



République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie de l'Environnement
Laboratoire des Biotechnologies

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Mémoire du Projet de Fin d'Etude
Pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'état en
Génie de l'environnement

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN REACTEUR
ELECTROCHIMIQUE A ELECTRODES
BIPOLAIRES CYLINDRIQUES.
APPLICATION A LA DEGRADATION DE LA METRIBUZINE**

Thème dirigé par :
M^r H.LOUNICI
M^{me} O.YAHIAOUI

Etudié par :
Mr T.IGUECHTAL

Soutenu le : 02 juillet 2002

Devant le jury composé de :

M ^r N.MAMERI	Président
M ^r H.LOUNICI	Rapporteur
M ^{me} O.YAHIAOUI	Rapporteur
M ^{me} N.ABDI	Examinatrice
M ^r H.GRIB	Examineur
M ^r A.K.NAMANE	Examineur

PROMOTION : 2001/2002

Résumé : Dans ce projet de fin d'étude on met en application un procédé d'électrocoagulation pour l'élimination d'un pesticide qui consiste à le faire coaguler en appliquant un champ électrique, et en faisant varier plusieurs paramètres . Cependant, la nouveauté ou l'intérêt de ce projet réside dans la conception du module ou de la cellule d'électrocoagulation où on utilise pour la première fois des électrodes cylindriques qui, de part leurs formes présentent aussi un très grand avantage par rapport aux électrodes planes en surfaces actives et en l'uniformité des lignes de champs et de potentielles contrairement au électrodes planes où on a souvent une répartition non homogènes de ces lignes.

Mots clés : Pesticides, Electrocoagulation, Adsorption, Coagulation, Ultrafiltration, Nanofiltration, Ozonation.

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à :

Mon père et ma mère ;

La mémoire de mes grands parents ;

La mémoire de ma grand-mère Zohra ;

Ma grand-mère Tassadit Larbi ;

Mes frères et sœurs : Nabil, Sabrina, Sihem, Lynda, Sonia et

Leïla;

Mes oncles et tantes ;

*Mr. Lahcène Benabid pour ses conseils durant mon parcours
universitaire ;*

Mes amis : Hocine, Ali, Amel, Naima, Assia, Fella, Amina,

Newel, Ibtissem, B. Mouhamed, Samira, Hssissi, Ouali .

AVANT-PROPOS



Le présent travail a été réalisé au Laboratoire des Biotechnologies, sous la conduite du Professeur N. MAMERI, de l'Ecole Nationale Polytechnique - Département du Génie de l'Environnement. Qu'il trouve ici mes sincères remerciements.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance envers Monsieur H. LOUNICI, mon promoteur, qui a encadré et suivi de très près mon travail. Il m'a permis de travailler dans les meilleures conditions au Laboratoire et pour avoir été patient et disponible tout au long de cette Etude.

Je remercie vivement le Professeur N. MAMERI, pour sa rigueur scientifique, le sérieux et l'attention pertinente qu'il a montré pour l'élaboration de ce projet.

Ma gratitude s'adresse aussi à Monsieur H. GHRIB, pour m'avoir fait bénéficier de son savoir et inculqué tous les artifices de base durant ma formation en m'apportant aide et encouragement.

J'adresse mes remerciements au Professeur N. MAMERI, pour le grand honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de ma soutenance. Je suis très honoré de compter parmi les membres du Jury Mme N. ABDI, Mme O. YAHIAOUI, et Monsieur A.K NAMANE.

Enfin, mes plus vifs remerciements s'adressent au département du Génie de l'Environnement et en particulier aux membres du Laboratoire des Biotechnologies, pour leur aide et soutien. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude.

I.1.1. CLASSIFICATION DES PESTICIDES :

Il existe plusieurs classifications des pesticides, en fonction de la cible visée, de la structure chimique du composé utilisé ou de la nature et de la gravité des risques correspondants pour la santé.

Donc, selon la cible visée et la famille chimique à laquelle les pesticides appartiennent, nous pouvons les placer en différents groupes (voir tableau n° I.1).

Tableau 1 : *Différentes classes de pesticides selon la cible visée [7]*

Classe	Cible visée
Insecticides	Insectes nuisibles
Herbicides	Mauvaises herbes
Fongicides	Champignons pathogènes
Acaricides	Acariens
Rodenticides	Rongeurs
Nématocides	Nématodes (vers parasites)
Molluscicides	Mollusques (limaçons, escargots)
Avicides	Oiseaux nuisibles

I.1.2. LES INSECTICIDES :

On peut trouver dans cette classe [8] :

- **Les insecticides d'ingestion :** ils exercent une action sur les insectes brouteurs par pénétration au niveau du tube digestif.
- **Les insecticides de contact :** ils traversent la cuticule de l'insecte et agissent en inhibant différents mécanismes enzymatiques.
- **Les insecticides d'inhalation :** ils pénètrent dans l'organisme par l'appareil respiratoire sous forme de gaz ou de vapeur.
- **Les insecticides de systémie :** ils pénètrent dans les plantes à travers des feuilles ou par les racines à partir du sol.

I.1.3. LES HERBICIDES :

Ils agissent soit par contact, soit par pénétration et diffusion.

I.1.4. LES FONGICIDES :

Ils empêchent la germination des spores contaminatrices et/ou le développement d'un mycélium.

c. Le charbon actif en grains (CAG) :

Ce type de charbon est utilisé de préférence pour les pollutions chroniques. Le traitement se fait par simple percolation de l'eau à travers le CAG . La capacité d'adsorption d'un CAG est fonction de sa granulométrie (0.7 à 1mm) et du temps de contact.

Selon (**M.S Bleeke, M.T.Smith et J.E.Casida**) [19] des essais qui ont été fait, leur ont montré que deux colonnes différentes d'adsorption sur granules de charbon actif ont permis d'extraire efficacement la métribuzine de l'eau (96 et 100 pour cent d'une concentration initiale de 140 mg/L) (NB : temps de séjour non mentionné).

II.1.3 LA NANOFILTRATION :

Elle est à la fois une barrière physique pour les matières particulaires et chimique pour les molécules de masse moléculaires supérieure à 200g/mole[20].

La mise en œuvre de la nanofiltration nécessite des pré-traitements physiques et chimiques parfaitement adaptés pour assurer la pérennité des membranes et réduire les risques de colmatages.

Selon (**K.AGBECODO, B.LEGUBE et S.DARDE**) [21]qui ont étudié la dégradation des pesticides à l'échelle semi-pilote et ont travaillé sur l'élimination de l'atrazine et la simazine par nanofiltration ont démontré l'influence des matières organiques sur la rétention de ceux-ci.

Les études à l'échelle semi-pilote leur ont permis aussi de travailler sur une plus grande gamme de concentrations en matières organiques naturelles (MON), chose qui leur à permis aussi de mieux comprendre les phénomènes impliqués à la rétention de l'atrazine et la simazine en présence et absence de MON.

Et leurs résultats ont montré que l'élimination de l'atrazine et la simazine par nanofiltration augmente de 50% à 90-100% quand l'eau contient de la matière organique à des teneurs de 0,4 à 3,6 mg/l [22].

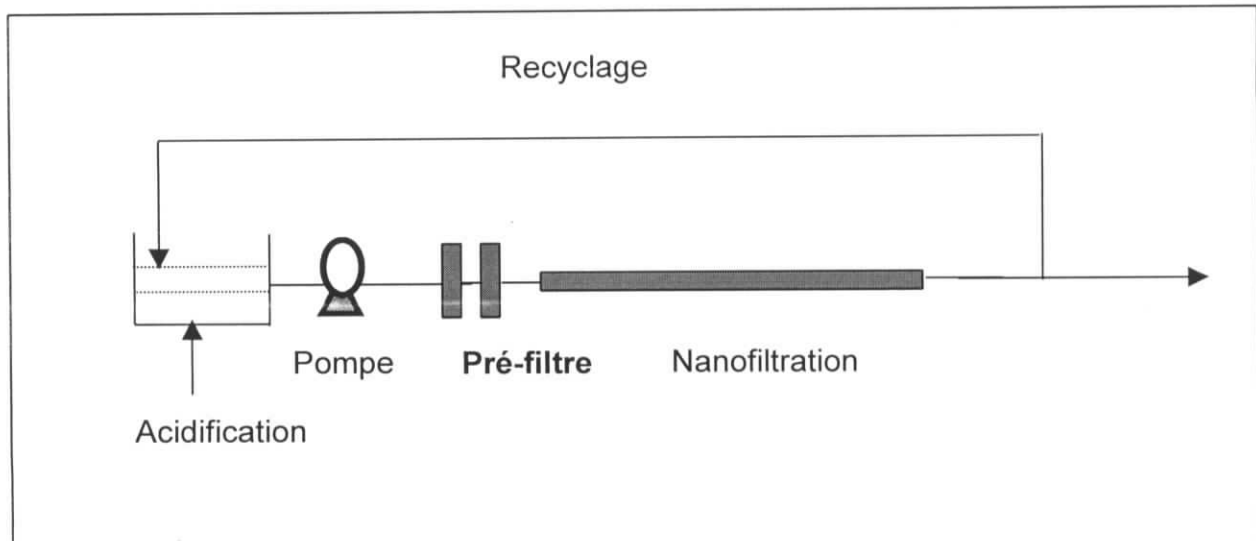


Figure N°1 : Chaîne de traitement d'une eau contaminée par les pesticides[22].

II.1.4. L'OZONATION [23] :

L'oxydation chimique est utilisée dans le traitement des eaux principalement dans le but de dégrader des composés soit toxiques, soit peu ou pas biodégradables. L'ozone O_3 , par son pouvoir oxydant élevé, est majoritairement utilisé.

Ainsi l'ozonation permet la dégradation de nombreux composés toxiques (tels que les pesticides). L'ozonation est également mise en œuvre lorsqu'une épuration de rejets toxiques ou non biodégradables (effluents industriels).

Cette méthode consiste à transformer chimiquement les pesticides par oxydation directe avec l'ozone moléculaire. Le traitement se fait au sein d'une ou plusieurs cuves de contact en mélangeant l'eau à traiter avec de l'air sec ozoné.

L'efficacité du traitement varie en fonction :

- de la molécule chimique du pesticide à éliminer,
- de la quantité d'ozone appliquée,
- du temps de contact dans le réacteur,
- des caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute (teneur en matière organique, pH, température, alcalinité, ...).

En 1997, **Young Ku** [24] étudia la décomposition de diazinon dans une solution aqueuse par ozonation, il constata que la vitesse d'hydrolyse de diazinon augmente pour des valeurs petites de pH des solutions, et il arriva à abattre la concentration de diazinon à 95% de sa concentration initiale à pH=9.

III.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

A. Mode discontinu :

Le dispositif expérimental utilisé lors des manipulations en mode discontinu est constitué d'un réacteur d'électrocoagulation conçu et réalisé au laboratoire et d'un générateur de marque Micronics utilisé en mode intensiostat ainsi qu'une pompe de débit égale à 436 l/h.

Le dispositif expérimental en mode discontinu est représenté par la figure N°5.

