

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 :**

Fiche sur l'Industrie pharmaceutique

Préparée par :

Brahim Soudi - Consultant national

Dimtri 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

1. Introduction	3
2. Procédés de fabrication	3
3. Consommation d'eau	4
4. Rejets liquides	4
4.1. Nature et origine	4
4.2. Débit.....	5
4.3. Composition de rejets.....	5
5. Evaluation de la charge polluante.....	9
6. Ratios de pollution.....	9
6.1. Ratios marocains	9
6.2. Ratios internationaux	10
7. Technologies d'épuration et performances épuratoires	10
7.1. Technologies de traitement	10
7.2. Rendements épuratoires	14
8. Projets de valeurs limites de rejet (VLR)	14
8.1. VLR calculées sur base des données d'analyses, des technologies disponibles et des rendements moyens épuratoires	14
8.2. Références internationales des VLR	16
8.3 Synthèse : VLR proposées	17
9. Technologies propres	18
Références bibliographiques	18

Elaboration des projets de valeurs limites de rejets

Industrie pharmaceutique^{\$}

1. Introduction

Le secteur pharmaceutique au Maroc est un secteur qui connaît une pleine expansion et une restructuration. Ce secteur couvre actuellement près de 70 % du besoin national en médicaments (Sedrati, 2003). Le besoin en emballage est entièrement couvert localement exception faite des « verres pharmaceutiques ». D'après le même auteur, on dispose actuellement de 27 sites de production qui totalisent une production globale de 200 millions d'unités de médicaments. L'inventaire de ce type d'industrie montre qu'il existe six principales unités situées dans les bassins de Bouregreg, de Tensift et d'Oum Er Rbia.

Cette activité industrielle englobe la fabrication, l'extraction, la transformation, la purification et le conditionnement et emballage des produits utilisés comme médicaments pour l'Homme et l'animal.

2. Procédés de fabrication

En général, l'industrie pharmaceutique se déroule en deux grandes phases :

- **Procédés primaires** pour la fabrication des ingrédients ou matières actives ; et
- **Procédés secondaires** : la conversion de ces ingrédients en produits pharmaceutiques prêts à l'emploi.

Selon les références internationales (Banque mondiale, EPA etc.), les principales étapes de fabrication sont les suivantes :

- Préparation des procédés
- Introduction des groupements fonctionnels
- Couplage des matières et estérification
- Processus de séparation : lavage, re - dissolution (extraction en retour)
- Purification du produit final

La préparation de produits additionnels vient s'ajouter à ces étapes :

- Granulation
- Séchage
- Pressage des tablettes
- Impression et revêtement
- Enduisage
- Emballage

EPA (2003, 2004) a catégorisé les procédés de fabrication en quatre catégories A, B, C et D selon les opérations mises en jeu et selon les produits finaux (Tableau 1). Cette catégorisation a été motivée par le fait que la nature des émissions et des effluents liquides diffère d'un procédé à l'autre.

\$: Cette fiche, déjà assez étoffée, peut être actualisée par de nouvelles analyses et par les ratios de pollution une fois les données sont disponibles

Tableau 1. Opérations/Procédés et produits (synthèse faite à partir des documents de EPA, 2003)

Opérations/Procédés	Produits
Catégorie A. Fermentation : modification chimique induite par les organismes vivants, par les enzymes, par des bactéries spécifiques ou par des champignons	<ul style="list-style-type: none"> - Antibiotiques - Agents antinéoplasiques - Nutriments thérapeutiques - Vitamines - Stéroïdes
Catégorie B. Extraction naturelle et biologique : Il s'agit d'une extraction chimique et physique des ingrédients pharmaceutiques actives à partir des ressources naturelles (racines des plantes, feuilles, glandes animales, champignons, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Agents antinéoplasiques - Agents digestifs - Agents anti - dépressifs - Agents hématologiques - Vaccins - Insuline
Catégorie C. Synthèse chimique : Cette opération consiste en une réaction chimique ou en une série de réactions chimiques pour la fabrication des matières actives pharmaceutiques	<ul style="list-style-type: none"> - Antibiotiques - Antihistaminiques - Agents cardiovasculaires - Hormones - Vitamines
Catégorie D. Mélanges et formulation de produits : cette opération consiste en un mélange, selon des doses déterminées, les différents ingrédients pharmaceutiques	<ul style="list-style-type: none"> - Agents dermatologiques - Poudres - Tablettes et capsules

3. Consommation d'eau

Selon les données recueillies dans la littérature internationale, on constate deux aspects importants :

- Selon SGI, Chemie Pharma en Suisses, 2006), la forte consommation d'eau s'opère par le processus de refroidissement (6 fois plus que l'eau consommée par le processus lui-même). Soulignons toutefois que l'eau de refroidissement subit une recirculation dans le circuit de fabrication.
- La consommation d'eau est d'environ 700 m³/tonne de produit et peut chuter à moins de 400 m³/tonnes de produit lorsque des bonnes pratiques d'économie de l'eau à travers le rinçage et le recyclage sont adoptées (Presentations CII Water Seminars 2004-2005, Sohrabji Godrej Green Business Centre, Hyderabad).

