



## **CARACTERISATION DE LA POLLUTION DES EAUX RESIDUAIRES DE LA ZONE INDUSTRIELLE D'EL-HADJAR, ANNABA**

**HAZOURLI S., BOUDIBA L., ZIATI M.**

Laboratoire de traitement des eaux et valorisation des déchets industriels,  
Département de chimie, Université Badji Mokhtar Annaba  
BP 12, Annaba, 23000, Algérie.  
hazourlisab@yahoo.fr

### **RESUME**

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la charge polluante des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar-Annaba. Cette pollution est générée par les effluents domestiques ajoutés à ceux de différentes industries constituant l'une des plus importantes zones industrielles d'Afrique. Les essais de caractérisation des eaux résiduaires ont montré une forte et irrégulière pollution qui est préjudiciable pour le milieu récepteur aquatique (oued, mer). La norme Algérienne de rejet industriel est souvent dépassée pour la majorité des paramètres étudiés. Par exemple, le rapport DCO/DBO peut atteindre la valeur de 1,8. Des huiles noires de vidanges et autres sont parfois remarquées à la surface des eaux, elles ne doivent en aucun cas être rejetées, même dans le cas de l'existence d'une station de traitement, elles sont considérées comme un inconvénient majeur dans le bon fonctionnement de celle-ci.

**Mots clés :** caractérisation, pollution, Zone industrielle, Annaba.

### **INTRODUCTION**

Le problème de l'utilisation et de la gestion des eaux se pose avec acuité pour beaucoup de pays dont la pluviométrie annuelle est insuffisante pour un développement socio-économique convenable. Pour l'Algérie, ce problème est accentué par son industrialisation croissante qui nécessite énormément d'eau. Pour toutes ces raisons, l'algérienne des eaux (ADE), Etablissement public de production de gestion et de distribution d'eau, ne peut fournir régulièrement le

même volume d'eau. Lors de périodes de sécheresse, des restrictions sont parfois imposées. Pour pallier à ce déficit en eau, certaines entreprises ont réalisé leurs propres forages.

Ce déséquilibre entre l'offre et la demande en eau est aggravé par la non-réutilisation des eaux résiduaires par la majorité des entreprises (CNERU, 1980). Ces eaux rejetées dans le milieu récepteur aquatique (oued, mer) entraînent sa pollution voire son eutrophisation possible (VanderBorghet et Ska, 1989). Dans cette étude, la zone industrielle d'El-Hadjar de la ville côtière d'Annaba est choisie comme lieu d'investigation car elle est réputée comme étant le pôle industriel le plus grand et le plus diversifié d'Afrique (CNERU, 1980).

L'objectif de cette étude consiste à évaluer le degré de pollution des eaux de rejet de cette zone industrielle par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée (Boeglin, 1999). En outre, les résultats d'analyses sont comparés aux critères et normes de déversements industriels pour en déduire enfin les procédés de traitement adaptés pour cette zone industrielle (Boutin, 2001; Badia Gondard, 1996; JORA, 1993).

## **DONNEES SUR LA ZONE INDUSTRIELLE**

### **Présentation**

La zone industrielle d'El-Hadjar se situe au nord-est de l'Algérie, sur le littoral à quelques mètres d'altitude par rapport au niveau de la mer et à 10 km au sud de la ville et du port maritime de la ville d'Annaba. Elle est contournée à l'Est par l'Oued Seybouse, au Nord-Ouest par l'Oued Meboudja et au Sud par l'Oued El-Rassoul. Dans cette zone, se trouve la petite ville d'El-Hadjar qui compte 35.000 habitants pour une surface occupée de 62 km<sup>2</sup>.

Le choix du site a été motivé essentiellement par sa proximité de la route nationale menant vers les différentes localités, villes et secteurs de production. Ces secteurs englobent un ensemble diversifié d'entreprises privées et d'état qui œuvrent dans la sidérurgie, la cimenterie, le papier, les plastiques l'agroalimentaire, etc...

En ce qui concerne la laiterie industrielle choisie dans la zone d'étude, elle est située à 6 km au sud de la ville d'Annaba et implantée sur un terrain de 5 ha. C'est la seule entreprise qui déverse une charge notamment organique dans les récepteurs communs, les oueds Meboudja et Seybouse.