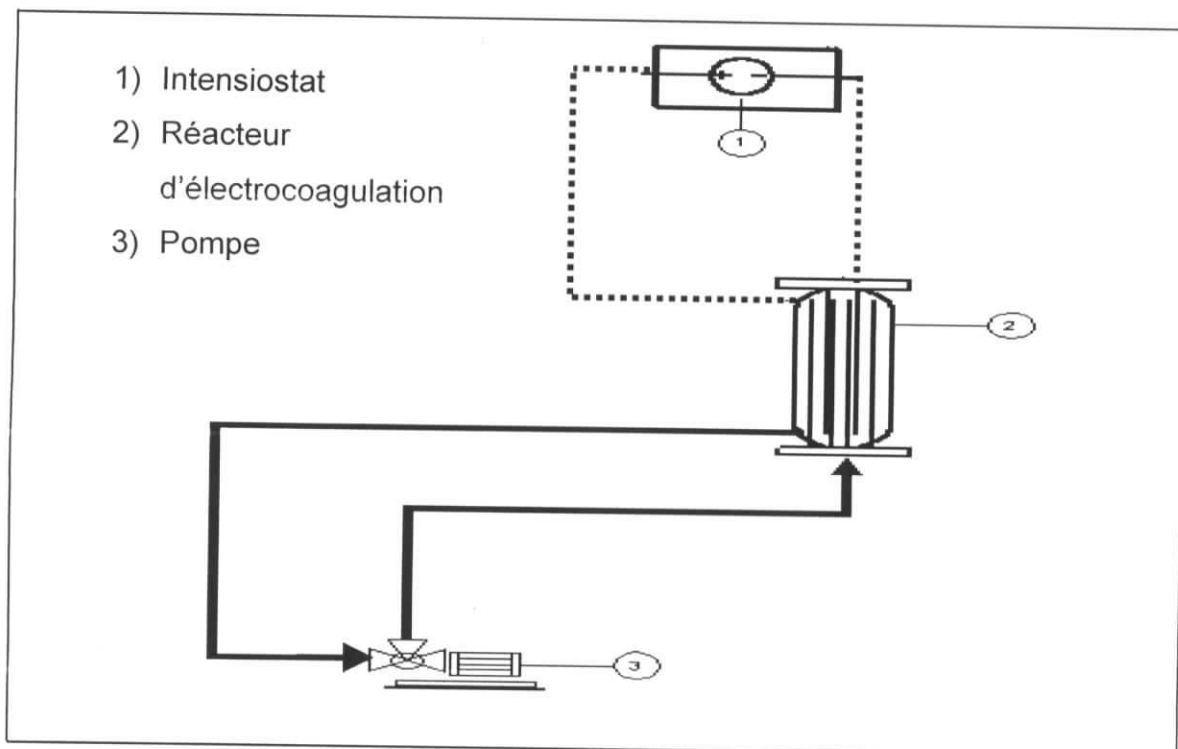


Figure N°5 : *Dispositif d'électrocoagulation en mode discontinu (batch).*

B. Mode continu :

le dispositif expérimental en mode continu est représenté sur la figure N°6

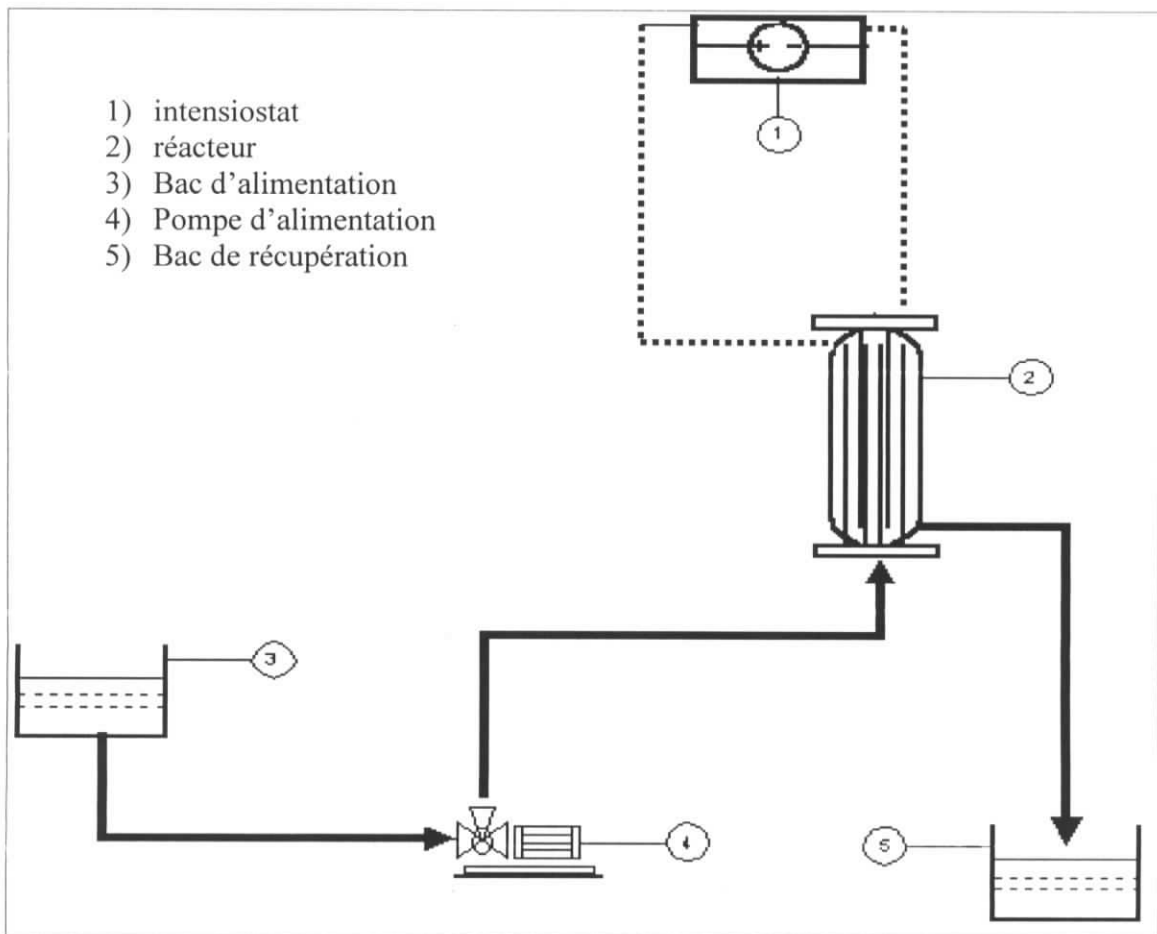


Figure N°6 : *Dispositif d'électrocoagulation en continu.*

III.3. MODE OPERATOIRE :

Le mode opératoire suivi lors des manipulations est comme suit :

On doit d'abord préparer la solution synthétique à traiter à partir d'une eau distillée et de métribuzine , les différentes concentrations de métribuzine en solutions sont obtenues en additionnant des quantités appropriées en métribuzine dans l'eau, on procède de même lors de l'utilisation du chlorure de sodium NaCl .

Les différents pH sont obtenus en ajoutant des quantités données de H₂SO₄ et de NaOH. Pour mesurer le pH on utilise un appareil de marque Sicron, ensuite on remplit notre réacteur avec la solution de métribuzine de concentrations variables, et pour créer l'agitation on utilise une pompe ayant un débit de 416 L/h. Après on relie les deux fils électriques à un générateur de marque micronics et on le règle à l'intensité de courant voulue, après démarrage de la manipulation les échantillons à analyser sont prélevés toutes les 10 min. L'analyse des échantillons prélevés se fait à l'aide d'un spectrophotomètre de marque Shimadzu U.V-Visible à l'U.V, à une longueur d'onde de 293 nm.

Chapitre IV

VI. Etude de l'électrocoagulation de la métribuzine en mode cuvée

Nous étudions l'influence des paramètres expérimentaux sur l'abattement de la teneur en métribuzine en régime discontinu, à savoir la densité de courant, le pH, la teneur initiale en métribuzine ainsi que la salinité et la vitesse de circulation. Le principe des essais est de maintenir fixes tous les paramètres autres que celui qu'on veut étudier, celui-ci variera dans la gamme des valeurs choisies ou imposées.

Ce mode de fonctionnement nous permet de tracer un nombre de courbes des concentrations en métribuzine en fonction du temps.

IV.1. Influence de la densité de courant sur l'électrocoagulation:

L'objet de ces essais est d'étudier l'influence de la densité de courant sur l'électrocoagulation de la métribuzine. Pour se faire, tous les autres paramètres autres que la densité de courant ont été fixes.

A cet effet nous avons fixé la concentration initiale en métribuzine à 200 mg/l. de prime à bord, nous avons opté de travailler arbitrairement à cette concentration car c'est dans cet ordre de grandeur que les rejets des ateliers de pesticides sont rejetés dans la nature, c'est également la concentration avec laquelle des chercheurs [22] ont déjà travaillé et qui a été trouvée dans la littérature; le pH initial est fixé à 7 et nous avons fait varier l'intensité de courant (de 0,2 à 3,0A) correspondant respectivement aux densités de courant de (de 1,25 à 18,91A/m²). et avons suivi l'évolution de la concentration de la métribuzine en fonction du temps d'électrocoagulation pour différentes densités de courant et les résultats obtenus sont représentés sur la figure N°7.

On constate que les allures des courbes représentant l'abattement de la concentration en métribuzine en fonction du temps sont similaires, en effet, pour toutes les courbes on constate qu'il y a abattement; elles diffèrent seulement au niveau des paliers où chacun se situe à une valeur donnée, ceci peut être expliqué à l'aide des diagrammes de POURBAIX, $E=f(\text{pH})$.

Dans le cas du fer nous pouvons le résumer par le schéma suivant :

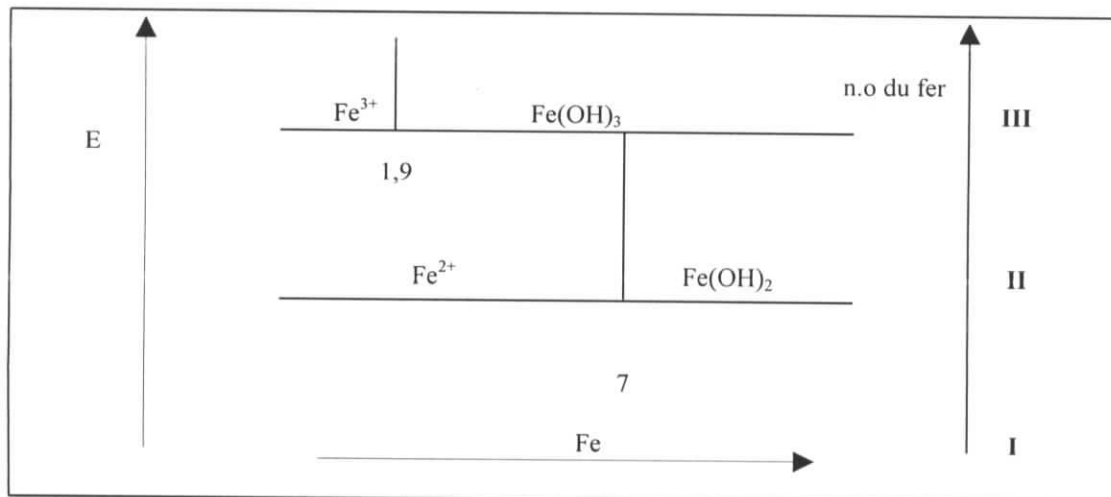


Figure N°8 : représentation du schéma $E=f(pH)$.

