

CARACTERISATION DES REJETS LIQUIDES D'UNE UNITE DE REPARATION NAVALE A AGADIR

Chafia HAJJI¹, Abdelaziz BENDOU¹, Mohammed HASSOU².

¹LMPEE, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir, BP 1136 Agadir, Maroc.

² Division infrastructures et exploitation régionale, port de commerce. Anza-BP 5953 Agadir, Maroc.
chafiahajji3@gmail.com

Reçu 06/06/2013, en ligne 15/06/2013

RESUME

Dans le contexte actuel de la politique de gestion durable des ressources en eau, la prédiction du risque de pollution et la protection de ces ressources sont d'une importance capitale. Pour cela, la sauvegarde, à moyen et à long terme, de la qualité de ces ressources s'impose. Le développement industriel au Maroc a rendu cette situation préoccupante pour tous les intervenants socio-économiques. En effet, cette croissance économique est marquée, ces dernières années, par l'implantation des usines et des chantiers de réparation qui déversent leurs rejets liquides dans les cours d'eau. Ces rejets risquent de déstabiliser l'équilibre environnemental dans les années à venir, d'où la nécessité de prendre en charge le traitement de toutes sources de pollution. La dépollution de ces rejets nécessite plusieurs étapes de l'identification des différents polluants jusqu'à leurs traitements. De ce fait, nous avons réalisé ce premier travail de caractérisation des effluents d'une unité de réparation navale à Agadir, et avons discuté la charge polluante engendrée par ce type d'industrie. Nous avons effectué six campagnes de mesures et d'analyses de ces effluents. Les résultats obtenus montrent que ces rejets étaient chargés en matières organiques, ils comparés aux valeurs tolérées à partir des normes nationales des rejets associés à l'activité.

Mots clés : Réparation navale, rejets industrialo-portuaire, DBO5, DCO, MES.

ABSTRACT

In the current context of the policy of sustainable management of water resources, the prediction of the risk of pollution and protection of these resources is of paramount importance. To do this, the backup medium and long term, the quality of these resources is required. Industrial development in Morocco has made this worrying situation for all socio-economic stakeholders. Indeed, this economic growth is marked in recent years by the establishment of factories and repair yards that discharge liquid waste into waterways. These releases may destabilize the environmental balance in the coming years, hence the need to support the treatment of all sources of pollution that its nature. Remediation of such discharges requires several steps of identifying the various pollutants to their treatments. Therefore, we conducted this first work effluent characterization of a ship repair unit in Agadir, and discussed the pollution load generated by this type of industry. We conducted six measurements campaigns and analysis of these effluents. According to the results, we were able to show that these releases were loaded with organic matter they are compared to permissible values from national standards of discharges associated with the activity.

Keywords: Ship repair, port industrial wastewater, BOD5, COD, TSS.

1. INTRODUCTION

L'eau est un des éléments essentiels pour la plupart des grandes entreprises industrielles. Après avoir été utilisée, la plus grande partie de cette eau usée est retournée à l'environnement. Comme elle est habituellement chargée en matière organique, elle devient une source de pollution importante pour le milieu qui la reçoit [1]. L'amélioration de la qualité des eaux industrialo-portuaires présente un enjeu environnemental, mais aussi économique. Le port peut en effet, dans certains cas, devenir une source de nuisance pour les usagers du littoral (plages, pollution des fonds) avec des conséquences économiques sur la fréquentation touristique et l'image de la collectivité associée. A signaler que les eaux industrialo-portuaires sont des eaux rejetées ou produites au cours de processus de production industrielle au sein d'un port et sans valeur immédiate pour ces processus. Dans les cas où des systèmes de recyclage de l'eau existent, les eaux usées industrialo-portuaires correspondent au volume d'eau finalement rejeté par ces circuits [2]. Pour satisfaire aux normes de qualité requises en vue d'un éventuel rejet dans les égouts publics, il est entendu que ces eaux sont soumises à un traitement sur site. Le chantier naval est l'une des zones les plus sensibles du port du point de vue environnementale [3]. Des produits toxiques (Antifoulings, résine, autres peintures, solvants, etc.) y sont manipulés, ils souillent les objets d'entretiens. Ils peuvent aussi ruisseler dans le bassin lorsqu'ils sont déversés sur le sol. De quantités importantes d'emballages toxiques (aérosols, solvants, etc.), des déchets inertes et autres déchets fermentescibles y sont produits. Ces ateliers de réparations navales engendrent des risques et impacts environnementaux importants, déversements des produits sur le sol et abandon sur place par négligence, pollutions/contaminations diverses (par infiltration ou ruissellement) du sol et de l'eau, nuisances visuelles et sonores, inhalation des déchets toxiques en quantité dispersée.

