



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



Mémoire présenté par :

SERIKMA Khaled

En vue de l'obtention d'un diplôme master en Hydraulique

THEME

**Contribution à l'amélioration du modèle
d'apprentissage pour le diagnostic des
STEP**

Cas des boues recirculées et en excès

Président : Mr. EH.BENYOUSSEF

Professeur (ENP)

Encadreur : Mr. A.BERMAD

Professeur (ENP)

Examineurs:

Mr. A.LEFKIR

Docteur (ENTP)

Mr. M.AMITOUCHE

M.A.A (Université de Boumerdes)

Promotion : 2014

Remerciement

En premier et en dernier, avant tout et après tout, dans le bonheur et dans le malheur, merci à Allah le tout puissant pour toutes ses grâces et ses faveurs, pour m'avoir accordé la chance d'étudier à l'Ecole Nationale Polytechnique et m'avoir donné le courage et la force d'accomplir ce modeste travail.

On tient aussi à exprimer nos reconnaissance à nos parents pour avoir contribué à ce que nous sommes aujourd'hui, et qui on accepter de nous voir si longtemps sur les «bancs d'école» !

*Ce travail a été réalisé au sein de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, il a été encadré et dirigé avec tact et précision par le Professeur **Abdelmalek BERMAD** qui nous a formés, encouragés, accompagnés, critiqués et nous supporté pendant ces derniers mois. On te remercie pour tout cela Abdelmalek, ainsi que pour la somme de choses qu'on a appris avec toi pendant les trois années précédentes.*

*Un grand merci à madame **A.HAMRICHE** et Dr **A. LEFKIR** pour ses soutiens, je les remercie vivement pour l'intérêt qu'ils ont porté pour ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur le Pr **EH. BENYOUSSEF** qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.*

*Je remercie Dr **A. LEFKIR** et Mr **M.AMITOUCHE** qui ont accepté de juger ce travail.*

Enfin nous remercions tous ceux qui nous ont soutenus durant le moment difficile.

Dédicace

Tout d'abord je dédie cet humble travail à mes très chers parents sans qui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.

A mes frères : Mourad, Nabil, Yacine, Massin.

Mes sœurs : Amel, cylvia.

A ma grande famille.

A tous mes amis d'hier et d'aujourd'hui (Syphax, Zouhir, Musta, Nacir, Samir, Youcef, Hamid, El-hachemi, Sofiane, Hmidouch) avec qui j'ai passé les plus beaux moments de ma vie.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de cette étude.

Khaled

ملخص:

مياه الصرف الصحي ضروري للتعامل مع زيادة تركيز الملوثات اليوم. الوعي بالمشاكل البيئية الناجمة عن عمليات التصريف من محطات معالجة مياه الصرف الصحي والرغبة في تحسين والحفاظ على نوعية المياه المستقبلية وقد أدى التزام لزيادة أداء محطات معالجة مياه الصرف الصحي، سواء من حيث نوعية العلاج من حيث الموثوقية. في هذا السياق، عملنا هو موضع اهتمام خاص لتشخيص تشغيل محطتين لمعالجة مياه الصرف، وتلك من بومرداس وتييازة بنهج الرياضية يسمى "تحليل المركبات الرئيسية" للكشف عن الأعطال، ودراسة تأثير معالجة المياه على إعادة تدوير الحمأة والحمأة الزائدة.

الكلمات الرئيسية: معالجة المياه العادمة، تحليل المكون الرئيسي (PCA)، إعادة تدوير الحمأة والحمأة الزائدة.

Résumé :

L'épuration des eaux usées et aujourd'hui indispensable pour faire face à l'augmentation des concentrations en substances polluantes. La prise de conscience des problèmes environnementaux causés par les rejets des stations d'épuration et la volonté d'améliorer et de préserver la qualité des milieux récepteurs a entraîné l'obligation d'augmenter les performances des stations d'épuration, tant en terme de qualité de traitement qu'en terme de fiabilité. Dans ce contexte, notre travail s'intéressera particulièrement à diagnostiquer le fonctionnement de deux stations d'épuration, celles de Boumerdes et de Tipaza par une approche mathématique appelée « Analyse en Composantes Principales » pour détecter les anomalies de fonctionnement, étudier l'impact de l'épuration des eaux sur la recirculation des boues et sur les boues en excès.

Mots clé : Epuration des eaux usées, analyse en composantes principales (ACP), Boues de Recirculation, Boues en Excès.

Abstract:

Now days, water purification is essential to face the tough consequences of the existence of polluting substances in nature. Taking care of environmental problems caused by waste water treatment plant (WWTP) rejections and the will to preserve Receivers Lake and streams has lead us to look for a way to improve the efficiency of WWTP economically and environmentally. The goal of our study is to make a diagnostic of the WWTP of Boumerdes in order to make its

In this context, our work is of particular interest to diagnose the operation of two wastewater treatment plants, those of Boumerdes and Tipaza by a mathematical approach called "Principal Component Analysis" to detect malfunctions, study the impact of water treatment on the recirculation sludge and excess sludge.

Key words: Water purification, Principal components analyze, the recirculation sludge, excess sludge.

Sommaire

Introduction Générale	1
L'application de l'ACP sur les Données Cumulés de la STEP de Boumerdes et Tipaza	
1. Introduction.....	3
2. Procédure de l'analyse en composantes principale.....	3
2.1. Données utilisées	3
2.2. Résultats de l'ACP	3
3. Application sur les données cumulées.....	4
3.1. Application de l'ACP sur les paramètres de pollution d'entrée(Eau brute)	4
3.1.1. Pas de temps journalier	4
3.1.2. Pas de temps mensuel	8
3.2. Application de l'ACP sur les paramètres de l'eau (Entré/Sortie).....	12
3.2.1. Pas de temps journalier.....	12
3.2.2. Pas de temps mensuel.....	15
3.3. Application de l'ACP sur les rapports d'élimination de pollution et la recirculation des boues	16
3.3.1. Pas de temps journalier.....	16
3.3.2. Pas de temps mensuel.....	20

3.4. Application de l'ACP sur les rapports d'élimination de pollution et les boues en excès:.....	23
3.3.1. Pas de temps journalier.....	24
3.3.2. Pas de temps mensuel.....	26
Conclusion Générale.....	30
Bibliographie.....	31

Liste des Figures

Figure.1 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle journalière [1×2].....	7
Figure.2 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle journalière [1×3].....	8
Figure. 3 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle mensuelle [1×2].....	11
Figure. 4 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle mensuelle [1×3].....	11
Figure. 5: Paramètres de pollution (Entrée-Sortie) à l'échelle journalière [1× 2].....	14
Figure. 6: Paramètres de pollution (Entrée-Sortie) à l'échelle mensuelle [1× 2].....	15
Figure. 7: Rapport- Taux de recirculation des boues/à l'échelle journalière [1×3].....	19
Figure. 8: Rapport- Taux de recirculation des boues/à l'échelle journalière [2×4].....	19
Figure.9: Rapport- Taux de recirculation des boues/à l'échelle mensuelle [2×3].....	22
Figure.10: Rapport- Taux de recirculation des boues/à l'échelle mensuelle [1×4].....	22
Figure. 11: Rapport –volume de boues en excès /à l'échelle journalière [1×2].....	25
Figure. 12: Rapport –volume de boues en excès /à l'échelle journalière [2×3].....	26
Figure. 13 : Rapport – volume de boues en excès /à l'échelle mensuelle [1×3].....	28
Figure. 14 : Rapport – volume de boues en excès /à l'échelle mensuelle [1×4].....	28