Dans cette représentation on remarque que lorsque les potentiels augmentent, nous trouvons des entités de plus en plus oxydées (dans lesquelles le n.o de l'élément fer croît), ce qui est démontré au cours de ces expériences, où l'augmentation de l'intensité de courant qui est proportionnelle au potentiel tout en travaillant à $pH=7$ conduit à la formation de floccants de type $[Fe(OH)_2]_n$ et $[Fe(OH)_3]_n$ et qui réagissent avec la métribuzine en la flocculant.

L'élimination de la métribuzine augmente avec la quantité des hydroxydes formés qui est proportionnelle à l'intensité de courant appliquée, ceci a été remarqué au cours des expérimentations effectuées, où un volume d'écume ainsi qu'une coloration faible de la solution est observée pour de faibles intensités, par contre lorsqu'on augmente l'intensité de courant, la solution à traiter devient très chargée en hydroxydes et le volume des floccs augmente considérablement et par conséquent le rendement d'élimination augmente.

Pour mieux observer cette influence, nous avons déterminé le temps nécessaire (t_{50}) pour lequel on aura un abattement de 50% de la concentration initiale, et nous avons porté sur la figure N°9 l'évolution du temps nécessaire t_{50} à l'électrocoagulation de la solution de la métribuzine en fonction de la densité de courant utilisée. De cette figure on constate que l'abattement de la métribuzine est d'autant plus élevé que la densité de courant est élevée.

Il faut aussi signaler que la métribuzine étant une grosse molécule possédant une liaison aromatique, par conséquent est difficile à adsorber. Mais selon (. Whittaker, K.F., Nye, J.C., Wukasch, R.F., Squires, R.J., York, A.C.) [22] qui ont travaillé avec la même substance sur la coagulation physico-chimique sont arrivés à un rendement qui se situe entre 50 et 60% alors que ce procédé a un rendement de plus de 75%.

Pour la suite des manipulations on a opté pour la valeur d'intensité de courant de 3A soit à une densité de courant de $18,91\text{A/m}^2$ à appliquer.

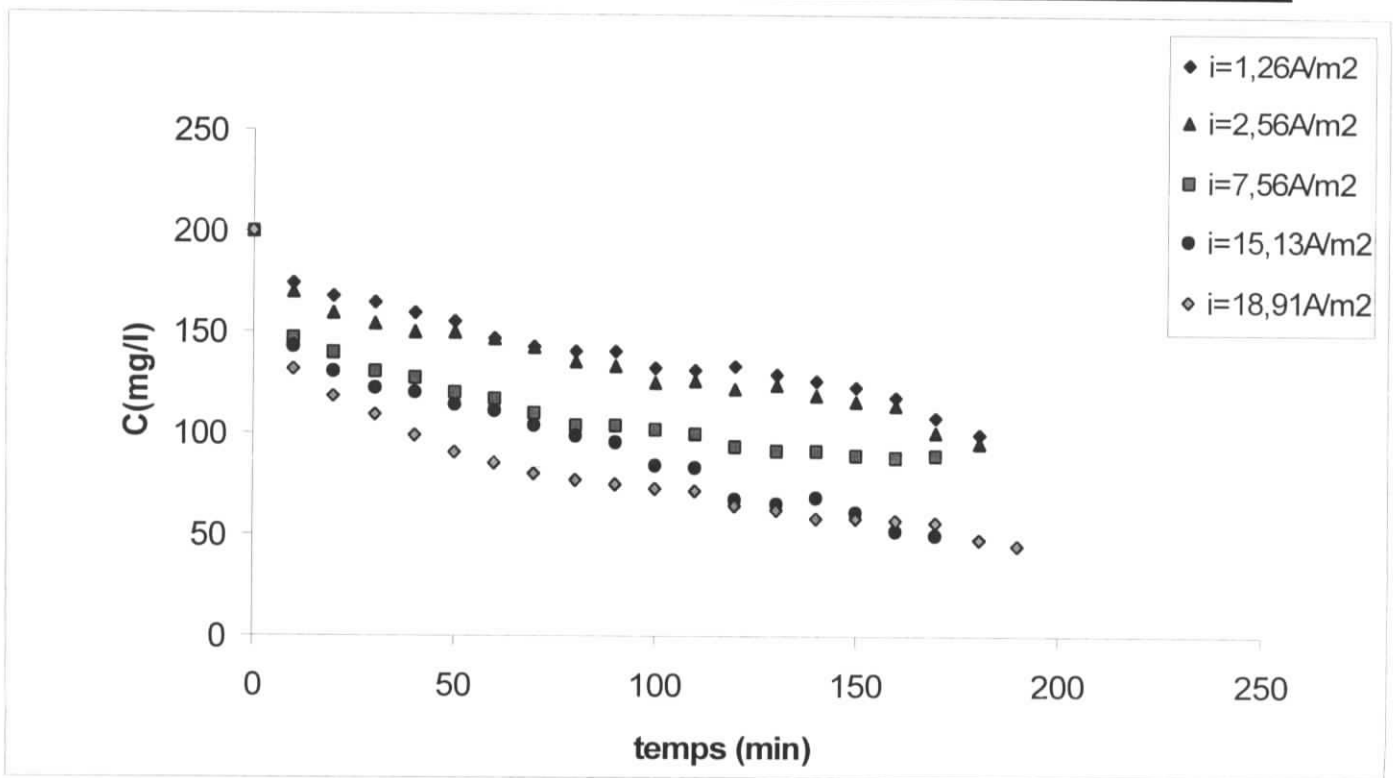


Figure N°07: influence de la densité de courant sur l'électrocoagulation de la métribuzine, $C_i=200 \text{ mg/l}$, $i= \text{variable}$, $V(\text{métribuzine})=1,2\text{l}$, $\text{pH } i=7$

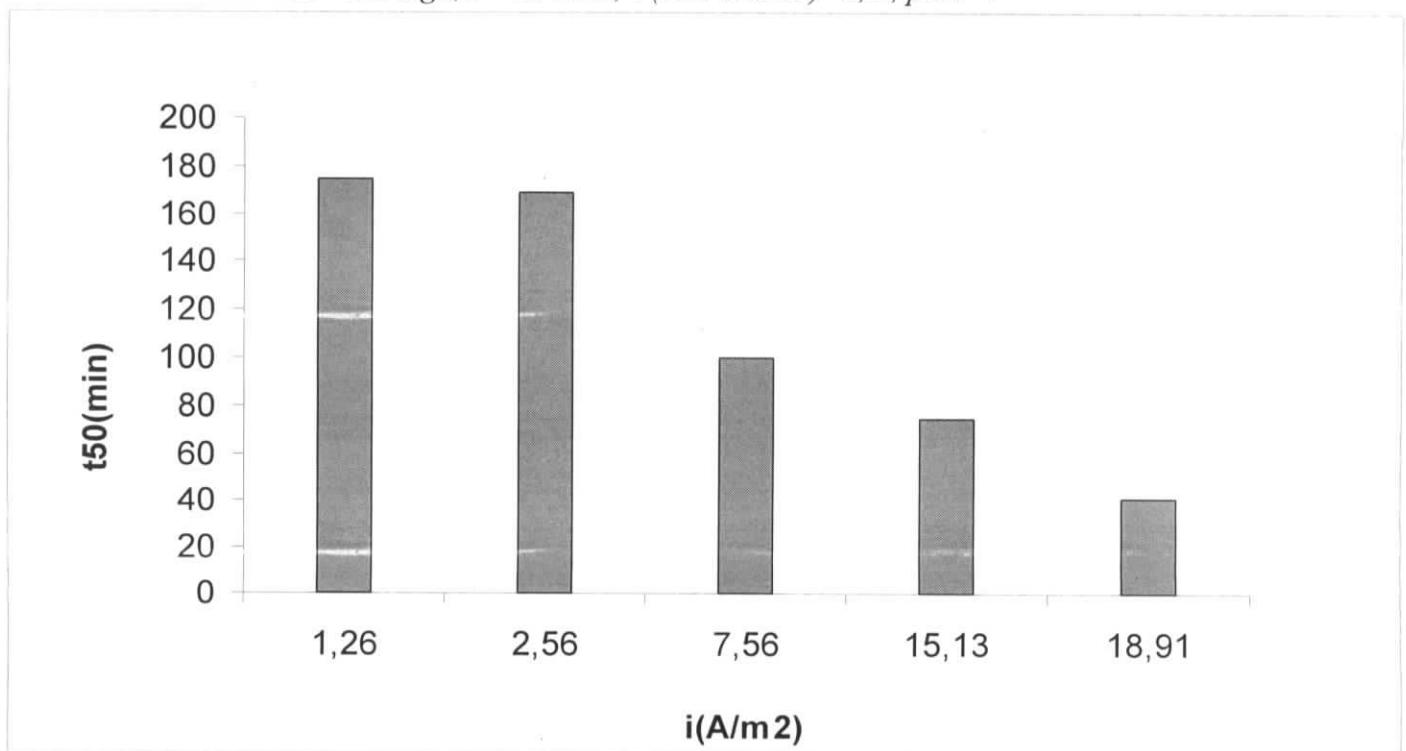


Figure N°9 : Influence de la densité de courant sur le temps nécessaire pour atteindre 50% de la concentration initiale en métribuzine., $C_i=200 \text{ mg/l}$, $i= \text{variable}$, $V(\text{métribuzine})=1,2\text{l}$, $\text{pH } i=7$

IV. 2. Influence du pH initial :

L'effet du pH initial de la solution synthétique sur l'électrocoagulation de la métribuzine a été étudié comme suit.

Nous avons fait varier les pH initiaux des solutions synthétiques de métribuzine préparées, en ajustant les pH acides avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl 1N) et les pH alcalins avec une solution de soude (NaOH 1N) de façon à aboutir aux pH voulus.

Tous les autres paramètres sont gardés constants durant les manipulations à savoir la teneur initiale en métribuzine 200 mg/l, la densité de courant à 18.91 A/m^2 .

L'observation des courbes de la figure N°10 qui présentent l'évolution de la concentration de la métribuzine en fonction du temps d'électrocoagulation montrent que le traitement de la métribuzine est plus efficace pour des pH acides que pour les pH alcalins, on arrive à un rendement d'élimination élevé pour des pH acides qui est supérieur à 80%, et cela peut s'expliquer aussi à l'aide des diagrammes de POURBAIX qui représentent l'évolution des potentiels en fonction du pH des solutions $E=f(\text{pH})$. Dans notre cas à pH acide on a la formation des hydroxydes de type $\text{Fe}(\text{OH})_3$ qui est la forme la plus oxydée de couleur marron brun et qui a flocculé la métribuzine contrairement aux pH alcalins où on a la formation d'hydroxydes de type $\text{Fe}(\text{OH})_2$ qui possède un nombre d'oxydation de 2.

Sur la courbe représentée sur la figure N°11 on a porté le temps t_{50} nécessaire pour avoir un abattement de 50%. Ceci nous renseigne sur la gamme de pH dans laquelle il faut opérer.

On obtient la meilleure cinétique d'élimination pour des pH compris entre 4 et 6,5. Pour la suite des expériences on fixe le pH à 6.