2. MATERIELS ET METHODES D'ANALYSES

2.1. Choix et description des stations d'étude :

L'objectif de l'étude des rejets des ateliers de réparation navale rencontrée dans l'enceinte portuaire, est d'identifier leur nature et leurs degrés de pollution. Afin de répondre à cet objectif, 6 points de mesure ont été pris en considération, en prenant en compte un certain nombre d'éléments notamment la représentativité du port pour le bien cerner spatialement, l'importance de la zone et l'accessibilité. Pour le choix des échantillons ponctuels, nous avons procédé à l'identification des activités consommatrices d'eau.

2.2 Consommation en eau

Afin d'étudier la structure de la consommation des usagers du port, les données de facturation ont été traitées pour les 290 abonnés, usagers du port (tableau 1). Les usagers ont été classés par tranche de consommation caractéristique.

Tableau 1 : Classement des usagers du port par tranche de consommation en eau potable.

Tranche (m ³)	> 1000	500-1000	100-500	50-100	25-50	10-25	<10	Nulle
Effectif (abonnés)	3	1	25	13	30	62	125	31
Effectif (en %)	1.03	0.34	8.62	4.48	10.34	21.38	43.10	10.69
Consommation (en %)	31.42	4.01	39.85	6.56	7.50	6.90	3.76	0

Les abonnés consommant plus de 500 m³ par mois sont au nombre de 4. Ils représentent moins de 2% de l'effectif total et plus de 35 % de la consommation totale des usagers du port, alors que un abonné sur trois consomme moins de 10 m³ par mois et près de un consommateur sur dix ne consomme rien du tout.

Cette distribution est très concentrée autour des gros consommateurs puisque les deux tiers de l'effectif global contribuent à seulement 10% de la consommation globale. Dans le même ordre d'idée, on peut constater que seulement 10 % de l'effectif total (29 abonnés sur 290) consomment 75% du volume attribué aux usagers du port. Cette situation, fait que 75% de la consommation des usagers du port peut être contrôlée à partir du suivi rigoureux du comptage pour un abonné sur dix.

2.3 Prélèvement et analyses des eaux usées :

Les échantillons des effluents des 6 stations sont prélevés au niveau de l'exutoire des rejets des ateliers de réparation navales, dans des flacons en polyéthylène ou en verre de capacité allant de 250 ml à 1 litre , préalablement lavés à l'eau distillée et transportés à basse température (4°C) dans des glacières portatives. La conservation des échantillons d'eaux usées a été faite selon le guide pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après ISO 5667/3 [4]. La température de l'eau est mesurée in situ à l'aide d'un oxymétrie à deux sorties (type WTW OXI 96), le pH et la conductivité électrique sont mesurés à l'aide d'un pH mètre de type (WTW 525). Pour la détermination de la DBO5, on a utilisé l'OxiTop, DCO (DCO-mètre type WTW). La MES a été quantifiée par filtration (filtres WHATMAN circulaire de 47 mm de diamètre et de porosité 0.45 µm) est déterminée selon la norme AFNOR (T90-105). Le dosage des traces de métaux est réalisé par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction selon la norme NF EN ISO 11885.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Paramètres physiques

- **Température (T)**

Le suivi de la température du rejet des unités de réparation navale montre des valeurs inférieures à 30° C (norme autorisée) dans les échantillons. En effet la température est dans la plupart des cas normale et varie entre 13.7° et 21.5°C avec une moyenne de 17.98°C.

