



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés de l'environnement

Thème

Contribution à l'élimination de la matière en suspension (MES) par électrocoagulation des eaux de drainage de la wilaya d'Ouargla (Région de BAMENDIL).

Présenté par :

Ramdani Ahmed et benkadi salim

Soutenu publiquement devant le Jury :

M ^r Zerrouki Djamel	Pr	U. Kasdi Merbah Ouargla	Président
M ^r Chennouf Nasreddine	Pr	U. Kasdi Merbah Ouargla	Examineur
M ^r Lotfi Baameur	MAA	U. Kasdi Merbah Ouargla	Encadreur

Année Universitaire 2022/2023

DEDICACE

Nous dédions ce modeste travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à :

- Nos chers parents qui n'ont jamais cessé de nous encourager et nous conseiller. Ils nous ont beaucoup aidé tout au long de notre parcours universitaire, grâce à leur amour, leur compréhension, leurs sacrifices, leur tendresse, leurs prières et leur patience sans jamais nous quitter des yeux ni baisser les bras et leur soutien moral et matériel, on ne saurait jamais traduire ce qu'on ressent vraiment envers eux.
- Nos chers frères et sœurs pour leurs encouragements permanents, soutien moral, indulgence en notre faveur, qu'ils touchent ici l'affection la plus intime qu'on ressent à leur égard.

Nos amis et collègues : Pour leur compagnie et bons moments passés ensemble.

Et enfin à notre collègue **NADJMI RADOUN**, que Dieu ait pitié de lui, si Dieu le veut.

BENKADI Salim et RAMDANI Ahmed

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu d'avoir mené ce travail à terme .Nos vifs remerciements sont adressés au Docteur Lotfi Baameur d'avoir accepté nos encadrer.

Merci pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nos remerciements vont aussi aux membres du jury les Professeurs **DJAMAL ZERROUKI** et **CHENNOUF NASREDDINE** d'avoir accepté de juger ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux et celles ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail , en particulier Mr Houti , Mme Dali et Mr hakim benkhalfa.

BENKADI Salim et RAMDANI Ahmed

Résumé

La valorisation des ressources en eau de qualité marginale telle que les eaux de drainage est une préoccupation majeure dans les zones arides et semi-arides. L'exploitation de ces eaux implique souvent un prétraitement par coagulation visant à réduire la matière en suspension. Le présent travail concerne l'utilisation de L'électrocoagulation comme méthode de traitement électrochimique. Il s'agit donc de l'électrolyse d'une eau prélevée du drain principal de terres agricoles de la région de **BAMENDIL**. Le système électrochimique mis en jeu est composé de deux électrodes en aluminium de surfaces égales et un générateur de tension. Les résultats obtenus ont montré que l'application d'une tension de **23 Volt** conduira à l'élimination de **55 %** de la matière en suspension.

Mots Clés : Electrocoagulation, eau de drainage, Aluminium, électrolyse, coagulation.

Abstract

The valorization of drainage water is a major concern in arid and semi-arid zones. Their exploitation involves often a pretreatment by coagulation processus aiming at reducing suspended matter. The present work deals with electrocoagulation as an electrochemical method. The pretreated samples were taken from the main drain of agricultural lands of **BAMENDIL** region. An electrolysis of the drainage water was performed by applying a tension between tow electrodes of Aluminium of equal surfaces. The obtained results show that the application of a tension of 23 volts would lead to the removal of 55% of the suspended matter.

Keywords : Electrocoagulation, drainage water, Aluminium, electrolysis, coagulation.

ملخص

يمثل تهمين مياه الصرف شاغلا رئيسيا في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. غالبًا ما ينطوي استغلال هذه المياه على المعالجة المسبقة عن طريق التخثر لتقليل المواد الصلبة العالقة. يهدف هذا العمل إلى استخدام التخثر الكهربائي كطريقة معالجة كهروكيميائية. العينات المدروسة أخذت من المصرف الرئيسي للأراضي الزراعية في منطقة بامنديل. يتكون النظام الكهروكيميائي من قطبين من الألومنيوم ذات أسطح متساوية ومولد جهد. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن تطبيق فرق جهد مقداره 23 فولت يؤدي إلى إزالة 55% من المواد الصلبة العالقة.

الكلمات المفتاحية: التخثر الكهربائي، مياه الصرف، الألومنيوم، التحليل الكهربائي، التخثر.

Table des Matières

Introduction générale(1)

PARTIE (I) : L'électrocoagulation.....(2)

I.1 Introduction....(2)

I.2 ELECTROLYSE(3)

I.3 ELECTRODES. ...(4)

I.4 Générateur de tension (6)

I.5 Polarisation électrochimique(6)

I.6 ELELCTRODES DE REFERENCES.(7)

I.7 Loi de Faraday(8)

I.8 Rendement faradique.(9)

I.9 Coagulation. ...(9)

I.10 Électrocoagulation.....(10)

I.12 Avantages et désavantages de L'électrocoagulation.(10)

I.13 Aluminium(12)

I.14 Technologie de l'électrocoagulation(13)

PARTIE (II) : Résultats expérimentaux et Discussion.....(15)

II Matériels et Méthodes.....(16)

II.1 Méthodes d'analyse.....(16)

II.1 .1 La turbidité.....(16)

II.1 .2. La viscosité ...(17)

II.1 .3 La conductivité(18)

II.2 Essais d'électrocoagulation(18)

II.3 **RESULTATS ET DISCUSSION.**(21)

II.3.1 Etude de la variation du courant en du potentiel appliqué..(21)

II.3.2 Etude de la variation du pH en fonction du potentiel appliqué.(22)

II.3.3 Etude de la variation de la conductivité en fonction du potentiel appliqué.....(22)

II.3.4 Etude de la variation de la température en fonction du potentiel appliqué.(23)

Conclusion générale(27)

Références bibliographiques.....(28)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Légende	Page
II.1	Quelques paramètres caractéristiques des eaux de drainage traitées.	26

LISTE DES FIGURE

Figure	Légende	Page
I.1	Schéma de principe de l'électrolyse de l'eau.	4
I.2	Schéma de principe d'une électrode	5
I.3	Electrodes de références	7
I.4	Electrode normale à hydrogène	8
I.5	Système d'électrocoagulation	13
II.1	Principe de mesure de la turbidité	16
II.2	Frottement entre deux couches de fluides adjacentes	17
II.3	schéma de principe d'un conductimètre	18
II.4	Montage expérimental d'électrocoagulation. (A) : électrodes	19
II.5	différentes phases de transformation physico-chimique de l'eau de drainage au cours du processus d'électrocoagulation.	20
II.6	Variation du courant en du potentiel appliqué	21
II.7	Variation du pH en fonction du potentiel appliqué	22
II.8	variation de la conductivité en fonction du potentiel appliqué	23
II.9	variation de la température en fonction du potentiel appliqué	24
II.10	variation du taux d'élimination de la matière en suspension en fonction du volume de l'eau de drainage à potentiel constant.	25

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de la recherche et du développement durable des énergies renouvelables, l'élaboration de nouveaux procédés de traitement et de gestion rationnelle des eaux usées est l'une des préoccupations planétaire majeures des environmentalistes.

