



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :

N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par :HERMA Aida

Thème

Dépollution de l'eau par extraction liquide-liquide
d'acides carboxyliques

Soutenu publiquement le : 10/06/2013

Devant le jury :

M. BENBRAHIM Fouzi	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. HALILAT Mohamed T	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. HADJ SEYD Abdelkader	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M.MAGOUN Mohamed S	Maître Assistant B	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2012/2013



DEDICACES



Je dédie ce présent mémoire

*A mes chers parents qui ont
toujours veillé sur moi,*



A mes sœurs et frères

A toute ma famille

&

A tou (te)s mes ami(e)s



A tous ceux qui me sont chers.



aida



Remerciements

je souhaite remercier ici un certain nombre de Personnes: qui m'ont



aidé à réaliser ce travail :

Avant tout, j'adresse mes plus sincères remerciements à mon encadreur

Monsieur HALILAT Mohamed T Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude pour avoir accepté de m'encadrer.

Je tiens à remercier Monsieur HADJ SEYD. Aek d'avoir dirigé et pour sa présence, son aide et sa patience.

Ma reconnaissance va également à mes collègues du collège de Thenia al djadida Ahmed



HERWINI surtout son directeur Monsieur ,BOUMEHRESE .B ainsi qu'à M. laboriste pour les témoignages de sympathie et l'aide morale.



Aux membres de jury qui ont bien voulu examiner et évaluer ce travail, afin de l'enrichir davantage par leurs remarques, critiques et conseils

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont



contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.



aida



Table de matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01

Chapitre I-Synthèse bibliographique

Partie 1- Pollution des eaux

I	Définition	06
II	les causes de pollution	06
III	Types de pollution	07
III.1	pollution physique	07
III.1.1	Pollution mécanique	07
III.1.2	Pollution thermique	07
III.1.3	Pollution radioactive	08
III.2	Pollution chimique	08
III.2.1	Pollution organique	08
III.2.1.1	Pollution par les hydrocarbures	08
III.2.2	Pollution minérale	09
III.2.2.1	Métaux lourds	09
III.2.2.2	Pollution d'azote	09
III.3	Pollution microbiologique	09
IV.	Classification des polluants	10
IV.1	Nature de la matière polluante	10
	Matière organique	10
	Matière minérale	10
IV.2	Forme des polluants	10
	Matière soluble	10
	Matière insoluble	11
IV.3	Toxicité	11
V	Paramètres de mesure de la pollution	11
V.1	Paramètres organoleptiques	11
V.1.1	Couleur	11
V.1.2	Odeur	11
V.2	Paramètres physiques	12
V.3	Paramètres chimiques	12
V.3.1	Demande chimique en oxygène (DCO)	12
V.3.2	Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	13

V.3.3	Carbone total organique COT	13
V.4	Autres paramètres	13
VI	Impact de la pollution	14
VI.1	Sur le milieu naturel	14
VI.2	Sur l'économie	14
VI.3	Au milieu aquatique	15
VI.4	Sur la santé humaine	16

Partie 2- Les acides Carboxyliques

I	Définition des acides Carboxyliques	17
II	Classification et nomenclature	17
II.1	Les acides gras	18
II.1.1	Acide Acétique	18
II.1.2	Acide Formique	20

Partie 3- Méthodes de traitement et de dépollution des eaux

I	Coagulation	22
II	Filtration	24
II.1	Filtration sur membrane	24
II.2	Filtration sur structure plane	24
II.3	Filtration sur lit	25
III	Désinfection chimique	25
IV	Microtamisage	25
V	La décantation	25
VI	La flottation	26
VII	Les séparations membranaires	26
VIII	Précipitation	26
IX	traitements par des procédés biologiques	26
X	Extraction liquide- liquide	27
X.1	Définition	27
X.2	Principe	27
X.3	Matériel	28
X.4	Processus de l'extraction	28
X.5	Différents types d'extraction liquide-liquide	28
X.5.1	Simple équilibre	28
X.5.2	Extraction multiple	29
X.6	Avantages de l'extraction liquide-liquide	29
X.7	Inconvénients de l'extraction liquide-liquide	29

Chapitre II- Matériels et méthodes

I	Matériels et méthodes	31
I.1	Paramètres de suivi	33
I.2	Etalonnage et préparation des solutions	33
I.3	Etude de l'effet du pH sur l'extraction	36
I.4	Etude de l'effet du coefficient de partage sur l'extraction	36
I.5	Etude de l'effet du volume de solvant sur l'extraction	36

Chapitre III- Résultats et discussion

Résultats et discussions	38
Effet de pH sur l'extraction	38
Cas de l'acide formique	38
Cas de l'acide acétique	40
Etude l' influence de coefficient de partage sur extraction	41
Etude l' influence du volume de solvant sur l'extraction	45
Conclusion et perspective	48
Références bibliographique	51

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Temps de liaison de plusieurs particules selon le diamètre	23
02	Valeurs de Rendement et le taux de partage pour l'extraction de l'acide formique en fonction du pH (solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^{\circ}C$)	38
03	Le Rendement (R) et le taux de partage (D) pour l'extraction de l'acide acétique en fonction du pH (solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^{\circ}C$)	41
04	Valeurs des entités étudiées des acides carboxyliques déterminées expérimentalement.	31
05	Valeurs du coefficient de partage des entités extraites dans les solvants : butan-1-ol, pentan-1-ol et cyclohex-1-ol	42
06	Le Rendement(R) et le taux de partage (D) en fonction de Kp pour l'extraction des acides : Acétique, formique dans différents solvants ($V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^{\circ}C$)	42
07	le Rendement(R) et le Taux de partage (D) en fonction du taux de solvant pour l'extraction d' acides Acétique et Formique dans le butanol	46

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac	15
02	Utilisations Mondiales de l'Acide Acétique	19
03	Processus de coagulation, floculation et de sédimentation	23
04	protocole expérimental de l'extraction liquide-liquide des acides carboxyliques	32
05	Détermination de l'absorbance maximale λ_{\max} de l'acide acétique	34
06	Détermination de l'absorbance maximale λ_{\max} de l'acide formique	34
07	Courbe d'étalonnage de l'acide acétique	35
08	Courbe d'étalonnage de l'acide Formique	35
09	le taux de partage (D) en fonction du pH pour l'extraction de l'acide formique ($C_i=0,1$ mol/l; solvant: butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	39
10	Rendement en fonction du pH pour l'extraction de l'acide formique ($C_i=0,1$ mol/l; solvant: butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	39
11	le taux de partage (D) en fonction du pH pour l'extraction de l'acide acétique ($C_i=0,1$ mol/l ; solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	40
12	le Rendement en fonction du pH pour l'extraction de l'acide acétique ($C_i=0,1$ mol/l ; solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	40
13	Rendement d'extraction D' acide Formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1$ mol/l ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	43
14	Le taux de partage D' acide Acétique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1$ mol/l ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	43
15	Rendement d'extraction D' acide formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1$ mol/l ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	44
16	: Le taux de partage D' acide Formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1$ mol/l ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)	44
17	le Rendement en fonction du taux de solvant pour l'extraction d'acide Acétique dans le butan-1-ol	45
18	le Rendement en fonction du taux de solvant pour l'extraction d'acide Formique dans le butan-1-ol	46



Introduction

Introduction

L'eau est essentielle pour la vie, elle représente le constituant majeur de la matière vivante. Chez la plupart des êtres vivants, la teneur en eau est de l'ordre de 70% voire davantage. Des millions et des millions d'habitants dans le monde entier connaissent des pénuries d'eau et luttent quotidiennement pour trouver de l'eau potable couvrant leurs besoins de base. Des millions d'enfants meurent encore chaque année par des maladies évitables transmises par l'eau. Les catastrophes naturelles liées à l'eau, telles que les inondations, les tempêtes tropicales et les raz-de-marée, provoquent de lourdes pertes en vies humaines et de grandes souffrances. Trop souvent, la sécheresse frappe des pays parmi les plus pauvres du monde, aggravant la faim et la malnutrition. (KOFI Annan,2005).

Selon OMS la terre et ses formes de vie diverses et abondantes notamment ses six milliards d'êtres humains , sont confrontées à une grave crise d'eau. Tous les signes suggèrent que cette crise s'intensifie et que la situation continuera d'empirer tant qu'aucune action corrective ne sera menée. Crise de gouvernance, elle résulte essentiellement de nos modes de gestion inadaptés. La crise frappe également l'environnement naturel, meurtri par les montagnes de déchets que l'on y déverse chaque jour, par une exploitation abusive et néfaste, peu d'attention semblant être accordée aux conséquences de ces pratiques et aux générations futures.

L'eau est une substance unique, parce qu'elle peut renouveler et nettoyer elle-même naturellement, en permettant à des polluants de se précipiter (par le procès de sédimentation) ou de se décomposer, ou par la dilution des polluants au point où ils ne sont pas présents dans les concentrations dangereuses. Mais, ce procès naturel prend du temps, et c'est difficile quand des quantités excessives de contaminants dangereux sont ajoutées à l'eau. Et les humains sont en train d'utiliser plus et encore plus de matériels qui polluent les sources d'eau de lesquels nous buvons.

Le traitement des eaux est devenu une préoccupation majeure même pour les pays développés, en raison des couts très élevés du processus, ceux-ci se multiplient d'avantage lorsqu'il s'agit des eaux contaminées par divers polluents tel est le cas des eaux émanant des effluents industriels. D'où la nécessité d'utiliser un moyen d'épuration adéquat et rentable en vu de minimiser les charges et d'obtenir un bon rendement.

Notre travail consiste en une étude de l'effet de certains paramètres influençant sur le rendement de l'extraction liquide-liquide utilisé dans la dépollution de l'eau contaminée par des acides carboxyliques issus des effluents et rejets de divers industries.

La production mondiale des acides carboxyliques est assurée pour plus de 50% par des procédés pétrochimiques (KIRKOTHMER,1983). Leur présence dans les rejets aqueux d'une abondance remarquable dans les effluents des industries agro-alimentaire et papetière (Kentish S,2001) engendrant ainsi une pollution conséquente, et des perturbations affectant le fonctionnement du traitement biologique des rejets souvent utilisé dans ces industries. L'élimination des acides carboxyliques des effluents permet ainsi de diminuer la charge polluante tout en favorisant la méthanisation. Les différentes techniques déjà utilisées, distillation, précipitation, séparation membranaire... qui sont généralement couplées entre elles et de ce fait le procédé global devient économiquement peu rentable (CUSACK R,1996).

L'extraction liquide- liquide est une des techniques séparatives les plus courantes. Si l'hydrométallurgie représente son domaine de prédilection (extraction et purification, à partir des jus de lixiviation des minerais, de métaux tels que le nickel, le cobalt, les lanthanides ou encore les platinoïdes), ses applications dans d'autres domaines ne sont pas moins fameuses : le nucléaire (purification de l'uranium, retraitement des combustibles usés), la pétrochimie (séparation d'hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, raffinage des huiles de graissage) ou encore l'environnement (recyclage de métaux tels que le chrome à partir de déchets, ou d'acides à partir de bains usés de traitement de surface, ...)(BUCH A,2001).

L'extraction liquide - liquide permet d' extraire et de séparer une grande variété de solutés (métaux, acides, molécules organiques telles que le phénol ou les colorants) à partir des solutions aqueuses (jus de lixiviation, effluents industriels,...). Elle repose sur la différence de solubilité du soluté entre deux phases non totalement miscibles, l' une aqueuse et l' autre organique. Celle-ci est généralement constituée d' un solvant organique approprié permettant de solubiliser et d'extraire le soluté de son milieu aqueux (BUCH A,2001).

Le rendement et le taux de partage sont les facteurs les plus déterminant de l'opération d'extraction, ils sont affectés par plusieurs facteurs, telles que : concentration en solutés, nature du solvant et des substances extraites, rapport volumique des phases, température et pH du milieu.

Notre travail consiste à étudier l'influence de quelques paramètres susmentionnés sur le rendement et le taux de partage de récupération des acides carboxyliques par extraction liquide.

Notre mémoire est réparti sur trois chapitres, le premier chapitre , après une introduction générale, comprend une synthèse bibliographique renfermant une partie sur la pollution des eaux, une deuxième partie portant une synthèse sur les acides carboxyliques une dernière partie sur les méthodes de traitement et de dépollution des eaux. Le deuxième chapitre porte sur matériels et méthodes adoptés dans notre étude et le dernier chapitre comprend les résultats et discussion. Le travail est clôturé enfin par une conclusion.



