

ASSISTANCE TECHNIQUE DE LA FAO



Convention FAO/UTF/MOR019/MOR

PROJET DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU :

Elaboration des dossiers techniques relatifs aux valeurs limites des rejets industriels dans le Domaine Public Hydraulique

Entre

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)

Et

la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE)

MAROC

Elaboration des fiches techniques des valeurs Limites des Rejets industriels :

Plastique

préparée par :

Brahim Soudi - Consultant national

Dimitri Xanthoulis - Consultant international

Période de mission : du 27 Avril au 15 Août 2006

**Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)
Rome, 2006**

L'industrie des plastiques

1. Introduction

Le nom « plastique » est une dénomination générique qui englobe une multitude de produits et de méthodes de polymérisation. Il est difficile, au travers d'une fiche de VLR, de couvrir l'ensemble des produits et des procédés.

La production de polymères consiste à transformer les matières de base gazeuses et liquides dérivées du pétrole (éthylène, propylène, styrène) en matières plastiques solides. Cette opération qui s'effectue dans des réacteurs s'appelle la polymérisation. Le polymère obtenu est ensuite extrudé puis transformé en granulés appelés « pellets ».

Trois familles de polymères de grande consommation – polyéthylènes haute densité, polypropylènes et polystyrènes – sont généralement produites sur le même site. Directement dérivées de la pétrochimie de base, ces matières sont utilisées par les transformateurs de matières plastiques ; elles entrent dans la fabrication d'un large éventail de produits domestiques et industriels.

Polypropylène

Le propylène, matière de base, est purifié dans des colonnes de distillation. Le propylène purifié est acheminé dans les réacteurs où, mis en contact avec les catalyseurs, il polymérise. Matière thermoplastique par excellence, le polypropylène se retrouve dans de nombreuses applications tant sous forme de fibres dans le domaine textile que sous forme d'emballages, accessoires automobiles, articles ménagers et médicaux.

Polyéthylène

La production de polyéthylène haute densité est réalisée à partir de l'éthylène. Les applications du polyéthylène haute densité sont nombreuses, principalement sous forme de corps creux tels que flacons, réservoirs de voiture, conduites d'eau ou de gaz et sous forme de films dans les emballages industriels, domestiques et alimentaires.

Polystyrène

Les installations de production de polystyrène fabriquent généralement trois types de polystyrène : choc, cristal et expansible. Les polystyrènes cristal et choc trouvent notamment de nombreuses utilisations dans la fabrication d'ustensiles ménagers, dans l'emballage protecteur (disque compact, cassette vidéo) et dans l'industrie du jouet. Sous forme expansée, il est apprécié dans la construction comme isolant thermique et acoustique ou pour l'emballage de produits fragiles.

Cette fiche s'intéressera plus particulièrement aux consommations et rejets d'eau qui concernent la production de polypropylène.

Il faut, dans tous les cas, prendre comme point de départ, la technique du procédé de fabrication afin d'avoir une connaissance détaillée du mode de formation et de l'importance des différents types d'eaux résiduelles. Il faut également déterminer s'il est préférable, du point

de vue biotoxicité, de traiter séparément les flux d'eau de manière à ne pas compromettre l'épuration des eaux résiduaires totales. Il est recommandé alors de réaliser l'épuration finale des eaux résiduaires par des méthodes biologiques.

Les principales industries de Plastiques inventoriées dans les différentes agences des bassins hydrauliques sont reprises au tableau 1 [6].

2. Procédé de fabrication

Les matières de synthèse (plastiques), au sens large du terme, sont fabriquées à partir de substances naturelles de poids moléculaire élevé, comme par exemple la cellulose, par action de produits chimiques, ou par synthèse, à partir de matières premières à faible poids moléculaire, par des processus de condensation, de polymérisation et autres processus.

2.1. Procédé de fabrication du polypropylène

La fabrication du polypropylène comporte les étapes suivantes :

- Préparation du catalyseur et des co-catalyseurs;
- Activation du catalyseur, pré-polymérisation, polymérisation;
- Dégazage du polymère, recyclage du propylène;
- Réaction de copolymérisation;
- Séchage du polymère;
- Equipements auxiliaires;
- Purification des monomères;
- Additivation, extrusion du polypropylène.

1. Préparation et dosage du catalyseur et des co-catalyseurs

Le complexe catalytique est composé de trois éléments : un catalyseur et deux co-catalyseurs. Le catalyseur est constitué de particules solides qui sont dispersées dans un mélange d'huile et de graisse, tandis que les co-catalyseurs 1 et 2 se présentent à l'état liquide.

2. Activation de la pâte catalytique, prépolymérisation et polymérisation

Activation de la pâte catalytique : La suspension de catalyseur solide dans le mélange d'huile et de graisse, ainsi que les deux co-catalyseurs sont mélangés à environ 15°C dans un réservoir.

Prépolymérisation : Le mélange catalytique sortant du réservoir est injecté dans un flux de propylène avec de l'hydrogène (afin de contrôler la densité des prépolymères). La réaction est amorcée dans un « pré-polymérisateur ». Ce réacteur fonctionne complètement rempli de liquide et sa température basse assure le contrôle de la morphologie des produits de la réaction.

Polymérisation : La réaction de polymérisation se déroule dans les deux « polymérisateurs » (primaire et secondaire) placés en série. Le réacteur primaire est alimenté par trois courants : la sortie du réacteur de prépolymérisation, le propylène et l'hydrogène.

Tableau n°1: Principales industries de Plastiques inventoriées dans les différentes agences des bassins hydrauliques.

Agence de Bassin	Etablissement	Localité/Province	Grandeur Caractéristique	Milieu Récepteur
Bouregreg	ATTAGHIFIL	Z,I,BERRECHID	sac film sachet (Produits Fabriqués pour Bouregreg)	
Bouregreg	ITAPLAST	Z,I,BERRECHID	tuyaux en PVC	
Bouregreg	SOMASYT	Z,I,BERRECHID	tapis en plastique	
Bouregreg	LOSANGE	Z,I,BERRECHID	flacon en plastique	
Bouregreg	LAHBABI ANASS(PLAST SYSTEME)	Z,I,BERRECHID	art de sanitaire en plastique	
Bouregreg	MEDIPLAST	Z,I,BERRECHID	cachet en plastique	
Bouregreg	MARPLAS	Z,I,BERRECHID	emballage plastique	
Bouregreg	BERSAT PLASTIQUE	BERRECHID	art en plastique	
Bouregreg	U.M.I	BERRECHID	art en polystirene	
Bouregreg	P.R.T.C	Z,I,BERRECHID	prod en caoutchouc	
Bouregreg	SONEXI	Z,i, SETTAT	cassette audio	
Bouregreg	NABILA PLASTIC	Z,i, SETTAT	art en plastique	
Bouregreg	SETAPLAST	SETTAT	tapis en plastique	
Bouregreg	MAJOR TOYS	Z,i, SETTAT	sachet en plastique	
Bouregreg	MAGI PLAS	Z,I,sahel	chaussure	
Bouregreg	PLASTIQUETIT MELLIL	Z,I,SAH.SOUAL	sachet en plastique	
Bouregreg	ARCOPLAST	HAD SOUALEM	sachet en plastique	
Bouregreg	S.I.M.C.P.	HAD SOUALEM	sachet en plastique	
Bouregreg	MANAR PLASTIC	OULAD HRIZ	sachet en plastique	
Bouregreg	PLASTIC RECORDS	BRAHMA	sachet en plastique	
Bouregreg	PLASIMAG	LAKHYAYTA	fab. d'art en plastique	
Bouregreg	GARA PLASTIC	EL GARA	art en plastique	
Bouregreg	Plastic-Skhirat S.A.	Skhirat		
O.E.R	Usine de plastique	0810915		
O.E.R	Usine de plastique	1910103	Production des tubes en plastiques	
Sebou	EMAN semelle	FES	Semelle en PVC	fosse septique
Sebou	EL Habib	FES	Tuyaux, baguette en plastique	fosse septique
Sebou	Chimex	FES	Semelle en PVC	
Sebou	Sabain Habib	FES	Touillons en Plastique	Fosse septique
Sebou	Etablissement Berrada	FES	fil métalloplastique	R.A
Sebou	SABAH plastique	FES	sachet en plastique	R.A
Sebou	Sté OUAGHA	Fès	semelle PVC	R.A
Sebou	SAAC,s africaine	Fès	semelle PVC	R.A
Sebou	SIFASE	Fès	semelle PVC	R.A
Agence de Bassin	Etablissement	Localité/Province	Grandeur Caractéristique	Milieu Récepteur
Sebou	MAJDA plastique	Fès	Talons en plastique	R.A
Sebou	NAWAL plastique	Fès	Talons en plastique	

Tableau n°1 (suite) : Principales industries de Plastiques inventoriées dans les différentes agences des bassins hydrauliques.