Au cours des deux dernières années différentes approches ont été adoptées en vue d'assurer une bonne qualité de ces eaux résiduaires. Les performances d'un tel procédé sont évidemment liées d'une part au choix des méthodes d'analyses mises en jeu, et d'autre part à la maîtrise des nouvelles technologies de contrôle et des techniques de simulation et d'optimisation.

Les méthodes électrochimiques d'analyse en l'occurrence peuvent jouer un rôle déterminant dans la détection, la quantification et le traitement des polluants.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce projet de fin d'étude. Il s'agit d'une étude non-exhaustive visant à minimiser la matière en suspension des eaux de drainage par l'application d'une méthode électrochimique couramment connue par : L'**ELECTROCAOGULATION**.

Pour ce faire, nous avons reparti le manuscrit en deux chapitres. Le premier est consacré à une recherche bibliographique sur L'électrocoagulation. Le deuxième sera dévoué aux résultats expérimentaux et leurs discussions.

Première Partie (I)
L'électrocoagulation

I.1 Introduction.

La technologie du traitement des eaux usées subit une profonde transformation en raison des changements fondamentaux dans les réglementations régissant le rejet et l'élimination des polluants dangereux. Les procédures et critères de conception établis, qui ont bien servi l'industrie pendant des décennies, ne peuvent plus répondre à la demande sans cesse croissante. Les exigences en matière de réduction de la toxicité imposent le développement de nouvelles technologies pour le traitement de ces polluants toxiques de manière sûre et rentable. Les technologies les plus récentes sont les technologies électrochimiques. Parmi ces technologies, les procédés électrochimiques occupent une place prépondérante [1].

Alors que les technologies électrochimiques sont connues et utilisées pour le traitement des eaux usées contenant des cations de métaux lourds, l'application de ces processus n'en est qu'à ses débuts pour l'oxydation des polluants organiques récalcitrants.

Notre objectif dans cette partie est d'établir les principes fondamentaux concernant l'électrochimie environnementale.

I.2 L'électrolyse.

Principe

C'est le processus au cours duquel l'énergie électrique est convertie en énergie chimique. L'électrolyse permet la séparation ou la synthèse de composés chimiques. L'électrolyse de l'eau est l'application couramment utilisée pour la production de dihydrogène et de l'oxygène.

Pour fonctionner, il faut que la matière à séparer soit dissoute dans un solvant adapté.

Le schéma de principe de l'électrolyse de l'eau est présenté sur la figure donnée ci-dessous.

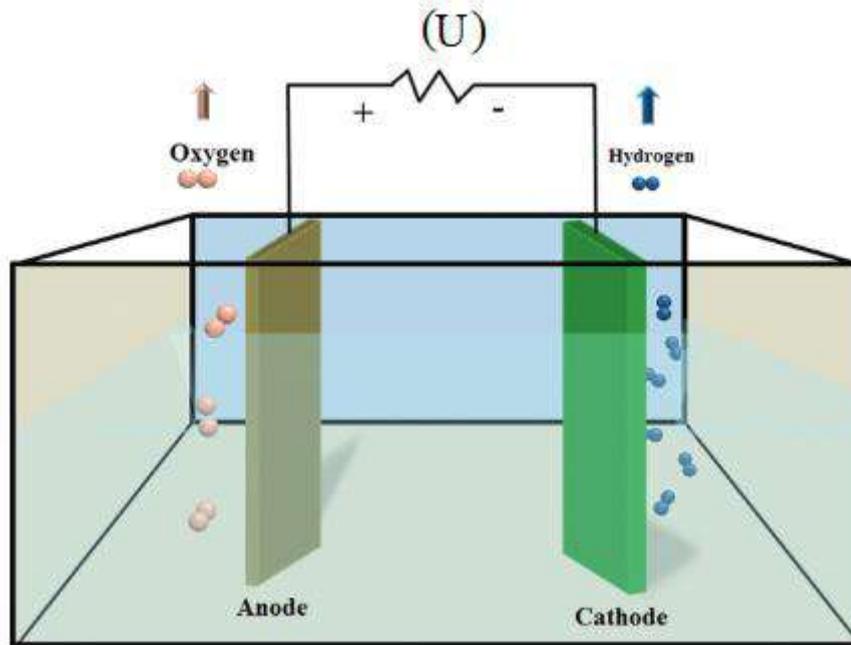


Figure I.1 : Schéma de principe de l'électrolyse de l'eau.

La réalisation d'une d'électrolyse nécessite le système électrochimique suivant :

- I. Une électrode :
 - Une anode,
 - Une cathode,
- II. Un électrolyte
- III. Un générateur extérieur.

1.3 Electrode.

Une électrode est un conducteur ionique ou électronique. Il peut être un métal, un verre relié à une demi pile ou faisant partie

d'une demi pile siège d'une réaction d'oxydation ou de réduction tel qu'il est montré sur la figure suivante.

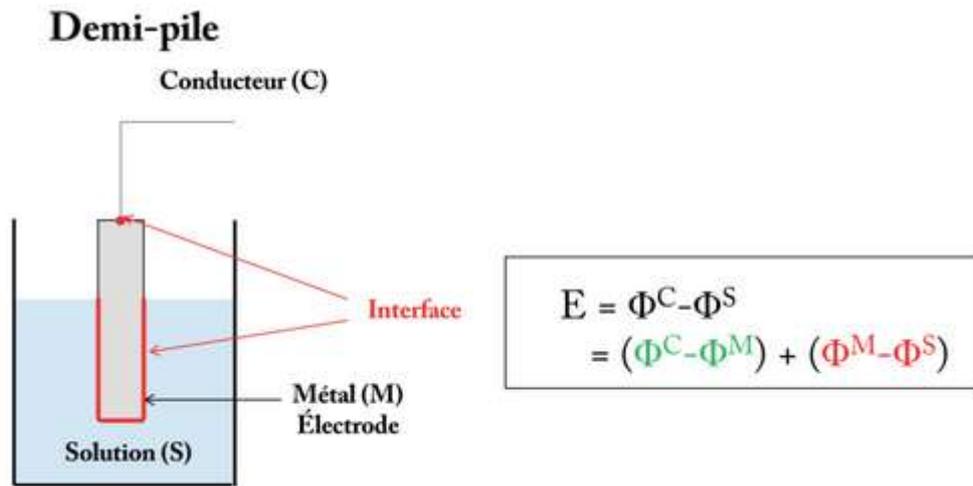


Figure I.2 : Schéma de principe d'une électrode [3].

1.3.1 Anode

Une anode est l'électrode siège d'une oxydation (borne positive d'un électrolyseur). La réaction mise en jeu s'écrit en générale :



1.3.2 Cathode

Une cathode est l'électrode siège d'une réduction (borne négative d'un électrolyseur). La réaction mise en jeu s'écrit en générale :



I.3.4 Electrolyte

C'est une substance dont sa conduction est assurée par la mobilité des ions. Il existe des électrolytes liquides (ions en solution, liquide ioniques ou sel fondu), solides (polymères, solides conducteurs).

I.4 Générateur de tension

Un générateur extérieur de tension ou de courant permet d'imposer respectivement la valeur de tension ou de courant quel que soit le courant électrique ou la tension qui débite à ses bornes [4].