4. Rejets liquides

4.1. Nature et origine

Les rejets liquides contiennent divers polluants dont la composition varie selon la nature des matières premières, le produit manufacturé et le procédé utilisé.

Selon EPA (2003) et la Banque Mondiale, les principaux polluants pouvant être rencontrés dans les rejets des industries pharmaceutiques sont :

- Les polluants organiques de diverses natures
- Les solvants
- Les métaux lourds

- Les isomères de l'hexachlorocyclohexane
- Le 1,2-dichloroethane
- Etc.

4.2. Débit

Le débit moyen évalué dans la même unité industrielle de Tensift durant la même période a varié entre 0.4 à 0.76 l/sec avec une valeur maximale de 1.7 l/sec enregistrée à 14 heures et une valeur minimale enregistrée à 16 heures de la même journée.

Le débit annuel de cette unité est estimé à **15 137 m³/an** sur une période de 365 jours avec un débit moyen journalier de **41.47 m³/j**. Le débit spécifique dans cette unité est de 78.84 m³/tonne.

La littérature internationale rapporte une consommation spécifique très variable entre 50 et 450 m³/tonne (Presentations CII Water Seminars 2004-2005, Sohrabji Godrej Green Business Centre, Hyderabad).

4.3. Composition de rejets

Le tableau 2 relate les concentrations des polluants conventionnels et de DCO dans les eaux usées non traitées des unités industrielles pharmaceutiques aux USA.

Tableau 2. Concentrations des polluants conventionnels et de DCO dans les eaux usées non traitées des unités industrielles pharmaceutiques aux USA.

Type de rejet	Catégorie du procédé	Paramètre	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Direct	A seule	DBO ₅	3 360	5 600	4 480
		DCO	9 100	10 900	10 000
		MES	264	2 490	1 380
	C seule	DBO ₅	0	812	218
		DCO	0	1 800	718
		MES	0	131	55
	A et C seulement	DBO ₅	22	2 620	975
		DCO	216	5 280	2 410
		MES	39	849	332
	A et/ou C + autre(s)	DBO ₅	11	9 700	2 230
		DCO	123	16 500	4 050
		MES	40	383	185
Indirect	A seule	DBO ₅	ND	ND	2 700
		DCO	ND	ND	ND
		MES	ND	ND	757
	C seule	DBO ₅	1 250	5 430	3 470
		DCO	1 200	22 200	7 980
		MES	19	1 000	265
	A et C seulement	DBO ₅	0	1 770	885
		DCO	0	4 390	2 190
		MES	0	888	444
	A et/ou C + autre(s)	DBO ₅	95	11 500	2 540
		DCO	152	19 700	4 790
		MES	14	6 070	820
Direct	B seulement	DBO ₅	-	-	-
		DCO	-	-	-
		MES	-	-	-
	D seulement	DBO ₅	0	328	117
		DCO	0	1 140	271
		MES	2	306	63
	B et D seulement	DBO ₅	ND	ND	53
		DCO	ND	ND	27
		MES	ND	ND	16
Indirect	B seulement	DBO ₅	1 850	2 350	2 100
		DCO	59	3 110	1 240
		MES	81	552	250
	D seulement	DBO ₅	0	4 650	601
		DCO	0	6 610	907
		MES	0	2 060	283
	B et D seulement	DBO ₅	150	2 940	799
		DCO	184	2 600	1 060
		MES	24	743	265

ND: Données non disponibles

Les données des analyses effectuées en l'an 2000 au Maroc sur les rejets d'une unité industrielle située dans le bassin hydraulique de Tensift sont rapportées dans la colonne 2 du tableau 3. Ces analyses ont été effectuées sur une période de 7 heures (8h30 -16h30). D'autres valeurs moyennes calculées par Jaouhar (2005) sur base de données d'analyses effectuées par l'ABH de Tensift et de Bouregreg (en 2000 et 2002) sont rapportées dans la colonne 3 du même tableau 3.

