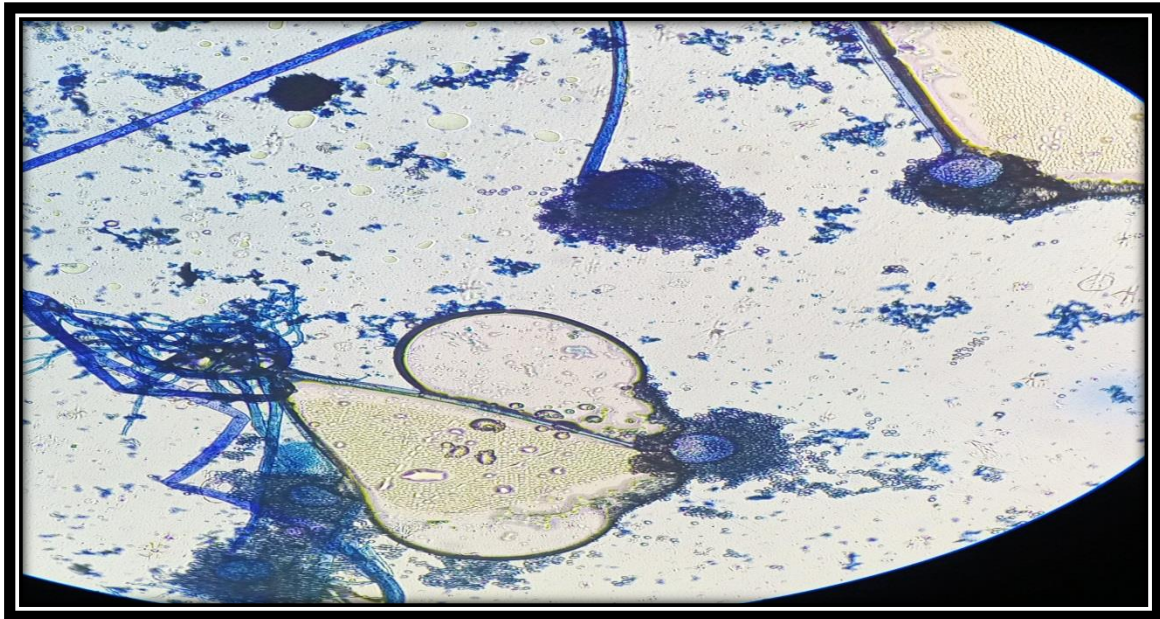


La dominance des champignons est confirmée.

Tableau 11 : Identification des champignons de résultat du test confirmatif.

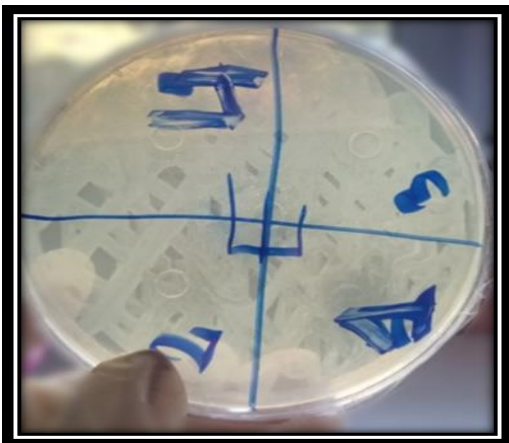
<i>Code</i>	<i>Identification</i>
Ech	<i>Aspergillus sp.</i>
Ech1	<i>Aspergillus sp.</i>
Ech2	<i>Aspergillus sp.</i>
Ech3	<i>Aspergillus sp .</i>

La même observation microscopique a été remarquée dans les quatre échantillon (*Aspergillus sp.*).