- **pH**

D'une manière générale, les échantillons des eaux usées analysées ont un pH relativement neutre. Les valeurs moyennes enregistrées se situent entre 6.8 et 8.3 avec 7.9 comme valeur moyenne.

- **Conductivité**

Les valeurs enregistrées pour la conductivité restent supérieures à la norme autorisée (2 700 mS/cm). La salinité enregistrée de l'effluent brut oscille entre 1150 et 5380 µS/cm avec une moyenne de 2051.6 µS/cm. Cette salinité est liée essentiellement au rejet des eaux de lavage. Les valeurs enregistrées sont relativement élevées, pouvant causer des problèmes d'agressivité au niveau des canalisations. Au delà de 3 000 µS/cm, les conditions sont défavorables pour un équilibre écologique normal.

3.2 Paramètres chimiques :

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Le suivi journalier de la DCO de rejet principal des ateliers, montre des valeurs très élevées qui dépassent de loin les limites autorisées par la norme marocaine (500 mg d'O₂/l) et internationale des rejets directs. En effet, les valeurs de la DCO varient entre 4944 et 460.8 mg d'O₂/l avec une moyenne de 1438.4 mg d'O₂/l.

- **Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)**

Le suivi de la DBO₅ suit celle de la DCO avec des valeurs inférieures. Elle oscille entre 2001.62 et 207.57 mg d'O₂/l avec une moyenne de 582.93 mg d'O₂/l. Ces valeurs aussi dépassent de 2 à 20 fois la norme autorisée pour un rejet direct.

- **Matière en suspension (MES)**

Les matières en suspension qui représentent la totalité des matières décantables et non décantables que ce soit organiques ou minérales ont une valeur moyenne de 610.6 mg / l qui dépasse énormément la norme de 50 mg/l imposée par les autorités.

- **Huiles et Graisses (H.G)**

Le taux des H.G varie en fonction des unités de réparation. Les valeurs au niveau des 3 premières unités ne dépassent pas 94.5 mg/l, ce qui est supérieure à 30 mg/l, norme autorisée. A partir du 4e jour de la semaine les valeurs oscillent entre 102 mg/l et 279 mg/l. Les huiles empêchent l'apport d'oxygène et favorisent ainsi le développement de conditions anaérobies.

- **Hydrocarbures totaux (HCT)**

Les valeurs obtenues pour les HCT restent proches de la norme (10 mg/l). Les valeurs varient entre 9.2 mg/l et 11.3 mg/l avec une moyenne de 10.22 mg/l.

- **Azote Kjeldahl total (NTK)**

Dans la pratique l'Azote Kjeldhal est un indicateur de pollution du milieu et son contrôle permet de suivre l'évolution des contaminations.

Dans notre cas l'amplitude des variations de la NTK, durant l'étude, reste faible. Les valeurs sont comprises entre 16 et 21.40 mg N/l, elles restent plus ou moins dans la norme autorisée (30 mg/l).

Les résultats montrent que les valeurs de pollution métallique totale (Fer, Chrome, Nickel, Zinc et Plomb) présentent des variations négligeables entre les différentes campagnes de prélèvements. Les concentrations en Fer des eaux usées analysées varient entre 0,28 mg/L et 0,056 mg/l avec une moyenne de 0.122 mg/l La concentration en chrome dans ces rejets montre que, les valeurs extrêmes minimales et maximales de la teneur en Cr^{6+} sont de 0,005 mg/l et 0,024 mg/l avec une concentration moyenne de 0,012 mg/l. Les valeurs de Nickel enregistrées varient entre 0,019 mg/l (valeur minimale) et 0,033 mg/l (valeur maximale) avec une valeur moyenne de 0,026mg/l. Les valeurs de Zinc présentent une variation négligeable au cours de la période d'étude. Les valeurs varient entre 0,018 mg/l et 0,07 mg/l avec une moyenne de 0,037 mg/L.

