

# 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 :**

**Peintures, vernis, laques et encres**

préparée par :

Brahim Soudi - Consultant national

Dimitri Xanthoulis - Consultant international

**Période de mission : du 27 Avril au 15 Août 2006**

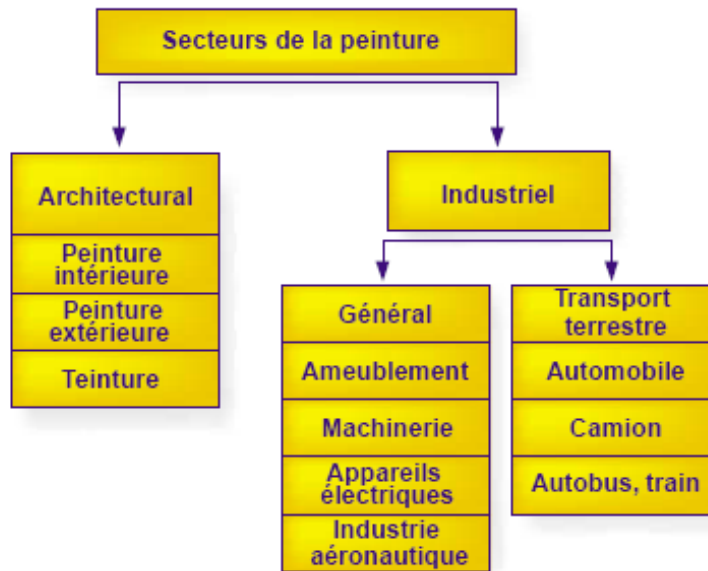
**Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)  
Rome, 2006**

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1. DEFINITION .....	3
1.2. CONSTITUANTS PRINCIPAUX DES PEINTURES.....	3
<b>2. PROCEDE DE FABRICATION.....</b>	<b>5</b>
<b>3. CONSOMMATION D’EAU.....</b>	<b>6</b>
<b>4. REJETS .....</b>	<b>6</b>
4.1. NATURE ET ORIGINE.....	6
4.2. DEBIT .....	8
4.3. COMPOSITION DES REJETS.....	8
1.1. METAUX LOURDS .....	8
1.2. POLLUANTS DIVERS .....	9
<b>5. PARAMETRES DE POLLUTION.....</b>	<b>9</b>
<b>6. EVALUATION DE LA CHARGE POLLUANTE.....</b>	<b>10</b>
6.1. RATIOS DE POLLUTION INTERNATIONAUX .....	10
6.2. RATIOS DE POLLUTION MAROCAINS.....	10
6.3. CHARGE POLLUANTE.....	10
<b>7. TECHNOLOGIE D’EPURATION ET PERFORMANCES EPURATOIRES.....</b>	<b>11</b>
7.1. TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT .....	12
7.2. RENDEMENTS EPURATOIRES .....	13
<b>8. PROJETS DE VALEURS LIMITEES DE REJETS (VLR).....</b>	<b>14</b>
8.1. VLR CALCULEES SUR BASE DE TECHNOLOGIES DISPONIBLES ET DES PERFORMANCES EPURATOIRES .....	14
8.2. REFERENCES INTERNATIONALES DES VLR.....	15
8.3. SYNTHESE : VLR PROPOSEES.....	16
<b>9. COUTS DU TRAITEMENT .....</b>	<b>16</b>
<b>10. ECONOMIE D’EAU ET TECHNOLOGIES PROPRES .....</b>	<b>17</b>
<b>11. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXE 1. VALEURS LIMITEES DE REJETS INDUSTRIELS : CAS DU MAROC ET D’AUTRES PAYS .....</b>	<b>20</b>

## 1. Introduction

L'industrie des peintures est un secteur économique important. En effet, les applications de la peinture sont diverses comme on le voit sur la figure 1.



**Figure 1: Les différentes utilisations des peintures.**

Source : Direction Générale des Consultations et des Affaires Publiques (Québec)

Les activités de fabrication des peintures sont cependant sources de nombreuses nuisances, notamment les risques liés aux composés organiques volatils.

### 1.1. Définition

Une peinture est une substance liquide ou en poudre, qui appliquée en couches minces sur différents matériaux appelés supports, forme sur ceux-ci un revêtement solide, adhérent et durable, conférant à ces matériaux des qualités décoratives, protectrices ou particulières (biocides, ignifuges, antidérapantes, hygiéniques,...) (DGRNE, 2003)

### 1.2. Constituants principaux des peintures

Le liant appelé également résine ou polymère est la partie principale d'une peinture. C'est la partie non volatile de la phase liquide des peintures et vernis (LELEU, 1994 ; DGRNE, 2003). Le liant donnera après séchage le film (ou "feuil") protecteur. On distingue plus de 150 types de peintures en fonction des liants qui les composent. Types de liants :

- Caoutchoucs chlorés et cyclisés.

- Résines vinyliques (acétates et acétochlorures de polyvinyle, butyrals polyvinyliques, copolymères styrène-butadiène...).
- Résines acryliques (polyméthacrylates, polyacrylates...).
- Huiles siccatives (huile de lin) : en voie de disparition.
- Résines alkydes (glycérophtaliques modifiées par des huiles). Les plus utilisées sont à base d'anhydride phtalique.
- Résines époxydes, polyuréthanes, polyesters, acryliques...