### Consommation en eau potable et rejet d'eaux usées

Compte tenu de l'immensité de la zone industrielle et de l'implantation massive et incessante d'entreprises, un recensement fiable de la consommation et de la destination de l'eau n'est pas toujours évident. Cependant, le tableau 1, fourni par l'ADE, rapporte les volumes d'eau affectés aux secteurs d'activités les plus importants. Il faut souligner que ces volumes sont donnés à titre indicatif et que beaucoup d'entreprises ont réalisé leurs propres forages comme c'est le cas pour la laiterie.

On note aussi que pour la petite ville d'El-Hadjar, la consommation moyenne en eau potable est d'environ 100 litres par habitant et par jour et que la distribution est discontinue. L'absence de recensement fiable de la consommation globale d'eau dans la zone se répercute sur la connaissance du volume de rejet. Il faut ajouter aussi que, à l'exception des grandes entreprises, beaucoup de petites sociétés installées récemment ne sont pas encore raccordées au collecteur d'eaux usées.

Pour la laiterie, la méconnaissance du volume de rejet est liée surtout à l'irrégularité de production des différents ateliers. De même, le débit d'écoulement du rejet au niveau de chaque atelier n'est pas connu en raison de l'obstruction de certains regards. On sait cependant qu'on déverse en générale 3,6 litres d'eau usée pour la fabrication d'un litre de lait (Sachon, 1980a). Sur la base de cette donnée et celle du volume moyen de production des principaux ateliers de lait et fromage (200.000 litres par jour); on peut estimer le volume moyen à 720.000 litres par jour, ce qui est considérable.

Quant à la composition du rejet de la zone industrielle, elle est de nature complexe puisque les effluents proviennent des eaux ménagères et d'eaux vannes de la ville d'El-Hadjar ainsi que des eaux utilisées par les différentes entreprises. Ces eaux contiennent des matières solides en suspension, des huiles, des graisses, des matières minérales et organiques dissoutes, etc...

**Tableau 1 :** Volume d'eau distribué par l'ADE à quelques secteurs d'activités de la zone industrielle d'El-Hadjar

Secteur	Volume (m <sup>3</sup> /an)
Ville d'El-Hadjar	1.607.068
Sidérurgie (Eau brute)	6.752.027
Sidérurgie (Eau traitée)	1.543.135
Œuvres universitaires	277.619
Laiterie	342.000

## PRELEVEMENTS ET ANALYSES

En raison de la complexité, de la multiplicité et de la diversité des rejets, il est difficile de faire un choix judicieux des points de prélèvements. Toutefois, la reconnaissance du réseau de déversement des eaux usées a permis d'opter pour trois points de prélèvements importants à savoir: un rejet industriel de laiterie et deux rejets domestique et urbain de la ville d'El-Hadjar et de son tissu industriel. Ces trois points de prélèvements privilégiés sont symbolisés par P1, P2 et P3 sur la figure 1.

P1 correspond aux eaux usées domestiques de l'ensemble de la zone industrielle, prélevées du dernier regard du collecteur principal à une dizaine de mètres du rejet dans l'oued Meboudja. Les prélèvements n'ont été possibles que de 6 heures à 16 heures, le débit étant quasiment nul à partir de 17 heures. La prise de sédiments était inévitable même pendant les heures de travail. La reconnaissance du réseau a montré plusieurs regards bouchés d'où ne s'écoulaient que des eaux partiellement filtrées, ce qui ne manque pas de modifier le caractère des eaux existantes.

P2 est relatif aux eaux usées industrielles de la laiterie, prélevées dans le dernier regard de l'usine. Le débit de l'eau était important pendant la production (de 9h à 16h); le niveau de l'eau a dépassé parfois le niveau de la conduite de sortie probablement à cause du bouchage de certains regards des ateliers de l'usine. Au début (5h) et après la fin de poste de travail (21h), le débit de l'eau était faible et l'eau claire.

P3 correspond aux eaux usées urbaines (y compris le branchement de l'abattoir communal), prélevées dans l'oued Meboudja. L'échantillonnage a été possible durant 24 heures; malgré une alimentation discontinue de la ville en eau potable.

Des prélèvements réguliers ont été effectués chaque trimestre, durant toute l'année 2004 jusqu'en juin 2005. Pour les mesures de pH et de l'oxygène dissous, les échantillons sont réalisés toute la journée aux horaires convenables et spécifiques à chaque point de prélèvement. Pour les analyses de température, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, MST et sédimentation, les échantillons ont été effectués ponctuellement et régulièrement pendant toute cette durée. Afin de contrôler et de confirmer la reproductibilité des mesures de ces paramètres, des échantillons supplémentaires ont été réalisés à chaque fois que cela s'est avéré nécessaire.