Chapitre I-

Synthèse bibliographique

Partie 1- Pollution des eaux

I. I .Définition :

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme étant la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels. La pollution des eaux affecte généralement la ressource superficielle et souterraine ainsi que les sols traversés par ces eaux (ANTOINE et al, 1975).

Les agents transmetteurs en sont les eaux directement rejetées par les unités industrielles ou domestiques (eaux d'égout, eaux de cuisine ; chimie-pharmacie, pétrochimie, ...) et les traitements agricoles (engrais et pesticides). Les facteurs favorisant l'étendue et l'intensité de la pollution sont la pluviométrie, la sédimentologie, la pédologie et la perméabilité des sols, des formations superficielles et des substrats, les débits et enfin les régimes d'écoulement des eaux.(OUZZA,2001).

I.II .les causes de pollution

- La production d'énergie est la source de pollution qui va de pair avec la civilisation industrielle moderne. En effet, que ce soit l'usage des combustibles fossiles, ou l'exploitation de l'énergie nucléaire, l'activité de production d'énergie est fatalement liée à la production d'agents polluants : de l'extraction de la ressource (pétrolière ou nucléaire) à la consommation, ou encore à l'élimination des déchets secondaires.

- Les activités industrielles, en particulier métallurgiques et chimiques sont la deuxième cause de pollution de l'eau et une fois encore tant au niveau de la production que de la consommation. De nos jours, 120000 espèces chimiques différentes sont commercialisées, ce chiffre s'accroît d'un milliard par an. Toutes ces substances, d'une manière ou d'une autre, influent sur l'environnement et bien souvent il est difficile d'identifier leur mode d'action à l'avance.

- L'agriculture moderne est devenue une cause essentielle de la pollution des eaux et des sols (il est impératif de retenir que la pollution des sols entraîne forcément la pollution des eaux par des phénomènes de ruissellement). En effet, l'usage d'engrais chimiques et de pesticides à fortes doses peut être clairement apparenté aux armes chimiques. Les pollutions agricoles sont d'autant plus sournoises qu'elles sont diffusées dans les milieux et sont souvent répandues sur de vastes surfaces.

L'activité agricole modifie fortement la qualité et la dynamique de l'eau dans le milieu. Par la transformation du couvert végétal, le travail du sol, l'apport de fertilisants et de pesticides, l'agriculture altère le cycle de l'eau comme de ses composés. La croissance de la production agricole au moyen de l'agrochimie et de la mécanisation durant ces dernières décennies a entraîné des dégradations des sols et des eaux dans de nombreuses régions du monde. Ces dégradations varient en fonction des formes et du niveau d'intensification agricole et en fonction du contexte pédo-climatique(SOULARD, 1999).

I .III .Types de pollution :

La pollution des eaux peut avoir trois origines différents ; physique, chimique et biologique.

I .III . 1 pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle peut être d'origine domestique, mais elle est essentiellement industrielle. Ce type de pollution peut être réparti en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (GALAF et al, 2003).

I .III . 1.1 Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles (ERI), ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit des éléments grossiers soit du sable ou bien des matières en suspension (MES).

I .III . 1.2 Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de 70 à 80 °C. Elle diminue jusqu' à 40 ou 45 °C, lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. (MIZI, 2006). En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique. (MKHALIF ,2009).

I .III . 1.3 Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (MIZI,2006).

I .III .2 Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...)

I .III . 2.1 Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactive (MEKHALIF ,2009).

I .III . 2.1.1 Pollution par les hydrocarbures

On définit les hydrocarbures des familles de dérivés lourds du pétrole en fonction de leur utilisation , ces familles sont basées sur des coupes de raffinage pétrolier ;il est possible de préciser le nombre d'atome de molécules des composant (BRGM,2008) . La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires).Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition (GALAF et al, 2003)

Une des principales sources de contamination de l'eau par les hydrocarbures est celle des phénols qui désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol

dans l'eau a pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique, raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Ces produits s'oxydent faiblement, se fixent peu, se filtrent facilement et ils sont souvent biodégradables; alors ils ne se trouvent qu'en faible quantité. Leur inconvénient principal est qu'ils donnent à l'eau un goût extrêmement désagréable et très persistant marqué de chlorophénol lorsqu'ils sont en présence de chlore. Les poissons, accumulent les phénols jusqu'à 30 mg/kg, ils sont alors impropres à la consommation. Les phénols peuvent être séparés des eaux résiduaires par extraction liquide-liquide, oxydé par le chlore ou l'ozone ou bien détruits par un traitement biologique (RODIER, 1996).

I .III.2.2 Pollution minérale

I .III.2.2.1 Métaux lourds

La présence des métaux lourds dans l'eau, l'atmosphère et par conséquent la chaîne alimentaire est le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés à la pollution. Par ordre décroissant de toxicité spécifique. Les métaux sont classés comme suit: Hg < Cr < Ti < Cu < Co < Ni < Pb < Zn. Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature (RAMDAN ,2006).

I .III.2.2.2 Pollution d'azote

En absence de toute fertilisation azotée, on trouve néanmoins toujours des nitrates dans les sols. La source anthropique majeure des nitrates qui perturbe le cycle de l'azote, est l'apport d'engrais azotés. Cet apport peut se faire soit directement sous forme de nitrates, soit sous forme d'ammoniac ou d'urée, lesquels se transforment dans le sol en nitrates. Ces derniers se trouvent aussi dans les lisiers (déjections des animaux) venant des élevages intensifs et répandues ensuite sur les terres. Produits naturellement dans le sol superficiel ou apportés sous forme d'engrais, les nitrates en excès (utilisation abusive et non rationnelle des engrais) vont être entraînés vers la profondeur par un phénomène d'écoulement et de pénétration tout à fait naturel. Une fois arrivés

dans la nappe phréatique, les eaux d'infiltration s'écoulent des points hauts vers les points bas et finissent par arriver dans les rivières, les lacs ou la mer.(IDRISSI L ,2006).

I .III.3 Pollution microbiologique

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...) (BOTTA, 2001).

I .IV. Classification des polluants

Si l'on cherche à classer les matières polluantes, c'est pour essayer de s'y retrouver et de bien choisir les procédés qui permettront de l'éliminer. La nature des matières polluantes de l'eau dépend bien sûr, de l'origine de l'eau usée. On les classe en fonction des caractéristiques décrites ci-dessous.

I . IV.1 Nature de la matière polluante

Les molécules constituant les matières polluantes peuvent être de nature organique ou minérale.

a) Matière organique

C'est la matière qui est principalement issue de la matière vivante (végétaux, animaux....) et de l'industrie chimique parfois. Sa composition est structurée autour du carbone. On y trouve des sucres, des protéines, des acides organiques (lactique, acétique...), des acides gras, des macromolécules comme l'amidon, la cellulose....etc.

b) Matière minérale

C'est la matière qui n'est pas organique c'est à dire qu'elle ne contient généralement pas de carbone, telle que les métaux lourds, l'ammoniac, les nitrates, les phosphates..., et le gaz carbonique (le CO₂). Pratiquement, les eaux usées contiennent toujours ces deux types de pollution à des quantités variables suivant son origine.

I .IV.2 Forme des polluants

Les eaux polluées contiennent des matières organiques ou/et minérales qui n'ont donc pas les caractéristiques du «vivant » et que l'on peut qualifier de «matières inertes ». Mais on y trouve aussi, très souvent, des micro-organismes (des bactéries par exemple), qui sont de la matière vivante. Ces micro-organismes se développent dès que l'eau est souillée. Ils peuvent être pathogènes (donner des maladies) ou pas. La matière organique ou minérale polluante de l'eau peut être sous forme soluble ou insoluble.

a) **Matière soluble**

Elle est dissoute dans l'eau et se trouve donc souvent sous forme d'unité chimique simple, la molécule, ou de macromolécules comme les protéines, les colloïdes... qui «flottent » dans l'eau mais que l'on ne voit pas.

b) **Matière insoluble**

C'est un agrégat de matière qui se retrouve sous forme particulière. Les particules solides qui peuvent, soit flotter, soit tomber en fonction de leurs densités.

I .IV .3 Toxicité

Parmi les différentes matières présentes dans des eaux polluées, certaines ont une toxicité élevée pour le monde vivant. C'est à dire qu'à très faible concentration, elles ont un impact important sur l'équilibre du milieu naturel. Par exemple le cyanure en très faible quantité peut avoir un effet dévastateur sur un écosystème. C'est le cas aussi de métaux lourds comme le cadmium, le mercure par exemple qui, présent en très faible quantité, modifient fortement l'équilibre des écosystèmes.

I .V .Paramètres de mesure de la pollution

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe et délicat qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents (KOLLER,2004) ,Parmi ces paramètres on cite les plus importants:

I .V.1 Paramètres organoleptiques

I .V.1.1 Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (MIZI,2006).

I .V.1.2 Odeur

Les ERI se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (BOTTA,2001).

I .V.2 Paramètres physiques

a. Température (T°)

Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau (MECHATI, 2006).

b. Potentiel d'hydrogène (pH)

Sa valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique. La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9) (MECHATI,2006).

c. Turbidité (NTU-FTU)

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES (SALGHI,2006).

d. Matières en suspension(MES)

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. mesurée par pesé après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C.(KOLLER,2004).

Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante. La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres. (LARKEMET al,2005).

I .V.3 Paramètres chimiques

I .V.3.1 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elle représente la plupart des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h (BERNIE et al,1991).

I .V.3.2 Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures. Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport doit être inférieur à 2,5 (RODIER,1996). La moyenne pondérée de la DCO et la DBO mesurée après décantation pendant

2h suivant la formule: $\frac{DCO+2DBO_5}{3}$ (MEKHALIF ,2009).

I .V.3.3 Carbone total organique (COT)

Détermine les propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous.(MIZI,2006) Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (MECHATI, 2006).

I .V.4 Autres paramètres

a) Hydrocarbures

La mesure des hydrocarbures dans les ERI constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les ERI ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées d'huiles. Par ailleurs, les valeurs obtenues lors du dosage réalisé sur un même échantillon est selon la méthode utilisée, car celle-ci se rapportent alors à la détection partielle ou totale de composés différents (LARKEM et al ,2005)

b) Micropolluants

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substance qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités

Les principaux micropolluants sont :

- Certains métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg ..)
- Composés phénoliques, organo-halogéniques, organophosphorés, huiles minérales, haromatiques polycycliques;
- Certains dérivés nitrés (MIZI, 2006)

I .VI .Impact de la pollution

I .VI.1 Sur le milieu naturel

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes . Les modifications de température de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les micro-organismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs.

I .VI .2 Sur l'économie

Dans les pays développés, la plupart des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets. Comme exemple, en France, la prolifération d'algues sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important.

I .VI.3 Au milieu aquatique

Mise à part la nuisance des nitrates par la consommation des eaux des nappes, les nitrates dans les nappes finissent par arriver dans les rivières, les lacs ou la mer. En présence des phosphates, les nitrates y engendrent l'eutrophisation. Ce phénomène se manifeste par une prolifération massive de plantes et d'algues, qui réduisent la teneur en oxygène dans l'eau, parfois jusqu'à une teneur létale. L'eutrophisation devient un vrai problème dans la région des grands lacs en Amérique du nord, en Europe, en Mexique, dans la Nouvelle Zélande, au Maroc (barrages et lacs naturels) et dans d'autres pays. les lacs sont devenus :

- ❖ verts et nauséabonds : Dégagement de H_2S et NH_3 , néfastes pour les espèces vivantes, due au développement des bactéries anaérobies
- ❖ malsains en tant qu'eau potable
- ❖ inimaginables comme lieux de délassément d'où la diminution de la fréquentation des touristes,
- ❖ invivables pour les poissons à cause de la prolifération parfois massive des cyanobactéries potentiellement toxiques.