Le durcisseur : c'est un composé chimique comportant des fonctions réactives capables de réagir avec d'autres fonctions réactives portées par le liant. Il permet de former un film réticulé pour donner au liant des propriétés chimiques et mécaniques nécessaires telles que la résistance aux intempéries, aux agressions chimiques, la dureté...

Le solvant : les solvants sont des produits chimiques organiques liquides et volatils qui entrent dans les procédés de fabrications des peintures. Le solvant permet de dissoudre le liant, de faciliter la fabrication de la peinture et de l'amener à la viscosité adéquate en vue d'une application correcte et aisée. Il améliore aussi la stabilité de la peinture. Il existe différents types de solvants :

- Mélanges d'hydrocarbures, d'alcools, d'éthers ou de dérivés chlorés.
- Eau: utilisée pour les peintures en émulsion. En Europe, employée dans 40 % des peintures produites dont 80 % des peintures pour les particuliers. Utilisée également et de plus en plus dans les peintures industrielles pour la cataphorèse (industrie automobile).

Le pigment : le pigment possède deux pouvoirs essentiels, le pouvoir colorant car il détermine la couleur d'une peinture et le pouvoir couvrant car il a l'aptitude d'opacifier un support après séchage. Ainsi le pigment améliore certaines propriétés physiques du film telles que la dureté, l'imperméabilité ou la résistance à la corrosion. Il peut aussi, en absorbant ou en réfléchissant les rayons ultraviolets, protéger les liants contre la dégradation photolytique et contribuer ainsi à la durabilité du film de peinture.

Les charges minérales : substances généralement d'origine naturelle et insoluble dans les milieux en suspension, les charges minérales servent entre autre à diminuer le brillant du film à modifier la viscosité du produit ou augmenter la densité de la peinture. Comme charges minérales on retrouve : le carbonate de calcium, kaolin, talc, mica, verre, silice, alumine...

Les additifs : appelés aussi adjuvants, les additifs sont ajoutés en faibles quantités (1% du poids total de la peinture). Ils maintiennent l'homogénéité et la stabilité de la peinture. Les plus utilisés sont les antioxydants, les siccatifs, les agents de tension, les agents dispersants, les agents épaississants ou anti-déposants, les agents thixotropiques, les agents fongicides et les agents anti-salissures.

Les plastifiants : leur rôle principal est de conférer à la peinture des qualités de souplesse de façon durable.

## 2. Procédé de fabrication

La fabrication de peinture peut être classifiée comme traitement par lots et impliquant généralement le mélange de résines, de colorants, des solvants, et d'additifs. On distingue deux grands groupes de procédés de fabrication des peintures. Il s'agit des procédés à bases de solvants organiques basés sur la dissolution des matières dans le solvant, et des procédés à base d'eau qui impliquent une dispersion de polymère dans la phase aqueuse.

La fabrication traditionnelle de peinture et d'encre se compose de quatre processus principaux (Environment Australia, 1998): Préassemblage et prémélange : les matières premières liquides sont assemblées et puis mélangées dans des récipients pour former un matériel visqueux auquel des colorants sont ajoutés.

Pour **les peintures à base de solvant**, les matières premières se composent de résines, de solvants organiques, de plastifiants, de colorants secs, et d'unités d'extension de colorant.

Pour **les peintures à base d'eau** les matières premières incluent l'eau, l'ammoniaque, le dispersant, le colorant, et les unités d'extension de colorant.

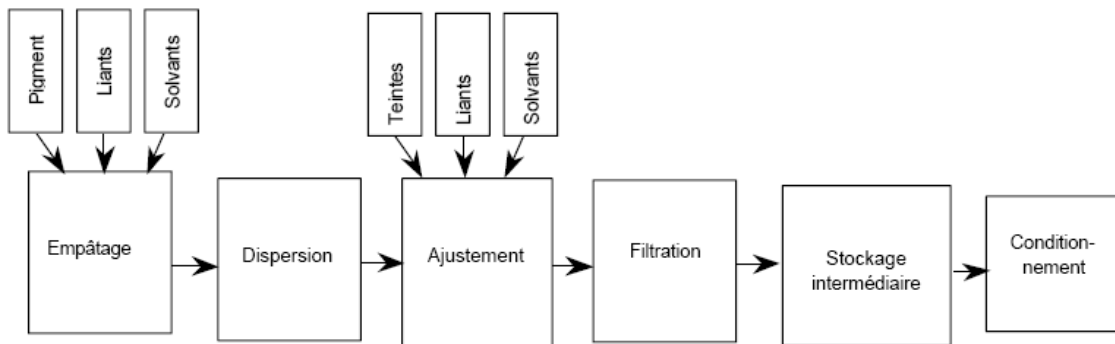
Notons que la différence majeure entre les deux procédés réside dans l'utilisation de solvant ou d'eau.

Broyage, meulage et dispersion des pigments : cette étape implique l'incorporation du pigment dans la peinture afin de permettre la dispersion des particules. Elle se déroule en 3 phases, humectation, meulage et dispersion.