Tableau 3. Analyses de rejet d'une unité industrielle pharmaceutique dans le bassin de Tensift (ABHT, 2000).

Paramètre	Valeur (ABHT, 2000)	Valeur moyenne (ABHT , 2000, ABHB, 2002)
T°c	17.8	19
pH	7.4	7.4
CE (µS/cm) à 20°C	2 290	1 275
Paramètres exprimés en mg/l		
DCO	710	327
DBO ₅	90	89
MES	28.8	207
NTK	176	176
N-NH ₄ ⁺	41.4	
PT	15	15
P-PO ₄ ⁻	6.8	-
N-NO ₃ ⁻	0.19	-
Cl ⁻	604.1	-
SO ₄ ⁻	177	-
Fluor	0.48	-
Phénols	0.06	0.06
Huiles et graisses	23	23
Cyanures (CN)	< 0.01	-
Paramètres exprimés en µg/l		
Hg	1.68	-
Pb	< 23	0.023
Al	1333	-
As	< 20	-
Cr total	29.1	0.03
Cu	< 1.6	-
Fe	1733	-
Zn	690	-
Mn	111.6	-
Ni	14.4	-
Se	< 21	-
Cd	3	-
V	37.2	-
Agents pathogènes §		
CF (N/100 ml)	2.4 * 10 ⁰⁵	-
SF (N/100 ml)	3.5 * 10 ⁰⁴	-

D'autres analyses effectuées par la Lydec sur échantillons ponctuels durant la période 200 – 2003 sont rapportées dans le tableau 4.

Tableau 4. Analyses effectuées sur échantillon ponctuel par la Lydec.

Année	T°C	pH	Conductivité (µS/cm)	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)
2000	19	7,85	1515	17,2	35	474
2002	-	7,4	565	92	50	238
2003	-	8,00	2170	30	7,83	59,5
2000	-	7,75	630	954	140	182
2003	-	12,05 ???	2620	268	273	777

A titre de comparaison, la moyenne de la composition des rejets des unités pharmaceutiques à Botswana est rapportée dans le tableau 5.

Tableau 5. Caractéristiques des effluents des unités pharmaceutiques rejetés dans le réseau municipal de Gaborone à Botswana (Emongor et al. 2005)

Paramètre	Valeur
pH	9.3
T°C	26.9
DCO	623
DBO	350
MES	112

Sur base de ces différentes données d'analyses effectuées à l'échelle locale et internationales, on se propose de rapporter quelques commentaires dans l'encadré 1.

Encadré 1. Commentaires sur la composition des rejets

- ◆ Les analyses des effluents bruts, effectuées par EPA aux USA sur plusieurs unités (Cf. tableau xxxx) , ont montré une grande variabilité des paramètres DBO, DCO et MES selon la catégorie des procédés utilisés et par conséquent selon les matières premières et la nature des produits finis. Ces paramètres ont varié comme suit :
DBO : 117 à 4480 mg/l
DCO : 27 à 10 000 mg/l
MES : 16 -1380 mg/l
- ◆ Les valeurs de ces paramètres correspondantes aux analyses effectuées au Maroc (Tensift) sont comprises dans les fourchettes citées et demeurent comparables à celles effectuées par la Lydec et celles de Botswana.

Des analyses et enquêtes complémentaires dans d'autres unités permettront de couvrir les différents procédés utilisés et par conséquent de mieux se prononcer sur des valeurs moyennes si la variabilité n'est pas très grande.
- ◆ Les analyses de ce type d'industrie doivent couvrir d'autres paramètres supplémentaires : Les isomères de l'hexachlorocyclohexane, le 1,2-dichloroethane et les solvants, le toluène.

5. Evaluation de la charge polluante

Sur la base des données de débit et de composition des rejets de l'unité industrielle pharmaceutique du bassin de Tensift, les charges polluantes sont calculées et rapportées dans le tableau 6.

Tableau 6. Charges polluantes des rejets de l'unité industrielle de fabrication des médicaments située dans le Tensift (selon les analyses de l'ABHT, 200).

Paramètre	Charge polluante en Kg/an
DCO	10 749
DBO ₅	1 363
MES	436
NTK	2 665
N-NH ₄ ⁺	623
PT	227
P-PO ₄ ⁻	103
N-NO ₃ ⁻	2.88
Cl ⁻	9751
SO ₄ ⁻	2680
Fluor	7.30
Phénols	1
Huiles et graisses	348.2
Cyanures (CN)	< 0.15
Métaux lourds totaux [§]	58

§ : Dominance de Fe, Al et Zn (98 % du total pondéré)

6. Ratios de pollution

6.1. Ratios marocains

Sur la base des données d'enquêtes et d'analyses effectuées par la Lydec, le FODEP (2002) a proposé les coefficients spécifiques de pollution des rejets des industries de fabrication de produits pharmaceutiques rapportés dans le tableau 7.