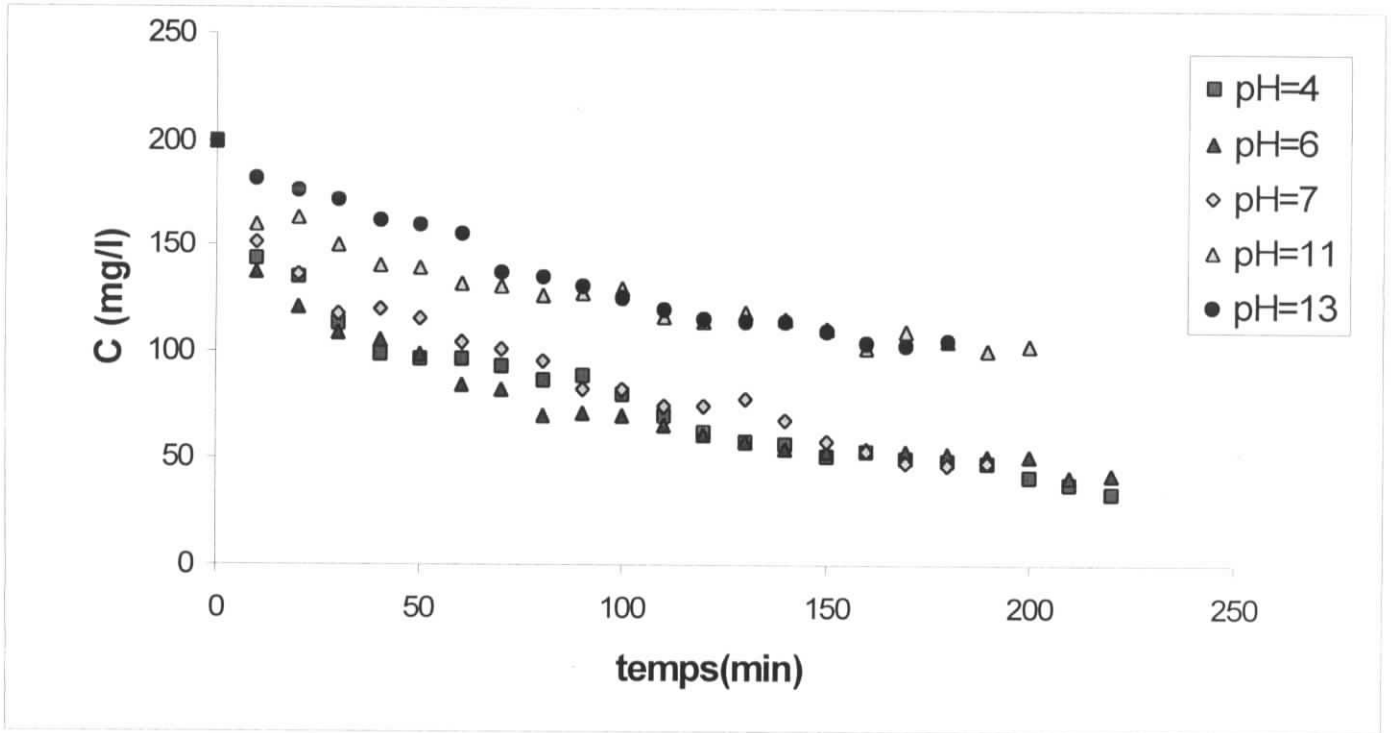


Figure N°10: Influence du pH initial sur l'abattement de la concentration de la métribuzine
 $C_i=200$ mg/l, $i= 18,91$ A/m², $V(\text{métribuzine})=1,2$ l, $pH_i=\text{variable}$

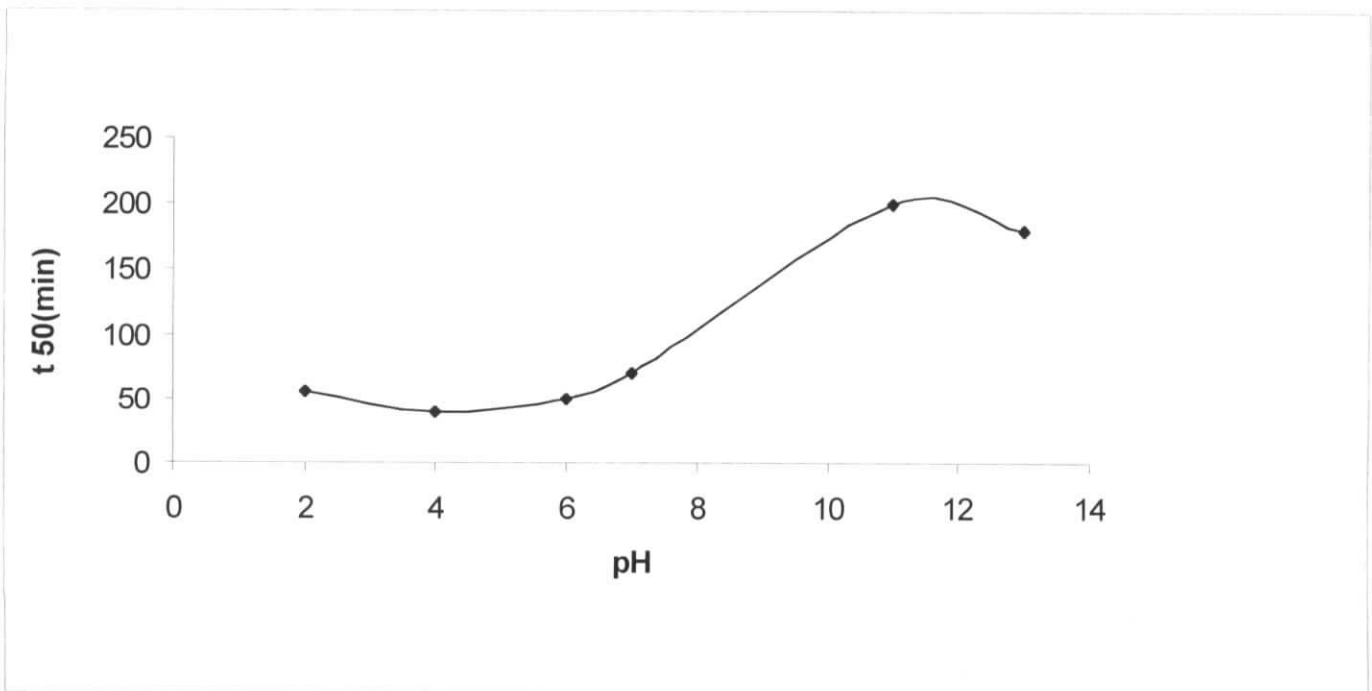


Figure N°11: Influence du pH sur le temps nécessaire pour atteindre un abattement de 50% de la concentration en métribuzine. $C_i=200$ mg/l, $i= 18,91$ A/m², $V(\text{métribuzine})=1,2$ l, $pH_i=\text{variable}$

IV.3. Influence de la teneur initiale en métribuzine sur l'électrocoagulation :

Pour étudier l'influence de la concentration initiale de la métribuzine nous avons réalisé cette série de manipulations, pour cela nous avons fait varier celle-ci de 50 à 300 mg/l et ensuite avons observé son élimination dans le temps en appliquant un champ électrique. Tous les autres paramètres sont gardés constants durant les manipulations à savoir la densité de courant à 18.91 A/m^2 et le pH initial à 6.

Les résultats obtenus représentant l'évolution de la teneur en métribuzine en fonction du temps pour différentes concentrations initiales en métribuzine sont représentés sur la figure N°12.

Cette figure nous montre que les courbes ont la même allure ce qui explique qu'il y a un abattement de la concentration en métribuzine pour toute la gamme de concentrations utilisées, Pour mieux voir l'abattement de la concentration en métribuzine, on a reporté sur la figure N°13 représentant le rapport des concentrations au cours du temps sur les concentrations initiales en fonction du temps. L'examen de ces courbes expérimentales (figures N°13) nous montre que le taux d'élimination augmente pour des concentrations initiales en métribuzine inférieures à 250 mg/l, et diminue pour des concentrations initiales en métribuzine supérieures à 250 mg/l ce qui peut être expliqué par le fait d'utiliser des teneurs élevés en métribuzine il faut attendre un temps pour que les hydroxyles soient générés et flocculer la métribuzine, par conséquent l'élimination est retardée.

Nous avons déterminé le temps t_{50} pour atteindre 50% d'abattement de la teneur initiale en métribuzine. Pour cela on a porté sur la figure N°14, l'évolution du temps nécessaire t_{50} à l'électrocoagulation de la solution de métribuzine en fonction de la concentration utilisée, dans cette courbe on voit mieux l'influence des différentes concentrations ou le temps de demi-vie de la métribuzine est élevé pour une teneur en métribuzine égale à 300 mg/l.

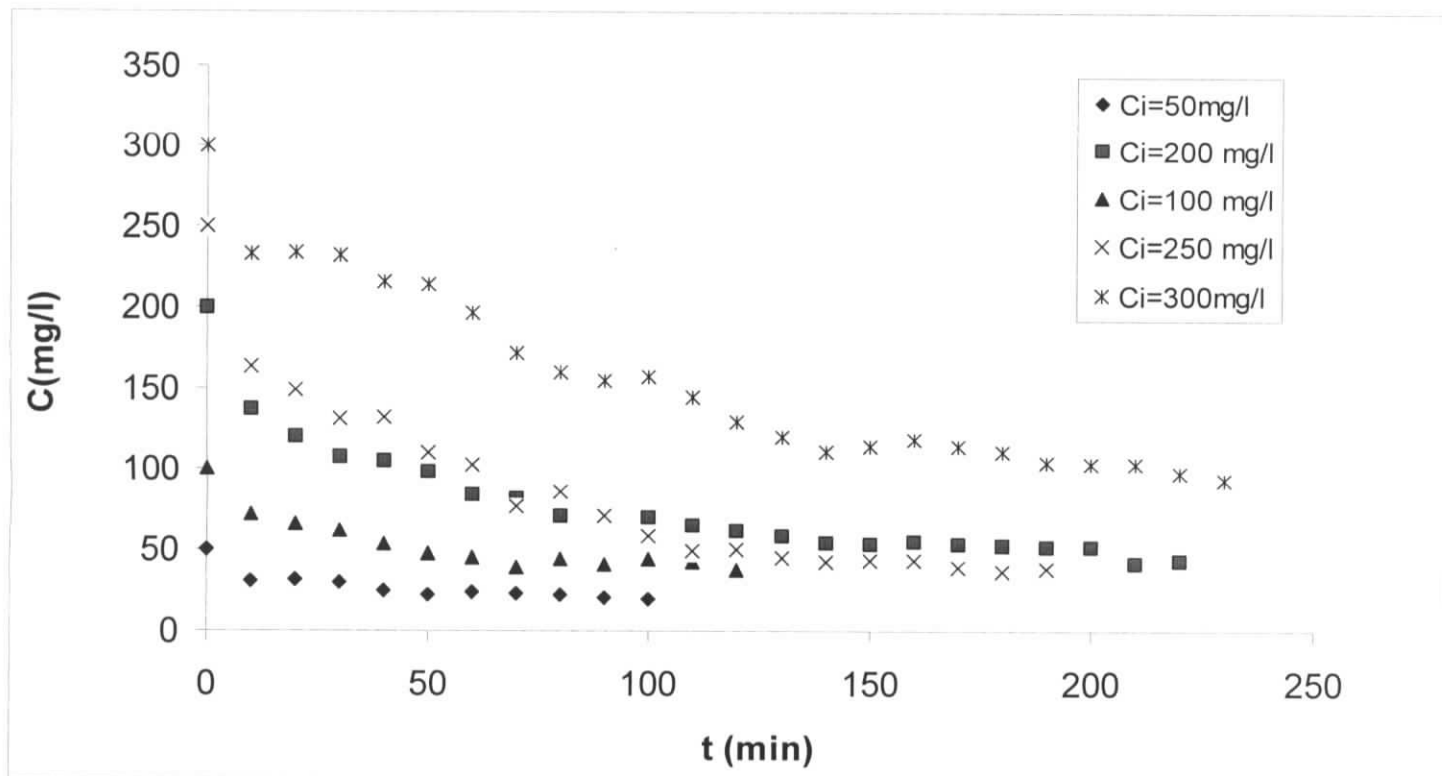


Figure N°12: Influence de la concentration initiale sur l'abattement de la concentration de la métribuzine , C_i =variable, $i=18,91A/m^2$ $V(\text{métribuzine})=1,2l$, $pH\ i=6$