Agence de Bassin	Etablissement	Localité/Province	Grandeur Caractéristique	Milieu Récepteur
Sebou	LANDA PLASTIC	Fès	Transformation de plastique	Fosse Septique
Sebou	Chinox	Fès	semelle PVC	R.A
Sebou	IMAN PLASTIQUE	Fès	Semelle plastique	
Sebou	Plastique SARL	Fès	semelle PVC	Fosse Septique
Sebou		Fès		
Souss	.Tiznit- plastique	Tiznit	Article en plastique mousse matelas	
Souss	HOUDA PLASTIQUE	Inezgane	Tube en P.V.C et P.E.	Evaporation, égout
Souss	Bouknadel Plastique	Agadir	Sachets, tube orange	Egout--mer
Tensift	Bahia Plastic	Marrakech Menara	bottes toutes pointures+sandaes	

La poudre humide venant du réacteur primaire est transférée en continu vers le réacteur secondaire. Les autres flux envoyés vers ce réacteur sont ceux de propylène et d'hydrogène. La température des deux réacteurs est contrôlée grâce à la circulation d'eau de refroidissement dans leurs chemises.

3. Dégazage du polymère – lavage et recyclage du propylène

Dégazage du polymère : La poudre humide de polymère qui sort du réacteur secondaire de polymérisation, est composée pour plus de 40%, de propylène qu'il convient de récupérer. La première opération est l'évaporation complète de la phase liquide. Cet objectif est atteint par le chauffage avec vapeur d'eau de la chemise de la ligne qui relie le réacteur au réservoir de séparation. Dans ce réservoir, le polymère solide est séparé du monomère gazeux. Le polymère recueilli au bas du séparateur est déchargé dans un dégazeur à basse pression. Le monomère est quant à lui recyclé.

Recyclage du propylène : Le propylène est recyclé par compression, condensation et pompage.

4. Production de copolymères

La poudre d'homopolymère (après séparation du propylène n'ayant pas réagi) est introduite dans un réacteur (phase gazeuse) où la poudre est mise en contact avec une phase éthylène-propylène. L'éthylène n'ayant pas réagi est récupéré, après compression, dans une colonne.

5. Séchage des polymères

Le polymère est transféré vers un réservoir à contre-courant d'un flux de vapeur à base pression. La vapeur est injectée au fond du réservoir. Le but de cette opération est de désactiver le catalyseur. A la sortie du réservoir, les particules de polymère sont envoyées vers un réservoir secondaire où l'eau de contact est éliminée à l'aide d'azote chaud. L'azote humide est lavé dans la colonne de lavage afin de séparer l'eau condensée et la poudre

entraînée. L'azote est alors recyclé vers le sécheur. Le courant de polymère séché est transféré vers les silos tampons au moyen du transporteur.

6. Equipements auxiliaires

Récupération de la vapeur : Toute la vapeur condensée est recueillie dans un réservoir afin d'être utilisée comme eau d'alimentation.

Réservoirs de blow-down : Deux réservoirs « blow-down » assurent la collecte des boues en cas de déchargement urgent des réacteurs et l'envoi des fractions gazeuses vers la torçère. Un dernier réservoir est pourvu d'un cyclone afin de récupérer le polymère entraîné en même temps que les gaz. Le polymère recyclé est traité avec la vapeur et séché avec l'azote avant d'être transféré vers un récipient de stockage.

7. Purification des monomères

En fonction des spécifications du monomère (propylène), différentes opérations de purification seront prévues afin de retirer des impuretés telles que CO, CO₂, H₂O, etc. résultant de l'opération. Ces impuretés sont brûlées à la torçère.

8. Additivation et extrusion du polymère

Additivation : Le polymère séché est stocké dans un réservoir tampon intermédiaire et transféré vers un autre réservoir. Les additifs nécessaires sont mélangés au polymère qui est déchargé continuellement du réservoir vers les mélangeurs.

Extrusion du polymère : Le but de l'extrusion est d'homogénéiser le mélange polymère/additifs et de présenter le produit sous forme de « pellets ».

2.2 Procédé de fabrication du PVC

2.2.1. L'hydrolyse

Nous donnons également ci-après l'exemple d'une industrie marocaine qui produit du Monochlorure de vinyle (MVC) dont le procédé a été décrit par l'audit environnemental réalisé par le Secrétariat d'Etat Charge de l'Environnement en avril 1988 [7]. Cette industrie se sert d'hydrogène et de MVC pour fabriquer du PVC. Les PVC compounds sont destinés à des usages alimentaires (bouteilles plastiques) ou non-alimentaires (tuyaux d'irrigation ou câbles électriques). Les principales matières premières utilisées sont : l'éthylène et le sel gemme. Le sel est mélangé à de la saumure et traité avec du carbonate de sodium et de la soude pour précipiter les impuretés (Figure 1). Le sel purifié passe dans les cellules à mercure dont la cathode est en mercure et l'anode en titane. Le mercure forme un lit fin au fond de la cellule inclinée afin de faciliter la circulation de la saumure. Le courant électrique dans la cellule décompose le sel et libère le chlore à l'anode. Les complexes sodium-mercure formés en cours d'électrolyse passent dans un décomposeur. De l'eau déminéralisée est ajoutée et réagit avec l'amalgame pour former de l'hydrogène et de la soude. Le mercure retourne ensuite dans les cellules. L'hydrogène formé est démercurisé sur du charbon actif et envoyé comme combustible dans l'unité MVC pour servir de combustible. La soude formée (concentration de 50%) passe aussi sur du charbon actif. Le chlore saturé en eau est refroidi et

séché à l'acide sulfurique, puis compressé et liquéfié. Les résidus liquides ou eaux mercurielles passent sur des résines.

2.2.2. La production du MVC

Le MVC s'obtient à partir de deux réactions en parallèle (Figure 2). Le chlore de l'unité d'électrolyse et l'éthylène réagissent pour donner du 1,2-Dichloroéthane (EDC). L'EDC est ensuite distillé et cracké au propane et à l'hydrogène. Le mélange d'EDC, MVC et HCl (acide chlorhydrique) qui sort du cracking est ensuite distillé pour produire le MVC. Dans un second réacteur, l'HCl obtenu lors de la distillation réagit ensuite sur l'éthylène (oxychloration) pour donner de l'EDC qui est lavé puis distillé avec l'EDC provenant de l'autre réaction.

Le Chlorure de vinyle (MVC) est de loin l'organochloré le plus abondant dans l'effluent. VCM n'est pas un produit chimique persistant ; il s'évapore rapidement de la surface de l'eau et est rapidement dégradé dans l'atmosphère. Le VCM est beaucoup plus persistant dans les nappes souterraines avec un temps de demi-vie de 8 ans. Le VCM est toutefois un produit chimique très toxique. A cause de sa volatilité, la voie d'exposition au VCM est l'inhalation. Le Chlorure de vinyle est un narcotique et son inhalation peut causer des effets neurologiques qui aboutissent à des dommages du système nerveux [8]. Le VCM peut affecter aussi les systèmes reproducteurs mâle et femelle.

2.2.3 La production du PVC

Le MVC est pesé puis envoyé dans les réacteurs de polymérisation (Figure 3). Le PVC produit est ensuite strippe à la vapeur, centrifugé et séché avant d'être stocké. L'unité Compounds ajoute des additifs dans une partie du PVC produit.