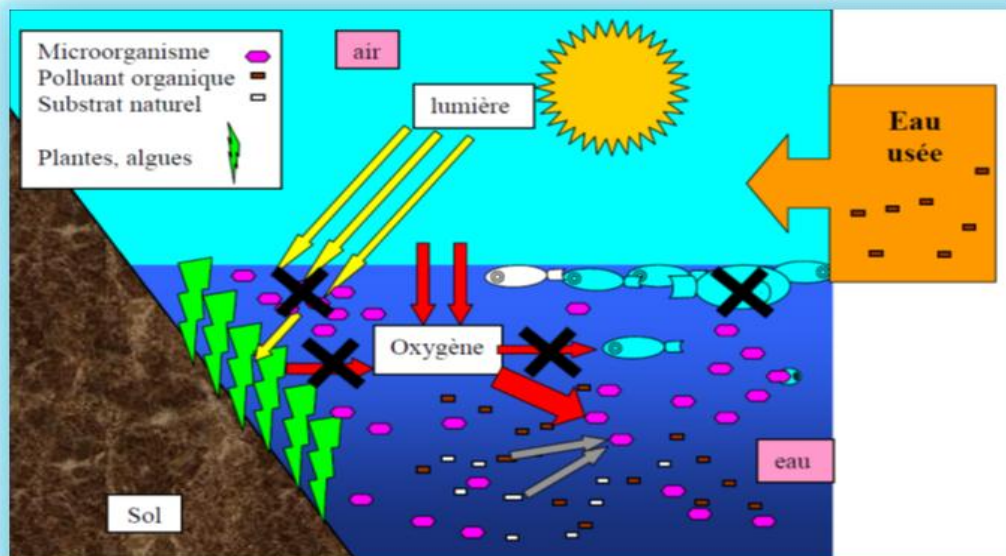


Figure 01 : Exemple d'impact de l'introduction d'un polluant dans un lac.

I .VI.4 Sur la santé humaine :

Les nitrates ne sont pas toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler une toxicité des nitrates : s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme. Une fois ingérés, les nitrates sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle puis distribués dans tout l'organisme. Une partie des nitrates absorbés est sécrétée dans la salive. La microflore buccale transforme une partie des nitrates sécrétés dans la salive en nitrites. Leur réduction en nitrites peut également survenir au niveau des voies urinaires à la suite d'une infection bactérienne et dans l'estomac. (IDRISSI L , 2006).

Partie 2- Les acides Carboxyliques

I .I. Définition des acides Carboxyliques

Les acides carboxyliques sont des molécules à forte valeur ajoutée et uniques en leur genre. On les trouve de manière abondante dans la nature sous forme d'acide gras (lipide). Leurs propriétés physico-chimiques leur confèrent une haute réactivité et par là même une utilisation importante dans différents types d'industries. (CUVELIER C et all,2004).

hydroxyle qui la compose. Ceci permet la création de ponts hydrogène par exemple avec un solvant polaire comme l'eau, les alcools à courte chaîne carbonée...etc. De part cette propriété, les acides carboxyliques de petite taille (jusqu'à l'acide butyrique) sont complètement solubles dans l'eau. Les molécules d'acides sont capables de former des dimères stables par liaison hydrogène, ce qui explique pourquoi leur température d'ébullition est plus élevée que celle des alcools correspondants. (CUVELIER C et all,2004).

Dans les conditions normales de température et de pression, les acides carboxyliques se présentent à l'état liquide (tant que leur chaîne carbonée comporte moins de 9 atomes de carbone), solide, et sous la forme d'isomères optiques. En solution dans l'eau. Les principaux sites de réactivité résident dans la fonction carbonyle (double liaison carbone oxygène C=O), celle -ci permet une protonation sur le carbone et d'autre part une liaison hydroxyle (liaison oxygène hydrogène O - H) cette liaison est plus sensible à réagir. (CUVELIER C et all,2004).

I .II .Classification et nomenclature

Les acides gras font partie de la famille des lipides, molécules organiques insolubles dans l'eau. Les lipides ont fait l'objet de nombreuses classifications. Celle de (HENNEN ,1995) classe ces molécules en 6 catégories de substances : les triglycérides, les glycérophospholipides, les sphingolipides, les terpénoïdes, les stérols et stéroïdes et enfin les acides gras. (CUVELIER C et all,2004).

I . II.1 Les acides gras

Les acides gras, molécules peu abondantes sous forme libre dans les matières grasses fraîches, sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe, saturés ou non saturés selon qu'ils ne contiennent pas ou contiennent des doubles liaisons. Ils sont notés n : m, où n représente le nombre d'atomes de carbone et m est le nombre de doubles liaisons. Les acides gras diffèrent donc entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par le nombre, la position et la structure spatiale (cis, trans) des doubles liaisons. La longueur de la chaîne carbonée permet une classification des acides gras en 4 catégories : les acides gras volatils, avec 2, 3 ou 4 atomes de carbone, les acides gras à chaîne courte qui possèdent entre 6 et 10 atomes de carbone, les acides gras à chaîne moyenne, avec 12 à 14 atomes de carbone et les acides gras à chaîne longue, avec 16 ou plus de 16 atomes de carbone(CUVELIER C et all,2004).

I .II.1.1 Acide Acétique

a) Propriétés

L'acide acétique pur, de formule chimique CH_3COOH , connu sous le nom d'acide acétique glacial est un liquide conducteur, incolore, inflammable et hygroscopique. Naturellement présent dans le vinaigre, il lui donne son goût aigre et son odeur piquante. C'est un antiseptique et un désinfectant.

b) Production

L'acide acétique est produit de façon synthétique ou par fermentation bactérienne. Aujourd'hui, la méthode biologique ne concerne plus que 10% de la production, à cause des coûts élevés engendrés par la récupération et la séparation à partir de la biomasse (BOYAVAL P, CORRE C, 1995). Environ 75% de l'acide acétique destiné à l'industrie chimique est produit par la carbonylation du méthanol. Le reste est constitué de diverses méthodes alternatives (oxydation de l'acétaldéhyde ou l'oxydation de l'éthylène). La production totale d'acide acétique est estimée à 5 Mt/an (millions de tonnes par an), dont environ la moitié vient des États-Unis (KATIKANENI SPR,CHERYAN M, 2002). La production européenne est proche de 1Mt/an, et 0,7Mt/an sont fabriquées au Japon. 1,5 Mt/an sont recyclées ce qui amène le marché mondial à 6,5 Mt/an. La majorité de l'acide acétique non recyclé est produit par carbonylation du méthanol. Dans ce procédé, le méthanol et le monoxyde de carbone réagissent pour produire.

c) Utilisation

L'usage de l'acide acétique en chimie remonte à l'antiquité. Au 3^{ème} siècle avant JC, le philosophe grec Théophraste décrit comment le vinaigre agit sur le métal et produit ainsi des pigments utiles pour l'art. Les anciens romains faisaient bouillir le vin aigre dans des récipients de plomb pour produire un sirop très sucré appelé sapa. L'alchimiste arabe Jabir Ibn Hayyan (Geber) concentra l'acide acétique à partir du vinaigre par distillation (BOURAQADI IDRISSE A,2006).

L'acide acétique liquide est un solvant protique hydrophile, qui peut dissoudre non seulement les composés polaires tels que les sels inorganiques et les sucres, mais aussi les composés non polaires tels que les huiles, ou des éléments comme le soufre et l'iode. Ces propriétés de solvant et la miscibilité de l'acide acétique font qu'il est largement utilisé dans l'industrie chimique (BOURAQADI IDRISSE A,2006).

L'acide acétique est le plus utilisé des acides carboxyliques. C'est un réactif utilisé pour la production de beaucoup de produits chimiques. L'utilisation la plus fréquente la fabrication du monomère d'acétate de vinyle, suivi par l'anhydride acétique et la production d'esters. Le volume d'acide acétique utilisé pour la production du vinaigre est comparativement faible comme montré sur la Figure suivante(BOURAQADI IDRISSE A,2006).

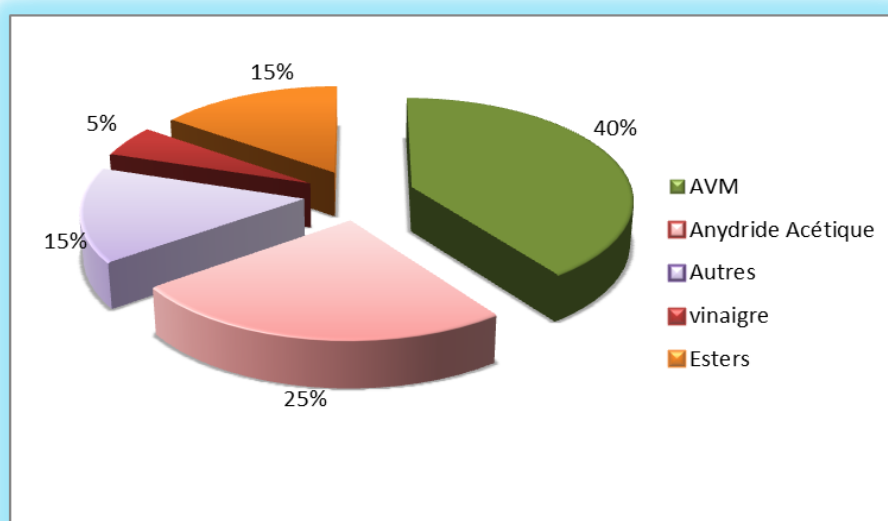


Figure 02 : Utilisations mondiales de l'acide Acétique (BOURAQADI IDRISSE A,2006)

I .II.1.2 Acide Formique

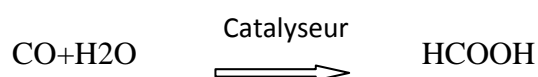
a. Propriétés

L'acide formique est le plus simple des acides carboxyliques. de formule chimique HCOOH Dans la nature on le trouve dans le dard de plusieurs insectes de l'ordre des hyménoptères, comme les abeilles et les fourmis, mais aussi sur les poils qui composent les feuilles de certaines plantes de la famille des Urticacées (orties). Il est aussi un produit principal de la combustion des biocarburants comme l'éthanol (ou le méthanol si il est contaminé avec l'eau) quand ils sont mélangés à l'essence. C'est un liquide incolore peu toxique en faibles quantités. Il est soluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques polaires. (BOURAQADI IDRISSE A,2006)

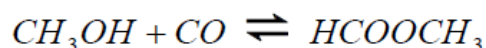
b. Production

Des quantités significatives d'acide formique sont générées comme sous-produits d'autres industries chimiques, spécialement lors de la production de l'acide acétique. Cependant cette production est insuffisante pour répondre à la demande actuelle pour cet acide d'où l'existence d'autres voies de fabrication, parmi lesquelles :

- La synthèse chimique du monoxyde de carbone par réaction de condensation avec l'eau



- Par condensation du méthanol et du monoxyde de carbone où ils réagissent en présence d'une base forte, pour produire un dérivé d'acide formique : le formate de méthyle :



Durant ces dernières décennies, les techniques biologiques sont de plus en plus utilisées, ces techniques sont devenues incontournables en matière de production de substances organiques et notamment des acides carboxyliques. En effet, l'utilisation de micro-organismes du genre entérobactéries (Shigella), présentent une excellente capacité de production de l'acide formique par voie anaérobie, avec cependant une étape de purification coûteuse (ROSE AH Ed, 1978).

c. Utilisation

L'acide formique est principalement utilisé comme agent conservateur et antibactérien dans l'alimentation humaine et animale. Dans l'industrie de la volaille il est parfois ajouté à la nourriture pour tuer la bactérie Salmonella.

Il est également utilisé comme solvant pour enlever les peintures et la rouille des surfaces métalliques. Dans les brasseries et les établissements vinicoles, il sert à désinfecter les tonneaux de bois. Appliqué en tant qu'auxiliaire dans l'industrie pharmaceutique il permet d'ajuster les valeurs du pH ; dans le nettoyage il agit en tant que solvant et désinfectant. Les sels d'acide formique, les formates, servent d'agents de dégivrage de première qualité et d'auxiliaires valables dans la production de pétrole. Il sert aussi pour la production du caoutchouc naturel coagulé utilisé pour la fabrication des pneus (BOURAQADI IDRISSE A,2006).

Partie 3- Méthodes de traitement et de dépollution des eaux

Contrairement aux autres matières premières, l'eau n'est pas une ressource limitée sur notre planète son flux est constamment renouvelé. La gestion des ressources en eau se heurte aux inégalités de sa répartition naturelle. Elle n'est pas toujours disponible là où on en a besoin, ni quand on en a besoin. Sécheresses et crues déséquilibrent l'approvisionnement, de façon générale imprévisible. En outre, elle n'a que rarement la qualité nécessaire à ses diverses utilisations : agriculture, industrie, consommation humaine. Elle est généralement souillée par des sels minéraux, des substances organiques et des micro-organismes. Beaucoup de ces éléments sont inoffensifs pour l'organisme humain, parfois même bénéfiques à faible concentration ; mais, en règle générale, l'eau doit subir un traitement préalable.

Plusieurs techniques et méthodes sont utilisées dans le traitement des eaux, le choix d'une technique par rapport à l'autre dépend du degré de pollution de l'eau, de son efficacité et surtout du coût de l'opération. Les techniques les plus utilisées sont la coagulation, la filtration, désinfection chimique, la décantationetc.