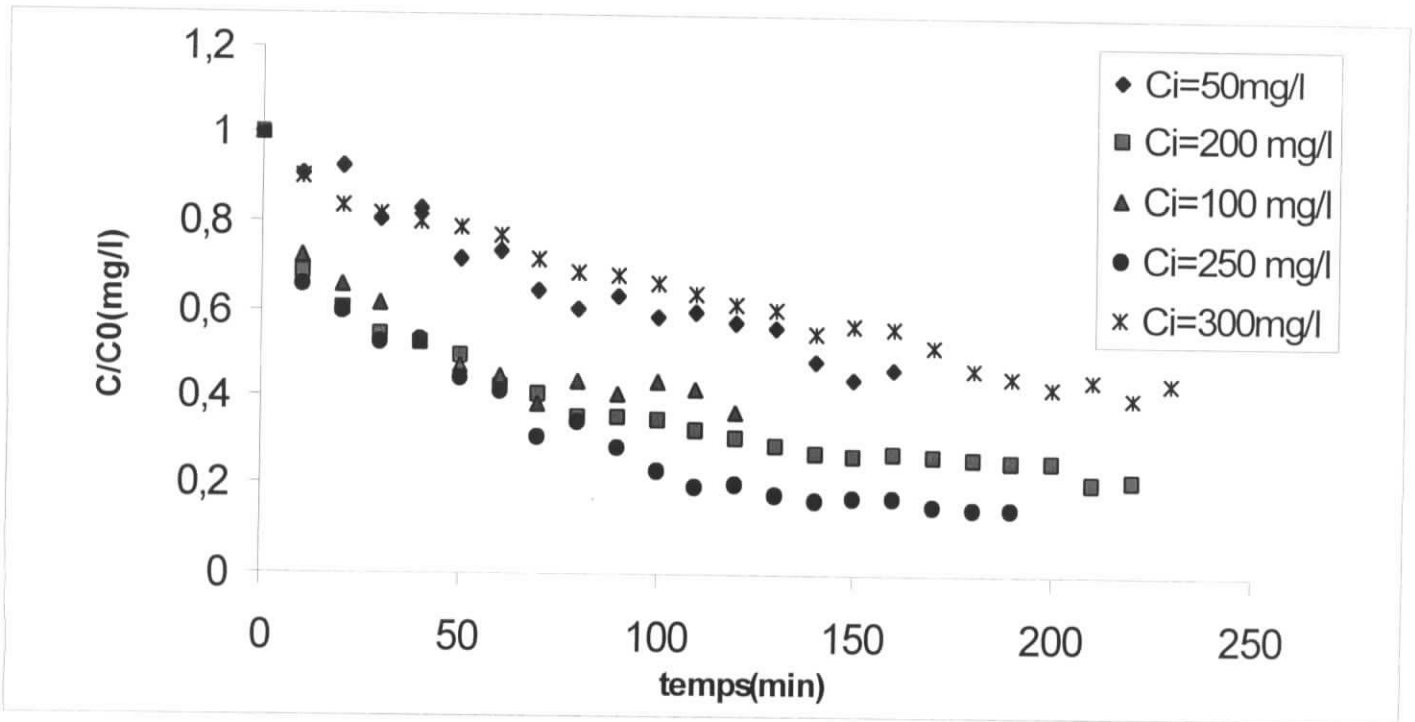


Figure N°13: Influence de la concentration initiale sur l'abattement de la métribuzine, C_i =variable, $i=18,91A/m^2$ $V(\text{métribuzine})=1,2l$, $pH i=6$

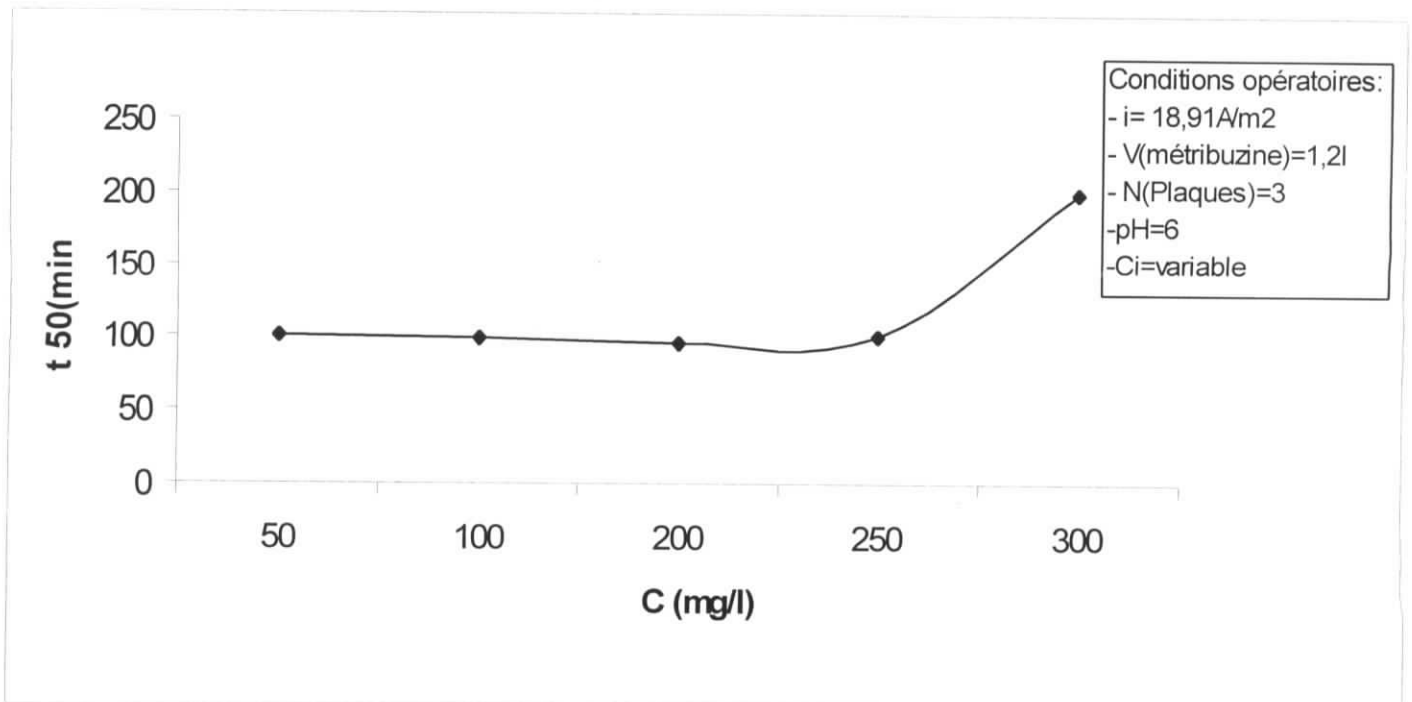


Figure N°14: Influence de la concentration initiale sur le temps nécessaire pour atteindre un abattement de 75% de la concentration en métribuzine., C_i =variable, $i=18,91A/m^2$ $V(\text{métribuzine})=1,2l$, $pH i=6$

IV.4. Influence de la salinité :

Afin d'étudier l'influence de la teneur en sel sur l'élimination de la métribuzine, nous avons réalisé cette série d'expériences.

Pour faire varier la salinité, on a utilisé le chlorure de sodium NaCl. Autrement dit sel de table, sel neutre et aprotique à différentes concentrations de 0.50 à 20g/l, les autres paramètres déjà optimisés auparavant (densité de courant, pH, concentration initiale en métribuzine) sont gardés constants.

Nous avons ensuite suivi l'évolution de la concentration de la métribuzine en fonction du temps d'électrocoagulation pour différentes salinités. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure N°15.

Cette figure nous montre que le taux d'abattement de la concentration de la métribuzine est plus significatif pour les faibles concentrations en NaCl.

Cela peut être attribué à une compétition entre NaCl et la métribuzine lors de l'adsorption, on remarque que pour les différentes salinités, la quantité de l'écume devient de plus en plus faible et très compacte à cause de l'absence de dégagement gazeux lorsque la concentration en NaCl augmente, et que la conductivité en fin d'expérience se trouvent réduite (pour une salinité de 20g/l, la conductivité initiale était de 29.8 mS et la finale de 27 mS).

La figure N°16 corrobore les affirmations que nous avons avancées ci-dessus et que lorsque la salinité diminue, les meilleurs traitements de la métribuzine sont obtenus. En effet l'influence négative de la salinité sur la cinétique de l'électrocoagulation est constatée.