Liste des Tableaux

Tableau.1 : Codification des variables (Eau brute).....	4
Tableau. 2 : Matrice de corrélation des paramètres de l'eau brute (journalier).....	5
Tableau. 3 : Test de sphéricité de Bartlett et K-M-Ode l'eau brute (journalier).....	5
Tableau. 4 : Variance totale expliquée (paramètres de l'eau brute-journalier).....	6
Tableau. 5: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables de l'eau brute journalier.....	6
Tableau. 6: Matrice de corrélation des paramètres de l'eau brute (mensuel).....	9
Tableau.7: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O de l'eau brute (mensuel).....	9
Tableau.8: Variance totale expliquée (paramètres de l'eau brute- mensuel).....	10
Tableau. 9 : Matrice de corrélation entre les CP' et les variables de l'eau brute-mensuel.....	10
Tableau. 10: Codification des variables (Eau brute-Eau épurée).....	12
Tableau. 11: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O(Eau brute-Eau épurée/journalier).....	13
Tableau. 12: Variance totale expliquée (Eau brute-Eau épurée/journalier).....	13
Tableau.13: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Eau brute-Eau épurée/ journalier).....	14
Tableau. 14: Codification des variables (Rapport-Rendement énergétique/journalier).....	16
Tableau.15: Matrice de corrélation (Rapport-Taux de recirculation des boues/journalier)....	17
Tableau. 16: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O(Rapport-Taux de recirculation des boues/journalier).....	17
Tableau. 17: Variance totale expliquée (Rapport - Taux de recirculation des boues /journalier).....	18
Tableau VI. 18: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Rapport-Taux de recirculation des boues/journalier).....	18

Tableau. 19: Matrice de corrélation (Rapport- Taux de recirculation des boues / mensuel)....	20
Tableau .20: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O(Rapport-Taux de la recirculation de boues/mensuel).....	20
Tableau. 21 : Variance totale expliquée (Rapport-Taux de recirculation des boues /mensuel).....	22
Tableau. 22 : Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Rapport – Tauxde recirculation des boues /mensuel).....	21
Tableau.23: Matrice de corrélation (Rapport-volume de boues en excès /journalier).....	24
Tableau. 24: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O(Rapport-volume de boues en excès /journalier).....	24
Tableau. 25 : Variance totale expliquée (Rapport-volume de boues en excès /journalier).....	24
Tableau. 26 : Corrélation entre les CP' et les variables (Rapport- volume de boues en excès /journalier).....	25
Tableau. 27: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O(Rapport-volume de boues en excès /mensuel).....	27
Tableau. 28 : Corrélation entre les CP' et les variables (Rapport- volume de boues en excès / mensuel).....	27

Introduction générale

Les eaux usées sont un milieu très chargé en matières polluantes nuisibles pour les être vivant et le milieu récepteur. Pour éviter toute pollution l'eau usée doit être épurée avant son rejet ou sa réutilisation.

En Algérie, la majorité des eaux usées sont traitées par le procédé de boues activées qui est devenue aujourd'hui le système le plus répandu.

Basé sur le principe d'autoépuration des milieux naturels, la technique des boues activées vise principalement à l'accélérer d'avantage dans un milieu contrôlé. Par l'oxygénation de l'effluent les bactéries absorbent et métabolisent les matières organiques (MO), créant alors des flocons qui décantent. Cette masse floculeuse constitue les dites boues activées. Par le constant renouvellement de ces boues, la dégradation de la pollution organique est alors atteinte dans un délai beaucoup plus court que dans le milieu naturel. Cette augmentation de la vitesse d'élimination de la pollution est due aux phénomènes d'adsorption et floculation de la MO qui apparaissent pendant les premières minutes de contact entre les boues et les rejets.

Comme tout autre procédé basé sur une population bactérienne, l'efficacité du traitement par boues activées dépend des facteurs suivants Le rapport nourriture/population bactérienne, la nature de l'alimentation fournie par la biomasse, la teneur en oxygène dans le bassin d'activation, l'homogénéisation du mélange, la température de l'eau et des boues, le pH de l'eau et des boues activées, les interactions entre les variétés de bactéries, etc.

Suite aux traitements préliminaires et primaires viennent les composants typiques ; le bassin d'activation, le décanteur secondaire avec recirculation des boues activées puis l'évacuation des eaux traités et le traitement des boues en excès.

Il existe deux types de boues: les boues urbaines, résidus de l'épuration des eaux usées domestiques et les boues industrielles produites par les unités de traitement des eaux industrielles.

La composition des boues urbaines dépend du type de traitement des eaux usées de la station dont elles sont issues et de la présence éventuelle d'effluents industriels. Elles possèdent néanmoins des caractéristiques communes : elles contiennent toutes de l'azote, du phosphore et de la matière organique.

Introduction générale

Dans ce travail, on s'intéresse particulièrement à diagnostiquer le fonctionnement de deux stations, celles de Boumerdes et de Tipaza par une approche mathématique appelée «Analyse en Composantes Principales » pour détecter les anomalies de fonctionnement, étudier l'impact de l'épuration des eaux sur la recirculation des boues et sur les boues en excès.

Notre travail débute par une introduction générale ou on a mis l'accent sur l'importance de la formation des boues urbaines dans les procédés à boues activées.

La partie pratique a été consacrée à l'application de l'ACP sur les données cumulées des deux STEP et présenté l'essentiel des résultats avec leur interprétation.

Enfin, une conclusion générale mettra l'accent sur l'importance des résultats obtenus.

1. Introduction:

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode d'analyse de données multivariées et quantitatives. Elle permet de décrire et d'explorer les relations qui existent entre plusieurs variables simultanément. La procédure s'appuie sur un tableau de données, constitué en lignes par des individus sur lesquels sont mesurées des variables quantitatives disposées en colonnes. Alors on cherche un nombre plus réduit de variables pour décrire efficacement les phénomènes d'un groupe de données.

Notre étude traite un phénomène temporel et spatial, où les variables varient en fonction du temps et en fonction du lieu de mesure (*STEP Boumerdes et Tipaza*), et notre analyse sera appliquée sur deux échelles de temps : journalier et mensuel.

2. Procédure de l'analyse en composantes principales :

2.1. Données utilisées :

On dispose d'une série de données brutes des paramètres de pollution en (mg/l) : MES, DBO5, DCO, NH₄, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻ de l'eau brute et de l'eau épurée (Entrée-Sortie), le débit de l'effluent (m³/j) ainsi que la boue de recirculation (m³/j), la boue en excès (m³) et l'énergie totale (Kwh) consommée durant le processus d'épuration, de janvier 2006 à décembre 2013.

2.2. Résultats de l'ACP :

Après application de l'ACP, on obtient les tableaux suivants :

- Matrice de corrélation ;
- Variance totale expliquée par les valeurs propres ;
- Matrice de corrélation entre les composantes principales centrées réduites et les variables ;
- Cercles de corrélation.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

3. Application sur les données cumulées :

3.1. Application de l'ACP sur les paramètres de pollution d'entrée (Eau brute) :

3.1.1. Pas de temps journalier :

➤ **Présentation des données :**

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur le tableau des données journalières, qui contient 7 variables et 454 observations de l'eau brute, après avoir éliminé toutes les données non concomitantes.

Pour faciliter la manipulation des variables, on affecte à chacune d'elles un code qui l'identifie, la liste des variables avec leurs codes correspondants est présentée dans le tableau suivant:

Tableau.1 : Codification des variables (Eau brute).

<i>Variable</i>	<i>Code</i>
MES (Eau brute)	MESBr
DBO5 (Eau brute)	DBO5Br
DCO (Eau brute)	DCOBr
NH ₄ ⁺ (Eau brute)	NH4Br
NO ₂ ⁻ (Eau brute)	NO2Br
NO ₃ ⁻ (Eau brute)	NO3Br
PO ₄ ⁻³ (Eau brute)	PO4Br

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

➤ Résultats de l'ACP :

Les résultats de l'analyse sont présentés ci-dessous :

★ Matrice de corrélation :

Tableau. 2 : Matrice de corrélation des paramètres de l'eau brute (journalier).

corrélation	MESBr	DB05Br	DCOBr	NH4Br	NO2Br	NO3Br	PO4Br
MESBr	1,000						
DB05Br	0,556	1,000					
DCOBr	0,568	0,691	1,000				
NH4Br	0,285	0,455	0,499	1,000			
NO2Br	0,019	0,117	0,092	0,228	1,000		
NO3Br	0,090	0,050	0,028	-0,021	0,035	1,000	
PO4Br	0,351	0,377	0,443	0,417	0,174	-0,019	1,000

Le calcul du déterminant se fait automatiquement sous SPSS. Il suffit, lorsque nous voulons faire une ACP, de le préciser dans l'option « Descriptive ». Il en est de même pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O.