3.3 Evaluation de la pollution organique des eaux usées :

Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées, le calcul des rapports DCO/DBO₅, DBO₅/DCO, MES/DBO₅ et l'estimation de la matière oxydable (MO) présentent des intérêts importants (Tableau 2).

L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution des effluents du port et aussi pour optimiser les paramètres physico-chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

Tableau 2: Eaux usées provenant des unités de réparation navale au port d'Agadir

	Moy.	Max.	Min.	Ecart-type
DCO/DBO₅	2,44999629	2,59001432	2,21997398	0,130389324
DBO₅/DCO	0,40936905	0,45045573	0,38609825	0,130389324
MES/DBO₅	1,84478851	3,56506239	0,30225517	0,130389324
MATIERE OXYDABLE	868,087778	2982,41333	291,98	0,130389324

• **Ratio DCO/DBO₅**

Le rapport DCO/DBO₅ permet d'indiquer si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques (rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3) [5]. Les résultats constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou non

biodégradables [6]. Les eaux usées présentent un rapport DCO/DBO₅ variant de 2,21 mg/l à 2,6 mg/l, entre 1 et 3. Donc, on peut conclure que même si les eaux usées de ces rejets présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables.

- **Rapport DBO₅/DCO**

Pour caractériser une pollution industrielle, le rapport DBO₅/DCO donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement.

L'effluent présente, pour tous les prélèvements effectués, un rapport DBO₅/DCO de l'ordre de 0,40 (supérieur à 0,3) donc ici encore, biodégradable.

- **Rapport MES/DBO₅ et Matières oxydables (MO)**

Au niveau des eaux usées rejetées, le rapport DBO₅/DCO est élevé (0,40), ce qui confirme qu'elles sont fortement chargées en matières organiques. Ce résultat obtenu est confirmé par l'estimation de la Matière Oxydable, qui est de l'ordre de 868.08 mg/l avec un rapport moyen de MES/DBO₅ de 1,84. Par ailleurs, le rapport DCO/DBO₅ est faible (2.44), ce qui permet de déduire que la charge en matières organiques dans les eaux usées au sein des unités de réparation navale est facilement biodégradable [7].

4. MODES DE TRAITEMENT

Les traitements qui peuvent être appliqués aux effluents liquides sont fonction des caractéristiques de l'effluent [8]: nature de la pollution, concentration, charge (masse de polluant rejetée par unité de temps) et de la sensibilité du milieu récepteur (milieu nature, station de traitement biologique ou physico-chimique).

L'objectif est d'amener ces eaux usées à un niveau de qualité conforme aux conventions de rejet avec la station de traitement collective ou aux prescriptions réglementaires.

Les traitements applicables peuvent être classés en 4 catégories principales:

- **Traitements physiques :**

Ils consistent en des opérations physiques ou mécaniques.

- dégrillage qui permet d'éliminer les éléments grossiers grâce à des grilles,
- dessablage qui élimine par décantation des éléments les plus lourds,
- déshuilage, dilacération.

- **Traitements chimiques**

Ils consistent à additionner à l'effluent un réactif chimique permettant de transformer une substance défavorable en un composé inoffensif ou de le piéger dans un composé facilement éliminable. Les réactifs utilisés sont adaptés à la nature de chaque substance toxique à neutraliser (neutralisation, coagulation, floculation, déchromatation, décyanuration, précipitation des métaux, résines échangeuses d'ions).

- **Traitements biologiques**

Ces procédés utilisent des organismes vivants (bactéries) pour dégrader les matières organiques [9]. Les impuretés doivent être biodégradables et ne pas contenir de toxiques. L'épuration biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques un phénomène qui se serait déroulé naturellement dans les rivières. A l'issue de ce processus, les bactéries constituent les "boues" qui devront être séparées de l'eau épurée. Suivant la technologie utilisée, ces cultures bactériennes peuvent être libres (boues activées) ou fixées (lits bactériens et bio filtres).

La figure (1) propose le diagramme d'une unité de traitement.