Tableau 7. Coefficients spécifiques de pollution des rejets des industries pharmaceutiques

Activité polluante	Grandeur caractéristique	Coefficients spécifiques de pollution		
		MES (Kg)	DBO5 (Kg)	DCO (Kg)
Produits pharmaceutiques	Mille unités	0.01	0.02	0.24 ?
		10 kg/tonne de produit	20 kg/tonne de produit	240 kg/tonne de produit

6.2. Ratios internationaux

Selon les références du Groupe de la banque Mondiale (1998), les ratios de pollution de cette industrie pour quelques paramètres de pollution sont les suivants :

- DBO: 25 kg/tonne
- DCO: 50 kg/tonne
- MES: 3 kg/tonne
- Phénols: 0.8 kg/tonne

Par rapport à ces valeurs, le ratio de pollution spécifique estimé pour le Maroc demeure relativement élevé pour le cas du paramètre DCO. Pour les deux autres paramètres (DBO et MES), les ratios demeurent comparables.

7. Technologies d'épuration et performances épuratoires

7.1. Technologies de traitement

Les principaux procédés de traitement utilisés selon le groupe de la banque Mondiale (1998) sont rapportés dans ce qui suit et enrichis par des détails émanant de EPA (2003). :

Neutralisation : Etant donné que les technologies de traitement dans l'industrie pharmaceutique sont sensibles aux fluctuations de pH, l'ajustement de pH ou la neutralisation fait partie intégrante du système de traitement. L'ajustement du PH se fait en ajoutant l'acide ou la soude caustique selon l'objectif d'élimination. Pour la volatilisation de l'ammonium, un pH de 10 à 11 est nécessaire par exemple.

Floculation, Flottation, Coagulation

Filtration : cette opération vient après le traitement biologique (si elle est applicable) pour assurer une élimination complémentaire des MES et par conséquent une élimination supplémentaire de la DBO5 associée aux particules en suspension (MES).

Sédimentation : Elimination des MES et de la DBO5 associée aux particules solides en suspension

Echange ionique : des résines échangeuses anioniques et cationiques sont utilisées

Adsorption de carbone: Le charbon actif granulaire est utilisé pour traiter la DBO, la DCO et les constituants organiques dans les effluents. L'adsorption est un processus par lequel les matières solubles en suspension se mettent en liaison avec un milieu solide. Dans ce cas, le charbon actif est un excellent milieu grâce à sa grande surface spécifique interne, sa grande attraction et son caractère hydrophobe qui empêche l'eau de pénétrer dans les sites d'adsorption.

Détoxication des ingrédients actifs : cette opération consiste en une oxydation par voie humide en utilisant l'ozone.

Traitement biologique : lits bactériens, traitement anaérobique, boues activées etc.)

Un traitement biologique avancé des effluents émanant de l'industrie pharmaceutique est nécessaire pour traiter la DBO, la DCO et les MES et pour dégrader les polluants organiques. Pour l'élimination de l'ammonium, un système de nitrification doit être préconisé.

Etude de cas :

Un exemple de station de traitement adopté par une unité de fabrication des médicaments en Belgique est rapporté dans ce qui suit :

- deux bassins d'égalisation : neutralisation du pH, égalisation des débits et de la composition.
- six bassins d'oxydation dont 4 fonctionnent alternativement en sédimentation et en oxydation, 1 bassin de rinçage et 1 réservoir à effluent.
- deux bassins de stockage et d'évacuation des boues : 1 bassin de stabilisation (digestion aérobie des boues) et 1 épaisseur (réduction du volume des boues).