La matrice de corrélation a pour déterminant (0.161), on déduit qu'elle n'est pas singulière.

Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 3 : Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O de l'eau brute (journalier).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,800	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	821,298
	ddl	21
	Signification de Bartlett	0,000

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice se situe dans la fourchette «très bien».

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ **Variance totale expliquée par les valeurs propres :**

Tableau. 4 : Variance totale expliquée (paramètres de l'eau brute-journalier).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	2,923	41,753	41,753	2,923	41,753	41,753
2	1,073	15,326	57,079	1,073	15,326	57,079
3	1,013	14,471	71,550	1,013	14,471	71,550
4	0,665	9,502	81,052			
5	0,610	8,714	89,766			
6	0,416	5,937	95,703			
7	0,301	4,297	100,000			

En examinant l'apport de chaque composante, on remarque qu'avec trois (3) CP seulement, on peut expliquer 72 % de la variance totale.

L'étape suivante consiste à déterminer la corrélation entre les composantes principales centrées réduites (CP') et les variables centrées réduites des données brutes.

★ **Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :**

Tableau. 5: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables de l'eau brute journalier.

corrélation	CP'		
	1	2	3
DCOBr	0,856	-0,143	-0,083
DB05Br	0,827	-0,161	-0,032
MESBr	0,721	-0,371	-0,022
NH4Br	0,697	0,311	-0,016
PO4Br	0,663	0,218	-0,056
NO2Br	0,242	0,764	0,457
NO3Br	0,058	-0,401	0,890

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

A partir de ce tableau, on remarque qu'il y a une bonne corrélation entre les variables (DCOBr, DBO5Br, MESBr, NH4Br, PO4Br) et la première composante d'une part et les variables NO3Br et NO2Br avec la deuxième et la troisième composante respectivement d'autre part.

★ Cercles de corrélation :

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×2) :

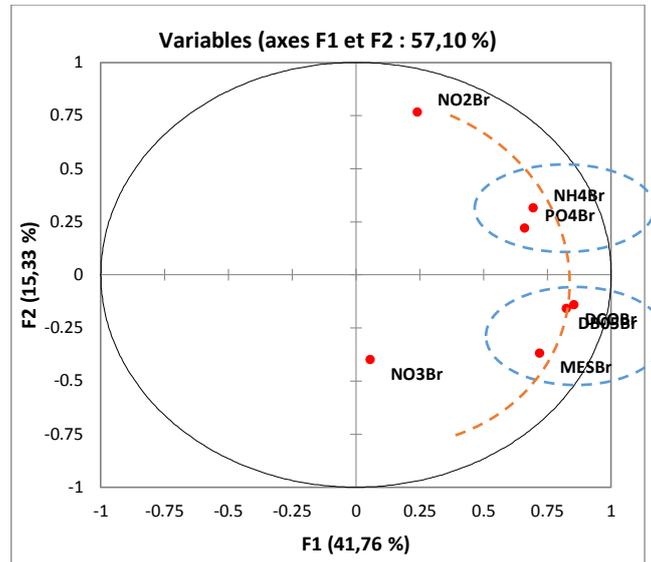


Figure.1 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle journalière [1×2].

La projection des variables sur le plan factoriel (1×2) montre une formation de deux groupes opposés par rapport au premier axe. Le premier formé par les variables DCOBr, DBO5Br et MESBr caractérisant une pollution organique, le second formé par les variables NH4Br et PO4Br, caractérisant une pollution dissoute (azotée et phosphatée) On déduit alors que le plan factoriel formé par les axes (1 et 2) donne une information sur l'origine de la pollution.

En outre, on remarque que l'axe (1) définit un gradient de pollution décroissant de droite à gauche, et que les paramètres de la pollution organique (DCOBr, DBO5Br) sont disposés sur un arc fictif ayant un gradient de pollution élevé par rapport aux autres paramètres, ceci s'explique par le caractère domestique ou urbain de l'effluent arrivant à la STEP.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×3) :

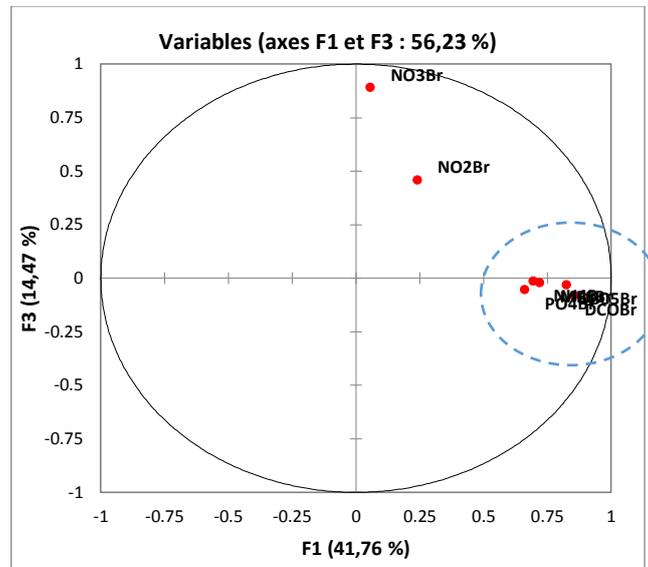


Figure. 2 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle journalière [1×3].

En examinant le cercle (2), on constate un regroupement de variables composé de : DBO5Br, DCOBr, MESBr, NH4Br et PO4Br autour de l'axe (1), celui-ci permet de former des ratios en combinant ces différents paramètres.

En outre, on remarque que les paramètres NO2Br, NO3Br sont éloignés de l'axe (1) ce dernier représente une forme oxydée de l'azote difficile à maîtriser.

3.1.2. Pas de temps mensuel :

➤ **Présentation des données :**

On dispose d'un tableau de données mensuelles des paramètres de pollution à l'entrée de la STEP (Eau brute) : « 129 observations × 7 variables », après élimination des données non concomitantes.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

➤ **Résultats de l'ACP :**

★ **Matrice de corrélation :**

Tableau. 6: Matrice de corrélation des paramètres de l'eau brute (mensuel).

corrélation	MESBr	DBO5Br	DCOBr	NH4Br	NO2Br	NO3Br	PO4Br
MESBr	1,000						
DBO5Br	0,341	1,000					
DCOBr	0,488	0,744	1,000				
NH4Br	0,129	0,429	0,451	1,000			
NO2Br	-0,176	-0,151	-0,220	0,082	1,000		
NO3Br	0,401	0,200	0,256	0,036	-0,011	1,000	
PO4Br	0,262	0,436	0,545	0,421	-0,255	-0,038	1,000

La matrice de corrélation a pour déterminant (0,117), nous déduisons qu'elle n'est pas singulière. Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 7: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O de l'eau brute (mensuel).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,725	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	267,486
	ddl	21,000
	Signification de Bartlett	0,000

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice se situe dans la fourchette «bien».

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ **Variance totale expliquée par les valeurs propres :**

Tableau. 8: Variance totale expliquée (paramètres de l'eau brute- mensuel).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	2,894	41,342	41,342	2,894	41,342	41,342
2	1,252	17,880	59,222	1,252	17,880	59,222
3	1,084	15,483	74,705	1,084	15,483	74,705
4	0,576	8,230	82,935			
5	0,536	7,653	90,588			
6	0,437	6,250	96,837			
7	0,221	3,163	100,000			

En examinant l'apport de chaque composante, on remarque qu'avec trois (3) CP seulement, on peut expliquer 75 % de la variance totale.