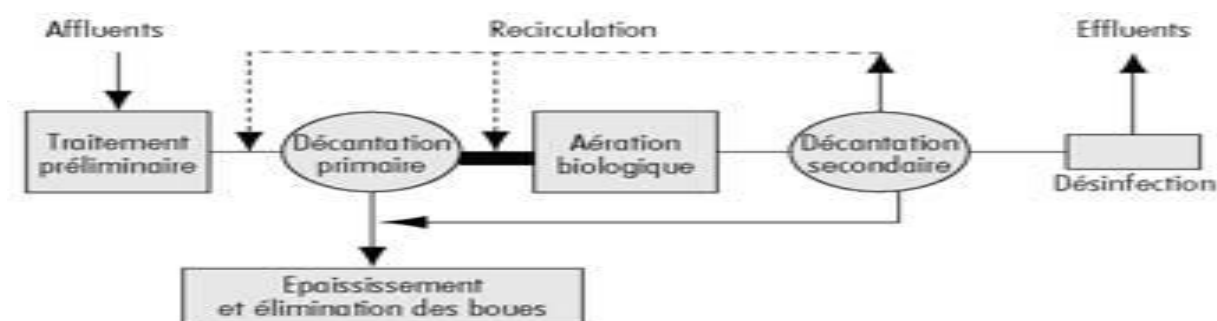


Figure 1: Schéma illustrant un exemple de traitement appliqué aux effluents

5. CONCLUSION

Le suivi et la caractérisation physico-chimique des effluents principaux d'unités de réparation navale montrent qu'ils constituent une des sources de contamination de l'environnement aquatique.

Un prétraitement des rejets ne permet pas toujours une épuration totale et laisse souvent un résiduel de pollution capable de changer la structure et le fonctionnement des écosystèmes naturels [10]. Un contrôle de ces sources de pollution est donc nécessaire par la mise en place d'un système de traitement physico-chimique et biologique avant rejet au réseau d'assainissement. Ce contrôle devrait concerner aussi le milieu récepteur et l'impact à long terme des micropolluants sur le milieu naturel.

References

- [1] Driss BELGHYTI, Youssef EL GUAMRI, Ghizlane ZTIT1, My. Lahcen UAHIDI, My Brahim JOTI, « Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kenitra au Maroc », *Afrique SCIENCE* 05 199-216 (2009).
- [2] Patrick Linke , Antonis Kokossis , « Advanced process systems design technology for pollution prevention and waste treatment » *Advances in Environmental Research*. 8, 229-245 (2004).
- [3] Guillem Salles, « Financement de navires verts : une rentabilité incertaine ? » Université Paris I Panthéon-Sorbonne - Master 2 Transports Internationaux (2011).

- [4] ISO 5667/3, « Qualité de l'eau échantillonnage guide pour la conservation et la manipulation des échantillons ».
- [5] ONEP, « Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc ». ONEP et GTZ. Rabat (1998).
- [6] J. Rodier, « L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaires, eau de mer », 8^{ème} Edition, Dunod. Paris, (1996).
- [7] M.Henze, P.Harremoes, J.L.C Jansen, E. Avrin « Wastewater treatment ». 2nd Ed., Springer-Verlag. Berlin (1997).
- [8] Ridha HACHICHA, « Détermination des actions prioritaires de dépollution de la zone côtière Sud du Grand Sfax exceptée la SIAPE, Scénarios de dépollution & Réglementation environnementale », Projet SMAP III-Tunisie (2006-2008), Stratégie de Gestion Intégrée de la Zone Côtière Sud du Grand Sfax (2008).
- [9] Chafia HAJJI, Abdelaziz BENDOU, Hind MOUHANNI, Mohammed HASSOU, «Qualité physico-chimique des effluents de la station de traitement des eaux de cale des navires au port d'Agadir-Maroc», Revue Internationale d'Héliotechnique 44, 14-22 (2012).
- [10] Chafia HAJJI, Abdelaziz BENDOU, Mohammed HASSOU, « Développement durable et protection de l'environnement : Quelle stratégie au Maroc ? », Revue marocaine d'administration locale et de développement (REMALD), 105-106 juillet-octobre (2012).