Pour produire 4 300 kg de MVC par heure, 2 700 kg de chlore et 2 024 kg d'éthylène sont utilisés. Ensuite, 4 tonnes de PVC par heure sont produits, dont 2 pour l'unité Compounds.

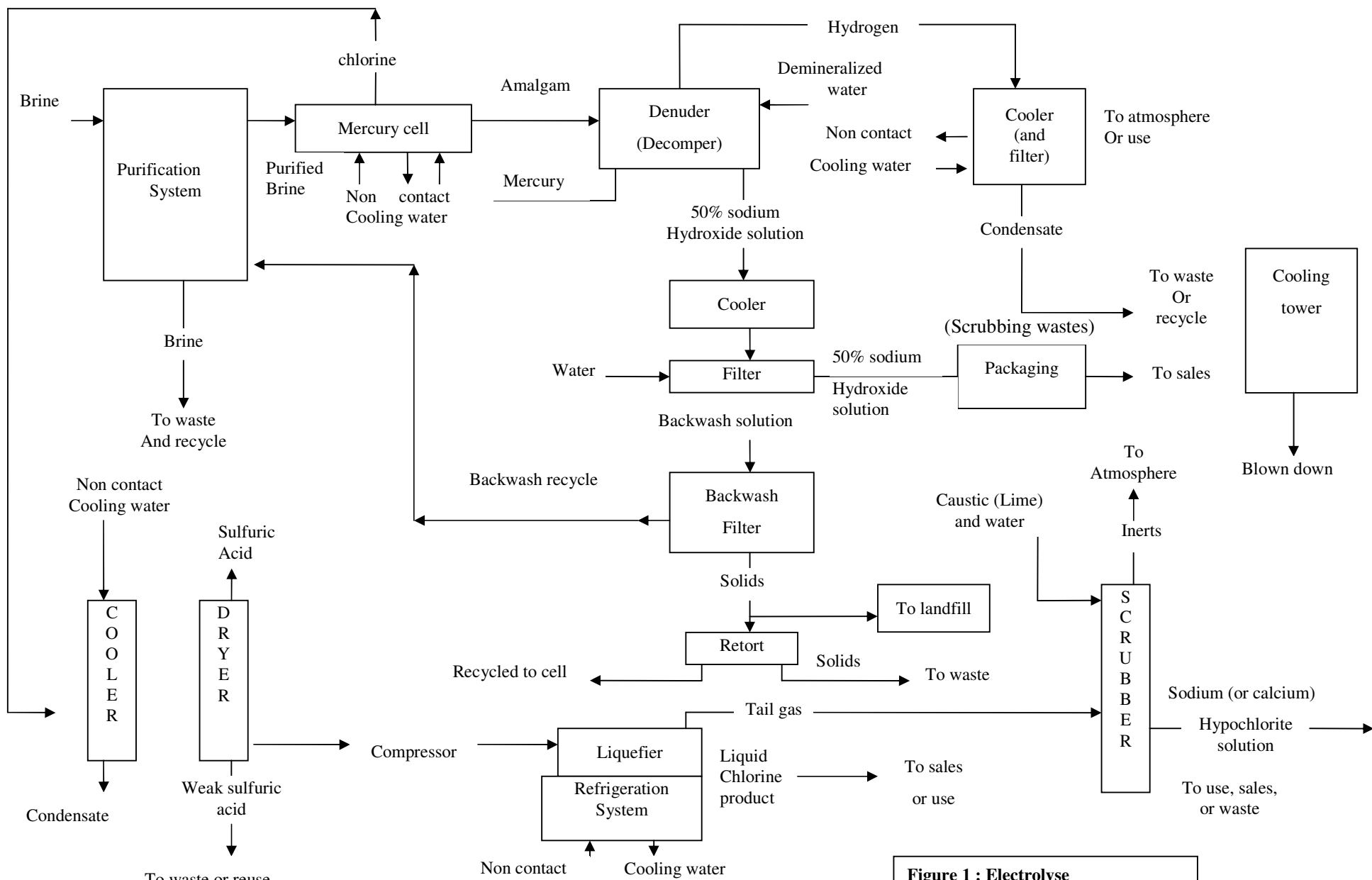


Figure 1 : Electrolyse

Fiche ... lastique

Figure 2 : Production du MVC

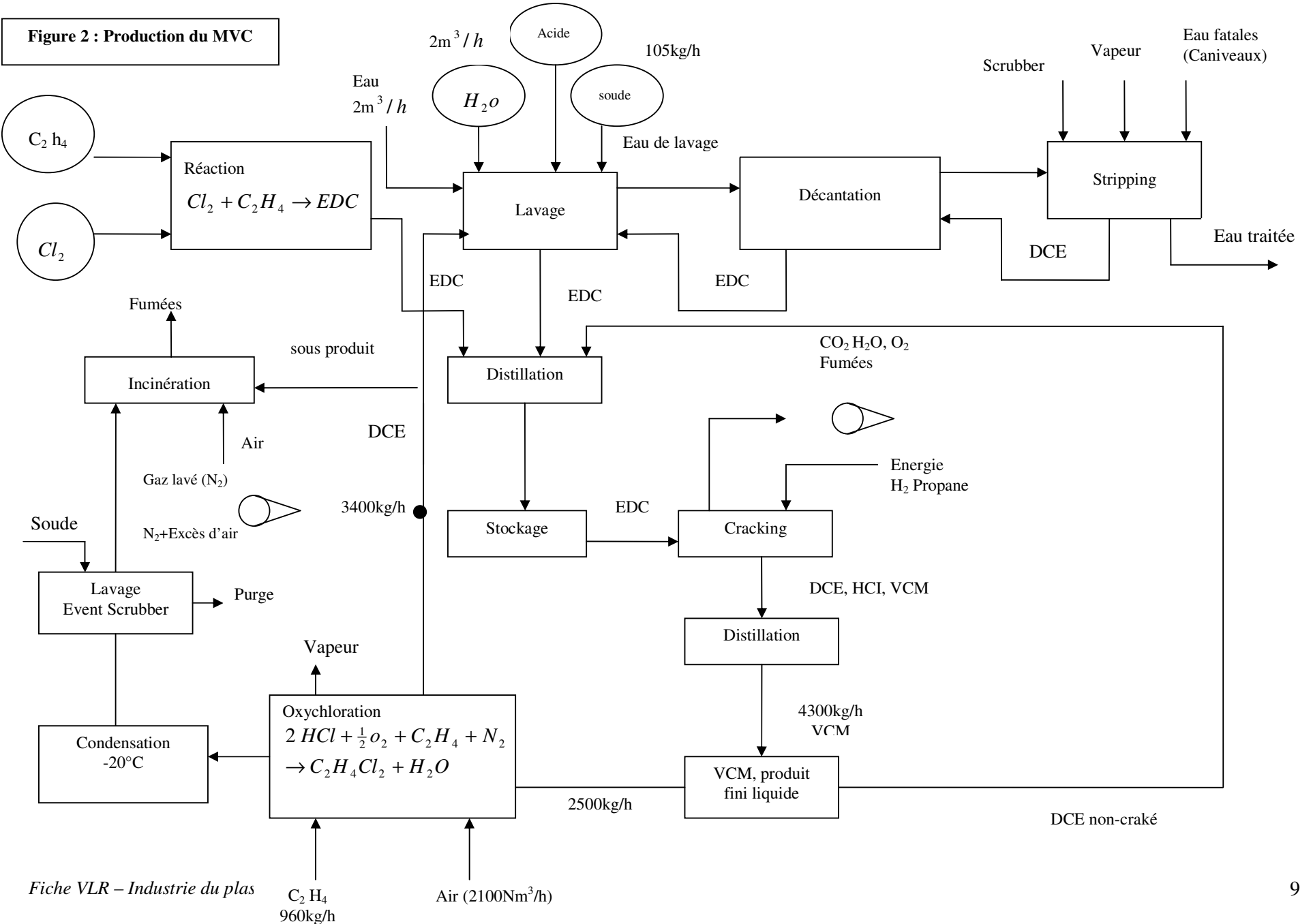
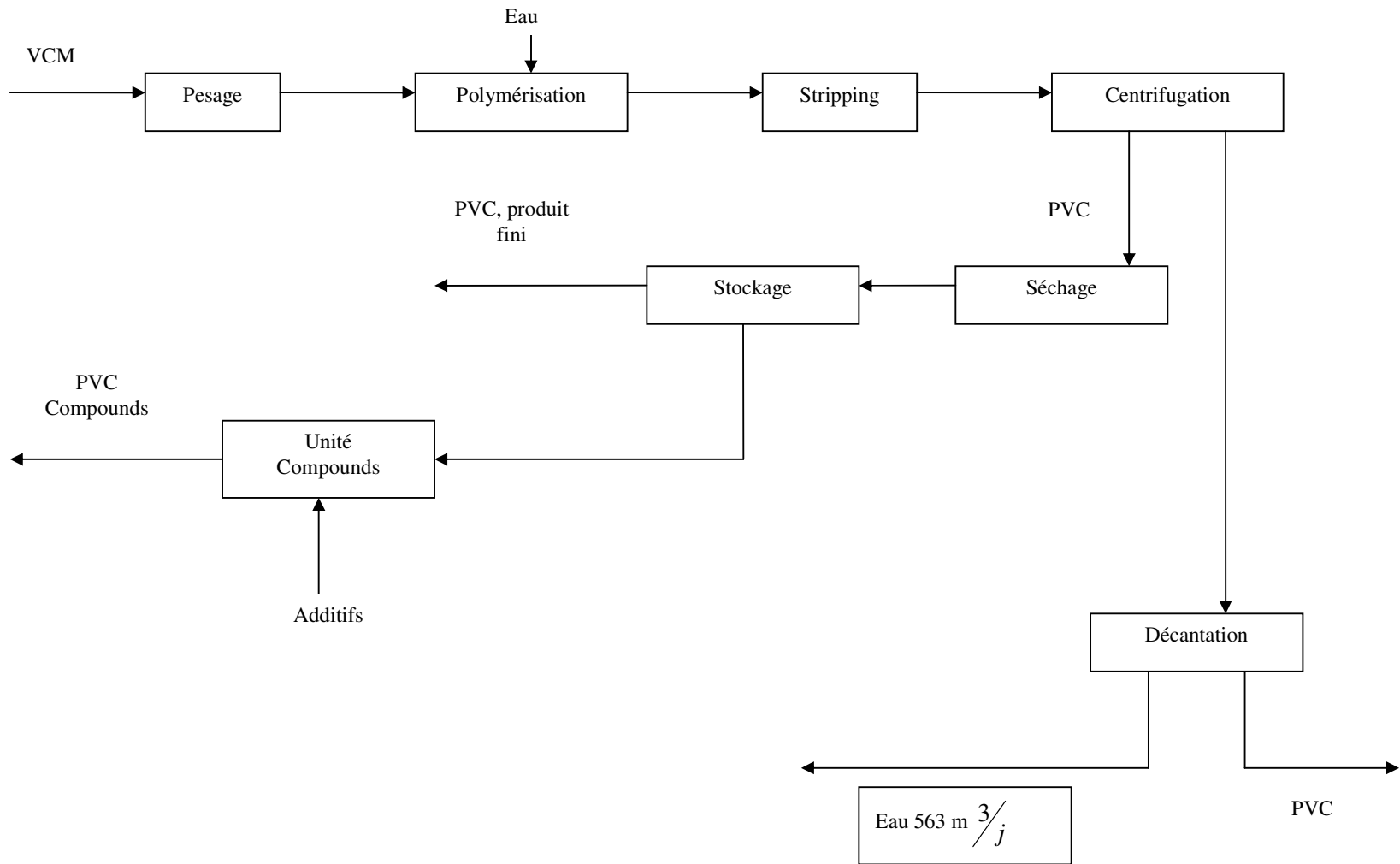


Figure 3 : Fabrication du PVC



3. Consommation d'eau

La consommation en eau est fortement dépendante du type de production. Nous prendrons comme exemple la production de polypropylène du site d'ATOFINA à Feluy en Belgique ; la capacité annuelle de production est de 800.000 tonnes. Le propylène, matière de base, est acheminé via Anvers par pipeline. La consommation d'eau est de 3637 m³/jour

Autre exemple :

1) Matières plastiques obtenues par condensation

- eau de refroidissement, de condensation et de rinçage
- lessive concentrée de bissulfate et sulfate de sodium
- eau de réaction

2) Matières plastiques obtenues par polymérisation (exemple d'une usine qui fabrique des résines époxydes, des aminoplastes et des produits pour l'industrie textile en Angleterre)

- eaux résiduaires de fabrication : 750 m³/j
- eaux usées ménagères : 110 m³/j
- eaux de refroidissement : 135 m³/j

4. Rejets

4.1. Nature et origine

4.1.1. Eaux de fabrication du polypropylène

En reprenant encore l'exemple de la production de polypropylène du site de Feluy, une répartition des besoins en eau a été réalisée pour cette unité sur base de relevés des différents compteurs d'eau. Tous les résultats sont reportés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Consommation d'eau dans le cas de l'usine de Feluy (Fabrication de polypropylène)

UTILISATION DE L'EAU	m ³ /an
Réseau incendie	219 000
Nettoyage aire de travail	43 070
Eau de purge de l'unité de décarbonatation	150 380
Refroidissement	748 980
Chaudières	101 470
Extrusion	39 420
Régénération	25 185
TOTAL	1 327 505

Les eaux pluviales récoltées sur le site sont traitées différemment selon qu'elles tombent dans une zone propre ou potentiellement souillée par l'activité industrielle. On peut ainsi considérer deux catégories.

