



## EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION DES REJETS LIQUIDES ET ATMOSPHERIQUES DU COMPLEXE FERTIAL-ANNABA (ALGERIE)

ZEGAOULA W., KHELLAF N.\*

Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences de l'Ingénierat, Université Badji Mokhtar-Annaba, BP 12, 23000 Annaba, Algérie

\* khellafdaas@yahoo.fr

### RESUME

L'évaluation environnementale des effluents industriels générés par le complexe de fabrique d'engrais minéraux, Fertial (Annaba) constitue l'objectif principal de cette étude. Ce complexe déverse dans le littoral marin ses effluents liquides chargés en polluants organiques et minéraux sans traitement adéquat. Il contribue aussi par ses activités industrielles à la contamination de l'atmosphère urbaine de la ville par des rejets de gaz très chargés en ammoniac et particules fines. Une estimation et un suivi permanent du degré de pollution engendrée par cette industrie sont impératifs conformément à la législation nationale (et internationale) relative à la protection de l'environnement. Ce suivi permettrait d'établir un outil de réflexion et d'aide à la décision élaboré par un système de management capable d'assurer une gestion efficace et durable des effluents issus des activités industrielles de Fertial.

**Mots clés :** Effluents industriels, Evaluation environnementale, Norme de rejet, Pollution atmosphérique.

### ABSTRACT

The environmental assessment of effluents generated by the manufacturing industry of mineral fertilizers, Fertial (Annaba) is the main objective of this study. Liquid effluents containing organic and inorganic pollutants are released in the marine littoral without proper treatment. Additionally, this plant contributes to the atmospheric pollution of the city by discharging gas highly charged with ammonia and particles. Hence, estimation and continuous

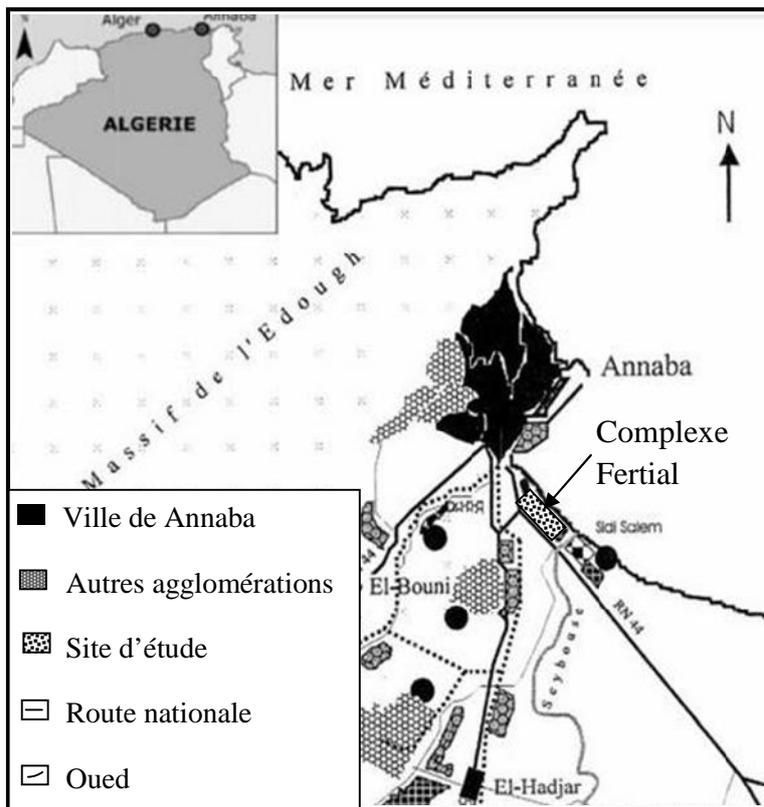
monitoring of degree of pollution caused by this industry are important according to the national and international law on the protection of environment. This would allow establishing a monitoring tool and decision support for ensuring effective and sustainable management of industrial effluents of Fertial.