★ **Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :**

Tableau. 9 : Matrice de corrélation entre les CP' et les variables de l'eau brute-mensuel.

corrélation	CP'		
	1	2	3
DCOBr	0,901	-0,008	0,019
DBO5Br	0,818	-0,084	0,095
PO4Br	0,697	-0,388	-0,220
MESBr	0,615	0,531	-0,032
NH4Br	0,590	-0,459	0,412
NO3Br	0,337	0,769	0,287
NO2Br	-0,297	-0,104	0,879

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ Cercles de corrélation :

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×2) :

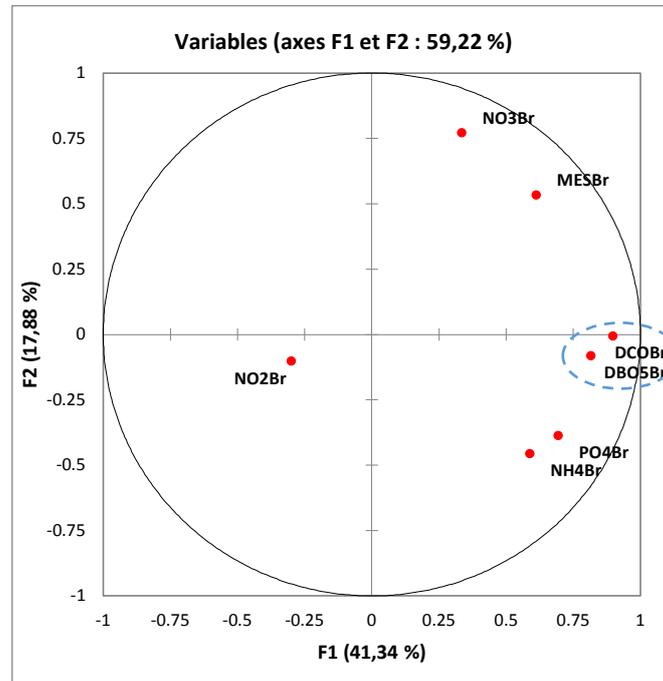


Figure. 3 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle mensuelle [1×2].

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×3) :

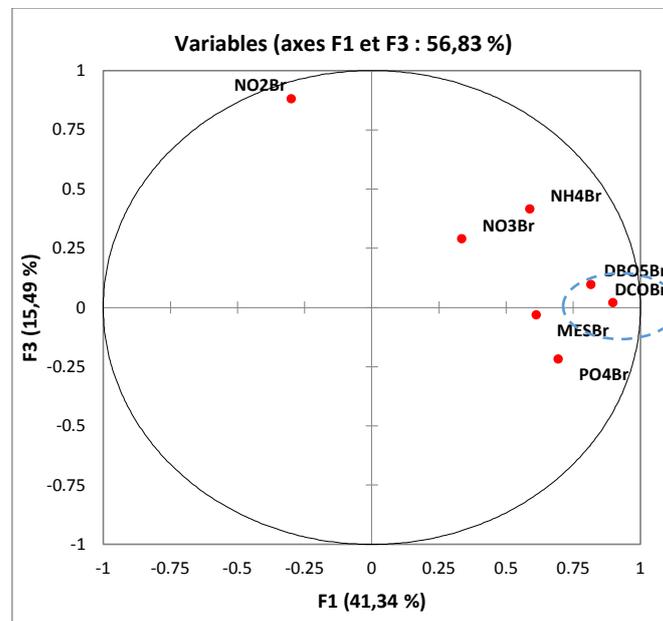


Figure. 4 : Paramètres de pollution de l'eau brute à l'échelle mensuelle [1×3].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

En analysant les cercles de corrélations (1) et (2), on remarque que les variables DCOBr et DBO5Br sont très proches formant même un ratio DCO/DBO5 qui permet d'évaluer la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné.

➤ **Conclusion :**

On peut dire qu'à partir de l'analyse des paramètres de l'eau brute, au pas de temps journalier et mensuel, que la pollution de l'eau des stations cumulées est organique caractérisant un effluent domestique.

Le regroupement des variables autour de l'axe (1) permet de former de nouveaux indicateurs de pollution sous forme de ratios, ces derniers permettent d'identifier les insuffisances et d'améliorer le rendement de différentes installations du traitement des eaux usées.

3.2. Application de l'ACP sur les paramètres de l'eau (Entré/Sortie) :

3.2.1. Pas de temps journalier :

➤ **Présentation des données :**

Une analyse en composante principale (ACP) a été effectuée sur le tableau des données journalières, qui contient 14 variables et 399 observations de l'eau brute et épurée, après avoir éliminé toutes les données non concomitantes.

On affecte à chacune de ces variables un code qui l'identifie.

Tableau. 10: Codification des variables (Eau brute-Eau épurée).

<i>Variable</i>	<i>Code</i>
Paramètre eau brute	Paramètre Br
Paramètre eau épurée	Paramètre Ep

★ **Matrice de corrélation :**

La matrice de corrélation a pour déterminant (0,061), nous déduisons qu'elle n'est pas singulière. et Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-après :

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Tableau. 11: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O (Eau brute-Eau épurée/ journalier).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,684	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	1098,395
	ddl	91
	Signification de Bartlett	0,000

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice se situe dans la fourchette «moyen».

L'étape suivante consiste à diagonaliser la matrice de corrélation, pour pouvoir calculer les valeurs propres.

★ Variance expliquée par les valeurs propres :

Tableau. 12: Variance totale expliquée (Eau brute-Eau épurée/ journalier).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	3,262	23,300	23,300	3,262	23,300	23,300
2	1,514	10,812	34,112	1,514	10,812	34,112
3	1,345	9,607	43,720	1,345	9,607	43,720
4	1,194	8,528	52,247	1,194	8,528	52,247
5	1,150	8,212	60,459			
6	1,006	7,185	67,643			
7	0,871	6,219	73,862			
8	0,760	5,427	79,289			
9	0,686	4,898	84,187			
10	0,627	4,482	88,669			
11	0,501	3,582	92,250			
12	0,405	2,890	95,141			
13	0,366	2,613	97,754			
14	0,315	2,246	100,000			

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ **Corrélation entre les CP' et les variables centrées réduites :**

Tableau. 13: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Eau brute-Eau épurée/journalier).

corrélation	CP'			
	1	2	3	4
NH4Br	0,747	-0,140	-0,064	-0,073
DCOBr	0,709	0,219	-0,036	-0,211
DB05Br	0,692	0,062	0,046	-0,106
PO4Br	0,685	0,172	0,032	-0,207
NH4Ep	0,568	-0,370	-0,398	0,217
PO4Ep	0,515	0,159	-0,037	-0,162
NO3Br	0,022	0,627	-0,088	0,298
MESBr	0,383	0,507	0,071	-0,267
DB05Ep	0,356	-0,479	-0,360	0,225
NO2Ep	0,353	-0,193	0,669	0,318
NO2Br	0,382	-0,246	0,665	0,224
NO3Ep	0,062	0,459	0,045	0,638
MESEp	0,152	0,238	-0,227	0,369
DCOEp	0,305	-0,073	-0,300	0,334

On se limite à montrer le cercle de corrélation dans le plan factoriel formé par les axes principaux (1 et 2).

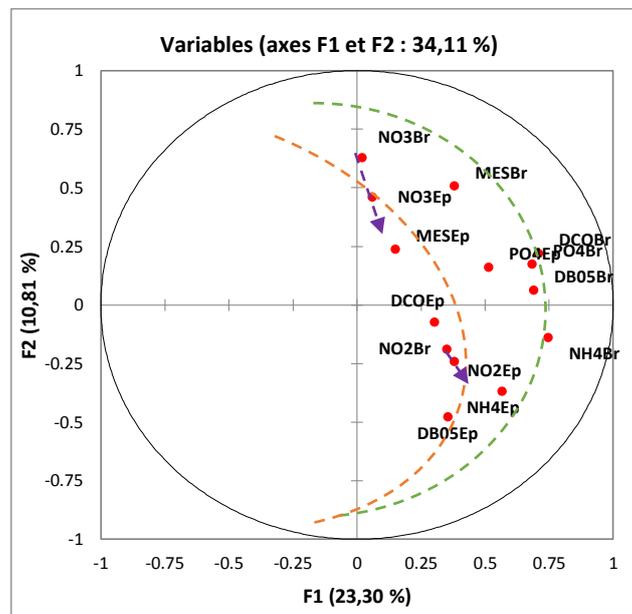


Figure. 5: Paramètres de pollution (Entrée-Sortie) à l'échelle journalière [1× 2].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

On remarque une disposition des paramètres de l'eau brute et épurée sur deux arcs fictifs respectivement, avec des exceptions pour NO₃ et NO₂ qui sont en excès.