I .I .Microtamisage

Le microtamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou fibres ou travers une membrane poreuse durant le passage du liquide certains solides sont arrêtés soit directement (par les mailles du microtamis) soit indirectement (par les matières solides accumulées sur le microtamis).la grosseur des mailles d'un microtamis est inférieure à 150µm(DESJARDINS R ,1990).

I .II. Coagulation et floculation

Le processus de coagulation implique d'ajouter du fer ou de l'aluminium à l'eau comme du sulfate d'aluminium, sulfate ferrique, chlorure ferrique ou des polymères. Ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau. Quand cette réaction se produit, les particules se lient ensemble ou se coagulent (ce processus peut également s'appeler floculation). Les particules plus grosses ou plus lourdes se retrouvent rapidement au fond de l'approvisionnement en eau. Ce processus s'appelle la sédimentation.(RODRIGUEZ GARCIA A, 2004).

Les particules en suspension sont classées en fonction de leur taille .Ainsi les particules dont le diamètre est supérieur à $1\mu\text{m}$ sont des particules de matières organiques ou inorganique qui se déposent facilement .alors que les particules dont le diamètre est inférieur à $1\mu\text{m}$ sont des particules colloïdales qui se déposent très lentement (DESJARDINS R ,1990).

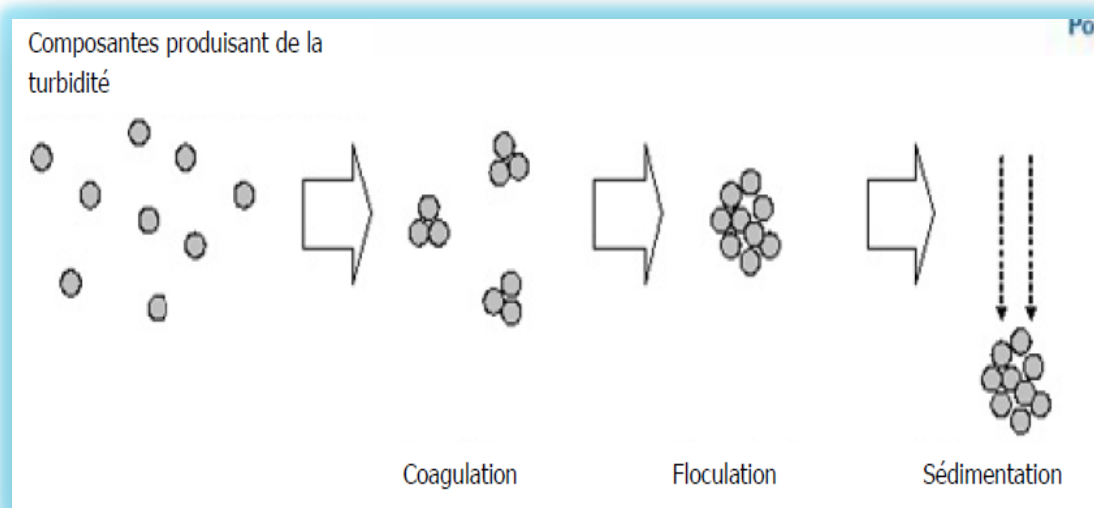


Figure03 : Processus de coagulation, floculation et de sédimentation(RODRIGUEZ GARCIA A, 2004).

Tableau 01: Temps de liaison de plusieurs particules selon le diamètre(RODRIGUEZ GARCIA A, 2004).

Diamètre des particules	Types de particules	Temps de liaison pour 1m d'eau
10mm	Gravel	1seconde
1mm	sable	10secondes
0.1mm	Sable fin	2minutes
10micro	Protozoaires ,algues et argile	2heures
1micro	Bactéries ,algues	8jours
0.1micro	Virus, colloïdes	2ans
10nm	Virus, colloïdes	20ans
1nm	Virus, colloïdes	200ans

Le bon déroulement d'une floculation dépend beaucoup du dosage, des conditions de brassage et des temps de réaction. Le dosage des réactifs est souvent problématique lorsque l'eau brute varie beaucoup en qualité (eau de rivière, aquifère karstique ou fissuré). Le dosage exact doit être établi en laboratoire (jar-test) ou par des essais en station. L'efficacité de la floculation diminue avec des doses trop faibles comme avec des doses trop élevées. L'utilisation de la floculation est toujours liée à l'introduction de produits chimiques indésirables (fer, aluminium, polyacrylamide, etc.), dont la concentration doit être réduite à un minimum (valeurs de tolérance) au cours de la floculation ou des étapes ultérieures. (OFSP,2010) .

I .III. Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solide en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux (DESJARDINS R ,1990).

I . III.1 Filtration sur membrane

La filtration sur membrane est une technique de séparation qui consiste à faire passer l'eau à travers une très fine pellicule de polymère organique de synthèse. Les filtres à membrane qui fonctionnent à faible ou à moyenne pression (microfiltration et ultrafiltration) doivent avoir des pores de taille uniforme, d'un diamètre d'un micromètre ou moins, et formés chimiquement. Ceux qui fonctionnent à haute pression (nanofiltration et osmose inverse) n'ont pas de pores. Ils laissent l'eau pénétrer la membrane ou se diffuser à travers celle-ci. Leur pouvoir de rétention des virus varie en fonction du genre de membrane et du fabricant de celle-ci (OFSP,2010).

I . III.2 Filtration sur structure plane

Les particules y sont retenues par une fine surface faisant office de tamis . Le principe de séparation repose essentiellement sur des forces mécaniques. Du fait de la taille fixe de leurs pores, ces filtres établissent un seuil de séparation très précis. La perte de charge augmente exponentiellement avec l'épaisseur du rétentat. Les microtamis et les filtres à tissu sont des exemples de filtres plans. Les procédés membranaires forment une catégorie particulière subdivisée, selon la taille des pores, en microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration et osmose inverse. (OFSP,2010).

I .III .3 Filtration sur lit

Les particules sont retenues par une matrice poreuse, tant par des forces physiques que chimiques . La filtration rapide, la filtration lente sur sable et la filtration sur charbon actif en sont des exemples. L'efficacité de la filtration dépendra essentiellement des propriétés des particules (taille, forme, chimie superficielle),des propriétés du liquide ambiant (substances dissoutes, adsorption, etc.) et de celles du filtre lui-même (porosité, rapidité du flux, taille, forme, etc.). La

séparation porte sur toutes les dimensions particulières; elle passe par une étape de transit et une d'incrustation. (OFSP,2010) .

I .IV .Décantation

Une particule ou un agrégat qui a une densité supérieure à celle de l'eau va tomber au fond. On dit qu'elles décantent. Certaines particules peuvent décanter naturellement, d'autres nécessitent l'addition de produits qui vont les relier entre elles. On récupère donc en fond de récipient les particules solides qui ont été séparées de l'eau à traiter. L'eau résiduelle contient alors principalement les colloïdes et la matière dissoute. Ces particules décantées forment des boues (MOLETTA R,2010). Selon la concentration en solides et la nature des particules on distingue quatre types de décantation, décantation de particules discrètes, décantation de particules floculantes, Décantation freinée, Décantation en compression de bout (DESJARDINS R ,1990).

I .V . Flottation

Contrairement à la décantation, la flottation consiste à former des amas de particules qui ont une densité inférieure à celle de l'eau et qui vont donc se retrouver en surface. La flottation peut être «naturelle », pour les graisses par exemple, «assistée » si de particules qui flotteraient naturellement ont besoin d'une intervention, ou alors «provoquée » s'il est nécessaire d'ajouter de l'air (sous forme de micro-bulles) qui va se fixer sur des particules. La flottation est utilisée pour éliminer les graisses par exemple (dégraissage), des floes, pour séparer et récupérer des fibres en papeterie, épaissir des boues de station d'épuration (diminuer leur teneur en eau)(MOLETTA R,2010).

I .VI .Précipitation

Elle consiste à faire réagir deux produits ensemble (molécules solubles avec des éléments polymères...) pour les rendre insolubles. Cette technique est appliquée à l'élimination du calcium, du magnésium, des métaux, des sulfates chlorures. Elle a une très grande importance pour l'élimination des phosphates. dans ce cas, on utilise de la chaux pour les eaux acides ou des sels de fer et d'aluminium pour les autres(MOLETTA R,2010).

I .VII .Traitements par des procédés biologiques

Les micro-organismes sont, et de loin, les principaux acteurs des traitements biologiques. Les plantes ne sont que rarement utilisées. Elles servent principalement (grâce à leurs racines) de support aux micro-organismes ou à éliminer de l'eau via l'évapo-transpiration. Les micro-organismes sont utilisés pour transformer la matière organique des effluents. C'est principalement les produits qui contiennent du carbone et de l'azote qui sont visés. Ils peuvent aussi modifier la matière minérale sans que cela soit forcément recherché. Le traitement des eaux se fait par un ensemble de micro-organismes qui forment une communauté microbienne. A côté des bactéries, des archéobactéries on trouve parfois des levures, des champignons filamenteux, des protozoaires, ... etc. tout cet ensemble va consommer la matière polluante. Suivant la nature chimique de la pollution elle sera consommée totalement ou partiellement. Les produits dissous difficilement biodégradables resteront dans l'eau. C'est pourquoi il est impossible d'avoir une eau épurée à 100 %. Cette fraction polluante restante est appelée « DCO dure » parce que difficile à éliminer par cette voie.(MOLETTA R,2010).

I .VIII .Désinfection chimique

Le choix d'un procédé de désinfection est déterminé en fonction de l'eau brute et des particularités du milieu et des installations techniques. Il faut à la fois inactiver les agents pathogènes pour l'être humain et limiter les sous-produits du procédé de désinfection. Le chlore libre, la mono-chloramine, le dioxyde de chlore et l'ozone sont des produits désinfectants communément acceptés (MOLETTA R,2010).

I .IX .Séparations membranaires

L'utilisation de membrane ayant des pores de plus en plus petits permettent de pousser très loin le seuil de séparation (nommé aussi le «seuil de coupure » coupure) de la matière pour aller jusqu'à la rétention de molécules et de sels. La classification des technologies membranaires en fonction de leur «seuil de coupure » a donné lieu à de nouvelles applications comme l'ultrafiltration, la nanofiltration, l'osmose inverse et la dialyse. Elles peuvent être assistées électriquement comme l'électrodialyse par exemple. Ces membranes peuvent être composées de

matières organiques ou minérales. Elles sont particulièrement intéressantes dans le cas de réutilisation de l'eau sur site (ultra filtration) ou pour dessaler l'eau de mer (osmose inverse)(MOLETTA R,2010)

I .X .Extraction liquide- liquide

I . X.1 Définition :

L'extraction liquide-liquide est un procédé physique permettant la récupération ou la purification d'un composé en utilisant les différences de solubilités mutuelles de certains liquides.

De façon simplifiée, l'extraction se déroule comme suit.

- 1 . Ajout du solvant pur au brut dans l'appareil d'extraction (ampoules, colonnes, mélangeurs...).
- 2 .Agiter et équilibrer les pressions interne et externe.
- 3 .Laisser décanter.
- 4 .Séparer les deux phases dans des erlens différents.

I .X.2 Principe :

Le principe est fondé sur la distribution du soluté entre ces deux phases en fonction de son affinité pour chacune d'elles (MAHUZIER G , HAMON, 1990). Soit un composé, appelé soluté, dissout dans un liquide, l'éluant. Le solvant dissout le soluté mais non l'éluant, avec ce dernier il forme deux phases liquides non miscibles, dans lesquelles le soluté se répartit en fonction de son affinité propre pour l'une ou pour l'autre des phases, c'est le phénomène de partage du soluté entre ces deux phases. Après séparation des phases, on peut, par une décantation, séparer les deux phases: l'extrait (riche en solvant) et le raffinat (riche en éluant).

Si le solvant a été judicieusement choisi, on peut le séparer facilement du soluté, et obtenir ce dernier pur. Généralement il reste dans le raffinat une quantité notable de soluté, c'est pourquoi on recommence plusieurs fois l'opération.

I .X.3 Matériel

Le procédé d'extraction est très simple et le matériel n'est pas coûteux , en laboratoire on utilise une ampoule à décanter qui se compose, d'une boule de verre dotée d'un bouchon rodé à un pôle et à l'autre, d'une tige droite large terminée par un robinet avec une tubulure relativement longue dans laquelle on introduit le mélange constitué de la solution contenant la substance à séparer et le solvant d'extraction. Le volume de l'ampoule doit être égal à 2 ou 3 fois le volume du mélange traité.