Figures 19: Aspect microscopique (objectif x 40)

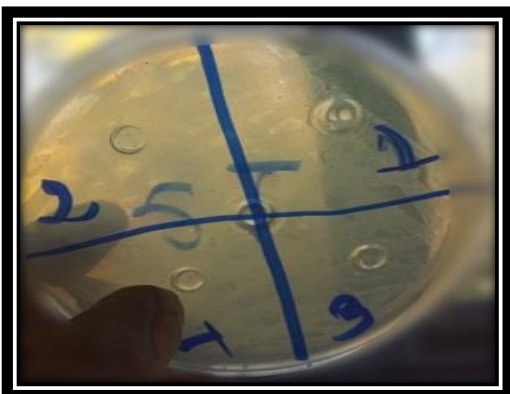
1.4.3. Résultat du test confirmatif :



Figures 20: Résultat du test après 48 h (E).



Figures 21: Résultat du test après 48h (11).



Figures 22: Résultat du test après 48 h (21).

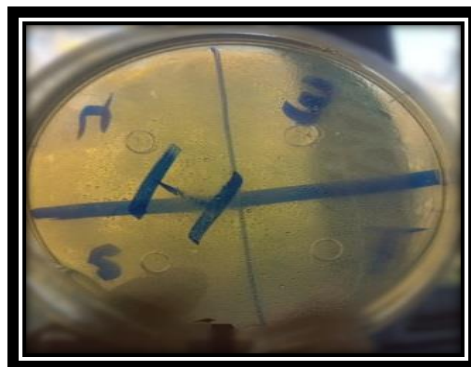


Figure23: Resultat du test après 48h (H).

Parmi Les 4 souches testées qui ont diminuées la concentration en chrome total dans les milieux de fermentation (figure des histogrammes 13,14, 15,16) la seul souche H a pu dégradé le chrome en formant un halo de 40 mm au tour du puits centrale.

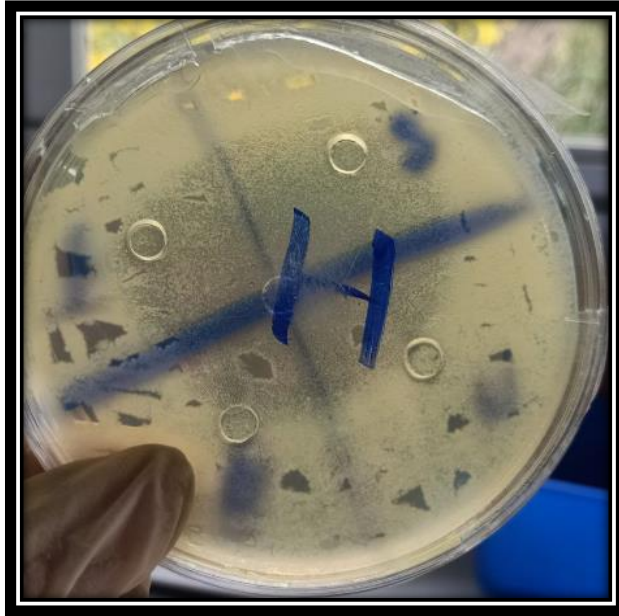


Figure 24: Observation de boîte de la bactérie H après 72 h

2. Discussion

Le pH de l'effluent de la tannerie est légèrement élevé par rapport aux normes (6,5–8,5) plutôt alcalin avec une valeur des MES très élevée par rapport aux normes. Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets (**Rodier,2009**).

Ferreira et al.(1997) ont montré au moyen de titrages potentiométriques, que pour des pH supérieur à 6, la plupart des métaux est adsorbée à la surface des MES isolées de rivières anglaises. D'après ces auteurs, la compétition entre les protons et les cations métallique est responsable de la dépendance avec le pH de la répartition des cations métalliques entre la phase dissoute et la phase particulaire.

La teneur élevée en matières en suspension peut être considérée comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide.

La teneur de la DBO5 dans l'effluent de la tannerie dépasse la norme admise. Ces eaux constituent donc une pollution pour la nature.