Pour la suite de nos essais, nous avons adopté la valeur de 0.5 g/l comme concentration du sel à ajouter à la solution synthétique de métribuzine, quoique qu'elle n'offre pas les meilleurs résultats d'élimination, cependant, nous avons jugé que ce rajout du sel est nécessaire, car elle permet d'abaisser la tension appliquée aux électrodes très sensiblement (de 16.5 à 6.2 volts) . Par ailleurs une telle teneur en sel permet par le fait des piqûres dus à l'ion Cl⁻ sur les électrodes de casser la fine couche d'oxydes de fer qui se forme qui finirait par altérer les performances du réacteur

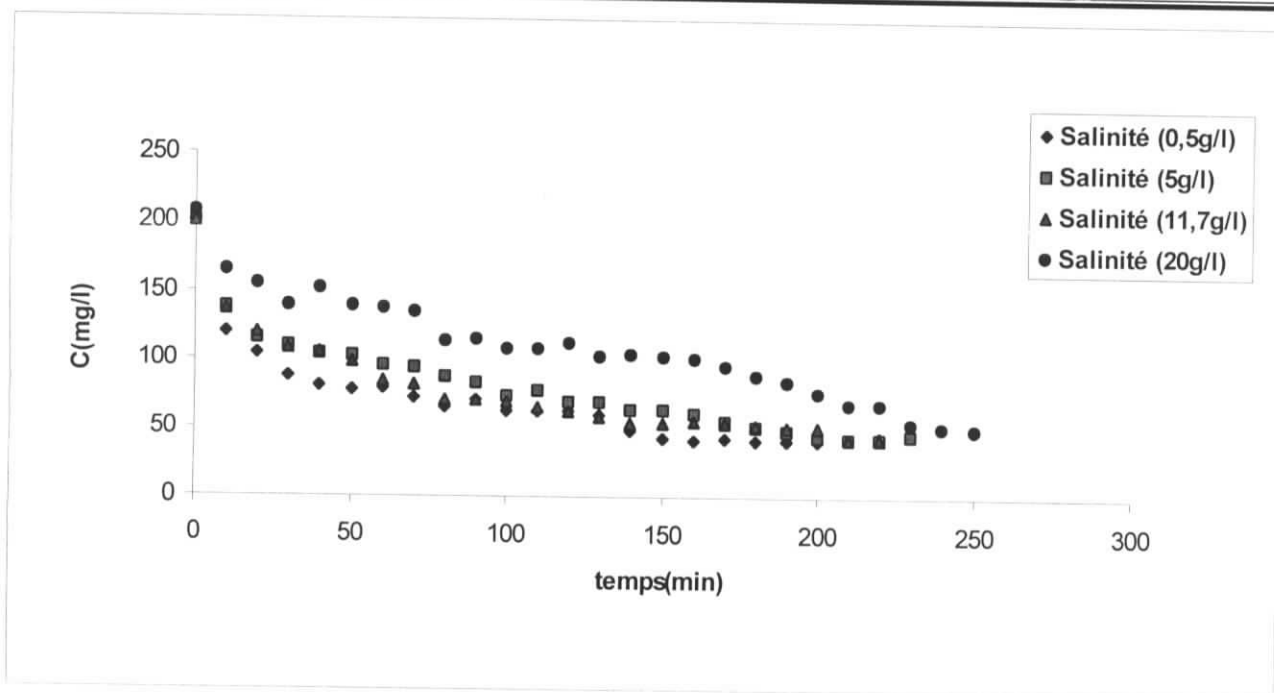


Figure N°15: Influence de la salinité sur l'abattement de la concentration de la métribuzine, $C_i=200$ mg/l, $i=18,96A/m^2$, $V(\text{métribuzine})=1,2l$, $pH=6$, Salinité= variable

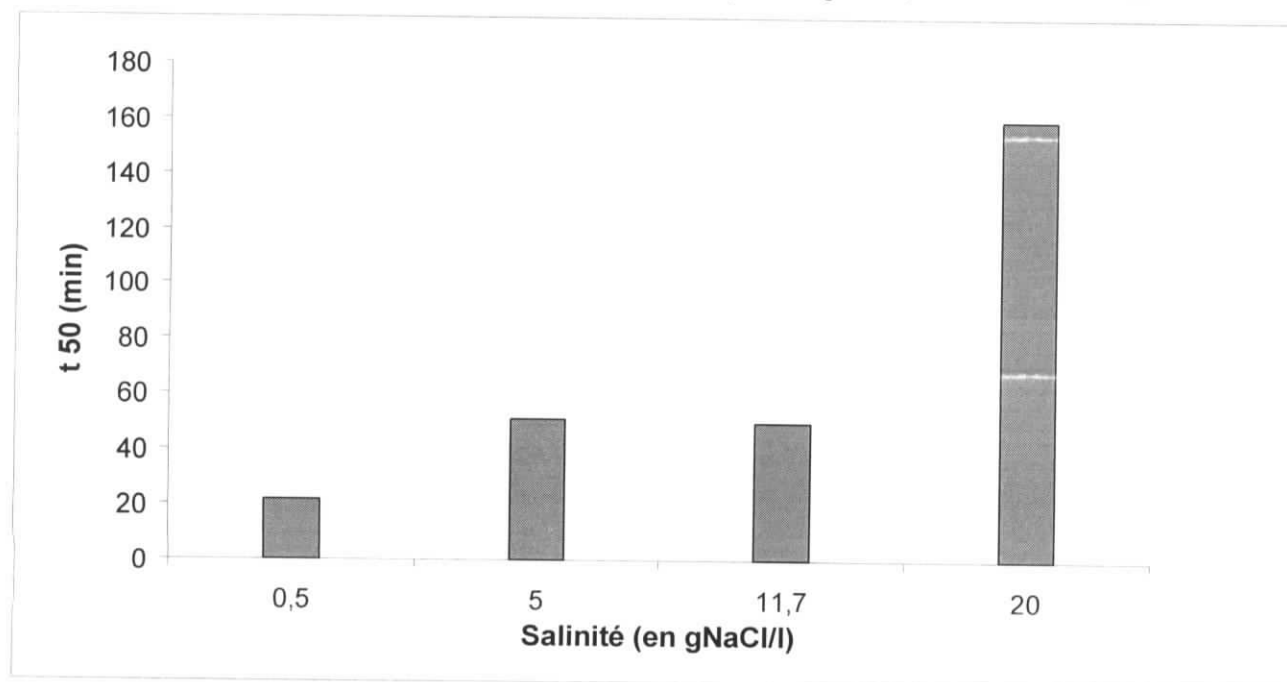


Figure N°16: Influence de la concentration de NaCl sur le temps nécessaire pour atteindre un abattement de 50% de la concentration en métribuzine. $C_i=200$ mg/l, $i=18,96A/m^2$, $V(\text{métribuzine})=1,2l$, $pH=6$, Salinité=variable.

IV.5. Influence de la vitesse de circulation :

A la fin des séries d'essais sur le traitement de la métribuzine par électrocoagulation, nous nous sommes intéressés à étudier et évaluer l'influence de la vitesse de circulation sur l'élimination de la métribuzine.

Pour faire varier le débit, on a recours simplement à un jeu de vannerie, pour les autres paramètres, globalement nous avons gardé les valeurs déjà optimisées à savoir pour la teneur initiale de la métribuzine à 200 mg/l, le potentiel hydrogène 6, la densité de courant à 18.91A/m².

L'évolution de la concentration en métribuzine en fonction du temps d'électrocoagulation pour différentes vitesses de circulation est suivie et illustrée sur la figure N°17.

A partir des courbes de la figure N°17, Nous avons déterminé pour chaque cas, le temps t_{50} et on a reporté les temps t_{50} en fonction des débits de circulation, La figure obtenue (figure N°18) démontre bien que la vitesse de circulation à une très forte incidence sur la cinétique d'élimination pour de faibles débits de circulation, de sorte que plus on augmente le débit de circulation le temps nécessaire diminue.

L'amélioration du temps nécessaire à l'électrocoagulation t_{50} est obtenue pour la simple raison que le fait de diminuer le débit de circulation, favorise le contact (métribuzine-électrodes) et évacue les floccs formés.

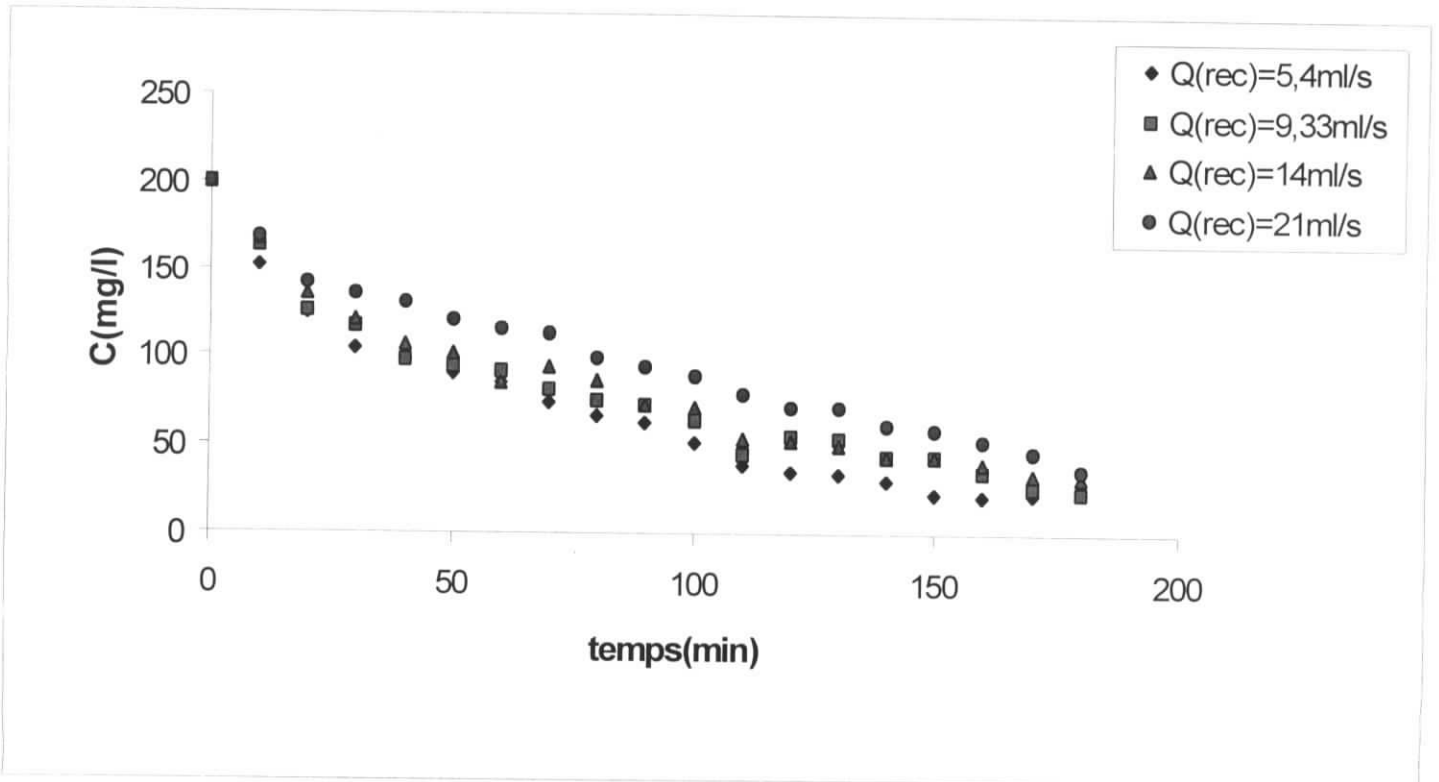


Figure n°17: Influence de la vitesse de recirculation sur l'abattement de la concentration en métribuzine. $C_i=200\text{ mg/l}$, $i=18,96\text{A/m}^2$, $V(\text{métribuzine})=1,2\text{l}$, $\text{pH}=6$, $Q(\text{recirculation})=\text{variable}$