VI.3.2.2. Pas de temps mensuel :

➤ **Présentation des données :**

On dispose d'un tableau de données mensuelles «116 observations × 14 variables». Après application de l'ACP et la vérification de trois critères, on obtient les mêmes résultats qu'à l'échelle journalière avec de légères différences. On se limite à montrer le cercle de corrélation dans le plan factoriel formé par les axes principaux (1 et 2).

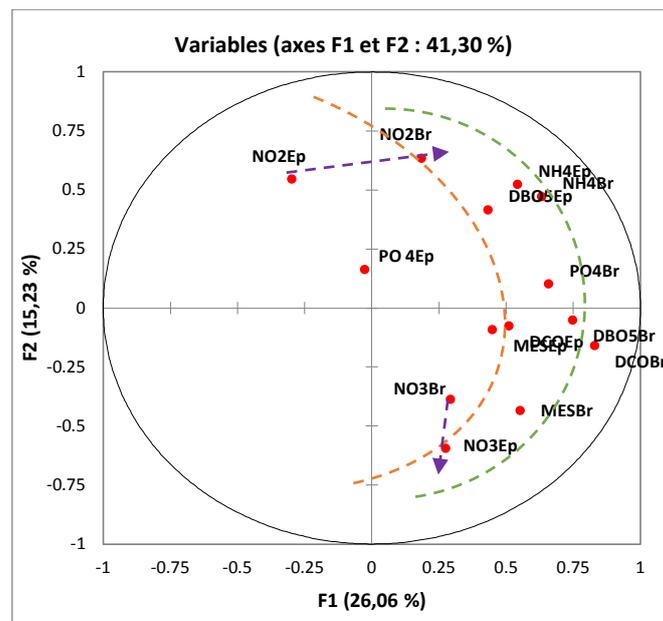


Figure. 6: Paramètres de pollution (Entrée-Sortie) à l'échelle mensuelle [1× 2].

➤ **Conclusion :**

Les résultats de l'analyse des paramètres de l'eau brute et épurée, au pas de temps journalier et mensuel, ont montré que le manque de maîtrise au niveau de la filière biologique conduit à un dépassement des normes de rejets des paramètres NO₂ et NO₃.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Les équidistances entre deux arcs fictifs (Eau brute-Eau épurée), définissant le rabattement de la pollution, autrement dit, le rapport d'élimination de la pollution. Partant de là, on déduit que l'ACP montre que les « rapports d'élimination » peuvent être de nouvelles variables qui contribuent mieux à l'explication du procédé d'épuration.

3.3. Application de l'ACP sur les rapports d'élimination de pollution et la recirculation des boues :

3.3.1. Pas de temps journalier :

➤ **Présentation des données :**

Après avoir calculé tout les rapports d'élimination par jour pour chaque paramètre de pollution, on obtient un tableau de données « 333observations × 8 variables ».

- Variable à expliquer : Taux de recirculation des boues [%].

Taux de recirculation des boues [%] = Débit recirculé [m³/j] / Débit d'entrée [m³/j].

- Variables explicatives : Rapports d'élimination de la pollution.

On associe à chaque variable, un code qui l'identifie. La liste des variables avec leurs codes sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau. 14: Codification des variables (Rapport-Rendement énergétique/journalier).

Variabiles	Codes associés
Taux de recirculation des boues	TRB
Rapport (MES)	R(MES)
Rapport (DBO5)	R(DBO5)
Rapport (DCO)	R(DCO)
Rapport (NH ₄ ⁺)	R (NH ₄)
Rapport (NO ₂ ⁻)	R (NO ₂)
Rapport (NO ₃ ⁻)	Rex (NO ₃)
Rapport (PO ₄ ⁻)	R (PO ₄)

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ Matrice de corrélation :

Tableau.15: Matrice de corrélation (Rapport- Taux de recirculation des boues /journalier).

corrélation	R(MES)	R(DBO)	R(DCO)	R(NH4)	R(NO2)	Rex(NO3)	R(PO4)	TRB
R(MES)	1,000							
R(DBO)	0,147	1,000						
R(DCO)	0,261	0,170	1,000					
R(NH4)	0,044	0,145	-0,026	1,000				
R(NO2)	0,022	-0,002	0,012	0,039	1,000			
Rex(NO3)	-0,065	-0,002	-0,067	0,310	-0,054	1,000		
R(PO4)	0,125	0,083	0,111	-0,091	0,007	-0,087	1,000	
TRB	0,030	0,022	0,112	0,078	0,047	0,060	-0,137	1,000

La matrice de corrélation a pour déterminant (0,713), nous déduisons qu'elle n'est pas singulière.

Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau. 16: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O (Rapport- Taux de recirculation des boues /journalier).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,545	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	110, 946
	ddl	28
	Signification de Bartlett	0,000

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice est médiocre.

La matrice de corrélation permet après diagonalisation de calculer les valeurs propres ainsi que la contribution à la variance en termes de pourcentage. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ **Variance expliquée par les valeurs propres :**

Tableau. 17: Variance totale expliquée (Rapport - Taux de recirculation des boues /journalier).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	1,495	18,690	18,690	1,495	18,690	18,690
2	1,408	17,596	36,286	1,408	17,596	36,286
3	1,092	13,652	49,938	1,092	13,652	49,938
4	0,995	12,433	62,372	,995	12,433	62,372
5	0,858	10,728	73,100			
6	0,804	10,055	83,154			
7	0,720	8,996	92,150			
8	0,628	7,850	100,000			

L'analyse de la variance totale expliquée, montre que quatre (4) composantes principales contiennent 63% d'informations.

★ **Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :**

Tableau VI. 18: Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Rapport - Taux de recirculation des boues /journalier).

corrélation	CP'			
	1	2	3	4
R(DCO)	0,678	0,181	0,199	-0,219
R(MES)	0,657	0,195	0,003	-0,035
R(PO4)	0,479	-0,250	-0,450	0,224
R(DBO)	0,470	0,384	-0,237	0,046
R(NH4)	-0,139	0,757	-0,230	0,212
Rex(NO3)	-0,356	0,620	-0,298	-0,020
TRB	0,025	0,409	0,686	-0,258
R(NO2)	0,081	0,048	0,425	0,884

En analysant la matrice de corrélation entre les CP' et les variables, on remarque que les variables R(DCO), R(MES) sont corrélées positivement avec la première composante. Et les variables R(NH4), Rex(NO3) sont corrélées positivement avec la deuxième composante.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Alors que le variable TRB, R (NO₂) sont corrélées avec la troisième composante et la quatrième composante respectivement.

Pour bien visualiser ces constats, on passe aux représentations graphiques en traçant les cercles de corrélation.

★ Cercles de corrélation :

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×3) :

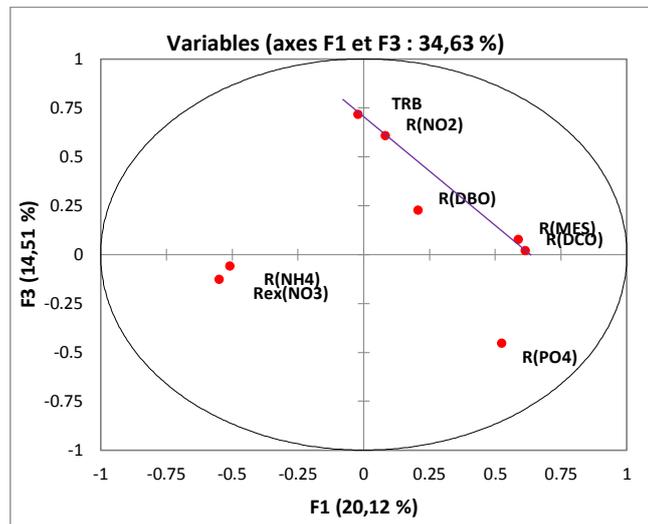


Figure. 7: Rapport - Taux de recirculation des boues /à l'échelle journalière [1×3].