Tous ces prélèvements aqueux ont été rendus possibles grâce à un échantillonneur manuel avec perche d'une longueur de 2m; la profondeur de prise d'essais étant d'environ 50 cm.

Etant donnée la charge organique des eaux de rejet et leur biodégradation assez rapide, tous les paramètres susceptibles d'être altérés ont été analysés sur site; tandis que les autres ont été effectués au laboratoire en ayant pris soin de respecter auparavant toutes les règles de conservation des échantillons pendant leur transport (Rodier, 1996; *Mémento Technique de l'Eau*, 2005). Les

paramètres choisis sont ceux qui permettent d'apprécier le mieux la qualité des eaux à savoir leur action potentielle sur le milieu aquatique récepteur et l'environnement, soit le pH, la température, la DCO et la DBO, etc... (Boeglin, 1999).

Les matières sèches totales (MST), dissoutes (MSD) et les matières en suspension (MES) sont déterminées pour les trois prélèvements. La dessiccation à 105°C des échantillons permet, par différence de pesée des masses initiale et finale, de déterminer les MST qui représentent la somme des MSD et MES. La combustion de ces mêmes échantillons dans un four (CYOL-0251), préalablement chauffé à 600°C, permet de trouver la partie organique et d'en déduire la partie minérale des matières sèches étudiées. La technique classique utilisée pour la détermination des MES fait appel à la séparation par filtration directe ou centrifugation (Norme AFNOR T90:105, 1979).

Les analyses de la DBO<sub>5</sub> pendant 5 jours et la DCO sont effectuées sur les trois points de prélèvement selon les protocoles expérimentaux de la norme française (Norme AFNOR T90:103, 1979) pour le premier paramètre et Norme AFNOR (T90:101, 1979) pour le second. L'analyse de la DBO<sub>5</sub> sur les eaux usées brutes et sédimentées (2h de sédimentation) a nécessité la dilution de l'échantillon quand l'oxygène dissous est inférieur à 5 mg/l; le pH étant ajusté entre 6 et 8.

L'oxygène dissous, le pH et la température ont été analysés sur site à l'aide d'un analyseur multi-paramètres portable (C535).

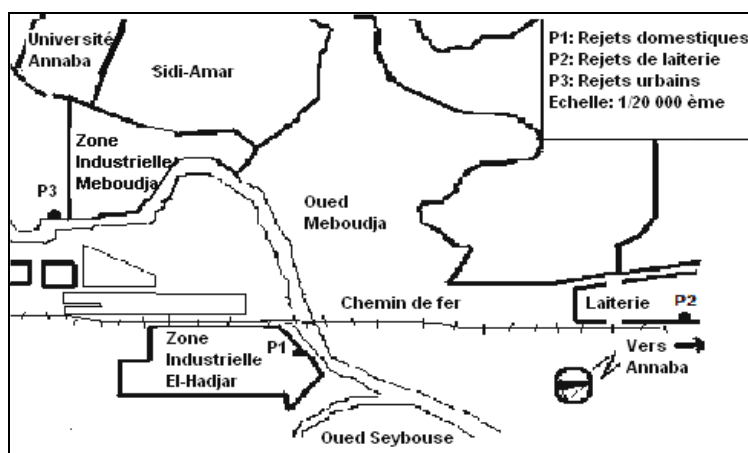


Figure 1 : Plan de situation des points de prélèvements de la zone industrielle.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### pH et température

Les valeurs moyennes de pH des eaux usées des différents points de prélèvement sont généralement comprises entre 6 et 8 (figure 2). Pour la laiterie, on note occasionnellement des valeurs extrêmes de 3 à 10 en unité de pH. Ces variations seraient liées au surdosage en produits de nettoyage acido-basique (Merin et al., 2002), à un rinçage insuffisant du matériel de production et à l'acidification bactérienne naturelle du lait et du lactosérum. Une telle amplitude de pH est préjudiciable à l'environnement et au réseau en béton. Elle aura aussi une conséquence néfaste pour la faune et la flore aquatique dont le pH de croissance se situe entre 6 et 7,2 (Meinck et al., 1977).