**Keywords :** Atmospheric pollution, Discharge standard, Environmental assessment, Industrial effluents.

## INTRODUCTION

La quasi-totalité des activités industrielles utilisant de l'énergie et des matières premières dans leurs procédés produisent des déchets et/ou effluents que l'on retrouve ensuite dans le milieu naturel. Le devenir de ces déchets et effluents varie selon les phases du cycle de vie d'un produit qui est fonction des matières premières utilisées, de la conception du produit et de la technologie appliquée lors de sa fabrication (Weidenhaupt et Meier, 2000). De tels impacts pouvant survenir au niveau local, régional ou mondial induisent des effets néfastes voire dangereux pour la santé de l'homme et son environnement. Ainsi, une évaluation environnementale aussi bien quantitative que qualitative est impérative et nécessite pour cela un suivi permanent afin de prévoir la tendance du milieu récepteur et préconiser les remèdes appropriés.

Le complexe Fertial de Annaba, spécialisé dans la fabrication d'engrais minéraux (engrais phosphatés, super simple phosphate, urée et nitrate d'ammonium) est situé en plein centre urbain de la ville de Annaba et à proximité de la mer (Figure 1). Cette région compte parmi les espaces les plus pollués du littoral algérien. En effet, le complexe déverse ses effluents liquides chargés en matières en suspension, huiles, graisses et matières minérales et organiques dissoutes dans la mer sans épuration adéquate, lesquels ont transformé la mer en un véritable dépotoir de nuisance. En effet, une grande charge en matières organiques entraîne un développement de micro-organismes aérobies et provoque une chute de l'oxygène dissous dans le milieu récepteur conduisant à l'asphyxie des espèces présentes. Aussi, les composés azotés favorisent la prolifération de plantes aquatiques (notamment les algues) et conduit à une eutrophisation du milieu récepteur (Mensguen et al., 2001). Un phénomène similaire peut être observé lorsque le milieu aquatique reçoit des quantités appréciables d'huiles et graisses. Les MES, matières non dissoutes, doivent également être prises en compte dans un bilan de pollution étant donné qu'elles peuvent altérer la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques.



**Figure 1 :** Localisation du complexe Fertial dans la wilaya de Annaba

Cette usine évacue également ses effluents gazeux chargés de gaz toxiques (ammoniac et fluor) et poussières vers l'atmosphère. Leur émission dans l'atmosphère, en quantités importantes dépassant les normes de rejet, est expliquée par les performances limitées des installations antipollution jugées amorties et/ou surexploitées (Azri et al., 2002). La qualité de l'air est ainsi altérée par la présence de ces espèces chimiques nocives. En effet, l'ammoniac qui un gaz incolore et irritant, possède une odeur piquante et peut brûler les yeux et les poumons suite à une exposition prolongée. Pareillement, le fluor qui est un gaz de couleur jaune pâle est très toxique et extrêmement corrosif. Il peut provoquer de très graves brûlures au contact de la peau, des muqueuses et des os. Les poussières, particules organiques ou minérales très fines peuvent également être présentes dans un mélange de gaz. Elles peuvent poser de graves problèmes à l'homme, animaux et aux végétaux même quand elles sont présentes en faible dose.

Dans ce contexte, la présente étude portant sur le complexe Fertial a pour objectif une évaluation environnementale des eaux résiduaires industrielles rejetées dans le littoral marin et des effluents gazeux évacués dans

l'atmosphère. Pour cela il est impératif d'effectuer des analyses physico-chimiques sur les effluents liquides et gazeux rejetés par l'unité. Cette étude est axée sur une identification et quantification des polluants présents dans les eaux et les gaz en aval des procédés de fabrication des engrais. Ceci est réalisé par analyse de différents paramètres et/ou composés susceptibles d'engendrer une pollution ; en outre les résultats d'analyse sont comparés aux critères et normes de déversement industriel préconisés par la législation nationale en vigueur.