Mélange et finition du produit : des spécifications du produit final telles que la couleur, la viscosité, et d'autres caractéristiques liées à l'enduit sont réalisées dans l'étape de finition du produit. Ce processus comprend normalement l'amincissement, mise de l'enduit et le mélange. La plupart des solvants, des teintes, et des nuances sont ajoutées lors de cette étape. Les peintures à base de solvants impliquent l'ajoute de diverses combinaisons de colorants, solvants organiques, et de résines. Pour les peintures à base d'eau, un préservatif, un agent anti-mousse, une émulsion polyvinylique d'acétate, et de l'eau sont ajoutés dans cette étape du processus de fabrication.

Remplissage et emballage du produit : pendant l'étape remplissage, la filtration est effectuée pour enlever des impuretés et pour attraper de petites particules des médias de meulage. Les peintures peuvent être filtrées par une multitude de moyens et l'utilisation finale du produit détermine le type de filtration. Certains produits exigent seulement un filtre à manches de tissu et d'autres produits exigent un équipement de filtration tel que des tamis ou des passoires.

La figure ci après reprend les différentes étapes de production en précisant les types d'émissions de polluants pour chaque étape.



**Figure 2: Processus de fabrication des peintures.**

### 3. Consommation d'eau

Les industries de production des peintures utilisent principalement l'eau comme composant à intégrer dans le processus et dans les produits, comme moyen de refroidissement, de condensation et de production de vapeur.

### 4. Rejets

#### 4.1. Nature et origine

Les nuisances liées à la fabrication de peinture proviennent surtout des Composés Organiques volatils (COV). Cela est dû à la nature des constituants (liant, solvant...). La figure ci après reprend le procédé de fabrication en indiquant pour chaque étape les sources d'émission.

Les principaux rejets de l'industrie de fabrication de la peinture sont par ordre d'importance :

- rejets de lavage des équipements,
- déversement accidentels et batches ne répondants pas aux spécifications,
- restes de pigments inorganiques dans les emballages,
- poussières collectées au niveau des filtres à manche,
- cartouches de filtres,
- produits périmés ou retournés par les clients.

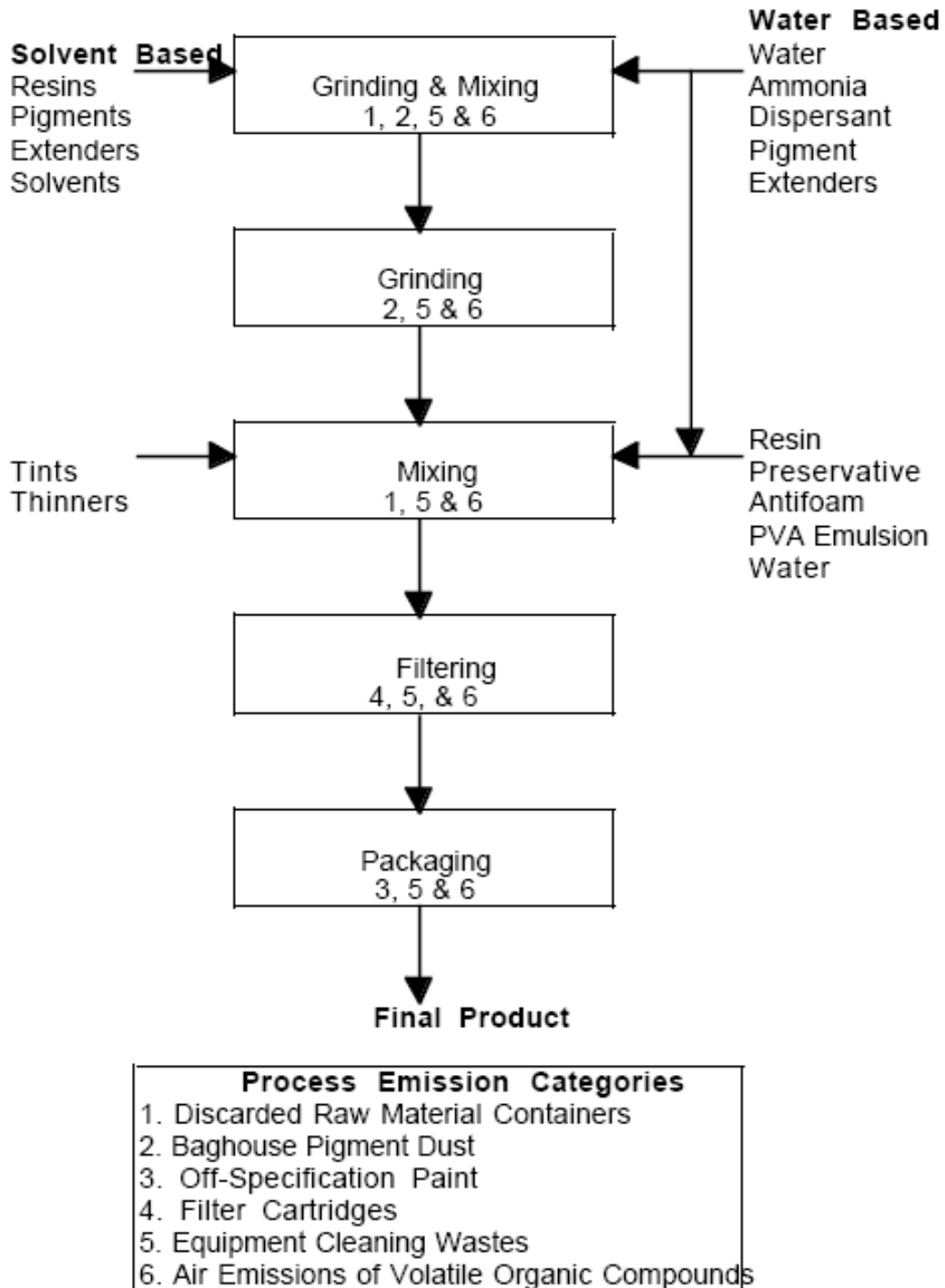
La nature et le volume des rejets de lavage des équipements dépendent du type de peinture fabriquée.