A partir du cercle (1), formé par les axes principaux (1 et 3), on constate une disposition linéaire de variables R(MES), R(DCO),R(NO₂) et TRB .

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (2×4) :

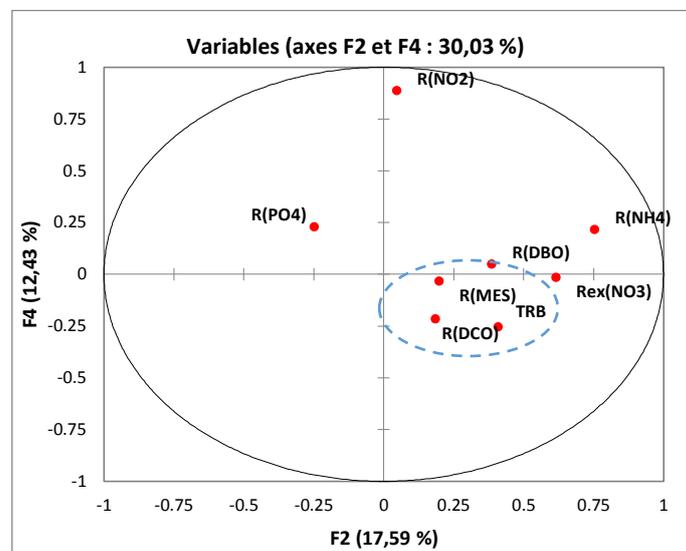


Figure. 8: Rapport - Taux de recirculation des boues /à l'échelle journalière [2×4].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Le cercle de corrélation formé par les axes principaux (2 et 4), montre la formation d'un groupe par rapport au deuxième axe, formé par Les composés R(MES), R(DCO),TRB, ceci confirme que le Taux de recirculation des boues est lié au rapport d'élimination de la matière organique .

3.3.2. Pas de temps mensuel :

➤ **Présentation des données :**

Après avoir calculé tout les rapports d'élimination pour chaque paramètre de pollution, on obtient un tableau de données «96 observations × 8 variables ».

★ **Matrice de corrélation :**

Tableau. 19: Matrice de corrélation (Rapport- Taux de recirculation des boues / mensuel).

corrélation	R(MES)	R(DBO)	R(DCO)	R(NO2)	Rex(NO3)	R(NH4)	R(PO4)	TRB
R(MES)	1,000							
R(DBO)	0,235	1,000						
R(DCO)	0,297	0,092	1,000					
R(NO2)	-0,008	-0,008	0,044	1,000				
Rex(NO3)	-0,098	0,088	-0,144	-0,077	1,000			
R(NH4)	0,161	0,242	0,111	0,137	0,303	1,000		
R(PO4)	-0,114	-0,124	0,113	-0,150	-0,031	-0,222	1,000	
TRB	-0,039	0,049	0,152	0,044	0,001	-0,076	-0,126	1,000

La matrice de corrélation a un déterminant (0,545), nous déduisons qu'elle n'est pas singulière.

Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau .20: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O (Rapport- Taux de la recirculation des boues /mensuel).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,475	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	82,129
	ddl	28
	Signification de Bartlett	0,000

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice est acceptable.

★ Variance expliquée par les valeurs propres :

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau. 21 : Variance totale expliquée (Rapport - Taux de recirculation des boues /mensuel).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	1,680	20,996	20,996	1,680	20,996	20,996
2	1,377	17,210	38,206	1,377	17,210	38,206
3	1,165	14,558	52,764	1,165	14,558	52,764
4	1,025	12,814	65,578	1,025	12,814	65,578
5	0,930	11,627	77,205			
6	0,759	9,486	86,690			
7	0,593	7,411	94,101			
8	0,472	5,899	100,000			

En examinant l'apport de chaque composante, on remarque que pour avoir près de 66% de la variance totale, il suffit de prendre en considération les (4) premières CP.

★ Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :

Tableau. 22 : Matrice de corrélation entre les CP' et les variables (Rapport - Taux de recirculation des boues /mensuel).

corrélation	CP'			
	1	2	3	4
R(NH4)	0,704	-0,359	0,113	-0,122
R(DBO)	0,619	-0,003	0,208	0,170
R(MES)	0,577	0,454	0,247	-0,186
Rex(NO3)	0,228	-0,686	0,269	0,341
R(DCO)	0,367	0,676	0,117	0,142
R(NO2)	0,234	-0,002	-0,644	-0,446
R(PO4)	-0,463	0,265	0,529	0,060
TRB	0,116	0,208	-0,516	0,780

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×4) :

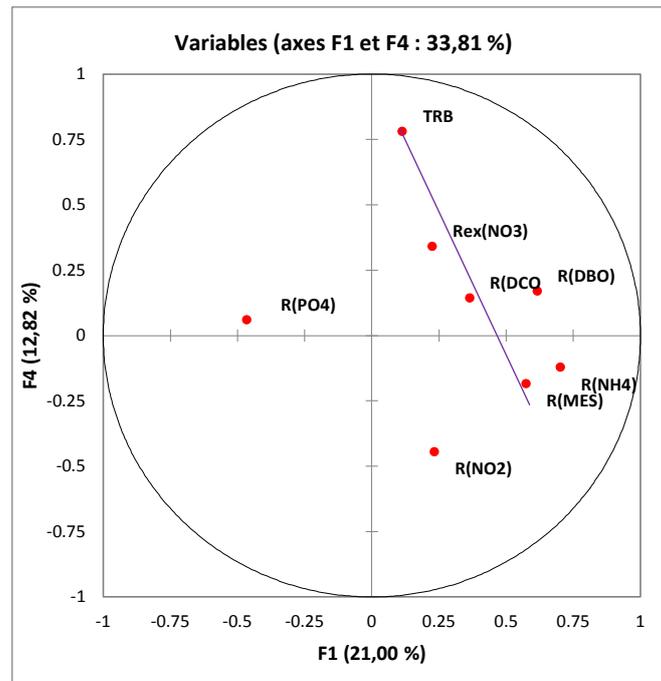


Figure.9: Rapport- Taux de recirculation des boues /à l'échelle mensuelle [1×4].

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×3) :

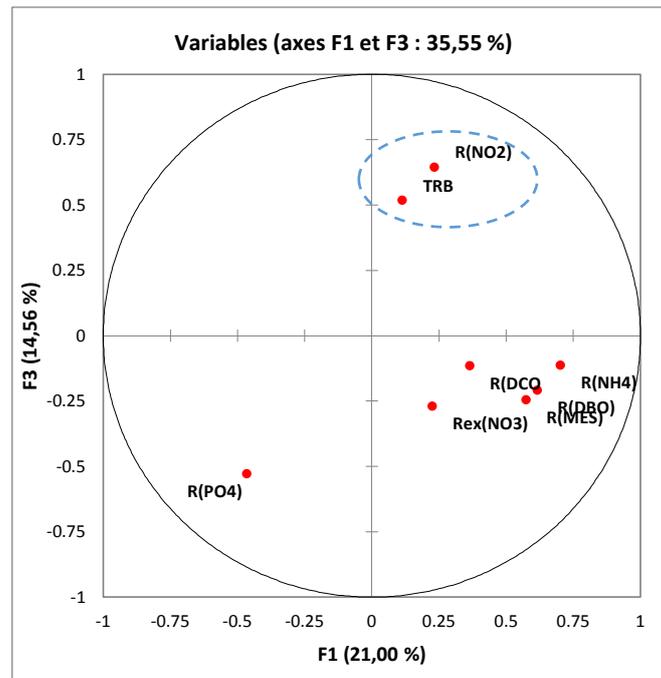


Figure.10: Rapport- Taux de recirculation des boues /à l'échelle mensuelle [1×3].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

En examinant le cercle (2), on constate un regroupement de variables composé de:TRB et R(NO₂) autour de l'axe (3), ceci confirme que l'élimination de nitrite se fait par un traitement biologique.