Pour la température, elle est comprise entre 20 et 23,5°C pour le point P1, entre 21,4 et 30°C pour P2 et 21 à 25,8°C pour P3. Ces valeurs de température répondent bien à la norme algérienne de rejet industriel qui est de 30°C (JORA, 1993). Toutefois, la laiterie présente par moment et en fin de poste de travail des valeurs de température de 32°C Elles sont dues aux eaux chaudes de rinçage des appareils de production. Cette température accélère le processus d'acidification par fermentation du lactose en acide lactique et favorise la formation d'une biomasse bactérienne importante. La température élevée freine aussi la vie aquatique et beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique verront leurs activités vitales ralenties (Meinck et al., 1977; Sachon, 1980b).

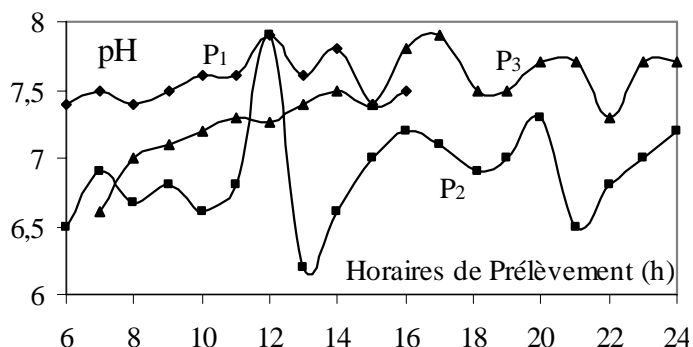


Figure 2 : Evolution moyenne du pH de l'eau aux points de prélèvements.

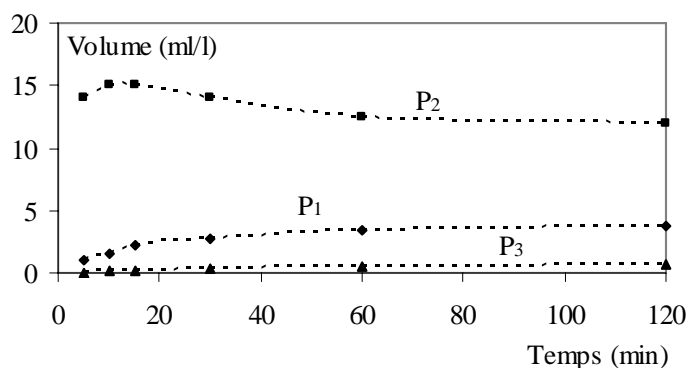
## Matières sèches et sédimentation

Les résultats du tableau 2 montrent que pour le point de prélèvement P1, les MES sont de 280 mg/l et les pertes au recuit sont de l'ordre de 46%. Les matières dissoutes sont de 657 mg/l avec une perte de 34% à 600°C, indiquant une prépondérance des matières minérales par rapport aux matières organiques dissoutes. Pour le point P2 la teneur en MES est de 598 mg/l dont environ 95% de pertes à 600°C ; ce qui expliquerait l'excès de matière organique justifié par la nature même des rejets laitiers. Cependant, les matières volatiles étaient difficilement filtrables entraînant une corrélation incorrecte entre les matières dissoutes et en suspension. Les valeurs mentionnées sont à prendre alors avec réserve. Pour P3, les valeurs obtenues montrent une grande teneur en matières organiques et inorganiques solubles.

**Tableau 2 :** Matières sèches moyennes des points de prélèvements

Matière sèche	MSD (mg/l)			MES (mg/l)			MST (mg/l)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Résidu sec total à 105°C	657	1492	1205	280	598	87	937	2090	1292
Résidu sec minéral	434	827	660	151	30	19	585	857	679
Pertes à 600°C (Organiques)	223	664	545	129	568	68	352	1233	613