## MATERIELS ET METHODES

L'évaluation qualitative et quantitative du degré de pollution des effluents produits par le complexe Fertial s'étend sur la période allant du 3 mars au 24 avril 2013 (pour les effluents liquides) et du mois d'octobre au mois d'avril (pour les rejets atmosphériques). La procédure d'évaluation repose sur deux étapes distinctes. La première concerne le contrôle du degré de pollution des rejets liquides ; la seconde concerne l'évaluation des rejets gazeux. Le Tableau 1 résume les techniques d'échantillonnage et d'analyse utilisées dans la présente étude.

**Tableau 1** : Techniques d'échantillonnage et d'analyse des paramètres d'évaluation du degré de pollution des rejets liquides et gazeux (Fertial-Annaba).

	Echantillonnage	Paramètres d'analyse
<b>Effluents liquides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Point de prélèvement</li> <li>- Echantillonnage</li> <li>- Cadence</li> <li>- Transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température et pH</li> <li>- MES et Fluor</li> <li>- N-Kjeldahl et <math>\text{NH}_4^+</math></li> <li>- Huiles et Graisses</li> <li>- <math>\text{DBO}_5</math> et DCO</li> </ul>
<b>Effluents gazeux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquence d'auto-contrôle</li> <li>- Prélèvement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ammoniac</li> <li>- Fluor</li> <li>- Poussières.</li> </ul>

### Techniques d'échantillonnage des rejets liquides

#### *Définition du point de contrôle*

Le point de contrôle se définit par l'endroit de la prise d'échantillons ; il se localise en deux endroits de la zone sud du complexe où on produit les

différents types d'engrais minéraux. Le premier point se trouve à la sortie des tours de lavage alors que le second est situé à la sortie caniveau juste avant le rejet dans le milieu récepteur. La collecte d'eau se fait à une immersion égale au tiers de la profondeur totale du rejet conformément à la norme ISO-5667-10 (1979) relative à l'échantillonnage des eaux résiduaires.

### ***Cadence de prélèvement***

Le prélèvement d'échantillons au niveau des deux points de contrôle se fait chaque semaine. Ce prélèvement est l'ensemble de petits échantillons d'un volume de 200 mL toutes les 30 min pendant 24 h ; ce dernier peut être considéré comme un échantillon représentatif de notre prélèvement.

### **Méthode d'échantillonnage**

Le plus grand soin doit être donné au maintien des conditions de propreté pendant la collecte et la manipulation des échantillons, dans le but de minimiser toute contamination éventuelle (Dégrémont, 2005). Le prélèvement s'effectue dans des bouteilles en polyéthylène spécialement conçues à cet effet. Ces bouteilles en plastique préalablement nettoyées doivent être soigneusement rincées pour éliminer toute trace d'un éventuel détergent. L'échantillon est préservé à froid pour être analysé ultérieurement.

### ***Transport et stockage des échantillons***

La durée de transport des bouteilles ne doit pas dépasser 30 minutes et les analyses s'effectuent dès l'arrivée au laboratoire sauf pour les huiles et graisses et le fluor pour lesquels les analyses sont faites 24 h après que les échantillons ne soient adéquatement traités.

### **Techniques d'analyse des paramètres des rejets liquides**

#### ***Mesure au laboratoire***

Les différents paramètres entrant dans la caractérisation de la pollution liquide générée par le complexe Fertial (Tableau 1) sont analysés avec des méthodes normalisées et habituellement adoptées par ce complexe. Le type de méthode, l'appareil utilisé ainsi que la référence de la méthode sont résumés dans le Tableau 2.

**Tableau 2** : Méthodes d'analyses utilisées dans la caractérisation de la pollution des rejets liquides.

<b>Paramètre</b>	<b>Méthode</b>	<b>Référence</b>
<b>MES</b>	Filtration-Pesage	AFNOR, 1979
<b>Fluor</b>	Distillation	Rodier, 2009
<b>N-Kjeldahl</b>	Distillation	Rodier, 2009
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Distillation	Rodier, 2009
<b>Huiles et graisses</b>	Extraction-Pesage	Rodier, 2009
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Mesure de O <sub>2</sub> dissous	AFNOR, 1979
<b>DCO</b>	Mesure de O <sub>2</sub> dissous	AFNOR, 1979

### *Mesures in situ*

La mesure de la température et pH est nécessaire pour comprendre l'évolution des autres paramètres. Ces paramètres susceptibles de variation pendant le transport des échantillons sont de préférence, mesurés sur le terrain. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un instrument multi-paramètres (Endress Hauser ASP) ; il s'agit de capteurs de pH et de température.