(a) Eaux pluviales récoltées dans la zone du procédé

Toutes les eaux de pluie récoltées sur des surfaces occupées par les installations industrielles sont susceptibles d'être polluées par l'activité industrielle. Elles seront donc évacuées dans le réseau d'égouttage ou envoyé à la station d'épuration.

(b) Eaux pluviales récoltées dans une zone non souillée

Elles constituent, généralement, la majeure partie des eaux de ruissellement. Elles reprennent les égouttages des aires non huileuses et non poudreuses (les routes et les eaux de gouttières de la plupart des bâtiments). Le volume des eaux pluviales non souillées dépendra de la superficie de la zone industrielle.

4.1.2. Eaux de fabrication du PVC

Sur les 2 085 m³ d'eau que consomme chaque jour l'usine marocaine pris en exemple au point 2.2, 764 (plus du tiers) sont perdus par évaporation et 184 entrent dans la composition des produits finis. L'usine rejette 1 137 m³ d'eaux résiduaires par jour (70 de l'électrolyse, 192 du MVC, 563 du PVC et 312 des utilités, cf. Tableau 3)

Tableau 3 : Eau résiduaires de la production MVC et PVC

	Eaux résiduaires m ³ /jour
Eau perdue par évaporation	764
Eau dans le produit	184
Electrolyse	70
Production MVC	192
Production PVC	563
Utilités	312
Total	2085

4.2. Débit

Matières plastiques obtenues par condensation

- eau de refroidissement, de condensation et de rinçage : 100 m³/t de produits
- lessive concentrée de bissulfate et sulfate de sodium
- eau de réaction : 60 à 80 l/t de produits

Matières plastiques obtenues par polymérisation (exemple d'une usine qui fabrique des résines époxydes, des aminoplastes et des produits pour l'industrie textile en Angleterre)

- eaux résiduaires de fabrication : 750 m³/j
- eaux usées ménagères : 110 m³/j
- eaux de refroidissement : 135 m³/j

Le bulletin d'analyses effectuées par LYDEC et communiquées par la DGH est très incomplet et concerne un échantillon ponctuel.

Dans l'exemple de l'usine de Feluy, la fabrication de polypropylène consomme 1,66 m³/tonne selon la répartition des étapes de fabrication repris au tableau 4.

Tableau 4 : Consommation en eau répartie selon les étapes de fabrication du polypropylène.