#### Peinture à l'huile :

Lavage se fait avec un solvant. L'effluent de lavage est soit réutilisé dans d'autres opérations de lavage soit réintégré dans la formulation de la peinture soit traité par distillation pour en récupérer les solvants.

Peinture à l'eau :

Le lavage se fait avec de l'eau. La quantité d'eau de lavage dépend de la taille de l'équipement et de la pression de travail, plus celle-ci est élevée, plus le volume d'eau utilisé est faible



**Figure 3: Etapes du procédé et sources d'émission de polluants de la fabrication des peintures.**

Source: National Pollutant Inventory (Australia)

## 4.2. Débit

Le débit moyen calculé par JAOUHER [12] est de 1,5 m<sup>3</sup>/tonne de produit frais.

## 4.3. Composition des rejets

Les teneurs moyennes en divers polluants dans les eaux de lavage non traitées, déterminés au niveau de 22 unités au USA, sont données au tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : Teneurs moyennes des polluants les plus importants dans les eaux résiduares non traitées de l'industrie de peinture aux USA.

<b>Polluants organiques</b>	
Paramètre	Valeurs moyennes (mg/l)
Benzène	1,933
Tétrachlorure de carbone	3,770
Chlorobenzène	1,405
Trichloroéthane	0,568
Trichlorophénol	2,455
Ethyl-benzène	7,482
Di-ether	3,2
Chlorure de méthylène	31,878
Naphtalène	2,950
Pentachlorophénol	6,017
Phénol	0,746
Butylphtalate	5,745
Tetrachloroéthylène	0,567
Toluène	17,966
<b>1.1. Métaux lourds</b>	
Aluminium	196,758
Arsenic	0,286
Bore	4,268
Cadmium	0,524
Chrome	3,120
Cobalt	0,912
Cuivre	2,476
Fer	271,307
Plomb	6,3
Manganèse	2,901
Mercure	5,161
Nickel	1,350
Etain	1,111
Titane	16,677
Zinc	74,746

<b>1.2. Polluants divers</b>	
pH	5 – 13
DBO	9,892
Huiles et graisses	1,099
MES	20,424
DCO	54,956

Au niveau du Maroc, peu de données d'analyses sont disponibles. Seules des données ponctuelles effectuées par la Lydec sur quelques paramètres ont été fournies à la DGH. Ces données sont reprises au tableau 2.

Tableau 2 : Concentration des polluants dans les effluents d'une industrie de peinture

	Moyenne des Analyses de la Lydec à Sidi Bernoussi-Casa.				Moyenne calculée par JAOUHER [12]	Moyenne de toutes les données ponctuelles disponibles
	23/08/2001	23/08/2001	13/05/2002	Moyenne		
Date Prélèvement	23/08/2001	23/08/2001	13/05/2002	Moyenne		
pH	7,8	5,85	7.35		7.35	
Cond (mS/cm)	1040	1420	754	1071	1294	1183
MES (mg/l)	404	4864	2032	2433	2100	2267
DBOs (mg/l)	1412	1250	50	904	698	801
DCO (mg/l)	4680	2621	140	2480	2916	2698

## 5. Paramètres de pollution

- Métaux lourds
- pH
- DCO
- DBO5
- MES
- COV
- Chlorures
- Toluène

Les paramètres prioritaires suivants sont souvent cités pour une conduite normale d'une industrie de peinture : pH, MES, DCO, Plomb, Chrome, Cadmium, Zinc, Baryum.