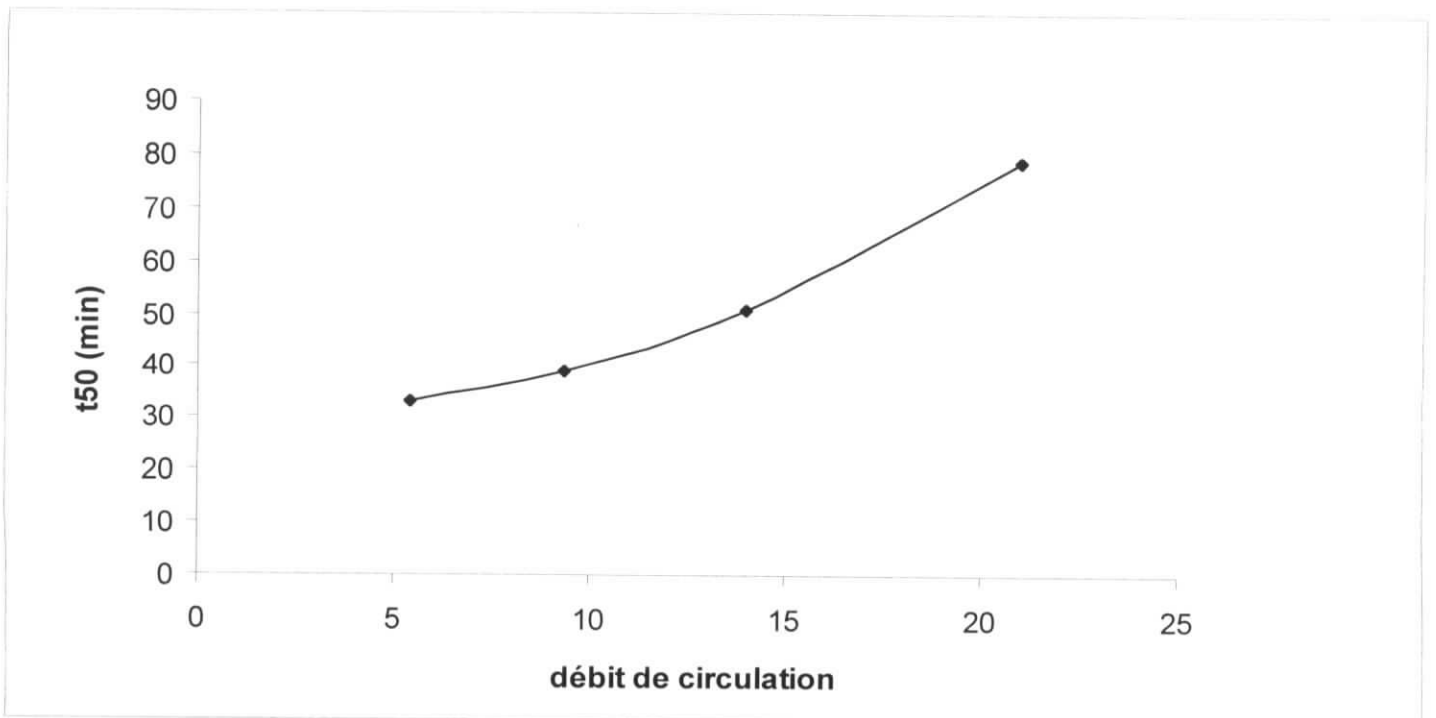


Figure N°18: Influence du débit de circulation sur le temps nécessaire pour atteindre un abattement de 50% de la concentration en métribuzine. $C_i=200\text{ mg/l}$, $i=18,96\text{A/m}^2$, $V(\text{métribuzine})=1,2\text{l}$, $\text{pH}=6$, $Q(\text{circulation})=\text{variable}$

V. Essais en continu :

Dans cette partie, nous avons étudié l'influence du débit d'alimentation sur le temps d'électrocoagulation.

Ce mode de fonctionnement permet de tracer les courbes concentrations en métribuzine en fonction du temps. Dans ce but nous avons s le montage déjà présenté auparavant (voir figure N°4).

V. Influence du débit :

Lors de cette étude de l'influence du débit d'alimentation sur l'électrocoagulation de la métribuzine, nous avons fait la gamme des débits d'alimentation de 30 à 90 ml/min, gamme traditionnellement utilisée dans l'industrie.

Pour les autres paramètres, ils restent fixes, leurs valeurs sont celles optimisées au préalable lors des essais en discontinus (voir tableau N°4).

Tableau N°3 : Valeur des paramètres expérimentaux utilisés

densité de courant	18.91 A/m ²
Concentration	200 mg/l
PH	6
Débit	variable (de 30 à 90 ml/min)

Sur la figure N°19, nous avons reporté les résultats de ces essais à savoir l'évolution de la teneur en métribuzine en fonction du temps d'électrocoagulation et ce, à différents débits. Pour mieux observer cette influence, nous avons déterminé le temps t_{50} pour chaque essai de débit, l'évolution du temps nécessaire t_{50} à l'électrocoagulation de la solution de métribuzine du débit utilisé est reporté sur la figureN°20.

La figure N°20 nous montre que plus le débit d'alimentation est faible plus nous obtenons de meilleurs rendements d'élimination de la métribuzine. Cette décroissance de la courbe peut être expliquée par le temps de séjour élevé attribué à la molécule de la métribuzine dans le réacteur d'électrocoagulation pour une élimination efficace.

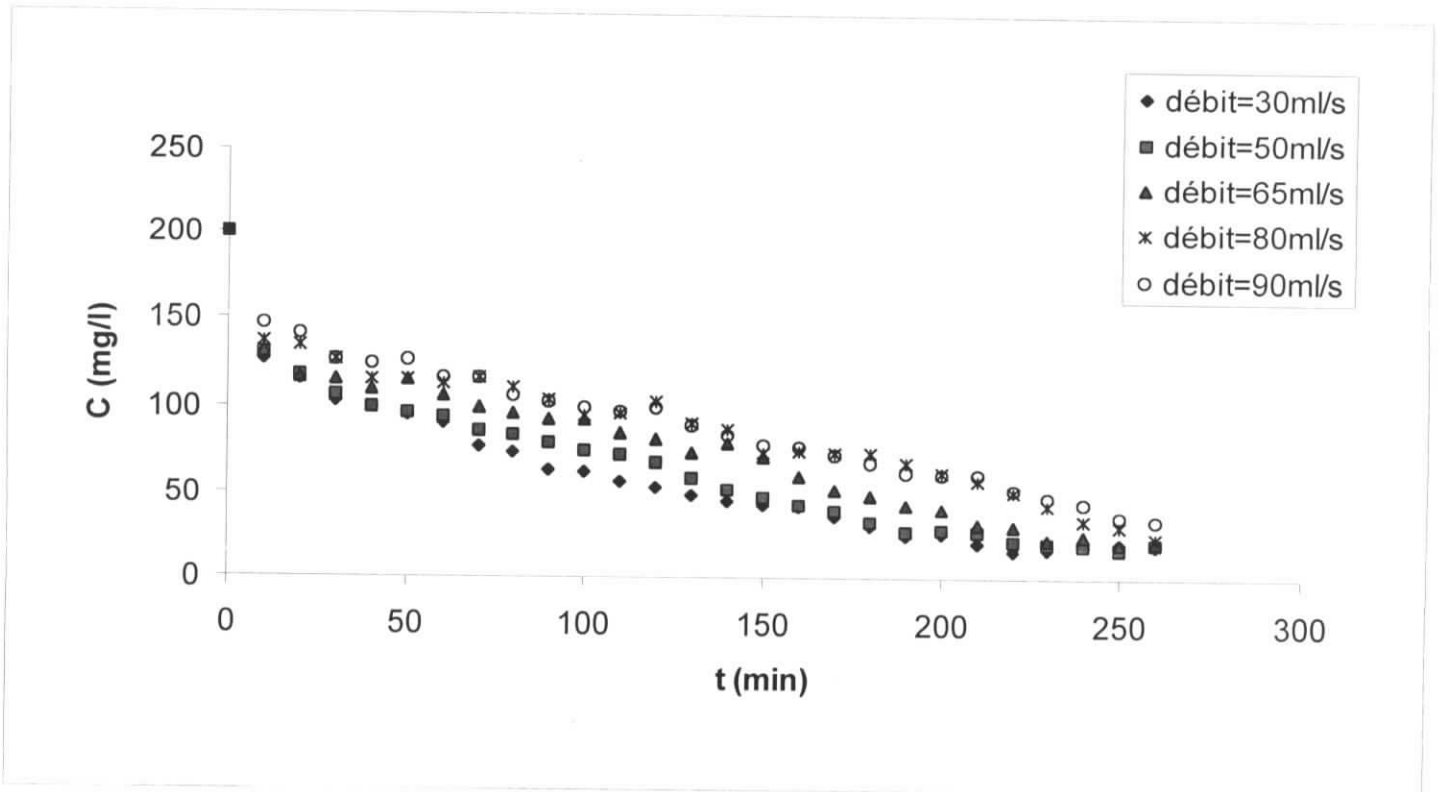


Figure N°19: Influence du débit d'alimentation sur le temps d'électrocoagulation. $i = 8,91A/m^2$, $pH=6$, $C_i=200$ mg/l, débit = variable

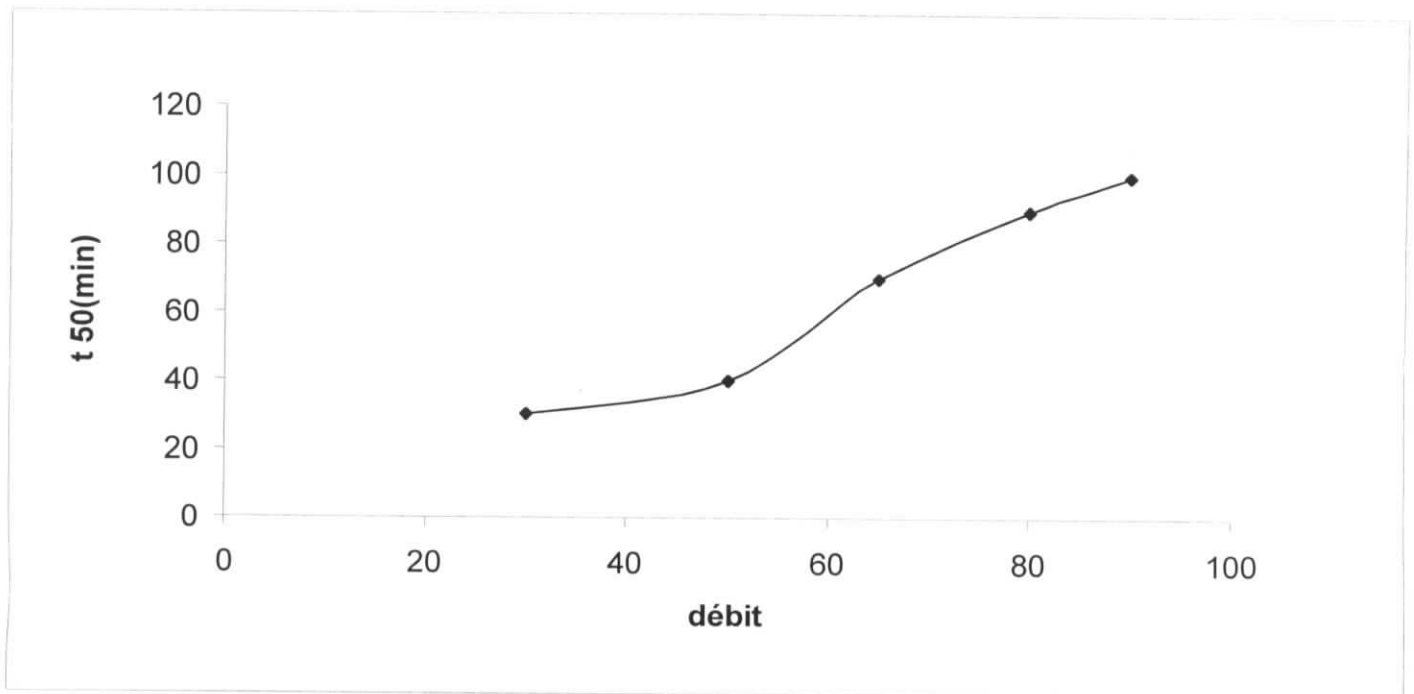


Figure N°20 : Influence du débit d'alimentation sur le temps nécessaire pour atteindre un abattement de 50% de la concentration en métribuzine., $i = 8,91A/m^2$, $pH=6$, $C_i=200$ mg/l, débit = variable

Conclusion

La coagulation- floculation figure parmi les procédés conventionnels pour traiter les rejets liquides des industries de fabrication et ou de conditionnement des pesticides. Cette dernière donne des résultats probants mais cependant non satisfaisants. En effet les eaux traitées à la fin du procédé contiennent toujours une quantité donnée en pesticides.