I .X.4 Processus de l'extraction

L'extraction liquide/liquide est réalisée par le contact intime du solvant avec la solution dans des appareils destinés à mélanger les deux phases (ampoules, colonnes, mélangeurs). La séparation des phases s'obtient par décantation gravimétrique ou centrifuge. Le passage du soluté dans le solvant aboutit théoriquement à un équilibre dans la composition des phases. L'obtention de cet équilibre est liée à la vitesse de diffusion du soluté d'une phase à l'autre. Les vitesses d'extraction sont d'autant plus grandes que les différences de concentration en soluté des deux phases en contact sont grandes, et que la surface d'échange entre les deux phases est grande.

L'agitation du milieu a pour effet d'augmenter la surface de contact entre les phases et de favoriser la diffusion du soluté au sein de chaque phase. La séparation ou décantation comprend la coalescence des fines gouttelettes de la phase dispersée en grosses gouttes, le regroupement de ces gouttes et leur rassemblement en une phase continue distincte de l'autre. Les émulsions stables, c'est à dire qui ne présentent pas de phénomène de coalescence sont à proscrire. La décantation sera d'autant plus rapide que l'on utilisera des liquides ayant des tensions superficielles élevées, ne donnant pas des gouttes trop petites (ordre du mm), dans une phase continue de faible viscosité. Des masses volumiques suffisamment éloignées favorisent l'opération.

I .X.5 Différents types d'extraction liquide-liquide

Il existe plusieurs manières de réaliser un système d'extraction liquide-liquide :

I .X.5.1 Simple équilibre

On réalise l'équilibre entre deux phases miscible par agitation, puis séparation des deux liquides mécaniquement. Cet équilibre peut être une simple extraction, une dés-extraction ou un lavage.

I .X.5.2 Extraction multiple

La réalisation de ce mode peut être soit continue soit discontinue.

A .Extraction discontinue: on fait subir à la phase aqueuse des extractions successives, on utilise à chaque fois une phase organique neuve.

B .Extraction continue: elle peut être réalisée par le passage continu du solvant organique à travers la solution aqueuse immobile.

C .Extraction chromatographique: la phase liquide mobile est une phase aqueuse. Elle est polaire que la phase stationnaire qui est une phase organique adsorbée par un support hydrophobe et poreux (KHOUALEF H,2012).

I .X.6 Avantages de l'extraction liquide-liquide:

L'extraction liquide-liquide demeure la technique de purification la plus employée au laboratoire et cela pour ses divers avantages qu'elle présente par rapport à d'autres opérations, citons quelques principaux de ses avantages :

- Facilité de mise en œuvre
- Rapidité
- Moindre coût
- Application à de grandes quantités ou même à des traces (SALHI R, 2004) .

I . X.7 Inconvénients de l'extraction liquide-liquide

- Nécessite de grands volumes de solvants
- Le solvant ne doit pas être miscible avec l'eau
- Difficile à automatiser

Chapitre II-

Matériel et méthode

Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons le matériel et les produits chimiques utilisés dans notre étude. Nous décrirons également les techniques expérimentales utilisées, le mode de préparation des solutions ainsi que le protocole expérimental suivi dans leur extraction.

II .Matériels et méthodes

Les solutions aqueuses des acides organiques destinées pour l'extraction ont été soigneusement préparées en dissolvant les acides considérés dans de l'eau distillée. Le *pH* de ces solutions est ainsi ajusté et mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type (JENWAY 3510pH mètre) . Les extractions sont effectuées dans des ampoules à décanter de 100 ml. Un volume de 20 ml de la solution aqueuse est ainsi introduit dans des ampoules à décanter et un volume de la phase organique constituée du solvant et d'une quantité pareille de la phase aqueuse est rajouté pour effectuer l'extraction.

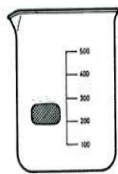
Le tableau 04 suivant renferme des informations concernant les entités étudiées et le tableau 05 renferme les valeurs du coefficient de partage des entités extraites dans les solvants : butan-1-ol, pentan-1-ol et cyclohex-1-ol.

Tableau 04: Valeurs des entités étudiées des acides carboxyliques déterminées expérimentalement(HADJ SEYD,2007) .

Entité	Formule	Provenance	Pureté	densité	pKa
Acide formique	HCOOH	Riedel de Haën	99%	1,22	3,74
Acide acétique	CH ₃ COOH	Biochem Chemopharma	99-100%	1,05	4,75

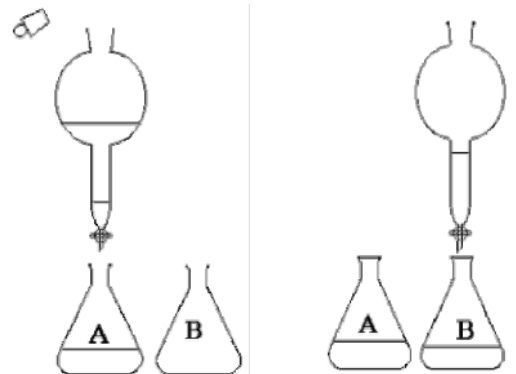
Les solutions sont préparées par la suite agitées pendant une demi-heure à l'aide d'un agitateur mécanique vibrant(LIDA instrument JB-4Magneticstirrer) , ce temps est suffisant pour atteindre l'équilibre liquide-liquide des monoacides carboxyliques (BOURAQADI IDRISSE A,2006) Après décantation d'environ une heure, les deux phases sont séparées, les analyses sont immédiatement effectuées. Les concentrations en phases aqueuses sont déterminées par spectrophotométrie UV-Visible (JENWAY 6315 Spectrophotomètre), et celles en phase organiques x ont déduites par bilan massique. Les taux de partage et les rendements sont ainsi déterminés. La figure 04 récapitule les

étapes suivies dans l'extraction



1) Ajout de solvant à la solution d'acide carboxylique

2) Agitation des deux phases pendant une demi-heure



3) laisser décanter(enlever le bouchon)

4) Verser séparément chaque phase dans un erlenmeyer



5) Détermination des concentrations avec le spectrophotomètre UV-visible

Figure 04: protocole expérimental de l'extraction liquide-liquide des acides carboxyliques

II.1 Paramètres de suivi

L'influence des principaux paramètres gouvernant l'extraction a été étudiée, il s'agit essentiellement du pH , et le coefficient de partage et volume des phases. Pour cela, plusieurs opérations d'extraction liquide-liquide d'acides carboxyliques (formique et acétique) ont été réalisées et les paramètres susmentionnés ont été modifiés afin de voir leur influence sur l'extraction, dans chaque opération, le rendement d'extraction et le taux de partage ont été déterminés .

Le taux de partage pour chaque acide est déterminé comme étant le rapport du total des concentrations mesurées en phase organique à celles en phase aqueuse de l'acide considéré tel est mentionné dans l'équation E-02 ci-après:

$$D = \frac{[HA]_{org}^T}{[HA]_{aq}^T} \quad (02)$$

Le rendement d'extraction est évalué en reportant la valeur du taux de partage dans l'expression:

$$R = \frac{100.D}{D + \frac{v_{aq}}{v_{org}}} \quad (03)$$

II.2 Etalonnage et préparation des solutions

Les solutions d'acides carboxyliques : acétique et formique, ont été soigneusement préparées à l'aide de l'eau distillée. Les longueurs d'onde correspondant aux absorbances maximales ont été d'abord déterminées pour les deux acides à l'aide du spectrophotomètre UV-visible par balayage du spectre UV-visible dans une gamme de mesure de 190 à 400 nm les courbes sont représentées dans les figures 05 et 06 ci-après , le maximum d'absorbance est de 207 nm pour l'acide acétique et 203 nm pour l'acide formique. L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert (*AIT KHALDOUN I, 2011*) pour cela un étalonnage a été effectué pour des solutions aqueuses très diluées à différentes concentrations en acide par lecture des concentrations de ceux-ci aux absorbances maximales propre à chaque acide, qui permettra par la suite le dosage de ce dernier dans les phases aqueuses après extraction. Les courbes d'étalonnage de chaque acide sont rapportées dans les figures 07 et 08 ci-dessous.