## 6. Evaluation de la charge polluante

### 6.1. Ratios de pollution internationaux

Tableau 3 : Charge polluante en COV

Opérations	Concentration (mg/m <sup>3</sup> )	Charge polluante horaire (kg/h)
Pré dispersion, stockage des intermédiaires de résines, distribution des solvants et nettoyage manuel des équipements de fabrication	100 - 190	2,2 – 4,8
Broyage, filtration à l'air libre, finition et mise à la teinte, conditionnement, distribution de solvants et nettoyage manuel des équipements de process.	180 - 420	1,6 – 10,3
fabrication de petits lots et stockage des matières premières	40 - 130	0,4 – 1,0

### 6.2. Ratios de pollution marocains

D'après les données de FODEP (2002), les ratios de pollution pour les industries de peinture, vernis et laques sont les suivants :

- DBO5 : 0.01 kg/tonne de produit fini
- DCO : 0.09
- MES : 0.09
- Chlorures : 0.02
- Sulfates : 0.01
- Déchets dangereux : 12.77

### 6.3. Charge polluante

Les enquêtes réalisées ne fournissent pas les informations suffisantes pour calculer les ratio de pollution et la charge polluante. Le peu d'information disponibles à partir de ces enquêtes donnent une consommation en eau de 20m<sup>3</sup>/j pour une utilisation de 100T/j de dioxyde de titane et 60T/j de carbonate de calcium.

## 7. Technologie d'épuration et performances épuratoires

Plusieurs technologies existent pour l'élimination des métaux lourds des eaux résiduaires industrielles. Si ces métaux lourds sont présents sous forme de composés inorganiques, ils sont généralement éliminés sous forme de précipité par addition de chaux ou de soude caustique. L'élimination des ions de métaux lourds polluant les effluents peut aussi se faire par l'échange d'ions; on utilise alors la soude caustique plutôt que la chaux pour accroître la sélectivité de la résine. Certains ions et certains composés organiques métalliques peuvent également être éliminés par adsorption sur charbon actif; on fait parfois aussi appel à l'osmose inverse. Le rendement de ces diverses méthodes apparaît dans les tableaux 4 et 4.

Tableau 4 : Rendement de diverses méthodes d'élimination des métaux lourds. Source : Chemical Engineering, 1988, vol. 95, n°16, p76. Cite dans Commission Economique pour l'Europe – L'utilisation rationnelle de l'eau et son traitement dans l'industrie chimique.

Zinc	Précipitation par la chaux (pH 10) + filtration	>99%
Métal	Technique	Extraction (%)
Arsenic	Précipitation par chaux, alun ou fer	>90%
	Aluminium activée	>95%
	Echange d'ions ou osmose inverse	<90%
Baryum	Précipitation par la chaux, pH 11	<95%
	Echange d'ions	>90%
	Osmose inverse	>95%
Cadmium	Précipitation par la chaux	>90%
	Echange d'ions ou osmose inverse	>90%
Chrome III	Précipitation par la chaux	98%
	Coagulation par le fer ou l'alun	90%-98%
	Echange d'ions	<90%
	Osmose inverse	>90%
Chrome VI	Coagulation par le fer	>90%
	Echange d'ions	<90%
	Osmose inverse	>90%
Cuivre	Précipitation par la chaux	>90%
	Echange d'ions	<95%
	Osmose inverse	>95%
	Coagulation par l'alun	>50%
Plomb	Coagulation par le fer ou l'alun	>95%
	Précipitation par la chaux	>97%
	Echange d'ions ou osmose inverse	<95%
Mercure	Précipitation par la chaux (pH>10,5)	<90%
	Charbon actif active	>95%
	Osmose inverse	<85%
Nickel	Précipitation par chaux + filtration	88%-98%
Sélénium	Précipitation par la chaux	<50%
	Coagulation par le fer	<80%
	Aluminium active	>95%
	Osmose inverse	75% - 99%

Tableau 5 : Rendement d'élimination des métaux lourds par la chaux – coagulation, décantation et neutralisation par CO2 (référence 3).

Métal	Eaux usées (mg/l)	Effluent (mg/l)	Rendement %
Ag	0.24-1.51	0.01-0.02	96-99
As	7.00-8.40	0.20-0.30	96-97
Ba	0.36-1.08	0.04-0.14	87-89
Cd	0.54-5.78	0.01-0.19	95-99
Co	0.42-1.29	0.04-0.09	90-96
Cr6+	0.45-1.40	0.30-1.25	11-33
Cu	0.60-1.47	0.04-0.23	84-93
Hg	3.26-4.45	0.29-0.61	86-91
Mn	1.37-2.26	0.01-0.02	99
Ni	0.75-1.36	0.11-0.20	85
Pb	0.41-1.21	0.04-0.05	90-96
Zn	7.34-9.61	0.12-0.18	97-99

Les polluants organiques peuvent être éliminer par voie biologique. Toutefois, certaines substances sont résistantes à la biodégradation. Une liste en est donnée ci après (NU, 1991, page 75).

#### Substances résistantes à la biodégradation

Esters simples

Chlorhydrine d'éthylène

Isoprène

Méthylvinylcétone

Morpholine

Polymères

Alcools et sulfonates aliphatiques tertiaires

Trichlorophénols

Autres hydrocarbures (aliphatiques, aromatiques)

Composés aromatiques à 3 substances ou plus

### **7.1. Technologie de traitement**

La technologie proposée pour la situation marocaine comprend successivement (EPA, référence 4):

1. Première précipitation chimique
2. Clarification
3. Seconde précipitation chimique (Sulfide)
4. Clarification
5. Boues activées
6. Décantation finale

## 7.2. Rendements épuratoires

Tableau 6 : Rendements épuratoires des différents polluants (EPA, référence 5)

Paramètre de pollution	Rendement (%)
Chrome Hexavalent	98.01
Antimoine	94.30
Arsenic	91.74
Cadmium	99.97
Chrome	99.91
Cobalt	98.47
Cuivre	99.91
Iridium	99.69
Plomb	99.95
Lithium	66.83
Mercure	98.38
Molybdene	26.40
Nickel	99.59
Selenium	57.54
Silicium	98.58
Argent	99.62
Strontium	95.89
Etain	99.94
Titanium	99.84
Vanadium	99.46
Zinc	99.93
Zirconium	42.13

En ce qui concerne les polluants organiques biodégradables, nous retiendrons un taux d'élimination de 90% (NU,1991).