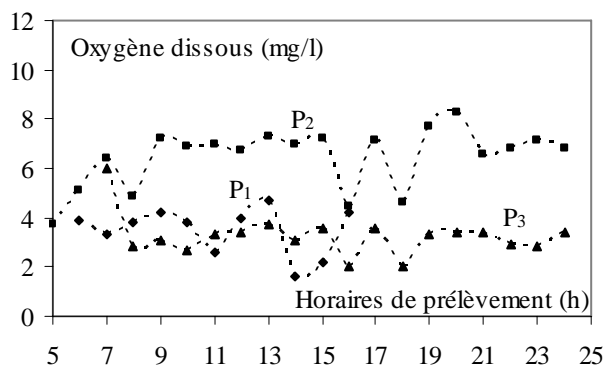
Quant à la sédimentation des MES qui sont toutes supérieures à la norme algérienne (30 mg/l), elle est, après 2h, d'une moyenne de 3,8 ml/l pour P1, de 12 ml/l pour P2 et de 0,7 ml/l pour P3 (figure 3). La sédimentation est assez rapide; 50 à 80% des MES sont déposés entre 15 et 30 min. Le tassement des particules n'est pas observé, ce qui explique qu'après 2h la décantation des fines particules continuait. La présence de ces MES dans les différents rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d'égouts (*Badia Gondard, 1996*). D'autre part, elle peut causer des nuisances tels que les dépôts de boue et le colmatage des fonds aquatiques récepteurs. Ces boues décantées sont néfastes au maintien des édifices biologiques naturels (*Meinck et al., 1977; Sachon, 1980b*).



**Figure 3 :** Sédimentation des prélèvements pour des échantillons ponctuels

### Oxygène dissous

Les résultats obtenus montrent des teneurs en oxygène irrégulières et faibles. Elles se situent entre 1,6 à 8,3 mg/l (figure 4). Les remontées brusques d'oxygène observées aux points P2 et P3 sont probablement liées à un arrivage d'eau de nettoyage riche en oxygène dissous. Ces remontées sont très significatives pour les prélèvements de laiterie. Par contre le point P1 des eaux domestiques accuse une forte chute de l'oxygène dissous de 4,7 à 1,6 mg/l, caractérisant une arrivée d'eau usée plus riche en matières organiques et inorganiques dissoutes. Dans tous les cas, les teneurs en oxygène obtenues peuvent encore diminuer dès que la dégradation de la matière organique et la multiplication des micro-organismes aérobies s'amorcent. Si les teneurs en oxygène se maintenaient à des valeurs proches de 2,5 à 3 mg/l, cela entraînerait d'ordinaire la mort des poissons (Meinck et al., 1977).



**Figure 4 :** Evolution moyenne de l'oxygène dissous aux points de prélèvements.

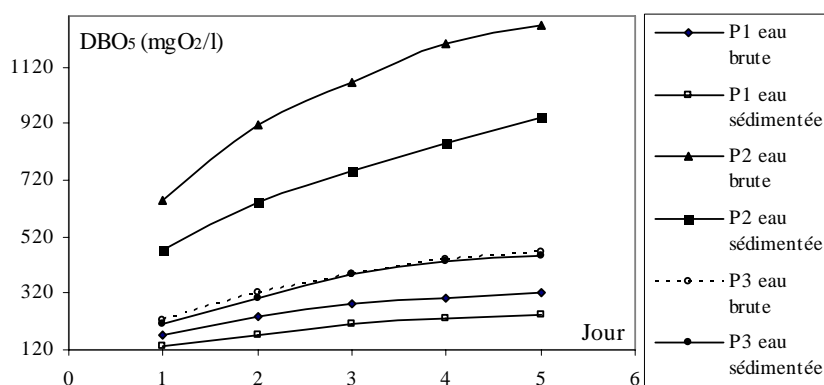


## Demande Biologique (DBO) et Chimique (DCO) en Oxygène

Pour le point de prélèvement P1, les résultats d'analyse (figure 5 et tableau 3) montrent une forte charge exprimée en DBO<sub>5</sub> et DCO, correspondant à 390 mg/l de matières oxydables. Il est à noter que ces valeurs moyennes sont élevées par rapport aux eaux usées domestiques des zones industrielles en Algérie et peuvent être classées comme eaux usées de type urbain fortement polluées (CNERU, 1980). Par ailleurs les déterminations de DCO et de DBO<sub>5</sub> sur un échantillon composé après 2h de sédimentation montrent un effet d'épuration de l'ordre de 27% pour la DCO et 25% pour la DBO<sub>5</sub>.

Pour le point P2, les valeurs de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO sont significatives d'une charge organique la plus importante comparée à P1 et P3. L'épuration par sédimentation de 2h a donné 49% pour la DCO et 26% pour la DBO<sub>5</sub>. Le rapport DCO/DBO est de 1,81; indiquant une biodégradabilité éminente du rejet. Celle-ci serait plus complète si le métabolisme bactérien n'était pas inhibé par la présence excessive de détergents de nettoyage des appareils de production. Ce rapport est comparable à ceux de la majorité des industries laitières où les rapports se situent entre 1,5 et 2. Les produits laitiers fabriqués influencent beaucoup l'évolution de ces rapports (Sachon, 1980a; Moletta et Torrijos, 1999).