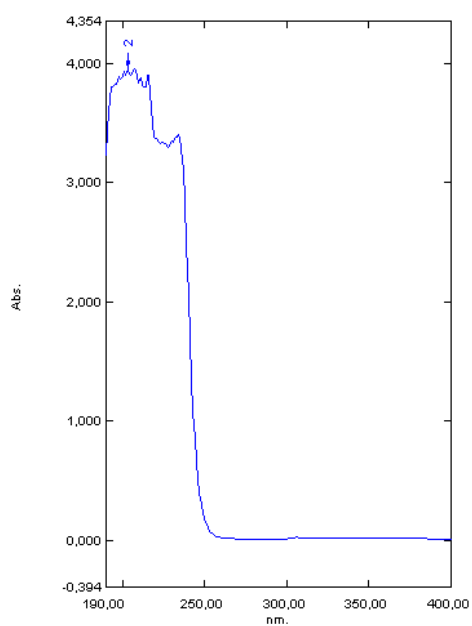


Figure 05 : Détermination de l'absorbance maximale λ_{max} de l'acide acétique

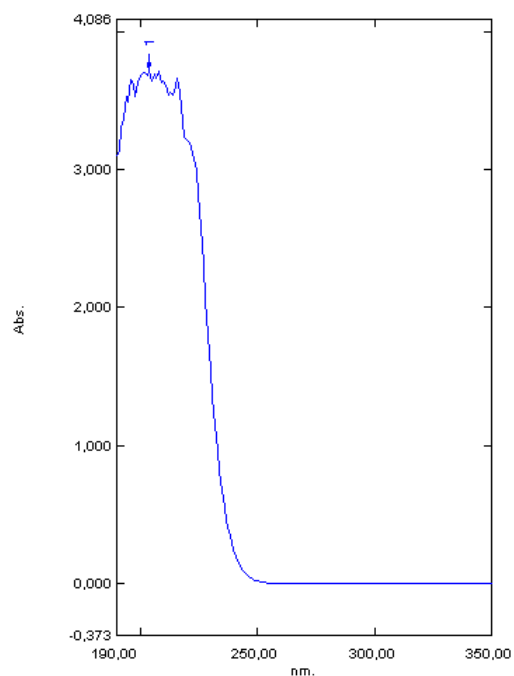


Figure 06 : Détermination de l'absorbance maximale λ_{max} de l'acide formique

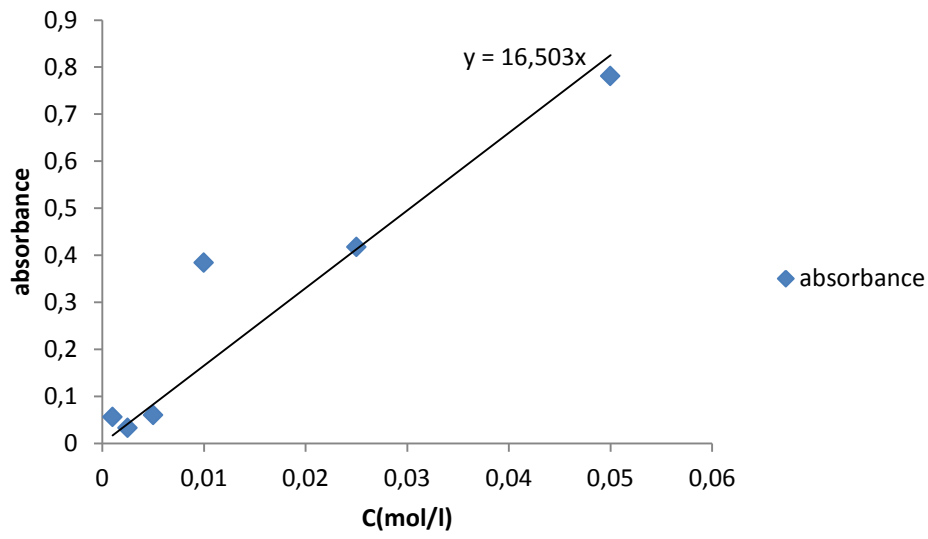


Figure 07 : Courbe d'étalonnage de l'acide acétique

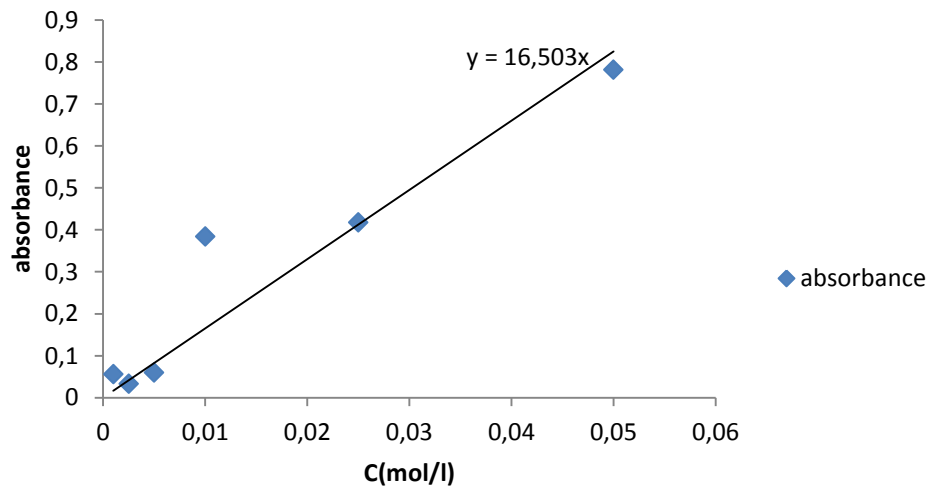


Figure 08 : Courbe d'étalonnage de l'acide Formique

II.3 Etude de l'effet du pH sur l'extraction

Afin d'étudier l'influence du pH sur l'extraction, plusieurs opérations de récupération des acides carboxyliques acétique et formique ont été mises en évidence, 20 ml de chaque acide de concentration initiale 0,1 mol/l est agitée avec une quantité pareille de solvant organique butan-1-ol. le pH a été varié dans différentes gamme acido-basique de 1,5 jusqu'à 9 par ajout d' HCl ou de $NaOH$ concentrés goutte à goutte, la valeur du pH de la solution est relevée à l'aide du pH -mètre destiné à cet effet et le taux de partage et le rendement d'extraction sont ainsi déterminés .

II.4 Etude de l'effet du coefficient de partage sur l'extraction

La distribution, ou le partage d'un soluté entre les deux phases à l'équilibre est donnée par le coefficient de partage . Cette grandeur se définit comme étant le rapport des teneurs respectives en soluté dans l'extrait et le raffinat lorsque l'équilibre est réalisé. Le coefficient de partage varie avec la nature des constituants en présence, leurs concentrations et la température. Il est peu influencé par la pression(RHODE R,1998) .

L'étude de l'effet du coefficient de partage sur le taux de partage et le rendement d'extraction des acides considérés, consiste à agiter ces derniers avec des solvants différents ainsi le coefficient de partage sera modifié. Pour cela, des quantités de 20 ml de chacun des acides formique, acétique de concentrations initiales de 0,1 mole/l ont été agitées avec des quantités pareilles de solvants de même nature, il s'agit des alcools : butan-1-ol, propan-1-ol et cyclohex-1-ol. à chaque fois les valeurs du taux de partage et du rendement sont déterminées.

II.5 Etude de l'effet du volume de solvant sur l'extraction

Afin d'étudier l'effet du taux de solvant sur l'extraction, 10 ml de la solution aqueuse des acides : acétique et formique de concentration initiale 0,1 mol/l ont été agitées par différentes fraction de butanol : 1/4 ; 1/3 ; 1/2 ; 1 ; 2 et 3 fois par rapport à la solution aqueuse d'acide, correspondant aux volumes respectif de : 2,5 ; 3,6 ; 5 ; 10 ; 20 et 30 ml de solvant. Après séparation des phases, le rendement et le taux de partage de l'opération d'extraction sont déterminés.

Chapitre III-

Résultats et discussion

III. Résultats et discussions

III-1 Effet de pH sur l'extraction

a) Cas de l'acide formique

A l'issus des résultats du rendement et du taux de partage en fonction du pH tel est représenté en figures 09 et 10 et récapitulé dans le tableau 02 ci-après, on remarque que ces derniers atteignent un maximum de 46,15 % et 0,86 à pH 2,29 pour le rendement et le taux de partage respectivement. Ces entités sont très faibles pour des valeurs de pH au-delà du pK_a de l'acide formique 3,75.

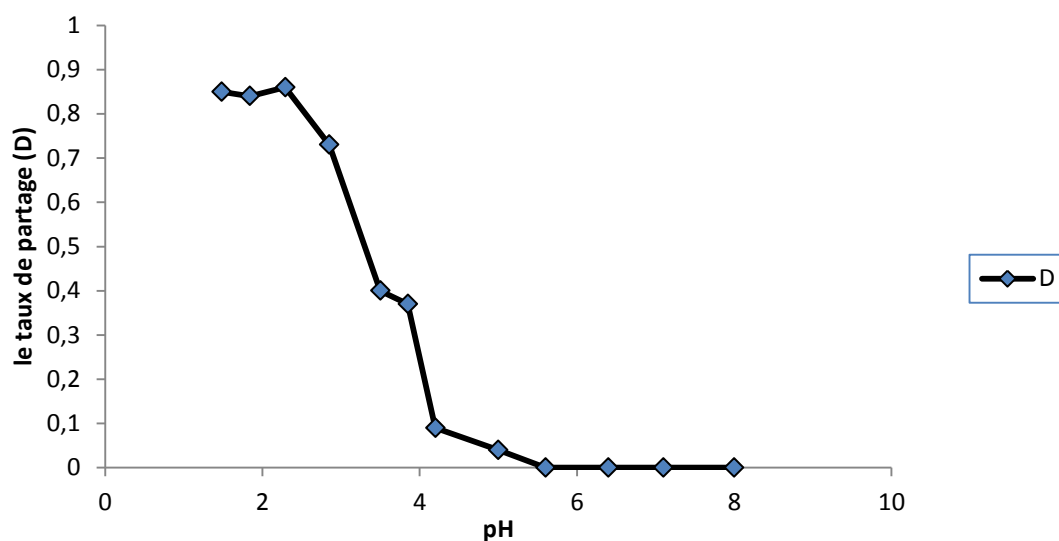


Figure 09: le taux de partage (D) en fonction du pH pour l'extraction de l'acide formique ($C_i=0,1$ mol/l; solvant: butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ C$)

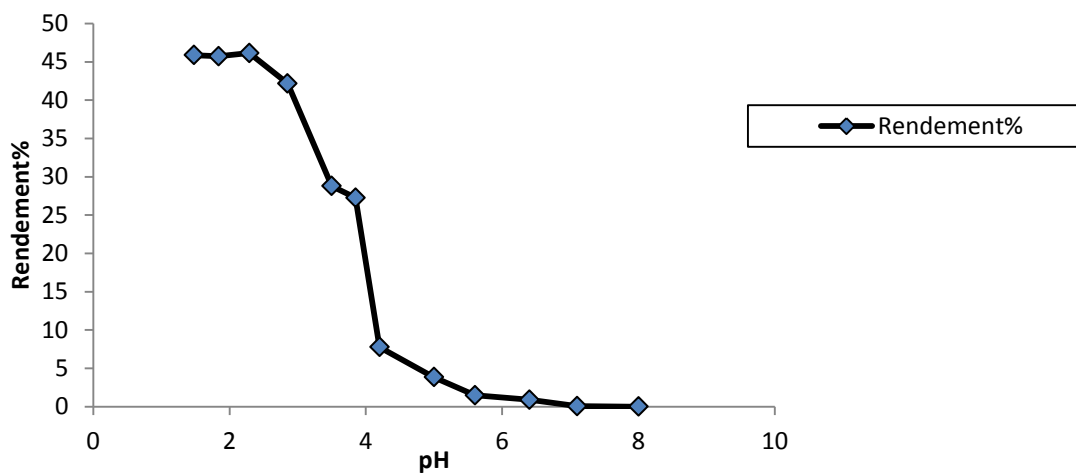


Figure 10: Rendement en fonction du pH pour l'extraction de l'acide formique

($C_i=0,1$ mol/l; solvant: butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ C$)

b. Cas de l'acide acétique :

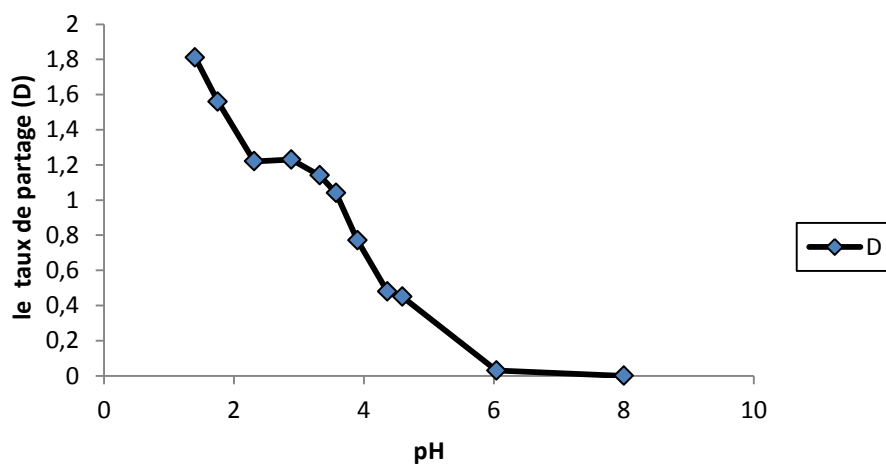


Figure 11: le taux de partage (D) en fonction du pH pour l'extraction de l'acide acétique

($C_i=0,1$ mol/l ; solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ C$)

Le tableau 03 reporte les valeurs du taux de partage et du rendement pour l'étude des variations de ces derniers en fonction du pH . Le rendement et le taux de partage ont des valeurs maximales respectives de 64,4 % et 1,81 à pH 1,4. L'acide acétique n'est plus extractible pour pH au-delà de son pKa (4,75). La figure (11) représente le taux de partage et la figure (12) représente les variations de rendement en fonction du pH .

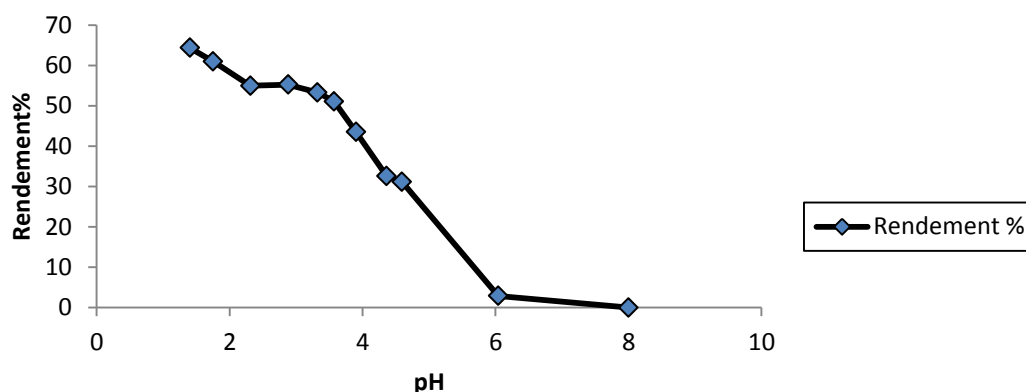


Figure 12 : le Rendement en fonction du pH pour l'extraction de l'acide acétique ($C_i=0,1$ mol/l ; solvant : butan-1-ol ; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ C$)

A la lumière des résultats de l'étude de l'effet du pH sur l'extraction, il est évidemment remarquable que ce paramètre a une grande influence sur le taux de partage et le rendement de l'extraction, en effet les courbes $R=f(pH)$ et $D=f(pH)$ pour les deux acides incarnent une allure exponentielle, le rendement et le taux de partage tendent vers le zéro aux fort pH et sont un maximum pour des pH inférieure aux pka des acides.

Au de la des pka les acides sont sous forme dissocié « $RCOOH + H_2O \rightleftharpoons RCOO^- + H_3O^+$ » » et ne peuvent pas être extrait quelque soit le solvant utilisé.

III.2 Etude l' influence du coefficient de partage sur extraction

Les valeurs des coefficients de partage de chaque acide dans les solvants utilisé ont été relevé de la littérature et sont récapitulés dans le tableau 05 suivant

Tableau 05 : Valeurs du coefficient de partage des entités extraites dans les solvants : butan-1-ol, pentan-1-ol et cyclohex-1-ol(HADJ SEYD,2007) .

Acides carboxyliques	Coefficients de partage		
	Butan-1-ol	Pentan-1-ol	Cyclohex-1-ol
Acide formique	0,902	0,896	0,351
Acide acétique	1,321	0,960	0,662

Le tableau 06 regroupe les résultats trouvés. Les histogrammes Figure ;13, 14 représentent les comparaisons entre les valeurs des rendements d'extraction pour les deux acides étudiés en fonction du coefficient de partage.