Un générateur permet la réalisation d'une transformation non spontanée. La tension appliquée doit être choisie de façon à ce que :

$$U > U_{min} = E_1^0 - E_2^0 + R_i$$

– E_1^0 et E_2^0 : potentiel standards thermodynamique.

– R_i = chute ohmique.

I.5 Polarisation électrochimique

Le passage d'un courant dans un système électrochimique nécessite le déplacement du potentiel d'une électrode à l'équilibre (éq) par rapport à une électrode de référence. L'écart de potentiel dans ce cas est connu par polarisation (surtension) [5]. Cette polarisation est définie par la relation suivante :

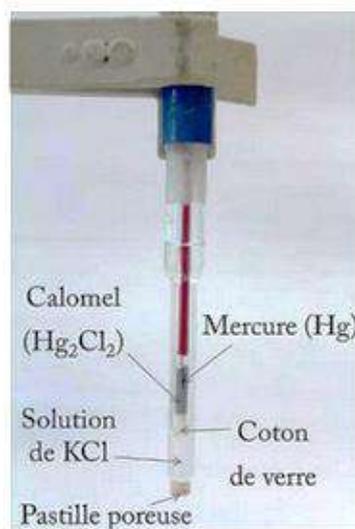
$$\eta = E - E_{\text{éq}}$$

1.6 Electrode de référence.

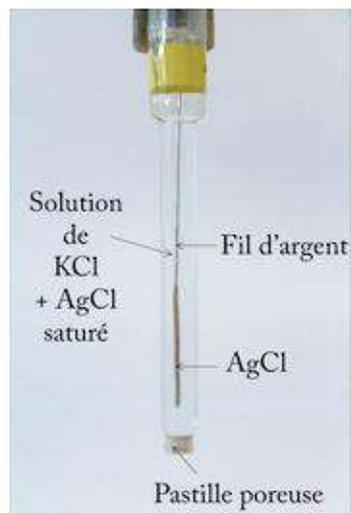
Une électrode est dite de référence si et seulement si elle vérifie les deux conditions suivantes :

- ✓ Que son potentiel soit invariable
- ✓ Qu'elle soit impolarisable.

Les électrodes de références souvent utilisées à l'échelle laboratoire sont l'électrode au calomel saturé en KCl (ECS) et l'électrode d'Argent (Ag/AgCl) dont le principe de leur fonctionnement est schématisé sur la figure suivante.



$$(A) \quad E^\circ(\text{ECS}) = 0.244 \text{ V/ENH}$$



$$E^\circ(\text{Ag / AgCl}) = 0.199 \text{ V/ENH}$$

Figure I.3 : Electrodes de références [6].

Les potentiels de ces deux électrodes sont mesurés par rapport à l'électrode normale à hydrogène (ENH) à 25C° .Le schéma de principe de cette électrode est présenté sur la figure suivante .

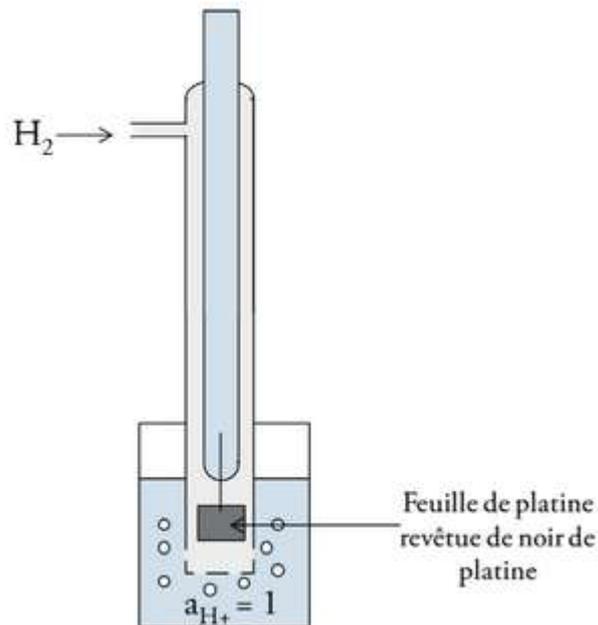


Figure I.4 : Electrode normale à hydrogène [6].

1.7 Loi de Faraday

La loi de Faraday établit une corrélation entre la charge totale, Q [C], qui traverse une cellule et la quantité de produit, N [mol].

$$Q = nFN$$

F : nombre de Faraday.

Cette corrélation est utilisée dans de nombreuses applications, telles que l'électro gravimétrie (pour déterminer la quantité de substance déposée sur une électrode) et la coulométrie (pour déterminer la quantité totale d'électricité nécessaire à l'électrolyse complète d'un composé) .Il peut également être utilisé pour déterminer le nombre d'électrons impliqués dans un processus électrolytique.

1.8 Rendement faradique

Le courant qui traverse la cellule peut ne pas servir uniquement à la réaction étudiée. Des réactions dites parasites peuvent avoir lieu. Dans ce cas le rendement est inférieur à l'unité [7]. Le rendement est donné par la relation suivante :

$$\eta_F = \frac{m_{réelle}}{m_{théorique}}$$

Avec :

- $m_{réelle}$: masse de produit réellement obtenu en gramme (g).
- $m_{théorique}$: masse calculée théoriquement en gramme (g).

1.9 Coagulation

La coagulation est un phénomène dans lequel les particules chargées d'une suspension colloïdale sont neutralisées par collision mutuelle avec des contre-ions et sont agglomérées, suivi d'une sédimentation. Le coagulant est ajouté sous la forme de substances chimiques appropriées. $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ est une substance chimique de ce type, largement utilisée depuis des siècles pour le traitement des eaux usées.

Le mécanisme de la coagulation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche. Il est généralement admis que la coagulation est principalement provoquée par la réduction de la charge nette de surface à un point où les particules colloïdales, auparavant stabilisées par la répulsion électrostatique, peuvent se rapprocher suffisamment pour que les forces de van der Waal les maintiennent ensemble et permettent l'agrégation. La réduction de la charge de surface est une conséquence de la diminution du potentiel de répulsion de la double couche

électrique par la présence d'un électrolyte ayant un potentiel de charge opposée.

1.10 Electrocoagulation.

Dans le processus d'Electrocoagulation (**EC**), le coagulant est généré in situ par oxydation électrolytique d'un matériau anodique approprié. Dans ce processus, les espèces ioniques chargées - métaux ou autres - sont éliminées des eaux usées en les laissant réagir (i) avec un ion de charge opposée, ou (ii) avec un floc d'hydroxydes métalliques généré dans l'effluent.

La technologie **EC** offre une alternative à l'utilisation de sels métalliques ou de polymères pour briser des émulsions et des suspensions stables. Cette technologie permet d'éliminer les métaux, les solides colloïdaux et les particules, ainsi que les polluants inorganiques solubles des milieux aqueux en introduisant des espèces d'hydroxydes métalliques polymériques hautement chargées. Ces espèces neutralisent les charges électrostatiques des solides en suspension et des gouttelettes d'huile afin de faciliter l'agglomération ou la coagulation et la séparation de l'eau qui en résulte. Le traitement entraîne la précipitation de certains métaux et sels. Les avantages et les inconvénients de la technologie **EC** sont abordés ci-dessous.