La DBO5 représente la charge polluante organique biodégradable. Elle donne donc une indication importante pour juger de la qualité de l'eau et son degré de pollution. C'est un test reconnu trop peu préciser pour qualifier les eaux naturelles mais très utilisé pour surveiller l'efficacité des stations d'épuration.

L'augmentation des teneurs en DBO5 peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux (**Bremond et Perrodon, 1979**).

La concentration du chrome total dans l'effluent brute et de l'ordre de 2 mg/l inférieur à la norme selon (**J.O.R.A 2006**). Comparé à la concentration du témoin et des échantillons testés nous remarquons une diminution importante par E, 21,11, H respectivement, ceci peut être expliqué par une activité biologique ; la bioremédiation une alternative aux méthodes chimiques et physiques conventionnelles de traitement des eaux usées.

Il y a un grand écart entre les découvertes en laboratoire et une utilisation efficace de modification de la bioremédiation pour l'élimination du CrVI. Des essais importants sont pratiqués impliquant des solutions artificielles de chrome (Chromate dans notre cas) pour étudier la tolérance et/ou la dégradation microbienne du chrome.

A la lumière des résultats obtenus suite aux essais de tolérance, nous avons pu confirmer la capacité des souches testées à tolérer et/ ou dégrader le chrome. Une dominance du champignon *Aspergillus* est remarquable.

Selon (**Srivastava et Thakur 2006**), *Aspergillus niger* isolé du sol et des effluents des usines de tannage du cuir avait une activité plus élevée pour éliminer le chrome. La puissance d'*Aspergillus niger* a été évaluée dans une culture en flacon agité par absorption de chrome à pH 6.

Selon (**Ana et al.,2018**), *Aspergillus niger* avait des indices de tolérance moyens aux sels de chrome et concluent que *Aspergillus niger* a un potentiel pour la bioremédiation des contaminants car il a montré une tolérance élevée aux sels métalliques.

La décoloration de l'effluent de tannerie par la levure *Saccharomyces cerevisiae* a été observé dans le milieu de fermentation explique l'activité des levures ce qui concorde avec ceux de **Boularab et al. (2011)** qui ont confirmé les mécanismes de résistance au Cr(VI) chez les levures.

Selon Juvera-Espinosa et al. (2006) les trois isolats de levures présentent une bonne capacité de réduction du Cr(VI) en milieu liquide en conditions aérobies (100 % en 48h)

Selon Tang et al. (2006) ainsi que Cabrera et al. (2007) la réduction du Cr(VI) et son bioaccumulation seraient responsables de la résistance au chrome. Cependant, d'autres études ont montré que la résistance au Cr(VI) est due à une diminution de son accumulation (**Krauter et al., 1996**).

La décoloration de l'effluent de tannerie par les deux bactéries lactiques testées *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* a été observé dans le milieu de fermentation explique la capacité de ces bactéries à dégrader le chrome, ce résultat concorde avec ceux de **Bougherra et Guerdouh (2017)** qui indiquent que les souches lactiques ont développé ou possèdent des mécanismes de résistance contre le chrome.