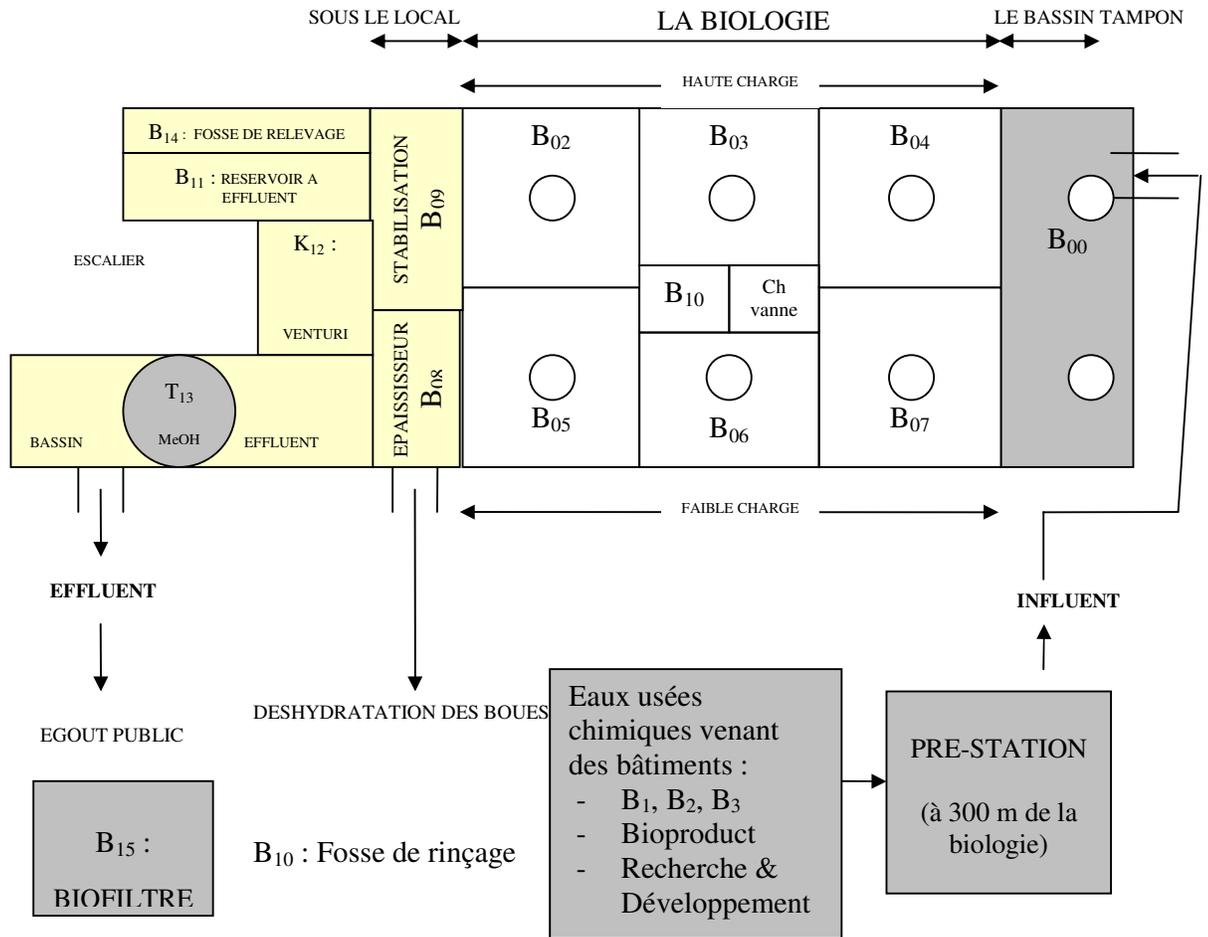
- traitement de l'air par biofiltre : lit de copeaux de bois humidifié par de l'eau de ville (débit de l'air : 10.000 m³ / h, volume du lit filtrant : 50 m³, hauteur du lit filtrant : 1,2 m).

Les 4 bassins d'oxydation fonctionnent en alternance selon un cycle aération – anoxie. Ce système d'alternance permet au processus de nitrification d'avoir lieu. Le système fonctionne suivant 4 cycles par jour de 6h chacun. A chaque fin de cycle, le sens de parcours des bassins par l'influent est inversé. Un cycle de 6h est constitué d'une phase principale d'une durée de 5h et d'une phase intermédiaire d'une heure.

- Pendant la **phase principale**, l'alimentation en influent et la sédimentation des boues se font en continu. Durant cette phase se déroule l'oxydation de la charge organique, la minéralisation de l'azote, la nitrification et éventuellement la dénitrification.
- La **phase intermédiaire** est une phase préparatoire au changement de cycle. Elle sert à mettre en décantation les bassins qui étaient en aération et inversement.