Notre travail s'inscrit dans cette optique, où nous avons mis en œuvre une nouvelle méthode innovatrice qui est l'électrocoagulation bipolaire, procédé électrochimique qui est une combinaison de l'électrolyse et la floculation. L'électrocoagulation bipolaire présente l'avantage d'une utilisation sans apport externe de produits, elle peut remplacer la méthode conventionnelle de coagulation-floculation.

Au cours de nos expérimentations, nous avons pris comme molécule témoin la métribuzine molécule très difficile à dégrader par les méthodes conventionnelles. En effet, nous avons réalisé la dégradation de la métribuzine en solution. et en deux modes de fonctionnement :

- ❖ En mode discontinu (batch) : où nous avons optimisé les paramètres expérimentaux tels la densité de courant, le pH initial de la solution , la teneur initiale en métribuzine , la salinité et la vitesse de circulation .
- ❖ En mode continu : où nous avons étudié l'influence du débit d'alimentation sur l'électrocoagulation en appliquant les paramètres déjà optimisés en mode continu.

En faisant varier la densité de courant de 1,25 à 18,91A/m² nous avons observé que la dégradation de la métribuzine est réalisée pour toutes les densités de courant utilisées.

En faisant varier le pH de 2 à 11, nous avons remarqué que les meilleurs traitements étaient obtenus pour des pH acides où on a la formation des hydroxydes de type $\text{Fe}(\text{OH})_3$ qui font flocculer la métribuzine. Un abattement de 80% a été réalisé. Le pH optimal dans ces conditions opératoires est de 6.

L'étude de l'influence de la teneur initiale en métribuzine a montré que pour toutes gammes en métribuzine de 50 à 300 mg/l, des dégradations appréciables sont obtenues. Par exemple, pour une teneur initiale en métribuzine de 250 mg/l, un taux d'abattement avoisinant les 85 % est réalisé.

Nous avons remarqué aussi la cinétique d'abattement est de même ordre de grandeur pour des concentrations inférieures ou égales à 250 mg/l. La cinétique devient moins rapide à partir de cette concentration.

L'étude de la salinité nous a montré qu'une faible teneur en NaCl (de l'ordre de 0.5 g/l) suffit pour assurer une bonne électrocoagulation de la métribuzine.

En faisant varier la vitesse de circulation de 5.4 à 30 ml/s nous avons observé que la vitesse de circulation a une très forte incidence sur la cinétique d'élimination pour de faibles débits de circulation, de sorte que plus on augmente le débit de circulation le temps t_{50} nécessaire pour atteindre un abattement de 50% de la concentration initiale en métribuzine diminue. Ceci peut s'expliquer par le fait d'opérer pour de faibles débits fait augmenter le temps de séjour de la solution de métribuzine à traiter. Ce qui fait que le temps d'élimination est faible.

Pour les essais en continu, nous avons fait varier le débit d'alimentation de 30 à 90 ml/min. Pour les autres paramètres, nous avons gardé les valeurs déjà optimisées en discontinu à savoir la densité de courant à 18.91 A/m^2 , le pH initial en métribuzine à 6, la concentration initiale à 200 mg/l et la salinité à 0,5 g/l. nous avons observé que les traitements d'élimination les plus efficaces sont obtenus pour des débits compris entre 30 et 50 ml/min. En effet cette zone correspond à un temps de séjours suffisant pour permettre une élimination efficace.

En conclusion le procédé d'électrocoagulation à électrodes bipolaires cylindrique à permis d'éliminer une grande concentration de métribuzine dans l'eau, la cinétique d'élimination est une fonction exponentielle dans le temps.

L'utilisation des électrodes cylindriques a un double avantage

- ❖ l'augmentation de la surface anodique.
- ❖ répartition homogène des lignes de champ électrique.

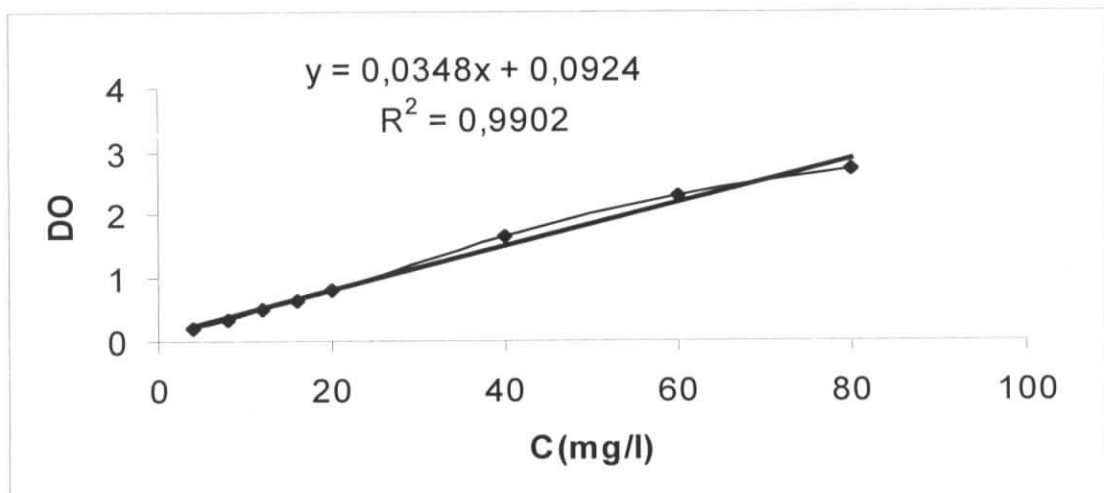
Les résultats obtenus dans ce projet sont très probants et montrent que le système à électrodes bipolaires cylindriques est un procédé très intéressant pour l'élimination de la métribuzine et pourrait faire l'objet d'utilisation à l'échelle industrielle.

DETERMINATION DE LA COURBE D'ETALONNAGE

Etant assuré de la validité des conditions de la loi de **BEER-LAMBERT** , on procède à déterminer la courbe d'étalonnage ,qui servira ensuite pour le calcul des concentrations lors des analyses,et pour cela on procède de la manière suivante :

On analyse des solutions étalons préalablement préparées, à divers concentrations de Métribuzine dans l'eau.

L'allure de la courbe obtenue $DO=f(C)$ est une droite.



Courbe d'étalonnage

- [01] **KHELIFA.Z** « *Etude de la décoloration des eaux usées traitées de l'unité textile de D.B.K* ».Projet de fin d'étude, E.N.P,1988.
- [02] **RODIER.J** « *Analyse de l'eau* » 7^{ème} édition, Dunod, Paris,1984.
- [03] **DEGREMONT** « *Mémento technique de l'eau* ».Edition Dunod, Paris, 1984.
- [04] **MAJEWSKA N** «*Effect of flow conditions on ultrafiltration efficiency of dye solution and textiles effluents*». Tome 1.
- [05] **MEINKH F, STOOF H, KOHLSCHLIMER** « *les aux résiduelles industrielles* ». 2^{ème} édition, Masson,1977.
- [06] **GHERBI R et DJEBLOUN M** « *Contribution à l'étude de la décoloration de solutions aqueuses par ultra filtration et/ou floculation* ». Projet de fin d'étude, I.C.I, U.S.T.H.B, 1990.
- [07] **DAOUDI A. et NEZZAL F.** « *Adsorption sur charbon actif du rouge écarlate* ». Projet de fin d'étude,Institut de chimie, U.S.T.H.B, 1988.
- [08] **SADEDDINE K** « *Etude de la décoloration des eaux usées de cotitex de D.B.K par procédé coagulation-floculation* ». Projet de fin d'étude, E.N.P,1997.
- [09] **HEDAYATULLAH M** « *Les colorants synthétiques* ».4^{ème} trimestre, 1^{ère} édition, 1976.
- [10] **WINNACKET K. et KOCHLER L.** « *Chimie organique* ». 3^{ème} partie, Edition Eyrolles, Paris, 1968.
- [11] **RAHAL F** « *Purification des eaux résiduaires contenant le bleu méthylène, l'ecarlate solophynil BNL , le jaune KOARUS. FB et le bleu ASTRAZON à l'aide de la bentonite (Roussel) de Maghnia* » Thèse de magister,Institut de chimie, U.S.T.H.B, 1992
- [12] **MAES M** « *Les résidus industriels : traitement , valorisation et législation* ».Entreprise moderne d'édition technique et documentation, Paris,1994.
- [13] **BENABDESLEM** « *Cours d'écologie* ».Université de Blida, 1989- 1990.

- [14] **SADAT T** « *Extraction et séparation des acides aminés par électrodialyse* ».Thèse de magister, E.N.P,1996.
- [15] **AUDINOS R** « *Technique de l'ingénieur* ». P₃ , pp 1825-1, 1825-14.
- [16] **GERARD D** « *Technique de l'ingénieur* ». P₃ ,pp 2815-1, 2815-13.
- [17] **GUINIER A.** « *Technique de l'ingénieur* ». J₂ III, pp 1810-1,1810-10.
- [18] **ROUX DE BALMAN H** « *Technique de l'ingénieur* ». J₂ II, pp 2786-1, 2786-9.
- [19] **YEDDOU N** « *Cours biochimie* ».U.S.T.H.B,1999-2000.
- [20] **OUSSEDIK S. M** «*Amélioration de l'ultrafiltration par promoteur de turbulence couplé à un champ électrique* ». Thèse de magister, E.N.P, 1996.
- [21] **YEDDOU A. R** « *Défluoruration des eaux du sud algérien par le procédé d'électrocoagulation* ». Thèse de magister, E.N.P,1995.
- [22] **LINS H** « *Electrochemical method to remove fluorine from drinking water*». Water supply, 3 (1). Page 177- 186, 1985.
- [23] **LIU MING et al.** «*Elimination of excess fluoride in potable water with conservation by electrolysis using an aluminium anode*». Fluoride, 20 (2). pp. 54-63. 1983.
- [24] **PRISYAZHNYUK B. L.** «*Electrolytic defluorination of waste water and natural water using alternating current* ». Khim.prom. 24(9). Page 520-521. 1992.
- [25] **LIN S.H & PENG C.F** « *Continuous treatment of textile wastewater by combined coagulation, electrochemical oxidation and activated sludge* ». Water research, Volume 30. N°3. pp 587-592, 1996.
- [26] **MAMERI N, YEDDOU A. R, LOUNICI H, BELHOCINE D, GRIB H et BARIOU B** « *Defluoridation of septentrional sahara water of north Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminium electrodes* ». Water research, Volume 32. N°5, pp 1604-1612, 1998.