Pour la situation marocaine, nous retiendrons les rendements épuratoires repris au tableau 7

Tableau 7 : Rendements épuratoires retenus pour la situation marocaine

Paramètre	Rendement d'élimination
DCO	92
MES	90
DBO	90
Chrome	90%
Cuivre	99,50%
Nickel	95%
Zinc	99%
Plomb	95%
Mercure	85%

## 8. Projets de valeurs limites de rejets (VLR)

### 8.1. VLR calculées sur base de technologies disponibles et des performances épuratoires

Les analyses disponibles sont peu nombreuses. Dés lors, il n'est pas fondé de définir des VLR à partir d'un nombre d'analyses si faible. Toutefois, nous faisons l'exercice sur base des informations limitées disponibles quitte à revenir sur ces calculs lorsque des informations plus complètes seront disponibles.

Sur base du peu d'analyses disponibles (tableau 2) et des rendements épuratoires (tableau 7), nous proposons les VLR repris au tableau 8.

Tableau 8 : VLR proposées sur base des analyses disponibles

Paramètre	VLR proposées
DCO	220
MES	230
DBO	80
Chrome	-
Cuivre	-
Nickel	-
Zinc	-
Plomb	-
Mercure	-

## 8.2. Références internationales des VLR

Tableau 9: Valeurs limites de rejet belges et indiennes applicables au déversement des eaux usées provenant des entreprises qui produisent des vernis, des peintures, des encres d'imprimerie et des pigments.

Paramètres de pollution (mg/l)	Belgique		Inde [13]
	Rejet dans les eaux de surface	Rejet dans les égouts publics	
pH			6.0 to 8.5
MES			100
DCO	300		
BOD			50
Huiles et graisses			10
- cyanures (oxydables au chlore)	0,1	1	
- fer total + aluminium total	30	30	
- chrome total	2	5	2
- chrome hexavalent	0,2	1	0.1
- nickel total	2	4	2
- plomb total	0,1	3	0.1
- zinc total	3	15	5
- arsenic total	0,2	0,5	
- cuivre total	0,1	2	2
- étain total	2	5	
- manganèse total	1	2	
- cobalt total	1	2	
- molybdène total	1	2	
- somme des métaux (non compris Fe et Al)	10	20	7
- phénols	1		1
polychlorobiphényles (PCB)	Absence		
polychloroterphényles (PCT)	Absence		
Peinture: volume spécifique de référence (l/l de produit)	1		
Encre: volume spécifique de référence (l/l de produit)	0,5		

### 8.3. Synthèse : VLR proposées

Le tableau 10 reprend la synthèse des VLR internationaux et des VLR proposés pour l'industrie de peinture, vernis, laques et encres au Maroc

Tableau 10 : Synthèse des VLR internationaux et proposition pour le Maroc

Paramètres de pollution (mg/l)	VLR Belgique	VLR Inde	VLR calculées sur base des analyses marocaines	VL Généraux (Maroc)	VLR proposées
pH		6.0 to 8.5		6,5 – 85	6.0 to 8.5
MES		100	230	50	230
DCO	300		220	500	500
BOD		50	80	100	100
Huiles et graisses		10		30	30
- cyanures	0,1			0,1	0,1
- chrome total	2	2		2	2
- chrome hexavalent	0,2	0.1		0,2	0,2
- nickel total	2	2		0.5	2
- plomb total	0,1	0.1		0.5	0.6
- zinc total	3	5		5	5
- arsenic total	0,2			0,1	0,2
- cuivre total	0,1	2		0.5	0.5
- manganèse total	1			1	1
- cobalt total	1			0.5	1

D'autres VLR générales sont reprises en annexe 1.

## 9. Coûts du traitement

Des ordres de grandeur de coût (en \$1989) pour une industrie rejetant 100 m<sup>3</sup>/jour sont rapportés dans le tableau 11.

Tableau 11. Ordres de grandeur de coût de traitement des effluents de traitement de surface.

	Coût investis- sement	Coût de fonctio- nement	Superficie nécessaire (m <sup>2</sup> )	Devises	Source d'information
Première précipitation chimique	264 200	310 000	689	\$1989	EPA (1999)
Clarification	30 600	21 600	196	\$1989	EPA (1999)
Seconde précipitation chimique (Sulfide)	205 000	171 000	601	\$1989	EPA
Clarification	30 600	21 600	196	\$1989	EPA
Bassin d'aération (boues activées)	37 500	7 500		FF 1977	Eckenfelder (1982)
Décanteur II	30 600	21 600		\$1989	EPA

## 10. Economie d'eau et 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.

Pour ce qui est de la production de peinture, une économie d'eau peut être réalisée en réalisant un circuit de refroidissement en boucle, et en optimisant celui-ci grâce à une tour de refroidissement et grâce à des pompes à chaleur, des cascades, des recyclages... (DGRNE, 2003). L'utilisation de technologies propres telles que l'ultrafiltration pour le traitement des effluents est aussi une voie d'économie d'eau.