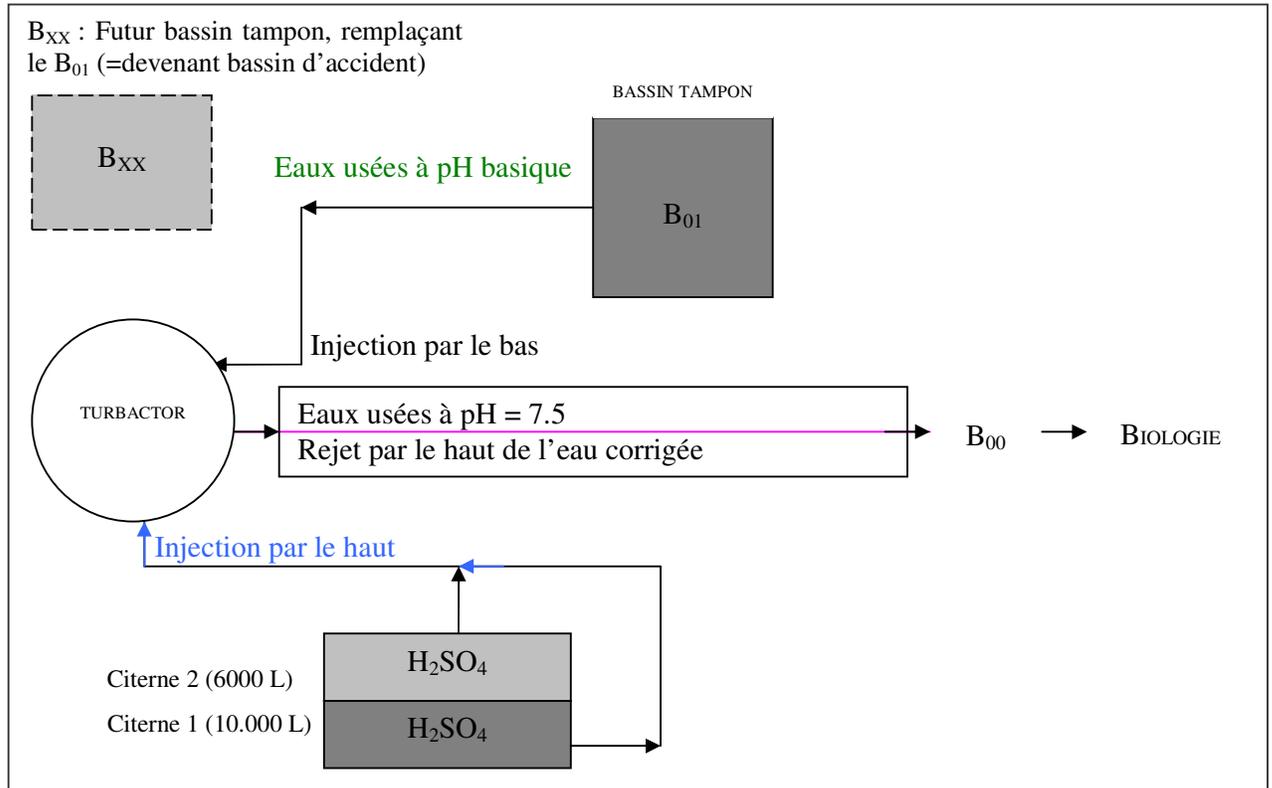
Les bassins sont alimentés 22h/jour.

Le schéma global et des principales composantes est rapporté ci-après :