UTILISATION DE L'EAU	m ³ /an	m ³ /t
Réseau incendie	219 000	0,27
Nettoyage aire de travail	43 070	0,05
Eau de purge de l'unité de décarbonatation	150 380	0,19
Refroidissement	748 980	0,94
Chaudières	101 470	0,13
Extrusion	39 420	0,05
Régénération	25 185	0,03
TOTAL	1 327 505	1,66

Dans l'exemple de l'usine marocaine de fabrication de MVC et PVC, la consommation en eau pour chacun de ces produits est donnée au tableau 5.

Tableau 5 : Consommation en eau pour la fabrication du MCV et PCV

	Eaux résiduaires m ³ /jour	Fabrication t/an (1995)	Ratio (m ³ /tonne)
Production MVC	192	35126	2,0
Production PVC	563	32636	6,3

4.3. Composition des rejets

Tableau 6 : Composition des rejets pour les matières plastiques obtenues par condensation et par polymérisation

Paramètres	Matières plastiques obtenues par condensation			Matières plastiques obtenues par polymérisation*
	eau de refroidissement, de condensation et de rinçage	lessive concentrée de bisulfate et sulfate de sodium	eau de réaction	
pH	7 – 7,5	2 – 3		
phénols	présence	5500 mg/l	40000 mg/l	
sulfites	présence			
résidu sec		350 g/l		
acide sulfurique		180 mg/l		
acide sulfureux		14 g/l		
DBO5		15200 mg/l		984 mg/l
Oxydabilité au permanganate		84 g/l		

* exemple d'une usine qui fabrique des résines époxydes, des aminoplastes et des produits pour l'industrie textile en Angleterre.

La composition de rejet pour un établissement sur Bouregreg est relatée dans ce qui suit, sur base d'échantillon ponctuel :

Tableau 7 : Echantillons ponctuels

Date	Unité	13/05/2002	10/07/2002
pH		7.55	7.35
Conductivité	µS/cm	2840	1270
MES	mg/l	660	164
DBOs	mg/l	1150	87
DCO	mg/l	2073	566

Dans l'exemple de l'usine marocaine, les caractéristiques des eaux résiduaires à travers les étapes de la fabrication de PVC et MCV et de l'électrolyse est donné au tableau 8. Ce type d'industrie peut également générer des métaux lourds et d'autres substances toxiques. Les résultats d'analyses des métaux lourds repris au tableau 8 montrent que les métaux analysés sont en concentration inférieures aux normes française. Par contre, le mercure est en concentration plus importante (voir tableau 9).

Tableau 8 : Caractéristiques des eaux résiduaires

Paramètres	Unités	Electrolyse	Clôture PVC	Vidange des fosses (MCV et électrolyse)	Normes françaises
pH		1,2-1,75	4-8,9	5,8-9,75	5,5-9,5
T (°C)	°C	22-26,5	24,4-36	25,5-28,7	<30
MES	mg/l	122-265	27,5-70	52,5-135	35
DBO	mg/l	ND	0-5	80-240	30
DCO	mg/l	ND	148-195	193-361	125
COT	mg/l	ND	69,5-82	115-185	
Fe	mg/l	1,05-1,78	ND	ND	5
Cu	mg/l	<0,01-0,23	ND	ND	0,5
Cr	mg/l	<0,01	ND	ND	0,5
Ni	mg/l	0,09-0,124	ND	ND	0,5
Pb	mg/l	0,007-0,226	ND	ND	0,5
Zn	mg/l	0,07-0,12	ND	ND	2
Cd	mg/l	<0,002	ND	ND	0,2

a) Les valeurs limites indiquées ci-dessous sont des valeurs limites mensuelles, les valeurs limites journalières ne devant pas dépasser deux fois les valeurs limites mensuelles.
N.D. Non Déterminé.

Tableau 9 : Concentration de mercure dans les eaux de l'unité marocaine (µg/l)

Electrolyse	Laboratoire national	LPEE
02/04/96	13,6	3,92
03/04/96	3,4	0,89
09/04/96	5,1	2,88
11/04/96	6,2	4,75
Clôture (PVC)		
02/04/96	1,1	1,21
03/04/96	1,1	0,96
09/04/96	5,6	3,96
10/04/96	9,0	7,71
Vidange des fosses centrales MVC et électrolyse		
02/04/96	<0,1	0,39
03/04/96 (14h00-15h00)	<0,1	0,58
03/04/96 (21h45-22h45)	1,7	0,80
09/04/96	1,7	3,34
10/04/96	5,1	4,93

Le mercure n'est pas le seul produit toxique des eaux résiduaires de la SNEP. Elles contiennent aussi de l'EDC (1,2-dichloroéthane), cancérigène s'il est avalé ou inhalé. Les concentrations de ces produits restent en deçà des normes internationales en vigueur, ce qui limite leur impact sur l'environnement marin [7]. Le MVC est aussi toxique (voir point 2.2.2).

5. Paramètres de pollution

A définir en fonction des produits et des méthodes de polymérisation sur base des analyses complètes.

6. Evaluation de la charge polluante

6.1. Ratios de pollution

6.1.1. Ratios internationaux

Pour des matières plastiques obtenues par condensation, on utilise

- 100 m³/t de produits d'eau de refroidissement, de condensation et de rinçage et
- 80 l/t de produits d'eau de réaction

6.1.2. Ratios marocains

Les ratios de pollution suivants, cités par FODEP (2002), sont ceux de l'OMS pour les résines synthétiques et plastiques :

- MES : 0.55 kg/tonne de produit fini
- DCO : 1.66 kg/tonne de produit fini

6.2. Charge polluante

7. Technologies d'épuration et performances épuratoires

7.1. Technologies de traitement et rendement épuratoire

Nous présentons Trois systèmes d'épuration : le premier exemple provient d'un exemple d'épuration d'eaux usées mélangées cité par Meinck (1977, page 706). Le deuxième exemple est la filière de traitement utilisée à Feluy (Belgique) et le troisième exemple est le procédé Phénosolvan.

7.1.1. Filière présentée par Meinck [1]

La filière est composée d'une boue activée, d'une décantation intermédiaire, d'un lit bactérien et d'une décantation finale. Le rendement épuratoire est donné au tableau 10.

Tableau 10 : Rendement épuratoire d'une filière complète traitant des eaux usées mélangées

Paramètre de pollution	Eaux de fabrication non épurées	Eau épurée	Rendement moyen
PH	6 - 9	7 – 7,5	-
DBO5 (mg/l)	500-1400	10	99%
Formaldéhyde (mg/l)	100-600	1-2	99,6%
Méthanol (mg/l)	400-1000	-	100%

7.1.2. Filière utilisée à Feluy – Production de polypropylène [5]

Un bassin assure la décantation des particules en suspension et la retenue des matières flottantes par chicane (ou voile). Les couches huileuses sont pompées et évacuées comme déchet huileux liquide, tandis que les boues sont reprises dans des conteneurs placés à côté des bassins.

Les eaux ainsi pré-épurées sont transférées dans un second bassin où les flottants résiduels sont repris par une pompe à aspiration de surface. Ces flottants peuvent soit être renvoyés vers le bassin décanteur, soit être évacués comme déchets huileux liquides.

De ce second bassin, l'eau qui peut encore contenir des traces d'huile, est pompée dans la station de traitement des eaux usées.

Station d'épuration des eaux usées

Les différentes étapes d'épurations sont développées ci-dessous.

1. Prétraitement des eaux acides

Pour que les eaux acides provenant des unités de décarbonatation et de l'unité d'adoucissement puissent être incorporées aux eaux huileuses, elles doivent être traitées préalablement. Ces eaux s'écoulent par gravité dans le flocculateur. Une agitation continue est maintenue au moyen d'un agitateur qui a pour but d'assurer l'homogénéisation des eaux et des réactifs de neutralisation (si nécessaire) et de floculation.