	Principe	Avantages	Application
Ultrafiltration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technique membranaire de séparation soluté/solvant</li> <li>- Membranes utilisées : minérales ou organiques</li> <li>Principe de séparation : tamisage</li> <li>Forces de transfert : gradient de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Economie d'eau et de produits chimiques</li> <li>- Facilite le recyclage ou la réutilisation de l'eau</li> <li>-Etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Récupération et recyclage de peintures</li> <li>- Régénération des bains de peinture par électrophorèse</li> <li>- Traitement d'effluents d'encollage et de teinture de l'industrie textile, - Etc</li> </ul>
Nanofiltration	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtration tangentielle avec un transfert de matière à travers la membrane dû à un gradient de pression pouvant varier de 10 à 40 bars.</li> <li>- Membranes utilisées : microporeuses organiques</li> <li>Principe de séparation : tamisage et sorption-diffusion</li> <li>Forces de transfert : gradient de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionne à pressions inférieures à celles de l'osmose inverse</li> <li>- Sélectivité de séparation spécifique pour les ions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des effluents (contenant des molécules organiques) dans l'industrie du papier, du bois, de la teinture, du textile...</li> <li>- Fabrication d'eaux de procédés</li> </ul>
Pervaporation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé de séparation des constituants d'un mélange liquide, par vaporisation partielle au travers d'une membrane dense présentant une affinité préférentielle pour l'un des constituants.</li> <li>- Membranes utilisées : denses organiques</li> <li>Principe de séparation : sorption - diffusion</li> <li>- désorption</li> <li>Forces de transfert : gradient d'activité chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La simplicité de conduite et de contrôle</li> <li>- La reproductibilité et fiabilité des performances</li> <li>- La faible consommation d'énergie</li> <li>- etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Séparation des solvants organiques contenus dans l'eau, pour la récupération et recyclage des eaux qui contiennent des solvants</li> <li>- Séparation et recyclage des solvants contenus dans l'eau procédant de cabines de peinture, ayant subi au préalable une floculation visant à séparer les solides contenus</li> </ul>

Un réacteur diphasique destiné à la biodégradation des COV représente aussi une bonne alternative pour le traitement des effluents ( MOUMOU, 2004 ; MBUYI MUNDELA, 2005).

## 11. Références bibliographiques

- 1) W.W. Eckenfelder : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles – Traduit de l'américain par Vandevenne. Tec et Doc Lavoisier, 1982. 503 pages.
- 2) World Bank Group: - Pollution Prevention and Abatement Handbook. July 1998
- 3) Crine M., Salmon T., Schlitz M., Procédés de traitement des eaux industrielles chargées en métaux lourds. In Traitement des effluents liquides industriels. Actes du Séminaire mars 1991, Vassel J-L., Vander Borgh P.
- 4) EPA : Development document for the CWT Point Source Category.
- 5) Nations Unies – Commission Economique pour l'Europe, 1991. L'utilisation rationnelle de l'eau et son traitement dans l'industrie chimique. 145 pages.
- 6) Gouvernement de la Région wallonne : site web consulté en juin 2002 : <http://wallex.wallonie.be/indexmain.html>
- 7) SEE/FODEP. 2002. Etude sectorielle sur la pollution industrielle : dérivation des ratios de pollution.
- 8) Base de données établie dans le cadre de ce travail sur l'industrie de Peinture, Vernis et laque (résultats de mesures et d'analyses des rejets de 4 établissements de 2000 à 2002 - Lydec)
- 9) DRPE. 2003 – Etude de valeurs limites des rejets industrielles dans le Domaine Public Hydraulique
- 10) LELEU J. Peinture à solvants. Composition et risques toxicologiques [http://www.inrs.fr/hm/peinture\\_solvants\\_composition\\_risques.html](http://www.inrs.fr/hm/peinture_solvants_composition_risques.html)
- 11) DGRNE, 2003. Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences sur l'environnement : savons et détergents. Liège. 41 p.
- 12) 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.
- 13) Central Pollution Control Board. Ministry of Environment & Forests, Govt of India, Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar, Delhi.
- 14) Pakistan Environmental Act, 1997. National Environmental Quality Standards.**