1.12 Avantages et désavantages de L'électrocoagulation.

1.12.1 Avantages.

1. La **EC** nécessite un équipement simple et est facile à mettre en œuvre avec une latitude opérationnelle suffisante pour résoudre la plupart des problèmes rencontrés en cours de route.

2. Les eaux usées traitées par **EC** donnent une eau agréable, claire, incolore et inodore.

3. Les boues formées par l'**EC** ont tendance à être facilement décan tables et faciles à déshydrater, parce qu'elles sont composées principalement d'oxydes métalliques/hydrocarbures.

4. Les floes formés par la **EC** sont similaires aux floes chimiques, sauf que les floes de la **CE** ont tendance à être beaucoup plus grands, à contenir moins d'eau liée et est résistant aux acides et plus stable, et peut donc être séparé plus rapidement par filtration.

5. La **CE** produit des effluents dont la teneur en solides dissous totaux (**TDS**) est inférieure à celle des traitements chimiques. Si cette eau est réutilisée, la faible teneur en **TDS** contribue à réduire les coûts de récupération de l'eau.

6. Le procédé **EC** a l'avantage d'éliminer les plus petites particules colloïdales, car le champ électrique appliqué les fixe plus rapidement. le champ électrique appliqué les met en mouvement plus rapidement, facilitant ainsi la coagulation.

7. Le procédé **EC** évite l'utilisation de produits chimiques, et il n'y a donc pas de problème de neutralisation des produits chimiques existants ni de possibilité de pollution secondaire comme c'est le cas lors de la coagulation chimique des eaux usées.

8. Les bulles de gaz produites pendant l'électrolyse peuvent transporter le polluant vers le haut de la solution où il peut être plus facilement concentré, collecté et éliminé.

9. Les processus électrolytiques dans la cellule **EC** sont contrôlés électriquement sans pièces mobiles, et nécessitent donc moins d'entretien.

10. La technique de la **CE** peut être utilisée dans les zones rurales où l'électricité n'est pas disponible, car un panneau solaire est

fixé à l'unité. Un panneau solaire fixé à l'unité peut suffire à réaliser le processus.

1.12.2 Désavantages.

1. Les "électrodes sacrificielles" sont dissoutes dans les flux d'eaux usées à la suite de l'oxydation, et doivent être remplacées régulièrement.

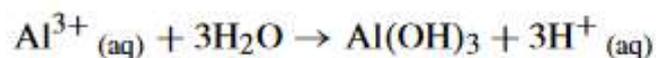
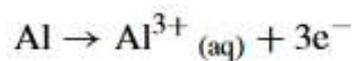
2. L'utilisation de l'électricité peut être coûteuse dans de nombreux endroits.

3. Un film d'oxyde imperméable peut se former sur la cathode, entraînant une perte d'efficacité de l'unité EC.

4. Une conductivité élevée de la suspension d'eau usée est nécessaire.

1.13. Aluminium

L'électrocoagulation des eaux usées à l'aide d'une électrode en aluminium a été rapportée par auteurs. La dissolution électrolytique de l'anode d'aluminium produit des espèces monomères cationiques telles que Al^{3+} et $Al(OH)_2^+$ à faible pH, qui, à un pH approprié, se transforment d'abord en $Al(OH)_3$ et finalement polymérisé en $Al_n(OH)_{3n}$ selon les réactions suivantes : en espèces cationiques tel qu'il montré ci-après



Toutefois, en fonction du pH du milieu aqueux, d'autres espèces ioniques, telles que $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^{4+}$ et $Al(OH)_4^-$, peuvent également être présentes dans le système.

I.14 Technologie de l'électrocoagulation

Dans sa forme la plus simple, un réacteur d'électrocoagulation peut être constitué d'une cellule d'électrolyse avec une anode et une cathode. Lorsqu'il est connecté à une source d'énergie externe, le matériau de l'anode se corrode électrochimiquement par oxydation, tandis que la cathode subit une passivation.

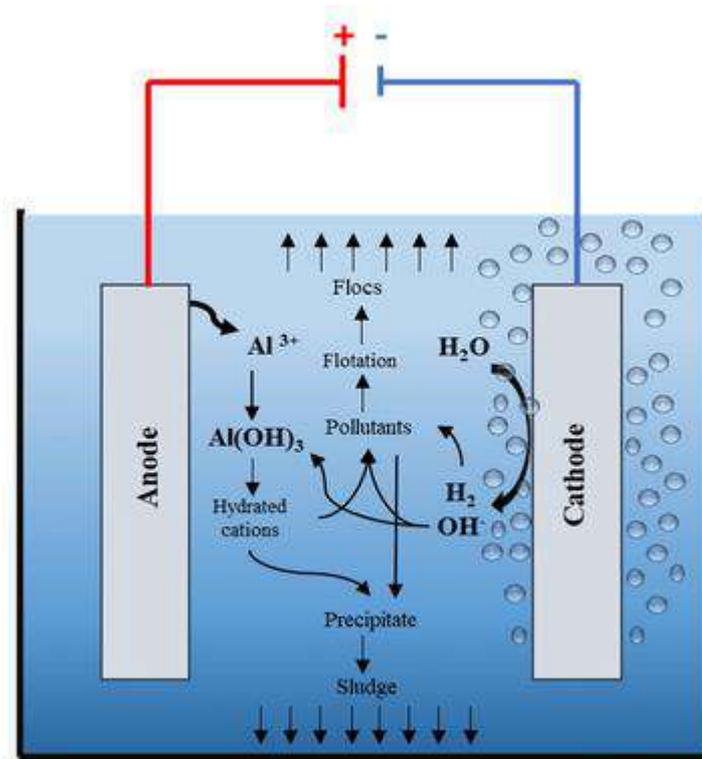


Figure I.5 : Système d'électrocoagulation [8]

Pendant l'électrolyse, le pôle positif subit des réactions anodiques, tandis que le pôle négatif subit des réactions cathodiques. Des plaques métalliques consommables, telles que le fer ou l'aluminium, sont généralement utilisées comme électrodes sacrificielles pour produire en continu des ions dans le système.

Les ions libérés neutralisent les charges des particules et déclenchent ainsi la coagulation. Les ions libérés peuvent éliminer les contaminants indésirables soit par réaction chimique et

précipitation, soit en provoquant la coalescence des matériaux colloïdaux et en les remettant en mouvement par flottation électrolytique. En outre, lorsque l'eau contenant des particules colloïdales, des huiles, ou d'autres contaminants se déplacent dans le champ électrique appliqué, il peut y avoir une ionisation, électrolyse, hydrolyse et formation de radicaux libres qui peuvent modifier les propriétés physiques et chimiques de l'eau et des contaminants. En conséquence, l'état réactif et excité entraîne la libération des contaminants de l'eau et leur destruction ou leur réduction de leur solubilité. Pour assurer une élimination plus efficace des ions indésirables, les eaux usées peuvent être passées à travers une série de cellules contenant des électrodes composées d'un mélange d'aluminium et de titane. Dans ce cas, les eaux usées contaminées passent à travers les espaces annulaires entre les électrodes et sont exposées à des champs électriques positifs et négatifs séquentiels. Pour optimiser l'efficacité de l'élimination, les caractéristiques de l'eau, telles que le pH, le potentiel d'oxydo-réduction et la conductivité, peuvent être ajustées pour des contaminants spécifiques [9].