L'eau flocculée s'écoule par débordement vers l'épaississeur qui assure la séparation de l'eau et de la boue formée par le floc. Celle-ci est raclée vers la fosse centrale d'où elle est normalement reprise au moyen des pompes vers le filtre à tambour, en vue de son évacuation pour être réintroduite en tête dans le flocculateur.

Une tuyauterie de by-pass permet, en cas de nécessité, de diriger ces eaux directement vers le bassin biologique. A la sortie de l'épaississeur, les eaux acides rejoignent les eaux huileuses pour le traitement biologique.

2. Déshuilage

Les eaux huileuses récoltées à partir des différentes chambres de visite sont dirigées, par écoulement gravitaire, vers le déshuileur. Celui-ci est constitué essentiellement par une zone de tranquillité où s'opère la séparation eau/huile par la différence de densité.

Les flottants et les résidus huileux accumulés dans le déshuileur sont récupérés et éliminés comme déchets pâteux dangereux. Après séparation de la couche huileuse, l'eau est homogénéisée et oxygénée au moyen de l'aérateur de surface dans le bassin d'homogénéisation servant également de tampon.

3. Puisard de neutralisation

Les eaux pompées depuis le bassin d'homogénéisation sont dirigées vers le puisard de neutralisation où une correction du pH est réalisée afin de se situer entre 6,5 et 9. L'homogénéisation est assurée par un agitateur à rotation continue. Le débit entrant dans le bassin biologique est mesuré par un venturi. L'effluent neutralisé est ensuite dirigé vers le bassin biologique.

4. Bassin biologique

Dans ce bassin, un aérateur de surface est maintenu en fonctionnement. Son rôle est de garder les eaux boueuses en suspension et d'alimenter en oxygène les micro-organismes qui digèrent les matières biodégradables contenues dans les eaux usées boueuses. Une injection de chlorure ferrique est réalisée pour obtenir une précipitation des phosphates présents dans les eaux usées et leur incorporation dans les boues biologiques. Après un séjour de plusieurs heures (variable selon le débit d'eau à traiter) dans le bassin biologique, l'effluent est dirigé dans le puisard d'homogénéisation placé en tête du clarifloculateur.

5. Clarifloculateur

Les eaux y sont traitées par adjonction d'additifs (polyélectrolyte + FeCl₃). L'injection de chlorure ferrique coagule les matières en suspension. Le polyélectrolyte flocule les matières coagulées dans les eaux usées.

Les eaux sont agitées continuellement pour assurer leur floculation. Les eaux floculées sont dirigées vers le centre du clarificateur, où s'achève la floculation. Après épaissement, les boues sont filtrées sur un filtre à tambour. Les boues séchées sont recueillies dans un conteneur. Le filtrat et les eaux de rinçage sont renvoyés dans l'épaississeur.

6. Bassin de décantation et d'oxygénation

Dans ce bassin un aérateur réhomogénéise et réoxygène l'eau avant rejet dans les eaux de surface.

Dans ce Le rendement épuratoire des paramètres de pollution DBO,DCO et MES est de 98%.

7.1.3. Déphénolage par procédé spécial (Meinck, 1977 page 705)

Tableau 11 : Rendement d'épuration par le procédé Phénosolvan

Paramètre	Oxydabilité au KMnO ₄ (mg/l)	Phénols volatils (mg/l)	Formaldéhyde (mg/l)
Mélange d'eaux usées, entrée	130.000	4.200	2.800
Effluent de la station, sortie	12.500	35	Non décelé
Rendement d'épuration	90,3%	99,2%	100%

7.1.4. Epuration des eaux dans l'usine de fabrication de plastique au Maroc

a) Les eaux mercurielles

A la sortie de l'électrolyse, les eaux mercurielles passent sur des résines échangeuses d'ions qui peuvent réduire le mercure à des concentrations de moins de 5 µg/l (selon le constructeur). Les résines sont régénérées à l'acide chlorhydrique et le mercure récupéré est ensuite remis dans les cellules.

b) Les eaux usées des unités MVC et PVC

Les eaux usées de l'unité MVC sont strippées à la vapeur pour récupérer l'EDC. Elles sont ensuite neutralisées et aérées dans une fosse des avant rejet.

Une centrifugation suivie d'une décantation sépare les eaux de polymérisation du PVC.

8. Projets de valeurs limites de rejets (VLR)

8.1. VLR calculés sur base des technologies disponibles et des performances épuratoires

Les analyses disponibles sont peu nombreuses. Dès lors, il n'est pas fondé de définir des VLR à partir d'un nombre d'analyses si faible et par conséquent nous proposons de se référer aux VLR belges relatives au secteur de la pétrochimie et de la chimie organique pour avoir un point de référence au domaine de la fabrication des plastiques (tableau 3).

8.2. Références internationales des VLR

8.2.1. VLR belges et d'autres pays

Nous prendrons comme exemple de VLR internationales le cas de la Région wallonne en Belgique. Le tableau xx reprend notamment les VLR avant et après concertation avec le secteur de la fabrication du plastique.

La pétrochimie est subdivisée en 4 sous-secteurs :

- I. Fabrication d'hydrocarbures non substitués aliphatiques/aromatiques.
- II. Fabrication d'hydrocarbures aliphatiques/aromatiques substitués (O, N, S, P) à l'exception des hydrocarbures halogénés. La fabrication d'hydrocarbures hétérocycliques est également rattachée à ce sous-secteur.
- III. Production d'organométaux.
- IV. Production de polymères et préparation de mélanges de matières plastiques de base et fabrication de caoutchouc.

Les conditions de déversement pour les installations sont fixées en fonction des volumes spécifiques de référence suivants :

- Pour le sous-secteur I : 10 m³/tonne de produit fini;
- Pour le sous-secteur II : 10 m³/tonne de produit fini;

- Pour le sous-secteur III : 1 m³/tonne de produit fini;
- Pour le sous-secteur IV : 5 m³/tonne de produit fini pour les unités de production de PVC, 10 m³/tonne de produit fini pour les autres activités.

Les normes de rejet ont été fixées en prenant en compte les technologies suivantes pour le traitement des eaux usées :

- La ségrégation et le traitement séparé des eaux peu ou pas polluées (eau de refroidissement, eaux de ruissellement, ...)
- La neutralisation,
- La coalescence, les hydrocyclones, l'aéroflottation,
- Le stripping à l'air ou à la vapeur,
- Le traitement biologique aérobie ou anaérobie,
- L'incinération ou oxydation par voie humide (éventuellement supercritique),
- L'adsorption sur charbon actif,
- La décantation, la flottation, la précipitation et la filtration,
- La précipitation chimique des métaux lourds, l'échange d'ions, l'électrolyse ou l'osmose inverse.

La démarche utilisée en Région wallonne est similaire à celle utilisée actuellement au Maroc, à savoir :

- Calcul des VLR en prenant en considération la pollution des effluents,
- Prise en compte du rendement épuratoire,
- Comparaison avec les normes internationales,
- Proposition avant consultation avec le secteur
- Proposition après consultation avec le secteur

Les normes établies avant et après consultation avec le secteur sont reprises dans le tableau 13 et comparées aux normes étrangères

8.2.2. VLR spécifiques au chlorure de vinyle (VMC)

La législation fédérale US prévoit le contrôle des émissions de chlorure de vinyle dans les effluents des industries de plastiques. Cette législation prévoit une gamme de valeurs dépendant du type de rejet et de la période. Les effluents subissent un traitement biologique. Ces valeurs sont reprises dans le tableau 12.

Tableau 12 : Valeurs limites de rejet du chlorure de vinyle dans les effluents de l'industrie du plastique.