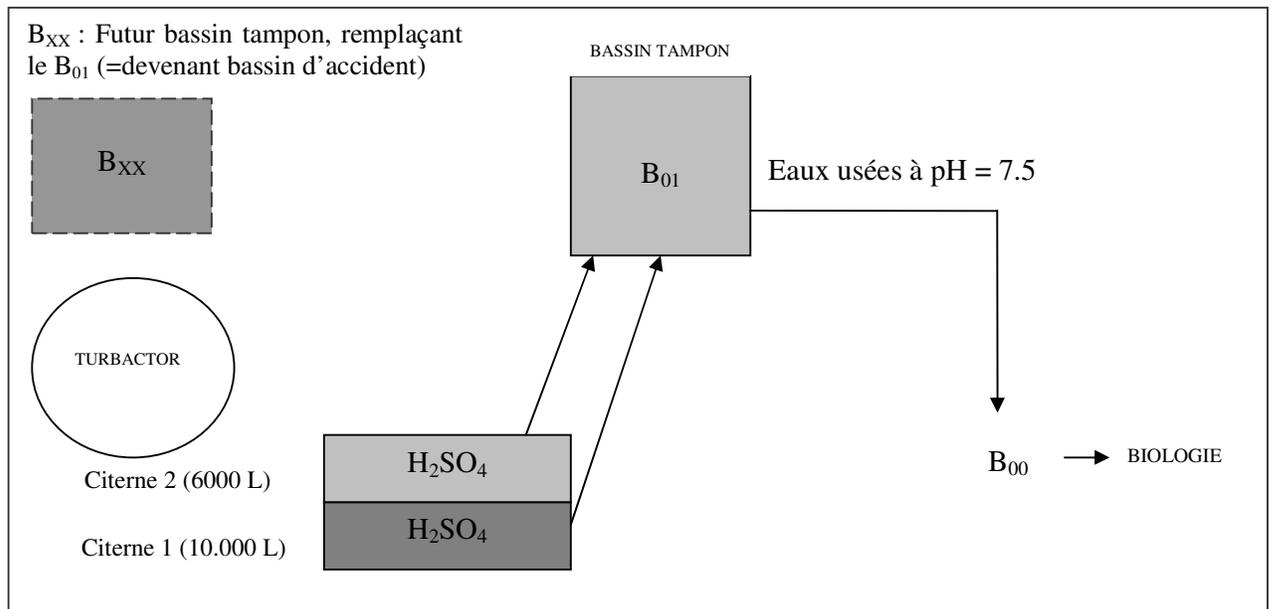


Régulation du pH

1^{er} Cas : à partir du turbactor (bassin tampon et de neutralisation du pH par ajout d'acide sulfurique)



2^{ème} Cas : directement dans le bassin tampon (B_{01})



7.2. Rendements épuratoires

Les rendements épuratoires moyens rapportés par EPA (2003) sont rapportés dans le tableau 7.

Tableau 7. Valeurs moyennes des rendements épuratoires rapportés par la banque mondiale (1998) et par EPA (2003)

Polluant	Pourcentage d'élimination (EPA, 2003)
DCO	74 - 81
DBO	89
MES	90
N total	8
N ammoniacal	39
Phosphore total	57
Phosphore soluble	33
Sulfures	57
Zn	79
Fe	82
Al	91
Cu	84
Cr	80
Cd	90
Mn	36
F	61
Hg	72
V	10
As	66

8. Projets de valeurs limites de rejet (VLR)

8.1. VLR calculées sur base des données d'analyses, des technologies disponibles et des rendements moyens épuratoires

Les valeurs de paramètres de pollution sont celles rapportées dans le tableau 3 encadrés par les valeurs rapportées par la Lydec. Les VLR calculées sur la base de ces paramètres sont rapportées dans le tableau 8. Pour tenir compte des variabilités d'analyses, les valeurs extrêmes (minimales et maximales) sont rapportées.

Tableau 8. Valeurs limites des rejets des unités pharmaceutiques
(Valeurs calculées avec les données d'analyses nationales)

Paramètre	VLR calculées
	En mg/l
DCO	65 - 142
DBO ₅	10 - 77
MES	3 - 95
NTK	160
N-NH ₄ ⁺	25
PT	7
P-PO ₄ ³⁻	5
N-NO ₃ ⁻	-
Cl ⁻	-
SO ₄ ²⁻	75
Fluor	0.2
Phénols	-
Huiles et graisses	-
Cyanures (CN)	-
Métaux lourds	En µg/l
Hg	0.5
Pb	2
Al	120
As	7
Cr total	6
Cu	0.5
Fe	320
Zn	80
Mn	70
Ni	-
Se	-
Cd	0.5
V	30

Les principaux paramètres de pollution considérés dans ce type d'industrie sont :

- DCO
- MES
- Phénols
- N ammoniacal
- Cyanures

8.2. Références internationales des VLR

Selon le Groupe de la banque Mondiale (1998), les valeurs limites des effluents de l'industrie pharmaceutique sont rapportées dans le tableau 9.

Paramètre	Valeur limite
pH	6-9
DBO	30
DCO	150
AOX	1
MES	100
Phosphates (P)	0.5
Huiles et graisses	10
Phénols	0.5
Arsenic	0.1
Cadmium	0.1
Chrome (hexvalent)	0.1
Arsenic	0.1
Mercurure	0.01
Pb	0.1
CN	0.10
Sulfures	2.0
Tout ingrédient actif	0.05

8.3 Synthèse : VLR proposées

En tentant de faire une synthèse, sur base des données disponibles, on peut proposer les VLR rapportées dans la colonne 5 du tableau 10. La démarche consiste à cadrer les valeurs limites calculées sur la base de la composition de rejets au Maroc par les VLR rapportées au niveau international et les valeurs limites générales arrêtées au Maroc. Pour les polluants toxiques, les valeurs les plus faibles sont généralement retenues. Pour les autres paramètres de pollution, les valeurs limites les plus élevées