Deuxième Partie (II)
Résultats expérimentaux et
Discussion

Nous exposerons dans cette partie les techniques d'analyse utilisées au cours de la réalisation de l'électrocoagulation.

II MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1 METHODES D'ANALYSE.

II.1.1 La turbidité.

Principe.

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la trouble. Le principe de la mesure de turbidité est de comparer l'intensité de la lumière diffusée à 90 degrés par l'échantillon à celle de solutions étalons. Un schéma illustratif est présenté ci-dessous.

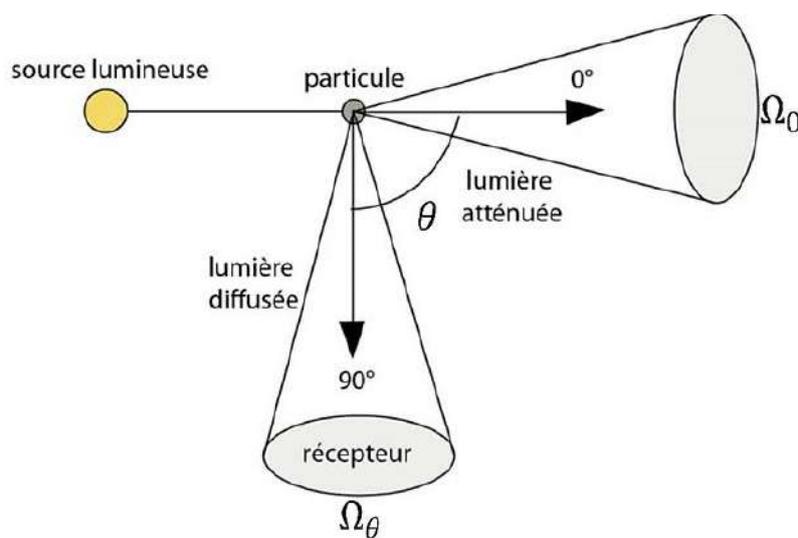


Figure II.1 : Principe de mesure de la turbidité

C'est une mesure de la résistance d'un échantillon à la pénétration des rayons lumineux qui sont absorbés ou disparus par les particules en suspension, phénomène qui produit la turbidité. On la mesure en unités de turbidité néphalométrique (UTN)

II.1.2 La viscosité.

Principe.

Lors de l'écoulement d'un fluide, la distribution des vitesses n'est uniforme. Il en résulte un effort de cisaillement entre deux couches de fluides adjacentes (L_v et L_{v+dv}). La vitesse de glissement des deux surfaces en mouvement l'une par rapport à l'autre est connue par le taux de cisaillement. Elle caractérise la résistance du fluide au cisaillement tel que le montre le schéma simplifié présenté ci-dessous.

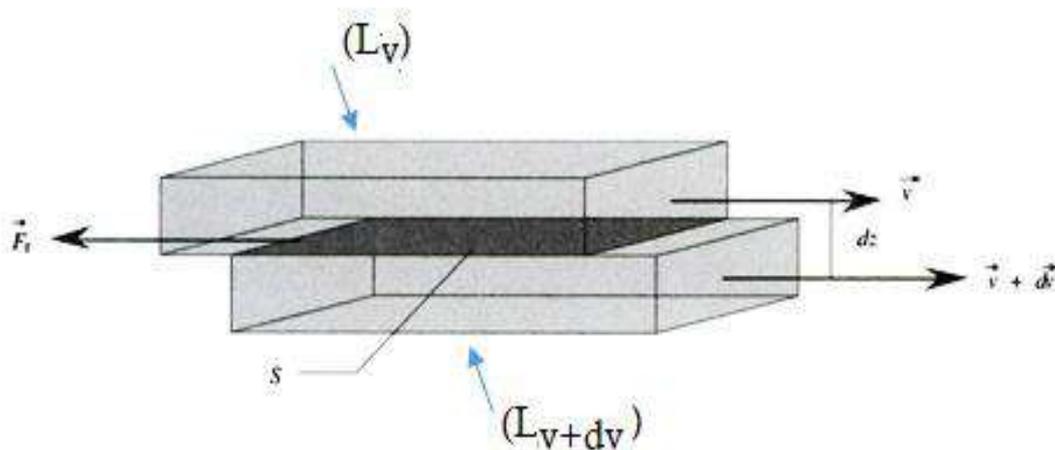


Figure II.2 : Frottement entre deux couches de fluides adjacentes [10].

L'effort de cisaillement est défini par la relation suivante :

$$\tau = \frac{F_r}{S} = \eta \frac{dv}{dz} \quad [\text{Pa}]$$

La contrainte tangentielle est exprimée par la force de frottement (F_r) par unité de surface de contact S .

II.1.3 La conductivité

Principe.

La conductivité d'une solution est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique. Ce passage du courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif ou continu. La conductivité d'un électrolyte est approximativement proportionnelle à la quantité de produits chimiques qu'il contient en solution et plus particulièrement à la mobilité des ions présents. Le schéma de principe d'un conductimètre est présenté ci-dessous.

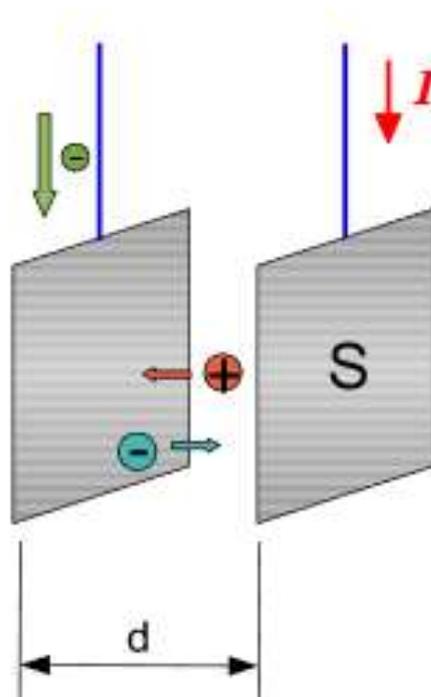


Figure II.3 : schéma de principe d'un conductimètre.

II.2 Essais d'électrocoagulation.

Les essais d'électrocoagulation ont été réalisés sur des eaux de drainage prélevées de la région de BAMENDIL (OUARGLA). Avant l'électrocoagulation, les échantillons sont décantés puis le surnageant est filtré.

Le dispositif expérimental est présenté sur la figure ci-dessous. IL est composé de deux électrodes d'Aluminium de surfaces 2.5cmX5cm. Les deux électrodes sont ensuite branchées à un générateur de tension (5A, 30V). La distance entre les deux électrodes est de 2.5 cm.

destruction de la matière en suspension.