### **Technique d'échantillonnage et d'analyse des rejets gazeux**

#### **Fréquence d'autocontrôle**

La cadence d'autocontrôle des rejets atmosphériques est d'une fois par mois. Les prélèvements sont effectués sur une période allant du mois d'octobre au mois d'avril. La mesure est effectuée au niveau des cheminées évacuant les poussières, fluor et NH<sub>3</sub>.

#### *Points de prélèvement et mesure*

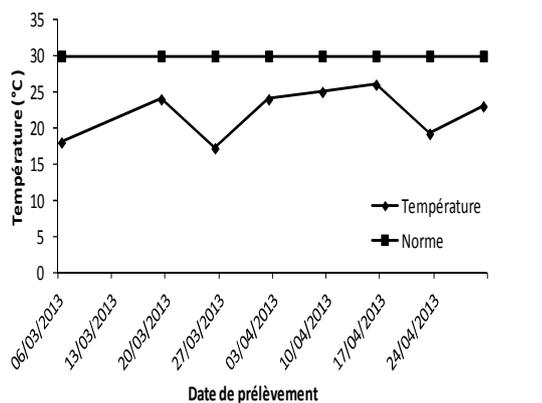
Des mesures ponctuelles à l'aide d'une pompe de détection de gaz de type « Accuro Drager » sont effectuées au niveau de la cheminée de rejet de NH<sub>3</sub> et Fluor et ce, une fois tous les mois. Les poussières sont mesurées au niveau de la cheminée d'évacuation des poussières avec la même cadence. Cette analyse s'accompagne d'une mesure de température et de pression de gaz (à l'aide d'un tube de Pitot) s'échappant de la cheminée. Les poussières sont mesurées en introduisant la sonde d'échantillonnage dans le conduit de la cheminée.

## RESULTATS ET DISCUSSION

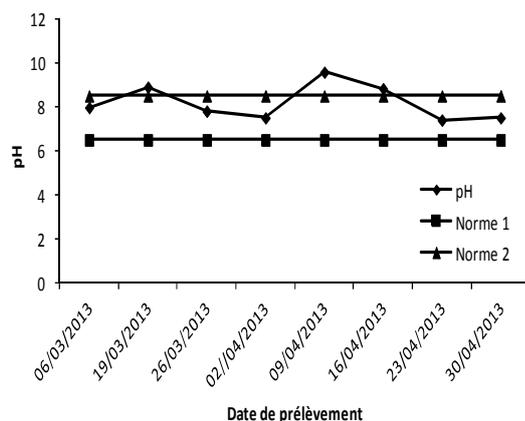
### Contrôle de la pollution des rejets liquides

#### Température et pH

La température et le pH revêt un rôle très important et doivent être pris en compte lorsqu'on cherche à contrôler un rejet industriel. Des modifications excessives de ces deux paramètres au niveau des milieux récepteurs ont tendance à modifier le biotope et perturber la vie aquatique et terrestre.



a)



b)

**Figure 2 :** Valeurs de (a) la température et (b) pH des effluents liquides

Les résultats de mesure de la température des rejets, donnés sur la Figure 2a, montrent que celle-ci varie entre 17,2 °C et 26 °C. Ces valeurs ne sont pas différentes de celles du milieu récepteur pour pouvoir modifier sa température.

Ces valeurs sont d'ailleurs très inférieures aux normes nationales qui fixent la température des rejets à 30 °C.