Conclusion

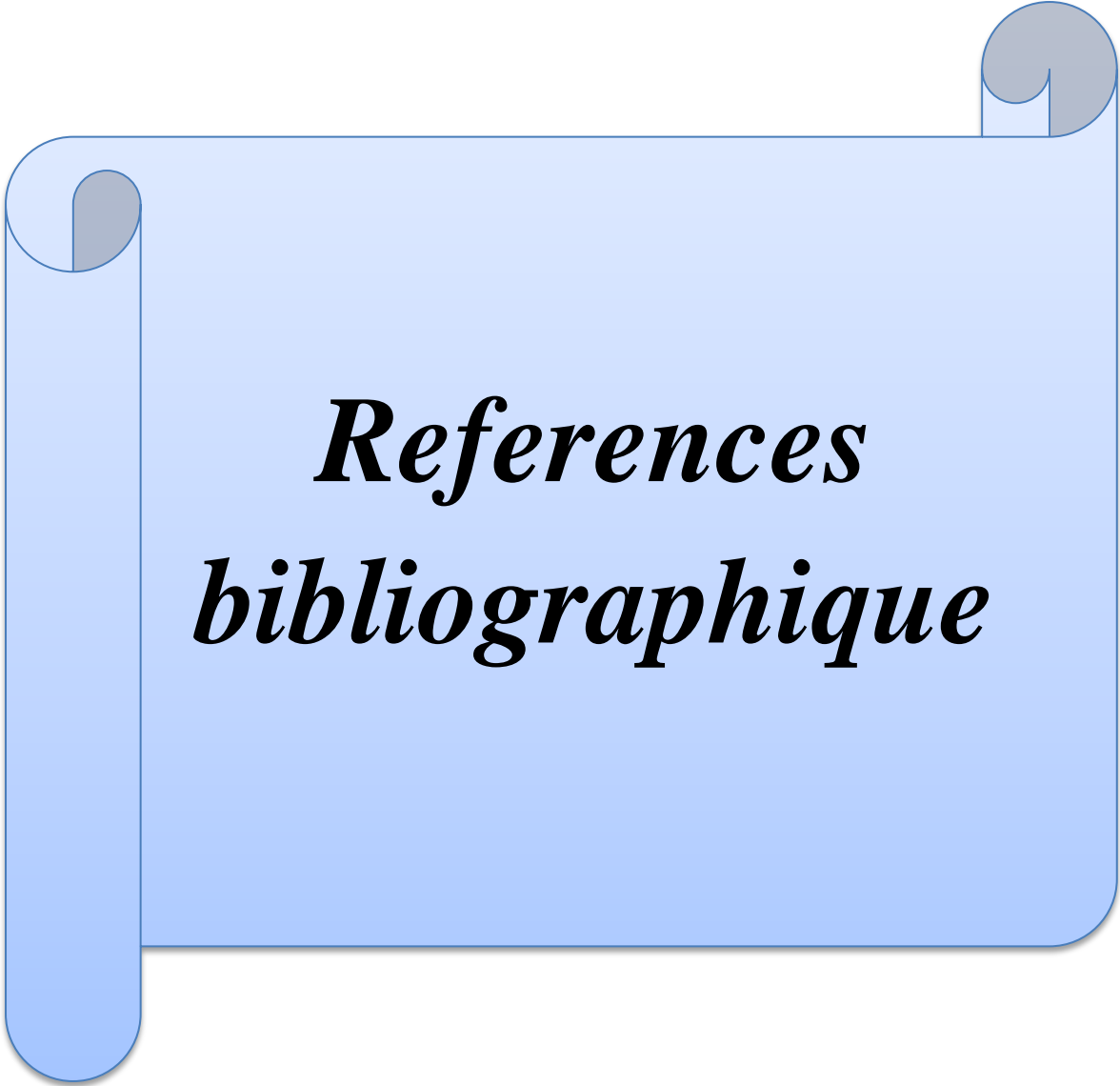
Dans la présente étude, le chrome qui s'avère être un contaminant majeur dans les eaux usées de traitement du cuir nécessite une prise en charge urgente, le recours à la bioremédiation comme alternative aux méthodes chimiques et physique est indispensable.

Les effluents de la tannerie située à EL Haddad à JIJEL.ACED qui contenaient du chrome nous a permis d'isoler des microorganismes cultivables présents dans ces effluents et de tester quelques isolats purs pour déterminer leurs capacités de tolérance et/ou de dégradation du chrome.

Les résultats obtenus nous ont permis de sélectionner deux microorganismes actifs en termes de biodégradation, une bactérie nommée H capable de dégrader le chrome et un champignon du genre *Aspergillus* tolérant le chrome.

Les microorganismes peuvent développer diverses mesures pour répondre aux stress des métaux lourds via des processus qu'il faut explorer pour une meilleure gestion des ressources en eau avec un environnement plus sain et un développement durable.