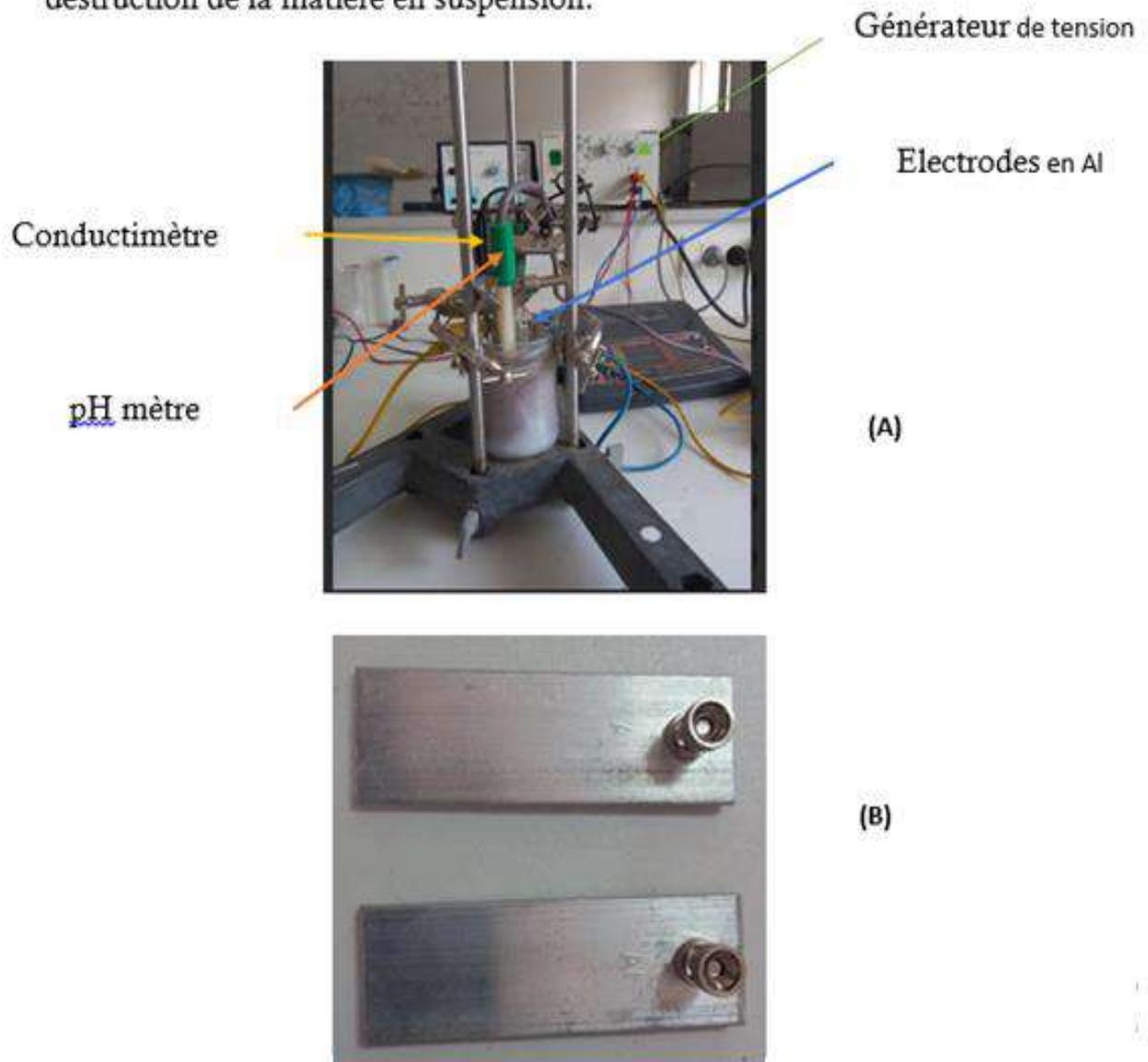
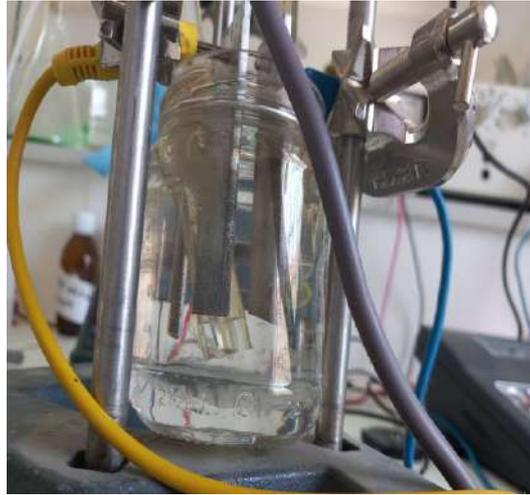


Figure II.4 : Montage expérimental d'électrocoagulation. (A) : électrodes.

L'aspect des eaux de drainage avant en cours et après électrocoagulation est présenté sur la figure ci-dessous.



1- Avant électrolyse :
Eau de drainage transparente.



2- Au cours de l'électrolyse :
Turbidité de l'Eau de drainage



3- Fin de l'électrolyse :
Apparition de la matière en
suspension.

Figure II.5 : différentes phases de transformation physico-chimique de l'eau de drainage au cours du processus d'électrocoagulation.

II.3 . RESULTATS ET DISCUSSION.

Le procédé d'électrocoagulation consiste à appliquer une différence de potentiel entre les bornes de la cellule contenant l'eau de drainage et à suivre l'évolution des paramètres opératoires entre autres :

1. Le courant
2. Le pH
3. La conductivité
4. La température.

L'analyse des eaux de drainage a été faite par mesure de turbidité, de viscosité, l'acidité et la température du milieu réactionnel.

II.3.1 Etude de la variation du courant en du potentiel appliqué.

Les résultats obtenus donc ce cas sont présentés sur la figure suivante.

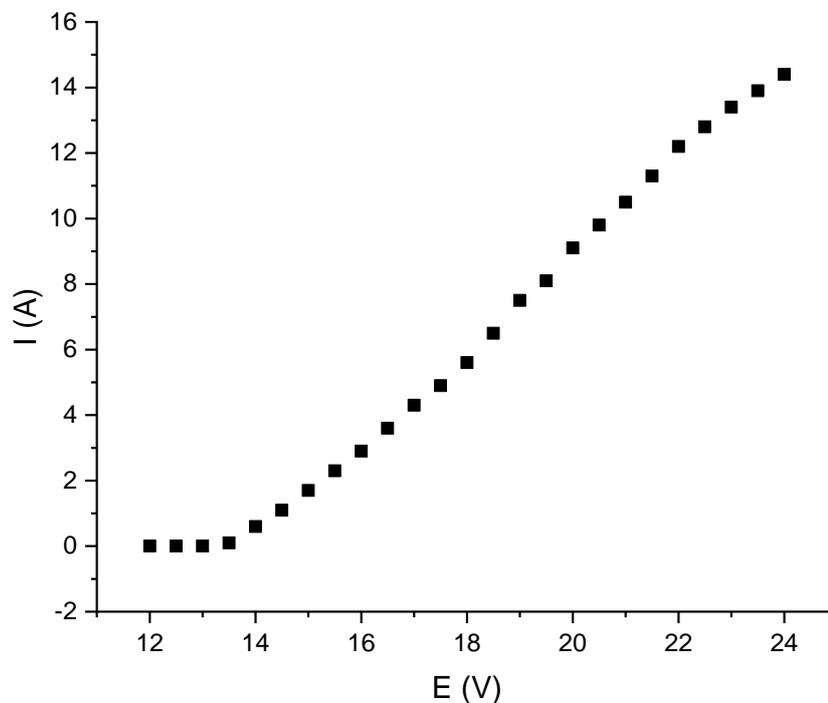


Figure II.6 : Variation du courant en du potentiel appliqué

On remarque d'après la figure précédente que les valeurs du courants enregistrés sont relativement proportionnels à la tension appliquée. A noter qu'au début de l'électrolyse le courant est presque nul jusqu'au potentiel 13.5 V. Ceci peut être imputé au caractère résistif du milieu conducteur.