La mesure du pH des rejets illustré sur la Figure 2b révèle que ce paramètre varie de neutre (7,4) à légèrement basique (8-8,5). On peut dire que, généralement le pH des effluents liquides du complexe Fertial ne s'écarte pas des normes préconisées qui sont comprises entre 7 et 8,5. Par ailleurs, une valeur de 9,58 est relevée au mois d'avril et qui peut être expliquée par la présence d'une grande concentration d'ammoniaque dans l'eau de lavage.

### Matières en suspension (MES)

Les résultats des analyses des effluents, effectués pendant près de deux mois (Figure 3) montrent que les eaux rejetées par le complexe sont très chargées en MES en dépassant la norme de 35 mg/L. Particulièrement, vers la troisième semaine de mars, la concentration de ces particules fines dans l'eau usée atteint une valeur de 663 mg/L considérée comme une valeur inquiétante. Cette concentration élevée peut être due soit à la présence d'un taux élevé de fines particules dans le circuit contaminant ainsi l'eau de lavage, soit à la faible capacité de récupération de poussières par la batterie de cyclonage d'assainissement. La présence de ces MES dans les rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d'égout et causer des nuisances tels que les dépôts de boue et le colmatage des fonds aquatiques récepteurs (Hazourli et al., 2007).

Ces chiffres inquiétants de MES dans les effluents liquides de Fertial doivent sérieusement être pris en considération et le problème convenablement géré afin de palier définitivement à cette pollution.

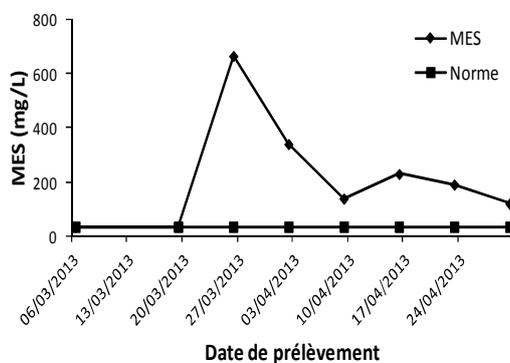


Figure 3 : Teneurs en MES des effluents liquides

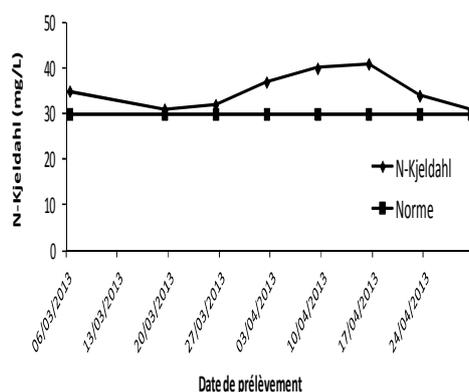
### Fluor

L'analyse du fluor dans les échantillons prélevés révèle la présence de cet halogène dans les eaux résiduaires de Fertial. Cet élément provient du traitement des roches pour l'extraction du phosphate. Cependant, toutes les valeurs mesurées pendant la période définie sont largement inférieures ( $\sim 1$  mg/L) à la norme de rejet de ce polluant qui est de 15 mg/L. On peut donc conclure que les rejets liquides du complexe sont exempts de pollution au fluor.

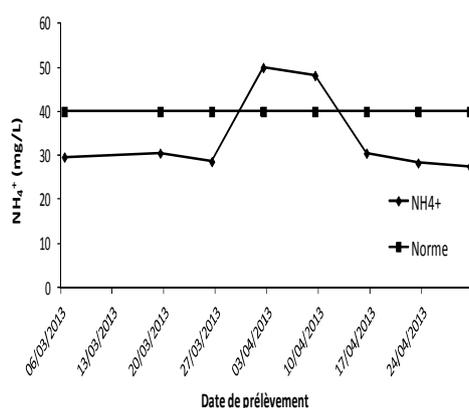
### Azote Kjeldahl et $NH_4^+$

L'azote Kjeldahl est un indicateur de la présence de composés azotés dans un milieu liquide; ce paramètre regroupe deux formes d'azote à savoir l'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ) et l'azote organique.