Tableau 10. Synthèse des VLR et VLR proposées

Paramètre	VLR calculées Pour le Maroc	Valeurs du Groupe de la Banque mondiale (1998)	VLR selon EPA (2003) Calculées sur base mensuelle	Rappel des valeurs limites générales (Maroc)	VLR proposées
pH	-	6-9	-	6.5 -8.5	6-9
	En mg/l				
DCO	65 - 142	150	86 (A et C) 856 (B et D)	500	500
DBO₅	10 - 77	30	-	100	100
MES	3 - 95	100	-	50	50
NTK	160	-	-	30	30
N-NH₄⁺	25	-	29.4 (A et C)	-	30
PT	7	0.5	-	10	10
P-PO ₄ ³⁻	5	-	-	-	5
N-NO ₃ ⁻	-	-	-	-	-
Cl ⁻	-	-	-	0.2	0.2
SO ₄ ²⁻	75	2.0	-	-	-
Fluor	0.2	-	-	15	5
Phénols	-	0.5	0.02 (A et C)	0.3	0.5
Huiles et graisses	-	10	-	30	30
Cyanures (CN)	-	0.1	9.4 (A et C)	0.1	0.1
AOX	-	1	-	5	5
Métaux lourds	En µg/l	En mg/l			
Hg	0.0005	0.01	-	0.05	0.05
Pb	0.002	0.1	-	0.5	0.5
Al	0.20	0.1	-	10	10
As	0.007	0.1	-	0.1	0.1
Cr total	0.006	0.1	-	2	2
Cu	0.005	-	-	0.5	0.5
Fe	0.320	-	-	3	3
Zn	0.080	-	-	5	5
Mn	0.070	-	-	1	1
Ni	-	-	-	0.5	0.5
Se	-	-	-	5	5
Ag	-	-	-	0.1	0.1
Co	-	-	-	0.5	0.5
Ba	-	-	-	1	1
Cd	0.005	0.1	-	0.2	0.2
V	0.030	-	-	-	0.03
Tout ingrédient actif	-	0.05	-	-	0.05
Agents pathogènes				Absence de salmonelles et de vibrions cholériques	

A, B, C et D correspondent aux catégories d'industries définies par EPA (Cf. tableau 1)

Les paramètres en caractère gras sont les plus importants pour cette industrie

NB. Des VLR générales adoptées dans plusieurs pays sont rapportées en annexe à titre d'information

9. Technologies propres

L'encadré 2 relate les principales options de conservation de l'eau et de technologies propres permettant une réduction de la pollution.

Encadré 2. Options de conservation de l'eau et de technologies propres (Groupe de la banque Mondiale, 1998)

- ◆ Faire un effort pour remplacer les ingrédients fortement toxiques et persistants par des ingrédients dégradables et peu toxiques
- ◆ Mesurer et contrôler les quantités des ingrédients actifs
- ◆ Réutiliser les sous produits du process en tant que matières brutes pour le processus lui-même ou pour d'autres process
- ◆ Recycler les solvants utilisés par distillation ou par d'autres méthodes
- ◆ Privilégier l'utilisation des solvants non halogènes
- ◆ Recirculer les eaux de refroidissement
- ◆ Utiliser des pipelines (tuyaux) à haute pression dans l'équipement de nettoyage pour réduire les eaux usées

Références bibliographiques

ABHT. 2000. Bulletin d'analyses d'une unité industrielle

Eckenfelder, W. W. 1982. Gestion des eaux usées urbaines et industrielles – Traduit de l'américain par Emongor, V, E. Nkegbe, B. Kealotswe, I. Koorapetse, S. Sankwasa and S. Keikanetswe

EPA. 2003-2004 Development document for the pharmaceutical manufacturing. Industrial Water Control

Jaouhar, T. 2005. 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. Mémoire pour l'obtention du grade d'Ingénieur en Chef

Lydec. 2002. Bulletins d'analyses des rejets industriels (2000-2002)

Pollution Indicators in Gaborone Industrial Effluent Journal of Applied Sciences 5 (1): 147-150, 2005

Presentations CII Water Seminars 2004-2005, Sohrabji Godrej Green Business Centre, Hyderabad

Sedrati, A. 2003. Le secteur de l'industrie pharmaceutique : réalisations et perspectives

SGL. 2006. Chemie Pharma en Suisses

Vandevenne. Tec et Doc Lavoisier, 1982. 503 pages.

World Bank Group: - Pollution Prevention and Abatement Handbook. July 1998

Annexe : VLR générales dans différents pays

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 mgO2/l	500 ²	1000	1200	300	120	300		200	250
7	DBO ₅ mgO2/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	Mercure 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