En conclusion, ce modeste travail n'est qu'une initiation à la recherche qui pourra être approfondie en testant in situ le potentiel des microorganismes avec une approche moléculaire pour leurs identifications.



References
bibliographique

A

Ababsa A., (2013), Elimination des métaux lourds par Ultrafiltration : Etude expérimentale d l'ultrafiltration, Thèse de Doctorat, Université de Souk-Ahras .

A.T.S.D.R,(2011).Agency for Toxic Substances and Disease Registry Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) Chromium Toxicity .page 67

B

Bai, Y., Lu, Y., Shen, N., Lau, T., Zeng, R. (2018). Investigation of Cr (VI) reduction potential and mechanism by *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* under glucose fermentation condition, *Journal of Hazardous Materials* 344, 585-592.

Baldiris, R., Acosta-Tapia, N., Montes, A., Hernández, J.,and Vivas-Reyes, R. (2018). Reduction of Hexavalent Chromium and Detection of Chromate Reductase (ChrR) in *Stenotrophomonas maltophilia*, *Molecules* 23(2),402

Baaziz, H., Gambari, C., Boyeldieu, A., Ali Chaouche, A., Alatou, R., MeÂjean, V., and al, (2017). ChrASO the chromate efflux pump of *Shewanella oneidensis* improves chromate survival and reduction. *PLoS ONE* 12

Boularab. I, Bahafi. W , Tahrijoutey. N, Sayel. H , EL Jaafari. S, et EL Ghachtouli. N . (2011). Étude du pouvoir réducteur du chrome hexavalent de trois isolats de levures : élaboration d'une stratégie de bioremédiation . *Eur. j. water qual.* 42, 25–34.

Bougherra. N et Guerdouh .S (2017) . Screening des bactéries lactiques tolérantes au chrome hexavalent isolées du lait et dérivés. m master, faculté Microbiologie Appliquée, Université de Jijel.

Bouzaiane. S, (2005) . Thèse de doctorat, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis.Bureau National d'Etude pour le Devellopement Rurale (BNEDR).2004 .Projet de l'inventaire forestier national (2000-2005).

Bremond R. et Perrodon C. (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2ème ed: 259 p.

C

Cabrera G., Viera M., Gomez J., Cantero D. and Donati E., (2007). Bacterial removal of chromium (VI) and (III) in continuous system. *Biodeg.*, 18, 505–513.

Cheung, K.H., and J. D. Gu, (2007), Mechanism of hexavalent chromium detoxification by microorganisms and bioremediation application potential: A review. *International Bio déterioration & Biodegradation*. 59: 8–15.

Corral-Escàrcega, M. C., Ruiz-Gutiérrez, M. G., Quintero-Ramos, A., et al, (2017). Use of biomass-derived from pecan nut husks (*carya illinoensis*) for chromium removal from aqueous solutions column modeling and adsorption kinetics studies, *Revista Mexicana de Ingeniería Química* **16**(3), 939-953.

D

Desjardin V., (2002). Réduction du chrome (VI) par la souche *Streptomyces thermocarboxydus* NH50 isolée à partir d'un sol pollué, Thèse de Doctorat, École doctorale de Chimie de Lyon . N 02 ISAL 0030

Dhal, B., Thatoi, H. N., Das, N. N., Pandey, B. D. (2013). Chemical and microbial remediation of hexavalent chromium from contaminated soil and mining/metallurgical solid waste: a review, *Journal of Hazardous Materials* 250-251.

F

Ferreira J. R., Lawlor A.J., Bates J.M., Clarke K.J and Tipping E.(1997). Chemistry of riverine and estuarine suspended particles from the Ouse-Trent system, *UK Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Volume 120, Issues 1–3, 21,183-198.