Le dosage de l'azote Kjeldahl est réalisé par distillation en présence de l'alliage de Dewarda. Les résultats représentés sur la **Figure 4(a)** montrent des valeurs élevées par rapport à la norme (30 mg/L). Ce paramètre expliquant la forte charge en composés azotés dans les effluents de l'unité Fertial traduit l'état critique de rejets et par conséquent l'état des installations responsables de ces effluents.



a)



b)

**Figure 4 :** Variation de (a) l'azote Kjeldahl et (b) NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les effluents liquides

Pour ce qui est des ions ammonium, la Figure 4b présente des valeurs conformes à la norme (40 mg/L) à l'exception des valeurs correspondant aux deux premières semaines d'avril pendant lesquelles la concentration en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> arrive à 50 mg/L. Cette anomalie ne peut s'expliquer que par un dysfonctionnement survenu au niveau des installations du complexe.

On peut donc conclure par le biais de ces mesures que le complexe Fertial déverse des quantités importantes d'eaux riches en composés azotés organiques et quelques fois en ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Ces composés favorisent la prolifération d'algues et de phytoplancton ce qui a pour conséquence l'eutrophisation du milieu récepteur qui déséquilibre totalement le milieu ; en effet, la lumière ne parvient plus aux couches d'eau situées sous la surface, bloquant ainsi la photosynthèse des couches inférieures.

### ***Huiles et graisses***

Les huiles et les graisses ayant pour origine les appareils de pompage et compression, peuvent contaminer les effluents liquides générés en aval des procédés de fabrication des engrais minéraux. Une analyse régulière s'impose donc avant de rejeter les eaux résiduaires dans le milieu naturel.

Les résultats d'analyse des huiles et graisses dans les eaux usées de Fertial montrent que ces substances grasses sont présentes à l'état de traces et sont donc très inférieures à la norme en vigueur en Algérie à savoir 30 mg/L. Dans ces conditions, aucun traitement ne doit être envisagé à l'encontre de cette pollution.

### DBO<sub>5</sub> et DCO

La demande biochimique (ou Biologique) en oxygène (DBO) est un paramètre indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau et qui peut donc mesurer sa qualité ; elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau.

L'analyse de la DBO<sub>5</sub> dans les échantillons prélevés des eaux de rejet montre que les teneurs ne dépassent pas 25 mg/L (Figure 5a) et ainsi n'atteignent jamais la norme en vigueur (40 mg/L). Les matières organiques dissoutes et en suspension sont donc en faible concentration dans la matière première et l'eau de process. Dans le cas contraire, une grande charge en matières organiques entraînera un développement de micro-organismes aérobies et provoquera une chute de l'oxygène dissous dans le milieu récepteur et conduisant à l'asphyxie des espèces présentes.