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

N°	Paramètre	Valeurs Limites Projet <b>Maroc</b> Rejet direct	Valeurs Limites Projet <b>Maroc</b> Rejet indirect	LYDEC Casablanca	Valeurs limites <b>France</b>	Valeurs maximales <b>Algérie</b>	Valeurs maximales Région Wallonne <b>Belgique</b>	Valeurs limites maximales <b>Suisse</b>	Valeurs limites Rejet dans milieux naturels <b>Sénégal</b>	Valeurs maximales autorisées Rejets directs Ouest du Bengale, <b>Inde</b>
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 <sup>2</sup>	-	150/200	30	40	30		20	
5	Phosphore total P mgP/l	10 <sup>2</sup>	10	-	10	2	10		10	
6	DCO mgO2/l	500 <sup>2</sup>	1000	1200	300	120	300		200	250
7	DBO <sub>5</sub> mgO2/l	100 <sup>2</sup>	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 <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup>	-	-	-					
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 (Sl-) 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 <b>Maroc</b> Rejet direct	Valeurs Limites Projet <b>Maroc</b> Rejet indirect	LYDEC Casablanca	Valeurs limites <b>France</b>	Valeurs maximales <b>Algérie</b>	Valeurs maximales Région Wallonne <b>Belgique</b>	Valeurs limites maximales <b>Suisse</b>	Valeurs limites Rejet dans milieux naturels <b>Sénégal</b>	Valeurs maximales autorisées Rejets directs Ouest du Bengale, <b>Inde</b>
20	<b>Hydrocarbures mg/l</b>	10	20	-	10	20	15		50	
21	<b>Huiles et graisses mg/l</b>	30	50	-	-	20				10
22	<b>Antimoine (Sb) mg/l</b>	0,3	0,3	-	-					
23	<b>Etain (mg/l)</b>						2.0			
24	<b>Argent (Ag) mg/l</b>	0,1	0,1	0,1	-					
24	<b>Arsenic (As) mg/l</b>	0,1	0,1	1.0	-		0.1		0.3	0.2
25	<b>Baryum (Ba) mg/l</b>	1	1	-	-					
26	<b>Cadmium (Cd) mg/l</b>	0,2	0,2	3.0	0,2	0.2		0.1		02
27	<b>Cobalt (Co) mg/l</b>	0.5	1.0	2.0	-					
28	<b>Cuivre total (Cu) mg/l</b>	0.5	1.0	1.0	0.5	3.0	2.0	0.5		3.0
29	<b>Mercure total (Hg) mg/l</b>	0.05	0.05	0,1	0.05	0.01				0.01
30	<b>Plomb total (Pb) mg/l</b>	0.5	0,5	0,1	0.5	1.0	1.0	0.5		0.1
31	<b>Chrome total (Cr) mg/l</b>	2.0	2.0	2.0	0.5					2.0
32	<b>Chrome hexavalent (Cr VI) mg/l</b>	0,2	0,2	0,1	0,1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
33	<b>Etain total (Sn) mg/l</b>	2.0	2.0	0,1	2.0					
34	<b>Manganèse (Mn) mg/l</b>	1.0	1.0	-	1.0	1.0	2.0			2.0
35	<b>Nickel total (Ni) mg/l</b>	0.5	0.5	1.0	0.5	5.0	5	2.0		3.0
36	<b>Sélénium (Se) mg/l</b>	0,1	1.0	-	-					0.05
37	<b>Zinc total (Zn) mg/l</b>	5.0	5.0	1.0	2.0	5.0	5.0	2.0		5.0
38	<b>Vanadium (V) mg/l</b>									0.2
39	<b>Fer (Fe) mg/l</b>	3.0	3.0	0.5	-	5.0	5.0			3.0
40	<b>AOX</b>	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) <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans réseau d'égouttage (rejet indirect) <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel à partir d'une step mixte <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) <b>Taiwan</b>	Valeurs limites de rejet direct <b>Pakistan</b>	Valeurs limites de rejet direct <b>Japon</b>	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)			Ne peut pas causer un accroissement de 3°C à la limite de la zone de mélange ou 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	200	300	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	150		250
7	DBO <sub>5</sub> mgO2/l	30-100	400	50	30	80	300	50
8	Chlore actif Cl mg/l	1	1000	1				0.2
9	Dioxyde de chlore ClO <sub>2</sub> 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	1	1	
17	Sulfures libres (SI-) mg/l	2	2	2	1			1

N°	Paramètre	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans réseau d'égouttage (rejet indirect) <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel à partir d'une step mixte <b>Népal</b>	Valeurs limites de rejet dans le milieu naturel (rejet direct) <b>Taiwan</b>	Valeurs limites de rejet direct <b>Pakistan</b>	Valeurs limites de rejet direct <b>Japon</b>	Banque mondiale
18	Fluorures (F) mg/l	2	10	2	15	1	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	Phénol (mg/l)					0.1	5	
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	1	0.1	0.1
25	Baryum (Ba) mg/l							
26	Cadmium (Cd) mg/l	2	2	2	0.03	1	0.1	0.1
27	Cobalt (Co) mg/l							
28	Cuivre total (Cu) mg/l	3	3	3	3	1	3	0.5
29	Mercure total (Hg) mg/l	0.01	0.01	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01
30	Plomb total (Pb) mg/l	0.1	0.1	0.1	1	0.5	0.1	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	1	0.5	0.1
33	Etain total (Sn) mg/l							
34	Manganèse (Mn) mg/l				10	1.5	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	5	5	2
38	Vanadium (V) mg/l							
39	Fer (Fe) mg/l							3.5