H

Horitsu, H., Futo, S., Miyazawa, Y., Ogai, S., and Kawai, K. (1987) . Enzymatic reduction of hexavalent chromium by hexavalent chromium tolerant *Pseudomonas ambigua* G-1. *Agric. Biol. Chem.*, , vol. 51, 9, pp 2417 -2420.

Hlihor, R. M., Apostol, L. C., Gavrilesu, M. (2017). Environmental Bioremediation by Biosorption and Bioaccumulation: Principles and Applications, Enhancing Cleanup of Environmental Pollutants 289-31.

I

Ishak, A. F., Abdul, K. N., Ahmad, W. A. and Zakaria, Z. A. (2016). Chromate detoxification using combination of ChromeBac™ system and immobilized chromate reductase beads, *International Biodeterioration & Biodegradation* 113, 238-243.

J

J.O.R.A.,(2006). Journal officiel de la republique algérienne . décret ministériel . N°06-141 du 19 avril 2006 definissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquide industriels .

Juvera-Espinosa J., Morales-Barrera L., Cristiani-Urbina E., (2006). Isolation and characterization of a yeast strain capable of removing Cr(VI). *Enzyme Microb. Technol.*, 40, 1,114–121.

K

Karthik, C., Ramkumar, V. S., Pugazhendhi, A., Gopalakrishnan, K., Arulselvi, P. I. (2017). Biosorption and biotransformation of Cr (VI) by novel *Cellulosimicrobium funkei* strain AR6, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 70, 282-290.

Krauter P., Martinelli R., Williams K. et Martins S.,(1996). Removal of Cr(VI) from ground water by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biodeg*, 7, 10, 277–286.

ℒ

Legrouri, k., Khouya, E., Hannache, H., El Hartti, M., Ezzine, M.,and Naslain, R. (2017). Activated carbon from molasses efficiency for Cr (VI), Pb (II) and Cu (II) adsorption: A mechanistic study, *Chemistry International* 3(3), 301-310.

Losi, M. E., C. Amrhein, and J. W. T Frankenberger., (1994), Environmental Biochemistry of Chromium. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 136: 91-121.

Lytle, C., Lytle, F. W., Yang, N., Qian, J. H., Hansen, D., Zayed, A., and Terry, N.(1998) . Reduction of Cr(VI) to Cr(III) by wetland plants : potential for in-situ metal detoxification. *Environmental Science and Technology*, , vol. 32, pp 3087-3093.

M

Masaki, Y., Hirajima, T., Sasaki, K., Okibe, N. (2015). Bioreduction and immobilization of hexavalent chromium by the extremely acidophilic Fe (III)-reducing bacterium *Acidocella aromatica* strain PFBC, *Extremophiles* 19(2), 495-503.

Mishra ,s ,.& Bharagava,R .N (2016) . Toxic and genotoxic effect of hexavalent chromium in environment and its bioremediation strategies .*Journal of environmental . Science and health*,part C.34(1),1-32 .

Mohan, D., Pittman, J. C. U. (2006). Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water, *Journal of Hazardous Materials* 137(2), 762-811.

N

Nriagu, J.O., et E. Nieboer, (1988), Chromium in the Natural and Human Environments. Wiley-Interscience. 20 : 571 pages.

Nordine N., (2018) . Etude expérimentale du potentiel d'adsorption de polluants métalliques sur la sciure de bois brute et modifiée. Analyse cinétique et thermodynamique, Thèse de Doctorat, Université de Sidi Bel Abbés.

P

Priya, K. S., Roja, K., Priya, A. S., Sivasubramanian, A., Muthuraman, M. S. (2013). Detoxification and Bioremediation of Chromium (VI) From the Tannery Effluents, *International Journal of Chem Tech Research* 5(5), 2177-2185.

R

Rezić, T., Rezić, I., Zeiner, M., Šantek, B. (2017). Application of Mixed Microbial Culture Biofilms for Manganese (II), Cobalt (II), and Chromium (VI) Biosorption by Horizontal Rotating Tubular Bioreactor. DOI: 10.5772/ 66920.