Pour le point P3, le rejet d'abattoir est la principale cause de l'élévation de la charge organique. Les taux d'épuration obtenus après 2h de sédimentation (8% pour la DCO et 3% pour la DBO<sub>5</sub>) sont faibles.



**Figure 5 :** Evolution moyenne de la DBO<sub>5</sub> de prélèvements ponctuels d'eaux brutes et sédimentées.

**Tableau 3:** Expression de la charge organique des prélèvements d'eaux brutes (PB) et sédimentées (PS)

Points de prélèvements	P1		P2		P3	
	PB	PS	PB	PS	PB	PS
DCO (mg/l)	520	390	2300	1180	760	700
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	325	245	1270	940	465	450
DCO/ DBO <sub>5</sub>	1,60	1,55	1,81	1,25	1,63	1,55

## CONCLUSION

Ce travail s'était donné pour objectif d'évaluer le degré de pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar. Les résultats de caractérisation des trois points de prélèvements choisis montrent que, pour la majorité des paramètres analysés, la pollution des eaux est évidente et la norme algérienne de rejet industriel est souvent dépassée. Les valeurs moyennes trouvées en MES, DBO<sub>5</sub> et DCO permettent d'avancer que la charge polluante est essentiellement organique. Elle est représentative d'une eutrophisation possible du milieu aquatique récepteur (oued Seybouse, mer). Des études complémentaires sur l'analyse microbienne, la faune et la flore confirmeraient davantage cette eutrophisation.

Afin d'améliorer la qualité de ces eaux et éliminer les nuisances actuelles, une grande station de traitement des eaux pour toute la zone industrielle d'El-Hadjar s'impose.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée en étroite collaboration avec le laboratoire de contrôle de la laiterie, le laboratoire central et le service environnement de la mairie d'El-Hadjar. Nous remercions vivement tous les responsables et leurs équipes respectives pour leurs disponibilités et contributions à la réalisation de ce travail.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR). (1979).  
Recueil de normes françaises. Eaux : méthodes d'essais. 342 p.
- BADIA GONDARD F. (1996). *L'assainissement des eaux usées*. Ed. La Lettre  
du Cadre Territorial. Série Dossier d'Experts. p 9-11 et 172-173.
- BOEGLIN J.C. (1999). Pollution industrielle de l'eau : caractérisation,  
classification, mesure. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des  
procédés. G1210:1-12.
- BOUTIN C. (2001). Eléments de comparaison techniques et économiques des  
filiales d'épuration adaptées aux petites collectivités. Revue Ingénieries du  
Cemagref, EAT, 34:47-55.
- CNERU (1980). Etudes et réalisations en urbanisme. Recueil sur la zone  
industrielle d'El-Hadjar, 42 p.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE (JORA).  
(1993). Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des  
installations de déversement industrielles, n°46, Juillet.
- MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHÜTTER H. (1977). Les eaux résiduaires  
industrielles, 2<sup>ème</sup> Ed. Masson, paris, 863p.
- MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU. (2005). L'eau et ses propriétés. 10<sup>ème</sup>  
Ed. Degrémont, tome 1, 880p.
- MERIN U., GESAN.GUIZIOU G., BOYAVAL E., DAUFIN G. (2002).  
Cleaning-in-place in the dairy industry : criteria for reuse of caustic (NaOH)  
solutions. Lait , 82 : 357-366.
- MOLETTA R., TORRIJOS M. (1999). Impact environnemental de la filière  
laitière. Techniques de l'ingénieur. Traité de génie des procédés, F1500:1-9.
- RODIER J. (1996). L'analyse de l'eau, 8<sup>ème</sup> édition ; DUNOD, Paris, 1383p.
- SACHON G. (1980a). L'industrie laitière et la pollution des eaux. Revue des  
ENIL, 1<sup>ère</sup> partie, 49: 7-12.
- SACHON G. (1980b). L'industrie laitière et la pollution des eaux. Revue des  
ENIL, 2<sup>ème</sup> partie, 51: 21-28.
- VANDER BORGHT P., SKA B. (1989). Eutrophisation et qualité des eaux de  
la Semois. Tribune de l'eau. 42-538:7-14.