Type de rejet	Concentration maximum Pour un jour	Concentration maximum Pour une moyenne mensuelle
Rejet direct si traitement biologique est utilisé en aval	268 µg/l	104 µg/l
Rejet indirect	172 µg/l	97 µg/l

Tableau 13 : comparaison des normes actuelles et proposées, en Région Wallonne et à l'étranger

Rejets en eau de surface		Normes étrangères			Norme actuelle RW	Proposition avant consult. du secteur	Proposition après consult. du secteur
Paramètres	unités	Flandre	Allemagne ^(a)	Autriche			
pH min		6		6,5	6	6	6
pH max		9		8,5	9	9	9
DBO ₅	mg/l	300	20	20	300	50	100
DCO	mg/l	1000	120	75	2000	300	600
MES	mg/l	300		30	300	200	200
MS	ml/l	1			1	1	1
Hydrocarbures apolaires	mg/l	25			25	25	25
Détergents totaux	mg/l	Pas d'appl.		2	Pas d'appl.	3 ⁽¹⁾	3 ou 10 ⁽¹⁾
Azote ammoniacal	mg N/l	100		5			
Phénol	mg/l	3		0,2		1	1
Cyanures	mg/l			0,1		0,5	0,5
Chlore libre	mg/l					1	1
Fluorures	mg/l			30			
Chrome total	mg/l		0,5				
Zinc	mg/l		2	1			
Cadmium	mg/l		0,1				
Mercuré	mg/l			0,01			
Cobalt	mg/l		1				
Plomb	mg/l		0,5	0,5			
Nickel	mg/l		0,5	0,5			
Fer	mg/l			3		2	4
Cuivre	mg/l		0,5	0,5			
Aluminium	mg/l			2		2	4
Température	°C	30		30	30	30	30
Huiles et graisses	-	Obs.vis.			Obs. vis.	Obs. vis.	Obs. vis.
Déchets solides	-				Inderdits	Inderdits	Inderdits
COT	mg C/l	500		25	1000	100	300
POX	mg Cl/l		0,1	0,1		3 ⁽²⁾	3 ⁽²⁾
BTEX	mg/l			0,1		2 ⁽²⁾	2 ⁽²⁾
Tétrachlorure de carbone ⁽³⁾	mg/l				1	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Chloroforme ⁽³⁾	mg/l				10	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
EOX	mg Cl/l					7	7
1,2-dichlororéthane ⁽³⁾	mg/l					1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Chlorure de vinyle (VCM) ⁽³⁾	mg/l					2 ⁽²⁾	2 ⁽²⁾
hexachlorobenzène + pentachlorobenzène ⁽³⁾	mg/l					0,001	0,001
Hexachlorobutadiène ⁽³⁾	mg/l					0,001	0,001
AOX	mg Cl/l		1	0,5			
Azote total	mg N/l			40			
Phosphore total	mg P/l			2			

(c)valeurs pour un échantillon moyen 2 heures ou pour la moyenne d'au moins 5 échantillons pris en moins de deux heures et à plus de deux minutes d'intervalle.

- (1) 3 mg/l pour tous les effluents, mais dérogation (10 mg/l) pour les effluents de polymérisation en suspension ou en émulsion.
- (2) Pour les substances volatiles, les conditions de rejet doivent être respectées en amont de tout dispositif faisant appel à une agitation à l'air libre des effluents.
- (3) Paramètre pertinent pour les unités de production de PVC uniquement.

8.3. Synthèse

Le tableau 14 reprend la synthèse des VLR internationaux et des VLR proposés pour l'industrie du plastique au Maroc

Tableau 14 : VLR internationaux et proposition pour le Maroc

Rejets en eau de surface		Normes étrangères			Norme actuelle RW	Proposition de VLR pour le Maroc
Paramètres	unités	Flandre	Allemagne ^(a)	Autriche		
pH min		6		6,5	6	6
pH max		9		8,5	9	9
DBO ₅	mg/l	300	20	20	300	100
DCO	mg/l	1000	120	75	2000	600
MES	mg/l	300		30	300	200
Hydrocarbures apolaires	mg/l	25			25	25
Détergents totaux	mg/l	Pas d'appl.		2	Pas d'appl.	3 ou 10 ⁽¹⁾
Phénol	mg/l	3		0,2		1
Cyanures	mg/l			0,1		0,5
Chlore libre	mg/l					1
Fer	mg/l			3		4
Aluminium	mg/l			2		4
Température	°C	30		30	30	30
COT	mg C/l	500		25	1000	300
POX	mg Cl/l		0,1	0,1		3 ⁽²⁾
BTEX	mg/l			0,1		2 ⁽²⁾
Tétrachlorure de carbone ⁽³⁾	mg/l				1	1 ⁽²⁾
Chloroforme ⁽³⁾	mg/l				10	1 ⁽²⁾
EOX	mg Cl/l					7
1,2-dichlororéthane ⁽³⁾	mg/l					1 ⁽²⁾
Chlorure de vinyle (VCM) ⁽³⁾	mg/l					2 ⁽²⁾
hexachlorobenzène + pentachlorobenzène ⁽³⁾	mg/l					0,001
Hexachlorobutadiène ⁽³⁾	mg/l					0,001

9. Technologies propres

La meilleure façon de réduire la pollution est de la prévenir par l'utilisation de technologies propres. Voici quelques activités qui pourraient être mis en place par ce secteur industriel pour réduire la pollution.

- Substituer les matériaux bruts. La substitution ou l'élimination de matériaux bruts utilisés pour la fabrication du plastique.
- Améliorer les catalyseurs. Les catalyseurs jouent un rôle critique dans l'efficacité des réactions chimiques. Choisir des catalyseurs chimiques à longue durée de vie et qui améliorent les réactions.
- Optimiser les process. Développer des réactions chimiques plus fiables produisant moins de résidus et moins de réactifs qui n'ont pas réagit.
- Adopter des codes de bonnes pratiques opérationnelles. Ces codes peuvent inclure des recommandations écrites par les plus anciens pour limiter la pollution à chaque étape de la production. Cet aspect peut aussi inclure la formation.
- Modification du processus de fabrication. La modification du processus peut éliminer l'utilisation de produits chimiques dangereux et réduire l'émission de polluants gazeux et liquides.
- Eliminer les fuites. Les fuites peuvent être empêchées en adoptant un programme de maintenance préventive, un programme de détections des fuites et en installant des équipements de pompage et des réseaux sans fuites.
- Optimiser les pratiques de lavage. La substitution des solvants de nettoyage par des solvants moins toxiques peut réduire les déchets dangereux et, de là, simplifier les opérations de traitement des effluents.
- Améliorer la gestion des inventaires et du stockage. Une bonne gestion des inventaires peut réduire les déchets en empêchant les produits de dépasser la date de péremption.
- Récupérer les solvants. Collecter, purifier et recycler les solvants peut être une méthode efficace pour la réduction de la pollution.

Références bibliographiques

- 1) Meinck F., Stooff H., Kohlschutter, 1977 : Les eaux résiduaires industrielles. Ed. Masson et Cie. 865 pages.
- 2) Gouvernement de la Région wallonne : site web consulté en juin 2002 : <http://wallex.wallonie.be/indexmain.html>
- 3) Vandevenne L. – Traitement aérobie intensifs pour le traitement des effluents industriels. *In* Traitement des effluents liquides industriels. Actes du Séminaire mars 1991, Vassel J-L., Vander Borgh P.
- 4) W.W. Eckenfelder : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles – Traduit de l'américain par Vandevenne. Tec et Doc Lavoisier, 1982. 503 pages.
- 5) Eveline Demarteau : Consommations et rejets d'eau dans l'Industrie des Plastiques ; l'exemple d'ATOFINA Feluy. DES en Génie Sanitaire Faculté Universitaire des sciences agronomiques Gembloux. 2003, 26 pages.
- 6) JAOUHER Touria : Elaboration d'une méthodologie et d'un projet d'arrêté d'estimation de la pollution déversée par les unités industrielles dans le domaine public hydraulique. Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau. MATEE, Janvier 2005, 454 pages.
- 7) MATE – Secrétariat d'Etat Chargé de l'Environnement. Audit Environnemental - Etude pilote de la dépollution industrielle de l'axe Mohamedia-Casablanca. Avril 1998, 39 pages.
- 8) Kevin Brigden, Iryna Labunska & David Santillo. Toxic chemical pollutants released from the Thai Plastic & Chemicals PVC facility to the Chao-Phraya River, Samut Prakan, Thailand. Greenpeace Research Laboratories - Technical Note 05/2004 - 32 pages.