II.3.2 Etude de la variation du pH en fonction du potentiel appliqué.

Les résultats obtenus donc ce cas sont présentés sur la figure suivante.

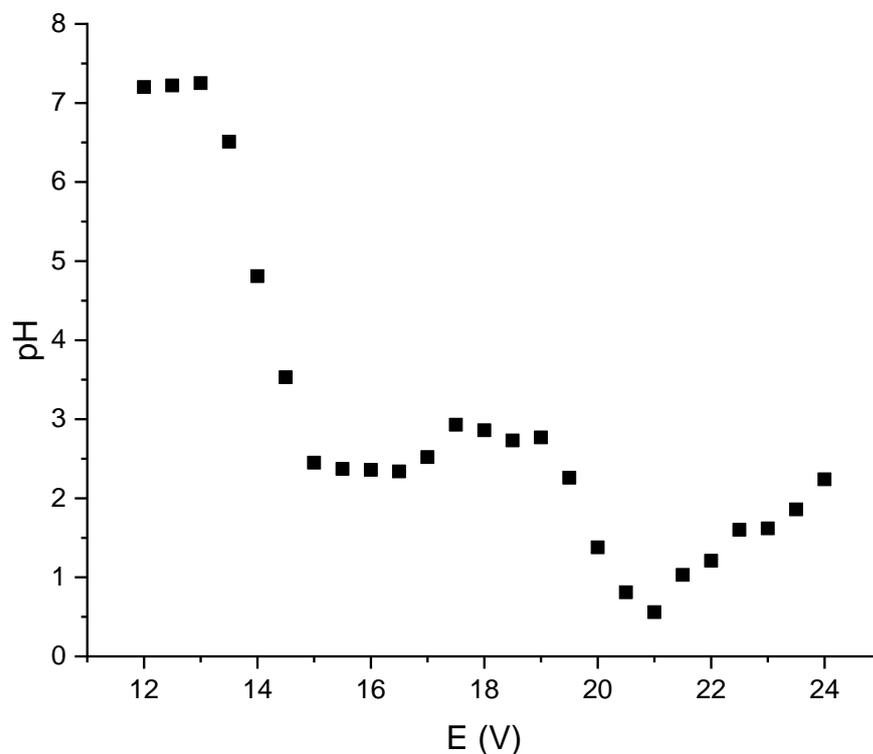


Figure II.7 : Variation du pH en fonction du potentiel appliqué

On remarque d'après la figure précédente que les valeurs du courants enregistrés sont inversement proportionnels à la tension appliquée. A vrai dire que le milieu réactionnel s'acidifie avantageusement en augmentant la différence de potentiel. Ceci peut être expliquée par la décomposition de l'eau et /ou la matière en suspension.

II.3.3 Etude de la variation de la conductivité en fonction du potentiel appliqué. Les résultats obtenus dans ce cas sont présentés sur la figure suivante.

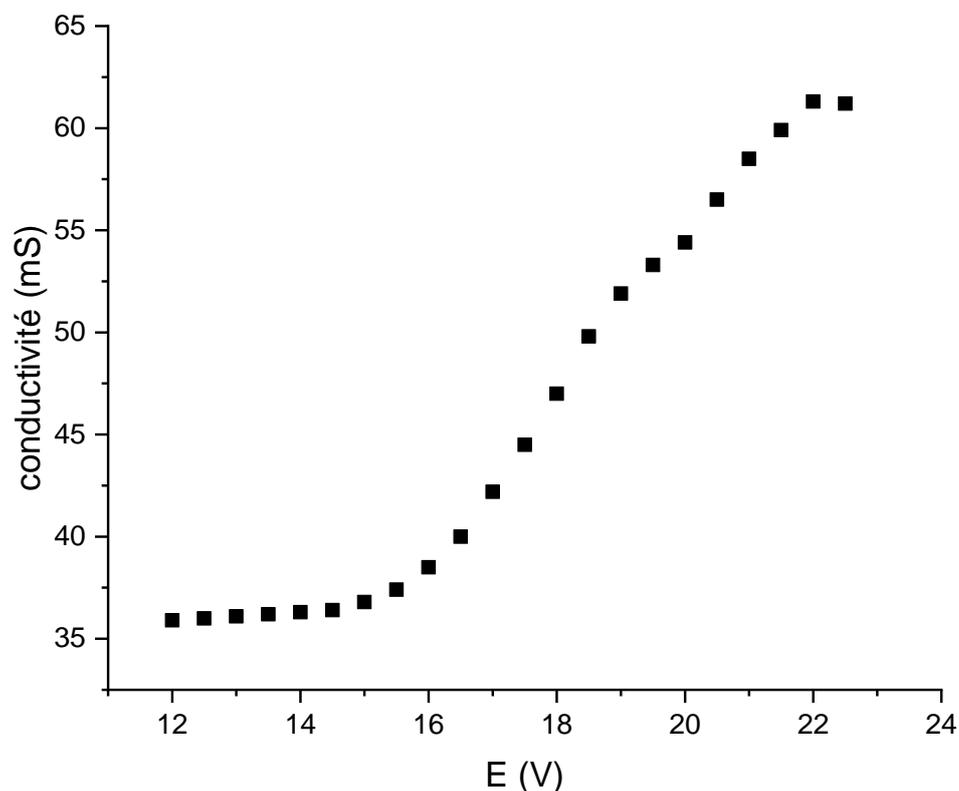


Figure II.8 : variation de la conductivité en fonction du potentiel appliqué

On remarque d'après la figure précédente que la conductivité du milieu est relativement proportionnels à la tension appliquée. Ceci en parfait accord avec le fait que la décomposition du milieu réactionnel par la croissance de l'acidité augmente la charge ionique et par conséquent la conductivité.

II.3.4 Etude de la variation de la température en fonction du potentiel appliqué. Les résultats obtenus dans ce cas sont présentés sur la figure suivante.