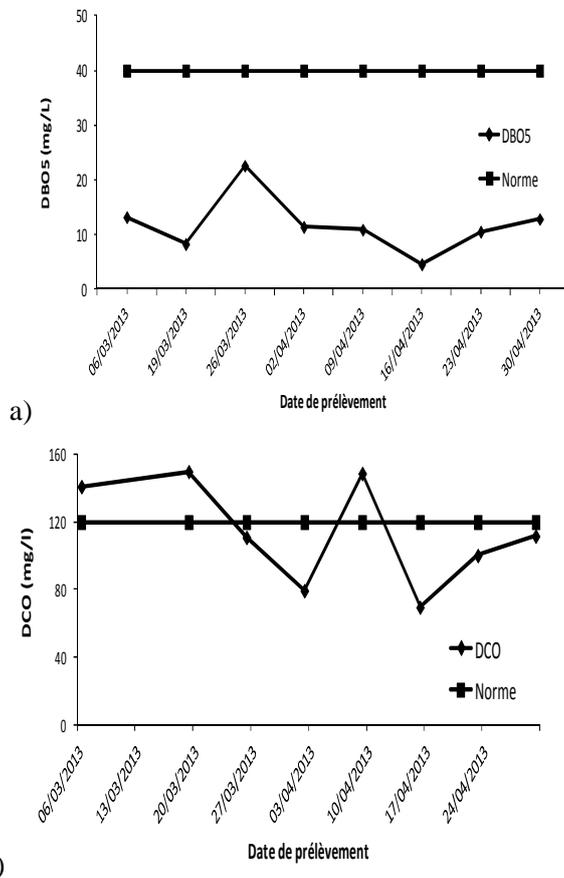


Figure 5 : Evolution de la (a) DBO<sub>5</sub> et (b) DCO dans les eaux de rejets

La demande chimique en oxygène (DCO) permet également d'évaluer la charge polluante des eaux usées. C'est la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. La DCO mesure la totalité des substances oxydables, ce qui inclut celles qui sont biodégradables.

Les différentes mesures de la DCO effectuées sur la période sélectionnée (mars et avril 2013) révèlent une grande fluctuation de la teneur en matières oxydables (Figure 5b). En certains points, on relève des valeurs dépassant la norme de rejet qui est de 120 mg/L. Ces valeurs élevées peuvent être le résultat d'une grande concentration en ammoniac des gaz issus de la fabrication des engrais.

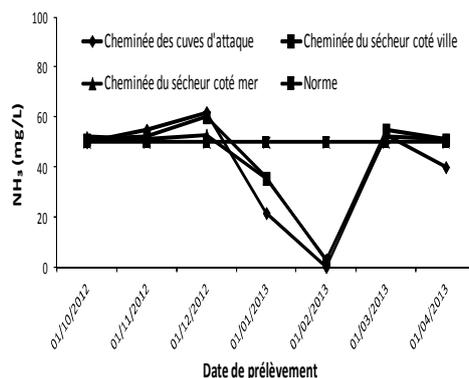
### **Contrôle de la pollution des rejets gazeux**

#### ***Ammoniac***

Trois points de prélèvement, considérés comme points représentatifs de la pollution atmosphérique générée par Fertial, sont importants à contrôler vis-à-vis des gaz et poussières rejetés. Il s'agit de :

- la cheminée des cuves d'attaques,
- la cheminée du sécheur coté ville,
- la cheminée du sécheur coté mer.

La Figure 6 représentant la concentration de  $\text{NH}_3$  sortant de l'usine montre que les teneurs rejetées dans l'atmosphère dépassent la norme préconisée par la législation en vigueur qui limite cette teneur dans les effluents gazeux à 50 mg/L. Une exception est cependant observée au mois de février où la teneur de  $\text{NH}_3$  dans les gaz sortant des trois cheminées est nulle. Ceci est probablement dû à un arrêt enregistré au niveau des cuves d'attaques (arrêt confirmé par les responsables de l'unité). Il est important de noter que les valeurs élevées de la concentration de  $\text{NH}_3$  dans les effluents de Fertial sont dues à un excès d'utilisation de  $\text{NH}_3$  au niveau des cuves ou du granulateur pendant la neutralisation du produit ; elles peuvent également être dues à la décomposition de la matière première (nitrate d'ammonium) sous l'effet de chaleur dans le sécheur (300 °C).



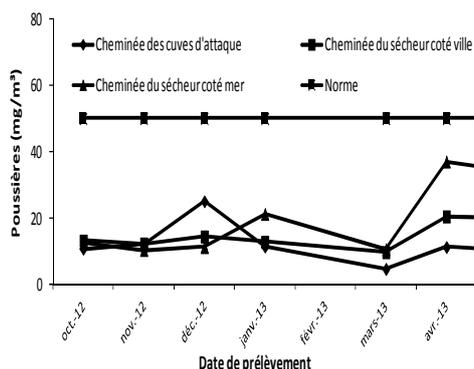
**Figure 6 :** Evaluation de  $\text{NH}_3$  issu des cheminées des cuves d'attaque et des sécheurs

### **Fluor**

Aux conditions normales de température et de pression, le fluor se présente sous forme de difluor ( $\text{F}_2$ ), un gaz jaune pâle très toxique et extrêmement corrosif. Les valeurs d'analyse du fluor dans les gaz rejetés par le complexe NPK (sur une période allant de octobre à avril) sont nulles dans toutes les cheminées (cuves d'attaque et sécheur coté ville et coté mer). Une représentation schématique de l'évolution de ce polluant était donc sans importance. On peut dire que le fluor ne pose pas de problèmes dans les effluents atmosphériques évacués par Fertial.