Annexe 1. Valeurs limites de rejets industriels : cas du Maroc et d'autres pays

N°	Paramètre	Valeurs Limites Projet Maroc Rejet direct	Valeurs Limites Projet Maroc Rejet indirect	LYDEC Casablanca	Valeurs limites France	Valeurs maximales Algérie	Valeurs maximales Région Wallonne Belgique	Valeurs limites maximales Suisse	Valeurs limites Rejet dans milieux naturels Sénégal	Valeurs maximales autorisées Rejets directs Ouest du Bengale, Inde
1	Température (°C)	30°C	3S	30	30	30	30	30		Ne doit pas dépasser de plus de 5°C la température De l'eau réceptrice
2	pH	6,5 – 85	6,5 – 8.5	5.5 - 8.5	5.5 - 8.5	5,5 à 8,5	-	6.5-9.0		6.5-9.0
3	MES mg/l	50	600	500	100	30	100	20	40	100
4	Azote Kjeldahl mgN/l	30 ²	-	150/200	30	40	30		20	
5	Phosphore total P mgP/l	10 ²	10	-	10	2	10		10	
6	DCO mgO ₂ /l	500 ²	1000	1200	300	120	300		200	250
7	DBO ₅ mgO ₂ /l	100 ²	500	500	100	40	100		50	30 (3 jours à 27°C)
8	Chlore actif Cl mg/l	0,2	-	3.0	-	1.0		1.0		
9	Dioxyde de chlore ClO ₂ mg/l	0.05	-	-	-					
10	PCB							0.001		
11	Aluminium Al mg/l	10	-	10	-	5.0	5.0			
12	Détergents (anioniques, cationiques et non ioniques) mg/l	3.0	-	-	-	2.0				
13	Conductivité en µs/cm	2700 ³	-	-	-					
14	Salmonelles /5000 ml	Absence	A éliminer	-	-					
15	Vibrions cholériques/5000ml	Absence	A éliminer	-	-					
16	Cyanures libres (CN) mg/l	0,1	1.0	1.0	0,1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
17	Sulfures libres (S ²⁻) mg/l	1.0	1.0	1.0	-					
18	Fluorures (F) mg/l	15	15	10	15		15			2.0
19	Indice de phénols mg/l	0,3	5.0	5.0	0.3	0.5	0.1	0.5	0.5	1.0

N°	Paramètre	Valeurs Limites Projet Maroc Rejet direct	Valeurs Limites Projet Maroc Rejet indirect	LYDEC Casablanca	Valeurs limites France	Valeurs maximales Algérie	Valeurs maximales Région Wallonne Belgique	Valeurs limites maximales Suisse	Valeurs limites Rejet dans milieux naturels Sénégal	Valeurs maximales autorisées Rejets directs Ouest du Bengale, Inde
20	Hydrocarbures mg/l	10	20	-	10	20	15		50	
21	Huiles et graisses mg/l	30	50	-	-	20				10
22	Antimoine (Sb) mg/l	0,3	0,3	-	-					
23	Etain (mg/l)						2.0			
24	Argent (Ag) mg/l	0,1	0,1	0,1	-					
24	Arsenic (As) mg/l	0,1	0,1	1.0	-		0.1		0.3	0.2
25	Baryum (Ba) mg/l	1	1	-	-					
26	Cadmium (Cd) mg/l	0,2	0,2	3.0	0,2	0.2		0.1		02
27	Cobalt (Co) mg/l	0.5	1.0	2.0	-					
28	Cuivre total (Cu) mg/l	0.5	1.0	1.0	0.5	3.0	2.0	0.5		3.0
29	Mercuré total (Hg) mg/l	0.05	0.05	0,1	0.05	0.01				0.01
30	Plomb total (Pb) mg/l	0.5	0,5	0,1	0.5	1.0	1.0	0.5		0.1
31	Chrome total (Cr) mg/l	2.0	2.0	2.0	0.5					2.0
32	Chrome hexavalent (Cr VI) mg/l	0,2	0,2	0,1	0,1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
33	Etain total (Sn) mg/l	2.0	2.0	0,1	2.0					
34	Manganèse (Mn) mg/l	1.0	1.0	-	1.0	1.0	2.0			2.0
35	Nickel total (Ni) mg/l	0.5	0.5	1.0	0.5	5.0	5	2.0		3.0
36	Sélénium (Se) mg/l	0,1	1.0	-	-					0.05
37	Zinc total (Zn) mg/l	5.0	5.0	1.0	2.0	5.0	5.0	2.0		5.0
38	Vanadium (V) mg/l									0.2
39	Fer (Fe) mg/l	3.0	3.0	0.5	-	5.0	5.0			3.0
40	AOX	5.0	5.0	-	1.0					

Annexe 1. Valeurs limites de rejets industriels : cas du Maroc et d'autres pays (suite)

N°	Paramètre	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) - Népal	Valeurs limites de rejet dans le réseau d'égouttage (rejet indirect) - Népal	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel à partir d'une step mixte - Népal	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) - Taiwan	Banque mondiale
1	Température (°C)	Ne doit pas dépasser 40°C à 15 m à l'aval de la sortie de l'effluent	45	Ne doit pas dépasser 40°C à 15 m à l'aval de la sortie de l'effluent	Pour des effluents rejetés en eau de surface: 1) < 38°C (de mai à septembre) 2) < 35°C (d'octobre à avril)	Ne peut pas causer un accroissement de 3°C à la limite de la zone de mélange. Si cette zone n'est pas connue, prendre 100m
2	pH	5.5 to 9.0	5.5 to 9.0	5.5 to 9.0	6.0-9.0	6-9
3	MES mg/l	30-200	600	50	30	50
4	Azote Kjeldahl mgN/l					
4'	Azote ammoniacal mgN/l	50	50	50	10	10
4''	Azote nitrique mgN/l				50	
5	Phosphore total P mgP/l				4	2
6	DCO mgO2/l	250	1000	250	100	250
7	DBO ₅ mgO2/l	30-100	400	50	30	50
8	Chlore actif Cl mg/l	1	1000	1		0.2
9	Dioxyde de chlore ClO ₂ mg/l					
10	PCB					
11	Aluminium Al mg/l					
12	Détergents (anioniques, cationiques et non ioniques) mg/l					
13	Conductivité en µs/cm					
14	Salmonelles /5000 ml					
15	Vibrions cholériques/5000ml					
16	Cyanures libres (CN) mg/l	0.2	2	0.2	1	
17	Sulfures libres (S ²⁻) mg/l	2	2	2	1	1

N°	Paramètre	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) - Népal	Valeurs limites de rejet dans le réseau d'égouttage (rejet indirect) - Népal	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel à partir d'une step mixte - Népal	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) - Taiwan	Banque mondiale
18	Fluorures (F) mg/l	2	10	2	15	20
19	Indice de phénols mg/l	1	10	1	1	0.5
20	Hydrocarbures mg/l					
21	Huiles et graisses mg/l	10	50	10	10	10
22	Antimoine (Sb) mg/l					
23	Etain (mg/l)					
24	Argent (Ag) mg/l	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5
24	Arsenic (As) mg/l	0.2	1	0.2	0.5	0.1
25	Baryum (Ba) mg/l					
26	Cadmium (Cd) mg/l	2	2	2	0.03	0.1
27	Cobalt (Co) mg/l					
28	Cuivre total (Cu) mg/l	3	3	3	3	0.5
29	Mercure total (Hg) mg/l	0.01	0.01	0.01	0.005	0.01
30	Plomb total (Pb) mg/l	0.1	0.1	0.1	1	0.1
31	Chrome total (Cr) mg/l		2		2	0.5
32	Chrome hexavalent (Cr VI) mg/l	0.1		0.1	0.5	0.1
33	Etain total (Sn) mg/l					
34	Manganèse (Mn) mg/l				10	
35	Nickel total (Ni) mg/l	3	3	3	1	0.5
36	Sélénium (Se) mg/l	0.05	0.05	0.05	0.5	0.1
37	Zinc total (Zn) mg/l	5	5	5	5	2
38	Vanadium (V) mg/l					
39	Fer (Fe) mg/l					3.5