➤ **Conclusion :**

À partir des remarques et des résultats obtenus, on peut conclure que le bon rendement des pollutions carbonées au niveau des stations cumulées conduit à une recirculation excessive des boues, cette dernière a pour conséquence :

- Instabilité hydraulique en clarification.
- Surconcentration des boues dans le bassin d'aération.
- Surconsommation d'énergie.

3.4. Application de l'ACP sur les rapports d'élimination de pollution et les boues en excès:

3.4.1. Pas de temps journalier :

➤ **Présentation des données :**

Après avoir formé tous les rapports d'élimination pour chaque paramètre de pollution, on dispose d'un tableau de données « 263 observations × 8 variables ».

- Variable à expliquer : volume de boues en excès [m³].
- Variables explicatives : Rapports d'élimination de la pollution.

On affecte à la variable «volume de boues en excès» un code : Bex, et on garde la codification précédente des variables explicatives

★ **Matrice de corrélation :**

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Tableau.23: Matrice de corrélation (Rapport- volume de boues en excès /journalier).

corrélation	R(MES)	R(DBO)	R(DCO)	R(NH4)	R(NO2)	Rex(NO3)	R(PO4)	Bex (m3)
R(MES)	1,000							
R(DBO)	0,133	1,000						
R(DCO)	0,300	0,250	1,000					
R(NH4)	-0,029	0,108	-0,064	1,000				
R(NO2)	0,099	-0,060	-0,105	-0,064	1,000			
Rex(NO3)	-0,083	-0,018	-0,065	0,315	-0,066	1,000		
R(PO4)	0,170	0,050	0,111	-0,143	-0,055	-0,083	1,000	
Bex	0,075	0,010	-0,054	0,039	-0,052	0,166	0,126	1,000

La matrice des corrélations a un déterminant (0,632), Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau. 24: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O (Rapport-volume de boues en excès /journalier).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,527	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	118,430
	ddl	28
	Signification de Bartlett	0,000

On remarque que la signification de Bartlett tend vers (0.000), et le KMO globale de la matrice est médiocre.

★ Variance expliquée par les valeurs propres :

Tableau. 25 : Variance totale expliquée (Rapport- volume de boues en excès /journalier).

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	1,600	20,005	20,005	1,600	20,005	20,005
2	1,395	17,441	37,446	1,395	17,441	37,446
3	1,140	14,253	51,699	1,140	14,253	51,699
4	1,042	13,027	64,726	1,042	13,027	64,726
5	0,809	10,111	74,837			
6	0,768	9,601	84,438			
7	0,685	8,557	92,994			
8	0,560	7,006	100,000			

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

★ **Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :**

Tableau. 26 : Corrélation entre les CP' et les variables (Rapport- volume de boues en excès /journalier).

corrélation	CP'			
	1	2	3	4
R(DCO)	0,670	0,284	-0,280	-0,086
R(MES)	0,639	0,193	0,070	0,453
R(NH4)	-0,378	0,639	-0,241	0,197
Rex(NO3)	-0,443	0,615	0,131	0,142
R(DBO)	0,407	0,460	-0,372	-0,017
Bex (m3)	-0,018	0,388	0,725	0,111
R(PO4)	0,487	0,035	0,563	-0,164
R(NO2)	-0,007	-0,358	-0,025	0,855

En projetant les variables sur les plans factoriels formés par les axes principaux, on obtient les cercles de corrélation.

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×2) :

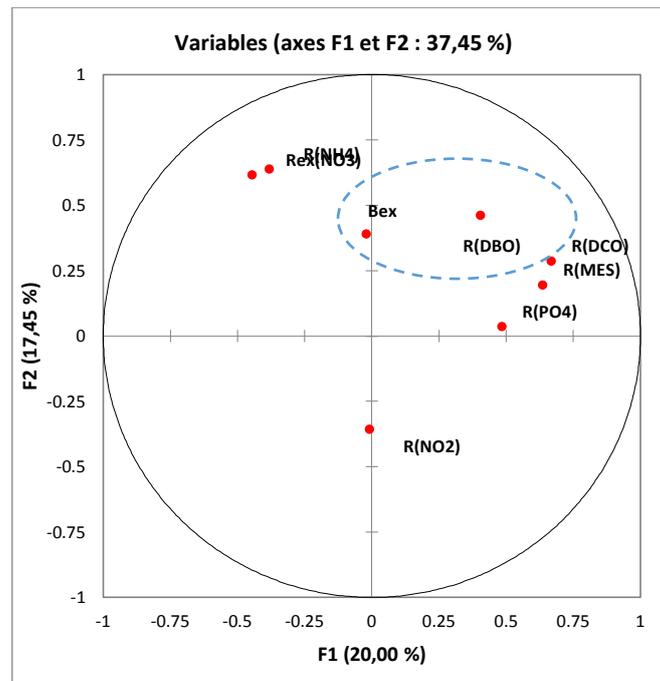


Figure. 11: Rapport –volume de boues en excès /à l'échelle journalière [1×2].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

En examinant le cercle (1), on constate un regroupement de variables composé de : R(DBO), Bex autour de l'axe (1), celui-ci montre que le volume d'extraction de boues est lié à la matière organique.

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (2×3) :

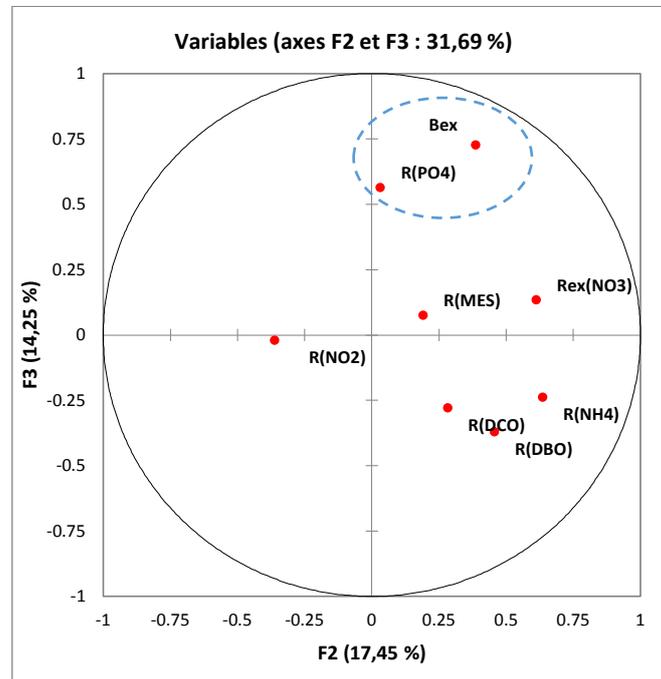


Figure. 12: Rapport –volume de boues en excès /à l'échelle journalière [2×3].

En examinant le cercle (2), on constate un regroupement de variables composé de : R(PO4), Bex autour de l'axe (3), celui-ci montre que le volume d'extraction de boues est lié au rapport d'élimination de l'orthophosphate.

3.4.2. Pas de temps mensuel :

Après avoir calculé tous les rapports d'élimination pour chaque paramètre de pollution, on obtient un tableau de données « 95 observations × 8 variables ».

➤ **Résultats de l'ACP :**

★ **Matrice de corrélation :**

La matrice des corrélations a un déterminant (0,536), Pour le test de sphéricité de Bartlett et l'indice K-M-O, les résultats obtenus sous SPSS sont résumés dans le tableau ci-après :

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Tableau. 27: Test de sphéricité de Bartlett et K-M-O (Rapport- volume de boues en excès /mensuel).