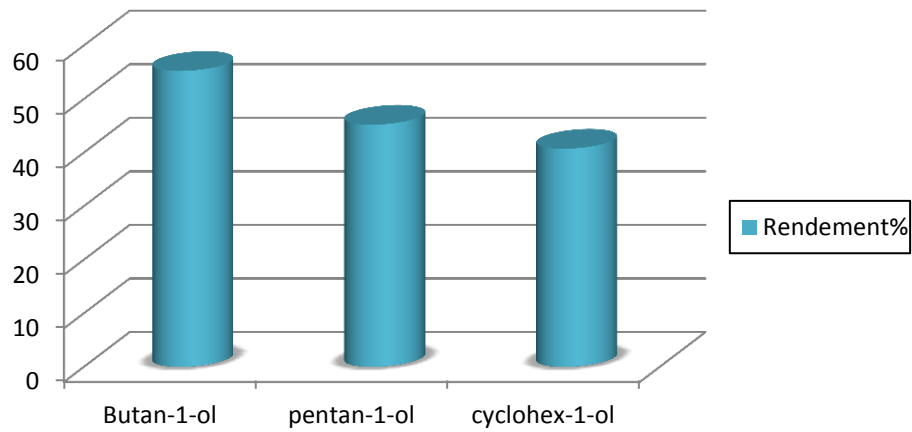


Figure 13 : Rendement d'extraction de l'acide Formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1 \text{ mol/l}$; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)

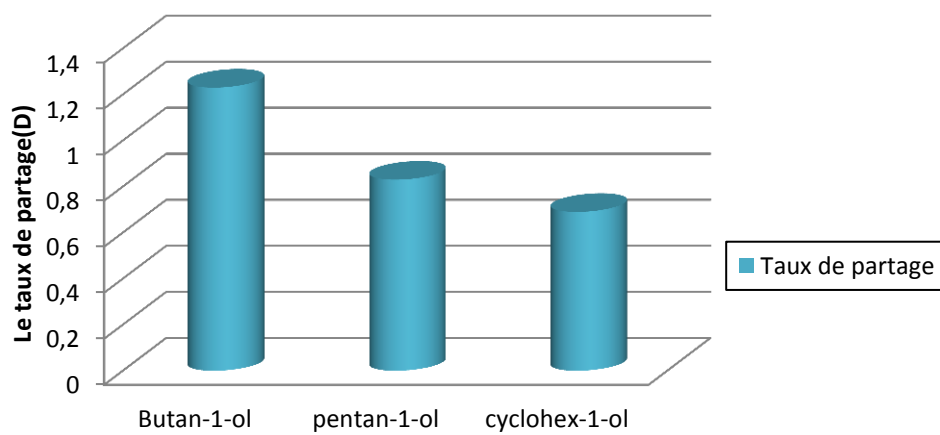


Figure 14: Le taux de partage de l'acide Acétique en fonction du coefficient de partage D ($C_i=0,1 \text{ mol/l}$; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)

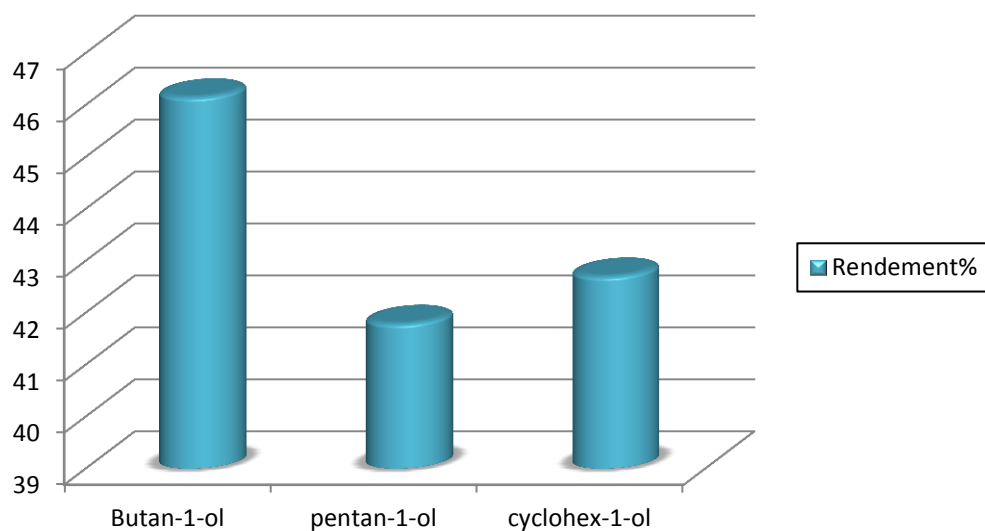


Figure15 : Rendement d'extraction de l'acide formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1 \text{ mol/l}$; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)

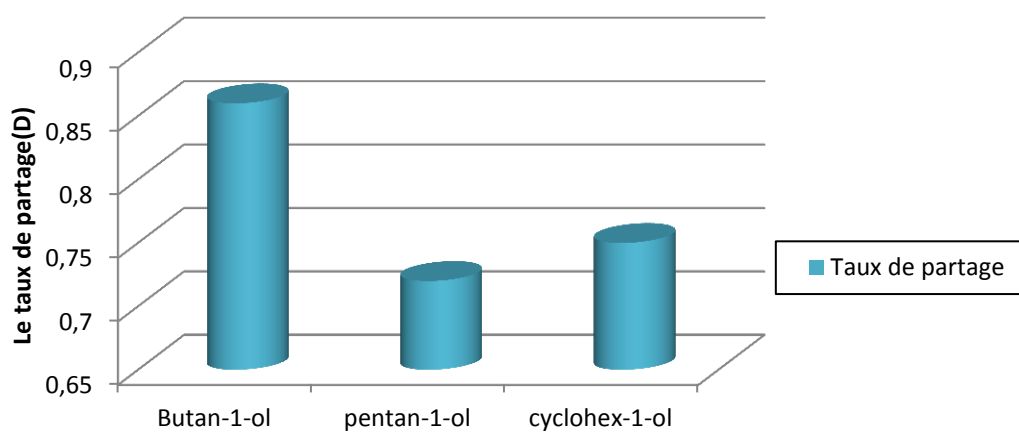


Figure16 : Le taux de partage de l'acide Formique en fonction du coefficient de partage ($C_i=0,1 \text{ mol/l}$; $V_{aq}/V_{org} = 1 : 1$; $T=20^\circ\text{C}$)

L'analyse des résultats des taux de partage et des rendements d'extraction révèle que ces derniers augmentent avec l'augmentation du coefficient de partage. Ainsi, pour l'acide acétique, le rendement c'est augmenté de plus de 10 % lorsqu'on a changé le propanol ($K=0,96$) par le butanol ($K=1,32$) comme solvant. Il a chuté de 5 % par rapport au rendement de son extraction par le butanol lors de l'utilisation du cyclohexanol ($K=0,66$). L'acide formique a montré une augmentation du rendement excédant 46,15% pour le butanol, il a chuté plus de 3% lorsqu'on a changé le butanol par le cyclohexanol ($K=0,833$) comme solvant. L'extraction est avantagée par une forte valeur du coefficient de partage du solvant vis à vis du soluté.

III.3 Etude l' influence du volume de solvant sur l'extraction

Pour les deux acides étudiés, les résultats montrent que le taux de partage et le rendement augmentent avec le taux volumique de solvant, mais cette augmentation du rendement n'est pas aussi importante en doublant ou en triplant le volume de celui-ci, il est à noter que l'utilisation de quantités aussi importantes de solvant est limitée encore du point de vue coût et toxicité.

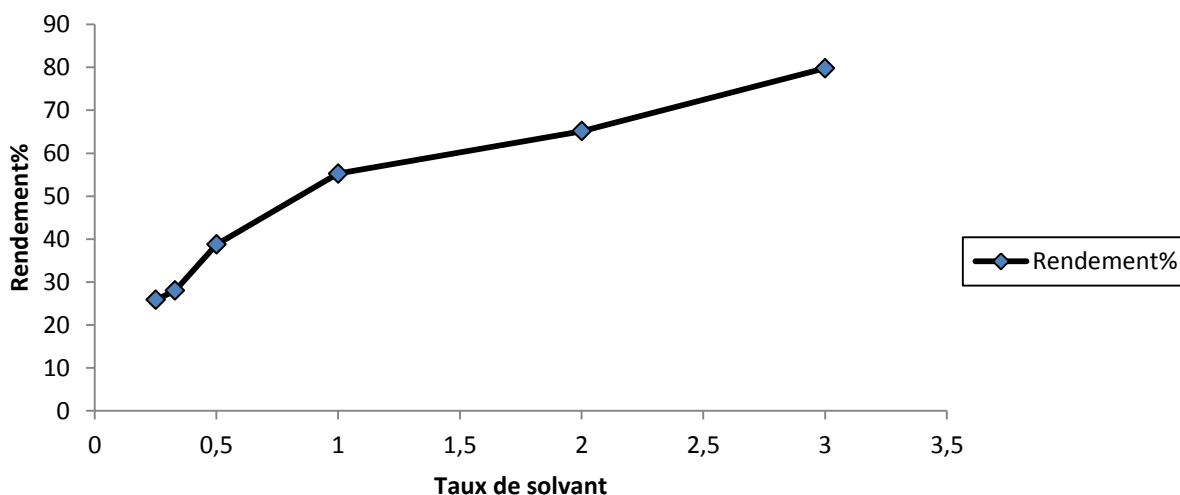


Figure 17 : le Rendement en fonction du taux de solvant pour l'extraction d'acide Acétique dans le butan-1-ol

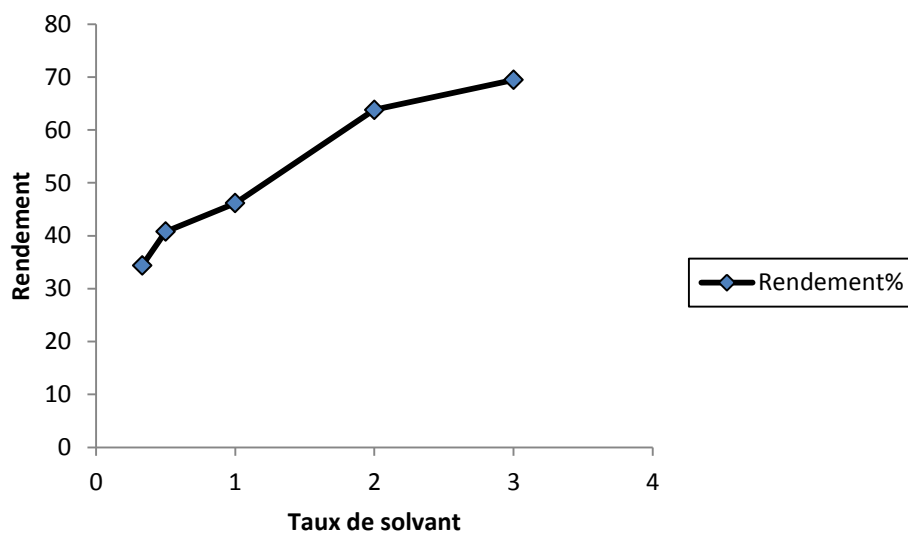
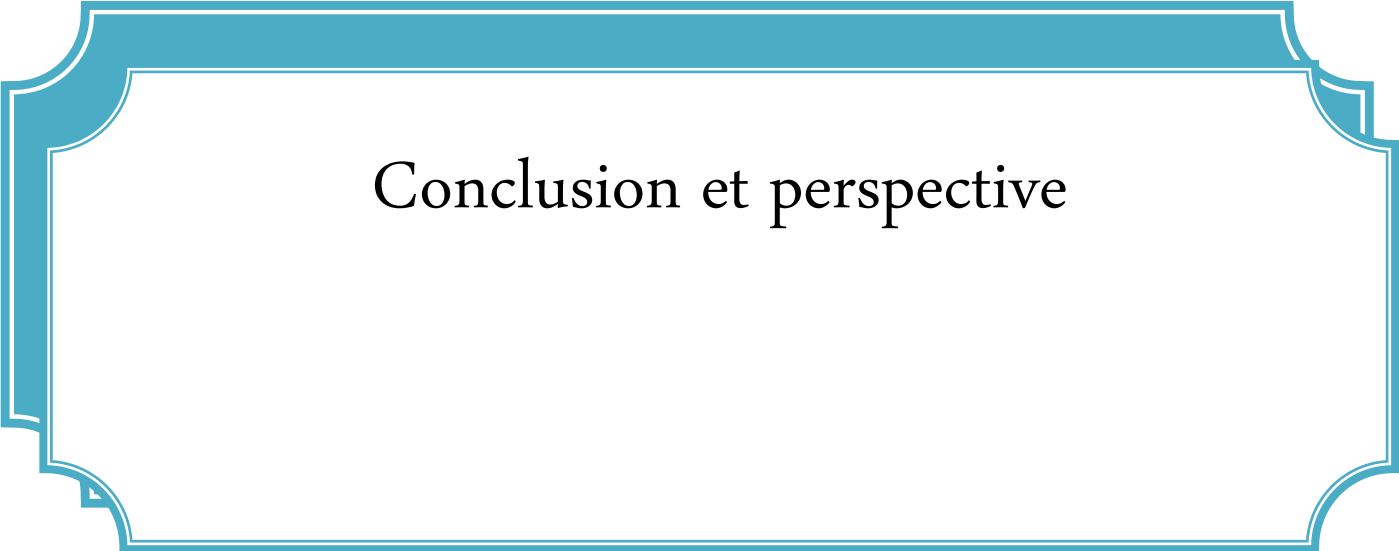


Figure 18 : le Rendement en fonction du taux de solvant pour l'extraction de l'acide Formique dans le butan-1-ol



Conclusion et perspective

CONCLUSION

Notre travail s'est focalisé spécifiquement sur l'étude de la récupération, en vue de dépolluer l'eau contaminée par des acides carboxyliques qui constituent, en effet, de forts pourcentages de la charge organique totale contenue dans les effluents aqueux résiduels de nombreuses industries ainsi que la valorisation de ces acides par le procédé de séparation d'extraction liquide-liquide.