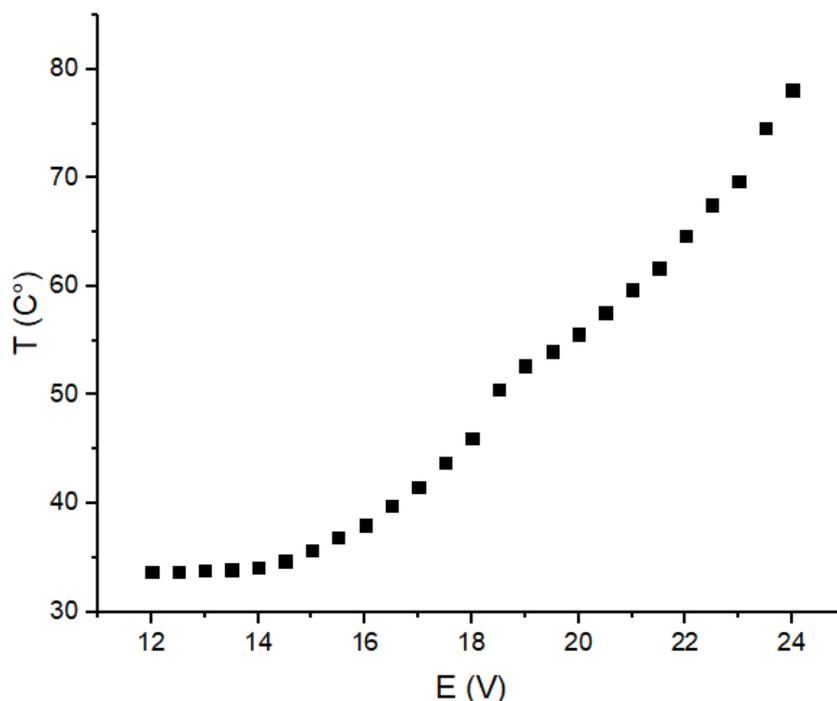


Figure II. 9 : variation de la température en fonction du potentiel appliqué

On constate d'après la figure donnée ci-dessus que la variation de la température est relativement proportionnelle à la tension appliquée. Ceci peut être expliqué par la conjugaison de l'effet de Joule résultant de la conduction électronique et celui de la chute ohmique dans la solution électrolytique.

Il ressort de cette étude que la variation du potentiel d'électrode a une influence appréciable sur le courant ; le pH, la conductivité et la température du milieu réactionnel. L'expérience a montré également que le taux d'élimination de la matière en suspension est affecté par le choix de la valeur du potentiel appliquée. Ceci est illustré sur la figure suivante.

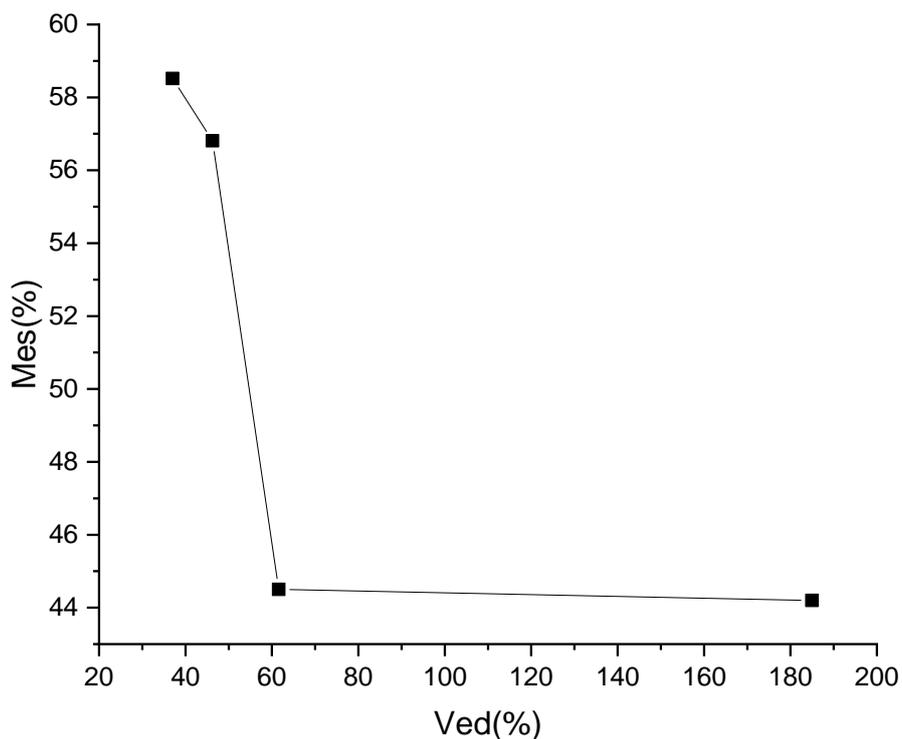


Figure II.10 : variation du taux d'élimination de la matière en suspension en fonction du volume de l'eau de drainage à potentiel constant.

Il se trouve d'après la figure précédente que le taux d'élimination de la matière en suspension est inversement proportionnel au volume de l'eau de drainage. Ceci peut être interprété par le fait que la diminution du volume augmente les interactions de la suspension et par conséquent l'élimination des **MES** deviendrait de plus en plus facile.

Les des mesures de turbidité et de viscosité des eaux de drainage avant et après électrocoagulation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : quelques paramètres caractéristiques des eaux de drainage traitées.

Variables	Avant_EC	Après_EC
Viscosité (mPas.s ⁻¹)	1.0018	1.0466
Turbidité (NTU)	4.18	5.86
taux de cisaillement (s ⁻¹)	990.51	986.5

On remarque d'après ce tableau que la viscosité et le taux de cisaillement sont inversement proportionnelle. Cela veut dire que l'eau drainage obtenue après électrocoagulation se comporte comme étant un **rhéfluidifiant**. L'augmentation de la viscosité avec l'augmentation du taux de cisaillement est caractéristique de ce type de fluide. Les rhéofluidifiants incluent les peintures, émulsions, et dispersions de tout type La fluidité de l'eau de drainage dans ce cas s'est améliorée suite à la réduction de la turbidité.

Conclusion générale

Au terme de ce travail nous avons pu réaliser les points suivants :

1. par mesure de la turbidité et la viscosité
2. Elimination de la matière en suspension par l'électrolyse des eaux de drainage
3. Etude de l'évolution dans le temps de quelques paramètres opératoires tels que le courant , le pH du milieu réactionnel , la conductivité et la température.

On a constaté que le taux d'élimination de la matière en suspension est inversement proportionnel à sa quantité . Le taux maximum a atteint **55%**. L'électrocoagulation pourrait améliorer la qualité des eaux de drainage par l'élaboration technico-économique d'un electrocoagulateur. L'efficacité de cette approche de traitement est fondamentalement liée aux choix minutieux des conditions d'électrolyse et des matériaux d'électrode. Les résultats obtenus pourraient faire l'objet d'une extrapolation à une échelle semi-pilote et ce par simulation et optimisation.

Références bibliographiques

- [1] Grigorio Crini et Pierre-Marie Badot. **Traitement et épuration des eaux industrielles polluées**. Edition : Presse universitaire de franc comté (2007).
- [2] Guillemeney Lilian. **Réussir le CAPES de physique-chimie**. Edition : Ellipses (2022).
- [3] Jonathan Piard. **Chimie générale expérimentale**. Edition : De Boeck supérieur (2018).
- [4] Lionel Uhl .**Chimie - Questions ouvertes**. Editions Ellipses (2019).
- [5] Ben-Aïm Roger I. **L'indispensable en électrochimie**. Edition : Breal (2001).
- [6] Jean-Louis Burgot. **Méthodes électrochimiques d'analyse**. Edition Lavoisier (2012).
- [7] Éric Delande. **Spécialité Sciences physiques et chimiques en laboratoire**. Edition : Ellipses (2021).
- [8] Abdulkarim Almukdad. **An Enhanced Electrocoagulation Process for the Removal of Fe and Mn from Municipal Wastewater Using Dielectrophoresis (DEP)**. *Water* : 13, 485 (2021)
- [9] Bui, Xuan-Thanh. **Water and Wastewater Treatment Technologies**. Edition : Springer Nature Singapore (2018)
- [10] Andry Musy. **Physique du sol**. Editeur : Presse polytechnique (1991)