Rodier, 2009 analyse de l'eau 9 ième Edition.

Ross, D. S., Sjogren, R. E., and Bartlett, R. J.(1981). Behavior of chromium in soils : IV. Toxicity to micro-organisms. *J. Environ. Qual*, , 10, 2, pp 145-148.

S

Santoyo, G., Orozco-Mosqueda, M., Valdez-Martínez, G., Orozco-Mosqueda, M. C. (2015). Induction of the homologous recombination system by hexavalent chromium in *Rhizobium etli*, *Microbiological Research* 170, 223-228.

Srivastava S. and Thakur I S .(2006). Biosorption Potency of *Aspergillus niger* for Removal of Chromium (VI) *Current Microbiology* volume 53: 232–237.

Sun J. M., Li R., Huang J. C., (2007) . Optimum pHs for Cr (VI) co-removal with nucleated Cu (II) precipitation in continuous-flow fluidised metal strippers, *Water SA* 33.

T

Tang Y.J., Laidlaw D., Gani K. et Keasling J.D., (2006). Evaluation of the effects of various culture conditions on Cr(VI) reduction by *Shewanella oneidensis* MR-1 in a novel high throughput mini-bioreactor. *Bioéthanol Bioeng.*, 95, 176–184.

Trifi, I. M. (2012). Étude de l'élimination du chrome VI par adsorption sur l'alumine activée par dialyse ionique croisée. Thèse de doctorat. Université Paris-Est. France.

U

Urvashi Thacker, Rasesh Parikh, Yogesh Shouche , Datta Madamwar,(2007), Reduction of chromate by cell-free extract of *Brucella* sp. Isolated from Cr (VI) contaminated sites. *Bioresource Technology* .98, 1541–1547.

V

Varadhan, L., Mohan. (2017). Selection and use of efficient bacterial strains for chromium biosorption in tannery effluent, *International Journal of Recent Scientific Research* 8(3), 16230-16233.

W

Wasi S, Tabrez S and Ahmad M.(2011). Suitability of immobilized *Pseudomonas fluorescens* SM1 Bioremediation of recalcitrant compounds (pp. 1–9). Boca Raton: CRC Bioremediation of applications, *Environment International* **36**(3), 299-307.

Z

Zachara, J.M., D.C. Girvin, R.L. Schmidt, and C.T. Resch, (1987), Chromate adsorption amorphous iron oxyhydroxide in the presence of major groundwater ions, *Environmental Idée and Technology*. 21:589-594.

Zhang, J., Chen, S., Zhang, H.,and Wang, X. (2017). Removal behaviors and mechanisms of hexavalent chromium from aqueous solution by cephalosporin residue and derived chars, *Bioresource Technology* **238**, 484-491.

Zhu, W., Chai, L., Ma, Z., Wang, Y., Xiao, H., and Zhao, K. (2008). Anaerobic reduction of hexavalent chromium by bacterial cells of *Achromobacter* sp. StrainCh1, *Microbiological Research* 163.

Intitulé

Bioremédiation du chrome total

Présenté par

- *Boufafa maroua .*
- *Guedemani kawther .*
- *Haddad rayene hibet errahmene .*
- *Houari zineb.*

Résumé

L'objectif de notre travail était de parvenir à isoler des microorganismes capables de réduire les concentrations en chrome, dans les effluents de la tannerie de Jijel vu son intérêt dans l'industrie locale du cuire. Des analyses physicochimiques nous ont permis de caractériser les effluents de tannerie Jijel, les résultats des paramètres étudiés montrent une charge polluante importante et variable avec le temps. Les analyses microbiologiques des effluents et les tests de tolérance au chrome de treize souches pures nous ont permis d'isoler un champignon *Aspergillus sp.* Dominant et très actif ainsi qu'une bactérie nommée H dégradante le chrome.

Mots clés : Chrome, tannerie, bioremédiation, *Aspergillus* .