### **Poussières**

Dans les unités de Fertial, les poussières produites lors de la fabrication des engrais sont éliminées de l'air par un système de filtres appelé procédé cyclone. Néanmoins, une teneur non négligeable persiste et sort avec les gaz de rejet. C'est ce que montre la Figure 7 représentant les concentrations des gaz en poussières au niveau des trois cheminées. On voit bien que les valeurs d'analyse (variant de 5 à 37 mg/L) sont inférieures à la valeur limite fixée à 50 mg/L par la législation nationale en vigueur. Les poussières, comme le fluor, ne posent pas de problèmes de pollution générée par le complexe Fertial.



**Figure 7 :** Evaluation des poussières issues des cheminées des cuves d'attaque et des sécheurs

## CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer le degré de pollution dans les effluents liquides et gazeux du complexe Fertial-Annaba connu par sa diversité dans les procédés de fabrication d'engrais minéraux. Les résultats des différentes analyses effectuées sur une période de deux mois a révélé la présence d'une grande pollution au niveau des rejets liquides; les MES et composés azotés et organiques (DCO) sont responsables de cette pollution acheminée directement vers la mer. En outre, une concentration élevée en  $\text{NH}_3$  dans les gaz de rejet a été relevée au niveau des trois cheminées d'évacuation des gaz.

Afin de remédier à ces problèmes de pollution industrielle, l'élaboration de procédés de dépollution judicieux en aval du procédé de fabrication des engrais doit figurer parmi les priorités de cette industrie. En outre, certains ouvrages existants relatifs aux procédés de traitement des eaux résiduaires et des gaz (cyclones notamment) jugés amortis ou surexploités sont à rénover. Par ailleurs, un dispositif d'information et d'alerte sur les pics de pollution (ammoniac et particules fines notamment) doit être mis en place dans le programme de gestion environnementale du complexe Fertial.

## REMERCIEMENTS

Ce travail entre dans le cadre d'une collaboration entre le département de Génie des Procédés de l'Université Badji Mokhtar-Annaba et le complexe Fertial-Annaba. Les auteurs remercient vivement les responsables et employés de Fertial pour leur disponibilité et contribution à ce projet.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AFNOR (1979). Recueil de normes françaises. Eaux : méthodes d'essais, 342 pages.
- AZRI C., TILI A., SERBAJI M.M., MEDHIOUB K. (2002). Étude des résidus de combustion des fuels liquide et solide et de traitement chimique du phosphate brut dans la ville de Sfax (Tunisie), *Pollution atmosphérique*, 44 (174) : 297-308.
- HAZOURLI S., BOUDIBA L., ZIADI M. (2007). Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El Hadjar, Annaba. *Larhyss Journal*, 6 : 45-55.
- Mémento Technique de l'eau (2005). L'eau et ses propriétés. Tome 1, 10<sup>ème</sup> Edition Degrémont, Paris, 880 pages.
- MENSGUEN A., AMINOT A., BELIN C., CHAPELLE A. (2001). L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 pour la Commission Européenne -DG.ENV.B1
- ISO 5667-10:1992. Qualité de l'eau- Échantillonnage- Partie 10: Guide pour l'échantillonnage des eaux résiduaires.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R. (2009). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9<sup>ème</sup> Edition Dunod, Paris, France.
- WEIDENHAUPT A. et MEIER M.A. (2000). Analyse du cycle de vie - Application aux systèmes de dépollution. *Techniques de l'Ingénieur*, G5810.