Ainsi, nous avons étudié les conditions favorables à l'élimination de ces acides par le procédé suscitée et la possibilité d'augmenter le rendement de l'opération en variant certains paramètres gouvernant ce procédé, telles que : pH du milieu, rapport volumique des phases ainsi que la nature du solvant d'extraction .

L'étude expérimentale que nous avons réalisé nous a permis de constater que le facteur le plus influent sur l'extraction est le pH de la solution, en effet en faisant varier celui-ci sur une gamme variant de 1 à 9 le rendement de l'extraction liquide-liquide des acides carboxyliques contenus dans l'eau à une concentration initiale de 0,1 mol/l peut aller jusqu'à plus de 60 % aux pH acides moins de 2,5. Ainsi, l'acide formique a été récupéré à 46,15 % à pH= 2,29 et l'acide acétique à plus de 64,4 % à pH= 1,4.

Pour un volume de solvant (butanol) trois fois le volume initial de la solution aqueuse, l'acide formique est obtenu à 69,45 %, et l'acide acétique à 79,78 %. Ce qui montre que le rendement d'extraction est d'autant meilleur que la phase organique est riche en solvant.

L'augmentation de la valeur du coefficient de partage en changeant le solvant par l'utilisation d'autres alcools (butanol, propanol et cyclohexanol) est en faveur de l'extraction , en effet de bons rendements ont été remarqués dans l'extraction des acides formique (46,15%) et acétique (55,25 %) avec le butanol dont les coefficients de partage ($K= 0,902$) et ($K=1,32$) respectivement avec ces acides par rapport aux autres alcools. L'augmentation de la valeur du coefficient partage augmente d'avantage la valeur du taux de partage et par suite le rendement d'extraction de l'espèce mise en jeu.

En conclusion, l'utilisation du procédé d'extraction liquide-liquide comme technique de dépollution de l'eau contaminée par des acides carboxyliques issue des effluents industriels est une technique de séparation très intéressante qui conduit à un double aspect : Dépolluer les eaux et valoriser ces acides.

Dans ce procédé, il est extrêmement important de prendre en compte, d'une part, le choix du solvant d'extraction, qui devra être le plus performant possible et d'autre part, il est nécessaire de bien connaître les paramètres qui gouvernent les mécanismes mis en jeu, pour prévoir les interactions entre le soluté et le solvant afin d'améliorer le processus d'extraction et avoir un bon rendement de récupération des extraits qui implique une bonne dépollution de l'effluent traité.

Il est à noter que d'autres paramètres qui ont une influence sur le rendement d'extraction, telle que concentration en extraits, la température, ajout d'un extractant chimique... qui n'ont pas fait l'objet de notre étude, peuvent servir de perspectives pour optimiser le processus d'extraction et son application à l'échelle industrielle.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. A NTOINE S. et DOMINICI L, 1975 , Les indicateurs de l'environnement dans les zones industrielles. La documentation française, Paris, 129 p.
2. AIT KHALDOUN Ibrahim,2011, optimisation du transport des cations cu(ii), zn(ii) et cd(ii) par le tri-n-butylphosphate (tbp) a travers les membranes d'affinite ,mémoire de magister, universite mouloud mammeri de tizi-ouzou,p90
3. BALLERINI D, GATELIER C et VOGEL T, 1998 , Techniques de traitement par voies biologiques des sols pollués. ADEME, 246 p.
4. BENNAJAH Mounir,2007, Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation électroflotation en réacteur airlift, École doctorale Mécanique, énergétique génie desprocédés,p200
5. BERNIE F , CORDONNIER J ,1991; Traitement des eaux. TCHNIP. France.
6. BOTTA Alain.2001 , Pollution de l'eau et santé humaine, Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale, Université Euro- Méditerranée TEHYS.
7. BOURAQADI IDRISSE , Azeddine ,2006, extraction par solvant : étude et modélisation du système tributylphosphate – acides mono carboxyliques, thèse de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse,p216
8. BOYAVAL P, CORRE C, 1995,Production of Propionic Acid. Lait pp 75 -453- 461.
9. BRGM ,2008, Bureau de Recherches Géologiques et Minières
10. BUCH Arnaud,2001, etude thermodynamique et cinetique de l'extraction liquide-liquide du nickel(ii) par la 2-ethylhexanal oxime et un melange de 2-ethylhexanal oxime et d'acide di-2- (ethylhexyl) phosphorique, these de doctorat de l'universite paris 6,p316
11. Centre de Gestion de la Fonction Publique Territoriale de la Corrèze - Infos Prévention n°18 Janvier 2010
12. CUSACK RW, GLATZ DJ, 1996 Apply liquid - liquid Extraction to today's Problems , pp 94-103
13. CUVELIER C, CABARAUX J, DUFRASNE I, HORNICK J, ISTASSE L,2004 Acides Gras : Nomenclature Et Sources Alimentaire, pp133 -134
14. DONNIER Brigitte. La pollution chimique en méditerrané. Laboratoire. C. E. R. B. O. M. Nice. France
15. GALAF F, GHANNAM S, 2003 , Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin, Mémoire d'ingénieur d'état, Université
16. HADJ SEYD Abdelkader,2007 , Simulation du rendement et du coefficient de distribution dans une extraction liquide-liquide, mémoire magister , faculté des sciences et sciences de l'ingénieur ouarglap90.
17. IDRISSE Leila, 2006 ; nitrates et nitrites polluants qui menacent la santé et l'environnement, Les technologies de laboratoire, pp 10 ,11 .
18. KATIKANENI S P R, CHERYAN M, 2002, Purification of Fermentation-Derived Acetic Acid by Liquid-Liquid Extraction and Esterification pp 41- 2745-2752.
19. KENTISH S. E, STEVENS G, 2001, Innovation in Separation Technology for the Recycling and re-Use of Liquid Waste Streams. Chem Eng pp 84- 149-159.
20. KHOUALEF Hafidha,2012, Extraction liquide-liquide du Th(IV) par l'acide oléique, le TBP et leur mélange, mémoire de Master, université aboubekr belkaid, Tlemcen
21. KIRK-OTHMER, 1983, Encyclopedia of Chemical Technology. Acetic Acid and Derivatives, Volume 1, John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.

22. KOFI Annan, 2005 Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies ,message du secrétaire général
23. Mahuzier G , Hamon, 1990, Abrégé de chimie analytique, Masson – Paris .
24. MAKOKHA, 2010, Procédés de séparation et techniques électro-analytiques et spectrochimiques ,Ed African University Virtuelle ,p163
25. MECHATI.F ,2006 ; Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA, Mémoire de magister,p158
26. MIZI A, 2006 , Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles, Thèse de doctorat ,Université de Badji Mokhtar, ANNABA.
27. Office fédéral de la santé publique .2010 , (OFSP)
28. OUZZI A. 2001 ; Hydro-climatologie du bassin de l'Oued Oum Rbia. Colloque, 9e. rencontre nationale des géomorphologues marocains, F.L.S.H., El Jadida (en arabe).
29. RAMDAN N . 2006; Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de
30. René Moletta, 2010, L'eau sa pollution et son traitement,p36
31. RODIER Jean 1996 ; L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS.
32. RODRIGUEZ GARCIA Adrian, 2004, etude de la congélation comme technique de traitement des eaux applications spécifiques, l'institut national des sciences appliquées de toulouse,p146
33. Rymond Desjardins ,1990,le traitement des eau ,Ed lécole polytechnique de mortéreal,p304
34. SALGHI .R. ; 2006 ; Différentes filières de traitements des eaux par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR. Université IBEN ZOHIR. ROAUME du SKIKDA. Mémoire de magister.
35. SALHI .R, 2004, Récupération des métaux précieux des effluents industriels solides, thèse de Doctorat , Université de Constantine.
36. VARGA Viktória , 2006 ,distillation extractive discontinue dans une colonne de rectification et dans une colonne inverse pp6.18.19

الملخص

ابرزنا في هذا العمل تأثير بعض المعايير التي تتحكم في عملية الاستخلاص سائل-سائل للأحماض الكربوكسيلية المتواجدة في المخلفات المائية . وقد تناولنا حالة استرداد المياه الملوثة بحمض النمل وحمض الخل و التي تحتوي تركيز مبدئي قيمته 0.1مول / لتر من الحمض . تبين النتائج أن العملية تكون ذات مردودية عالية في وسط حمضي (قيمه أقل من 2.5) حيث تم استرداد % 46.15 من حمض النمل و % 64,4 من حمض الخل وشهدت المردودية زيادة كبيرة عندما زاد معامل التوزيع, بالفعل فقد ادى استعمال بيوتانول إلى مردود يصل الى % 46.15 و % 55.25 على التوالي مع حمض النمل وحمض الخل والتي لها معامل التوزيع K, 0.902 و 1.32 بالمقارنة مع بروبانول وسيكلوهيكسانول . اما بالنسبة لتأثير حجم المذيب على المردودية فان هذه الاخيرة تزيد باستخدام نسبة المذيب أكثر من ثلاثة أضعاف حجم المحلول المائي المعالج.

أثبتت الدراسة أيضا كفاءة عملية الاستخلاص سائل-سائل باعتبارها تقنية واعدة لمعالجة المياه من جهة و من جهة اخرى تقييم الأحماض الكربوكسيلية واستردادها كمنتجات ذات قيمة مضافة عالية.

كلمات البحث :

المياه، التلوث ، الاستخلاص سائل- سائل، الأحماض الكربوكسيلية .

Résumé

Dans ce travail nous avons mis en évidence l'influence de certains paramètres gouvernant le procédé d'extraction liquide-liquide des acides carboxyliques contenus dans des effluents aqueux. Nous avons pris le cas de récupération d'une eau polluée par les acides formique et acétique, d'une charge initiale de 0,1 mol/l d'acide. Les résultats montrent que l'opération est rentable à des valeurs de pH acide (moins de 2,5) on a pu récupérer jusqu'à 46,15 % d'acide formique et 64,4 % d'acide acétique, le rendement a connu une élévation considérable lorsque le coefficient de partage a augmenté, en effet, le butanol a donné un rendement de 46,15% et 55,25 % respectivement avec l'acide formique et acétique ayant un coefficient de partage respectif de $K= 0,902$ et $K=1,32$ vis-à-vis de ce solvant par rapport au propanol et au cyclohexanol . Le rendement s'est encore accru lorsqu'on a utilisé un taux de solvant trois fois plus que le volume de la solution aqueuse traitée.

L'étude a encore révélé l'efficacité du procédé d'extraction comme technique prometteuse permettant à la fois le traitement des eaux et la valorisation des acides carboxyliques récupérée comme étant des produits à forte valeur ajoutée.

Mots clés

L'eau, pollution, Extraction Liquide-Liquide, Acides Carboxyliques.