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.	0,540	
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	56,390
	ddl	28
	Signification de Bartlett	0,000

★ **Matrice de corrélation entre les CP' et les variables :**

Tableau. 28 : Corrélation entre les CP' et les variables (Rapport- volume de boues en excès / mensuel).

corrélation	CP'			
	1	2	3	4
R(NH4)	0,740	-0,133	-0,088	0,404
R(DBO)	0,641	-0,013	0,294	-0,372
R(DCO)	0,255	0,693	0,244	0,316
Rex(NO3)	0,333	-0,610	0,189	0,509
Bex	0,210	-0,593	0,218	-0,364
R(MES)	0,518	0,522	0,206	-0,222
R(NO2)	0,194	0,119	-0,730	0,121
R(PO4)	-0,446	0,081	0,581	0,318

En projetant les variables sur les plans factoriels formés par les axes principaux, on obtient les cercles de corrélation.

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

Cercle (1) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×3) :

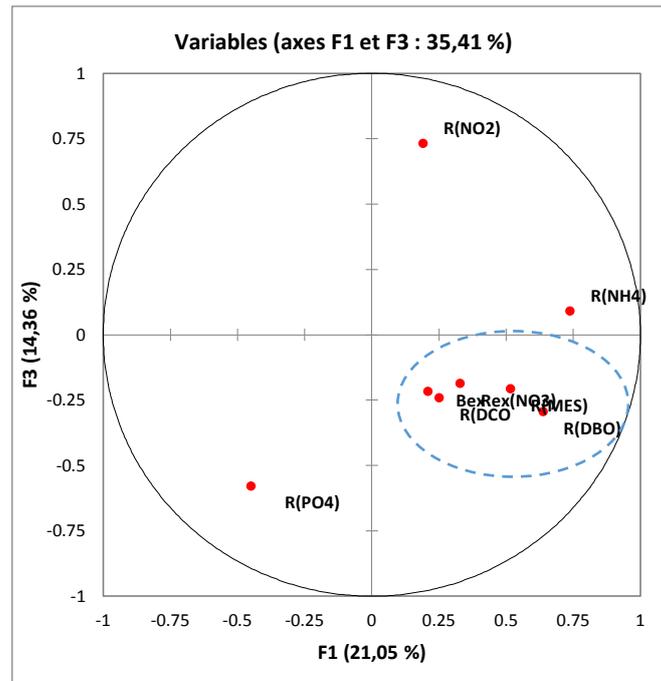


Figure. 13 : Rapport – volume de boues en excès /à l'échelle mensuelle [1×3].

Cercle (2) : Projection des variables sur le plan factoriel (1×4) :

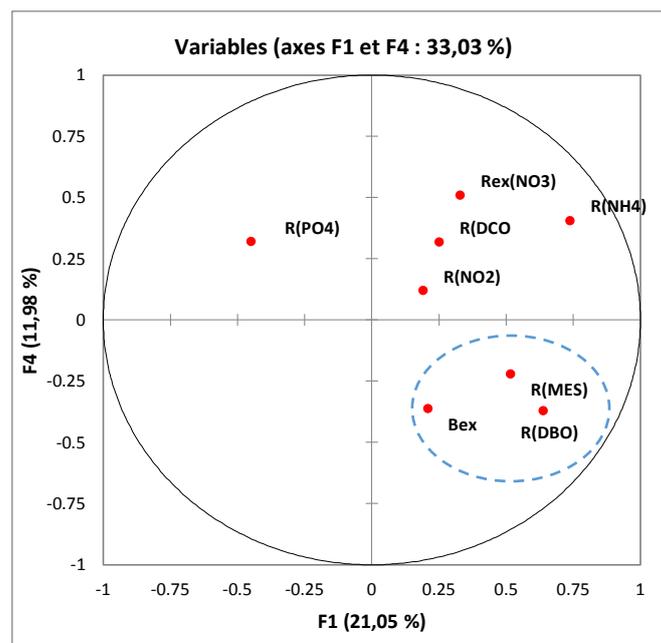


Figure. 14 : Rapport – volume de boues en excès /à l'échelle mensuelle [1×4].

Application de l'ACP sur les données cumulées de la STEP de Boumerdes et de Tipaza

En examinant les cercles (1) et (2), On remarque bien que la variable Bex est regroupée avec les variables R(MES), R(DBO), R(DCO) et Rex(NO3) Partant de là, on peut dire que le volume de boues en excès est lié au rapport d'élimination de la matière organique.

➤ Conclusion :

À partir de l'analyse des paramètres au pas de temps journalier et mensuel, on peut dire que l'épuration biologique au niveau des stations cumulées aboutit de façon incontournable, à une production de boues en excès dans le système, qui doit être évacuée pour éviter l'accumulation des boues dans le **bassin d'aération**, celle-ci conduit aux inconvénients suivants:

- Surconsommation d'oxygène induisant des surconsommations d'énergie.
- difficultés de brassage liées à la viscosité croissante de la boue activée.
- surconcentration des boues.

Conclusion générale

L'aspect aléatoire des paramètres étudiés et leur complexité ne peuvent être expliqués par un modèle linéaire tel que proposé par l'ACP, ceci explique les faibles indices de factorisation obtenus .

Une accumulation des données a pour le but d'agrandir la taille d'échantillon, afin d'améliorer ce modèle linéaire pour le diagnostic des STEP.

Notre étude s'intéresse principalement aux paramètres: quantité de boues à recycler vers les bassins d'aération et le volume d'extraction des boues durant le processus d'épuration, en effectuant une analyse en composantes principales (ACP) sur l'ensemble des paramètres des stations cumulées.

L'application de l'Analyse en composantes principales aux différents paramètres des stations cumulées à différents pas de temps a permis d'obtenir :

- Une recirculation excessive des boues au niveau des stations cumulées qui a pour conséquence : instabilité hydraulique en clarification, Surconcentration des boues dans le bassin d'aération.
- L'épuration biologique au niveau des stations cumulées aboutit de façon incontournable, à une production de boues en excès dans le système.

Dans cette perspective, et pour mieux gérer les stations d'épuration à boues activées, il est nécessaire que :

- La concentration des boues du bassin doit être adaptée à la charge de pollution reçue par la station.
- Le réglage de recirculation peut être validé selon les deux approches suivantes : respect d'un temps de séjour maximum des boues dans le clarificateur, maintien d'une concentration correcte dans le bassin d'aération.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bernard BAUDOT, Prudencio PERERA, « Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités », Office des publications officielles des Communautés européennes, Office international de l'eau 2001.
- [2] «Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination», AMORCE, Série Technique DT 51 Novembre 2012.
- [3] Joseph PRONOST, Rakha PRONOST, Laurent DEPLAT, Jacques MALRIEU, Jean-Marc BERLAND, «Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation »,Document technique, FNDAE N° 22 bis Décembre 2002.
- [4] Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène, Cécile Lagrange, Abdel Lakel, Alain Liénard, Dominique Orditz, « Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités »,Document technique 1997.
- [5] «Conception et Dimensionnement :Nitrification - Dénitrification – Déphosphatation», Office international de l'eau 2005.
- [6] «Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées », Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, Document technique, FNDAE N° 29.
- [7]DESHAYES Matthieu, « Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés », Mémoire de Projet de Fin d'Etudes, Année universitaire 2007/2008 .INSA Strasbourg.
- [8] C.GOMELLA et H. GUERREE, « les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : Le traitement », 1978 Paris.
- [9] «Les différents types de boues d'épuration et leurs traitements», fiche technique, assainissement. ADEME.
- [10] Y.THARRAULT, « Diagnostic de fonctionnement par analyse en composantes principales : Application à une station de traitement des eaux usées», Thèse de Doctorat ,Institut National Polytechnique de Lorraine, 11 Décembre 2008.

BIBLIOGRAPHIE

- [11] HAMRICHE, « Contribution à l'étude et à la simulation des paramètres hydrométriques par l'analyse en composantes principales (ACP) », Mémoire de Projet de Fin d'Etude, ENP Alger, 1993.
- [12] A. BERMAD, « Elaboration d'une méthodologie de simulation et de prévision des variables climatologiques aléatoires et cycliques par l'analyse en composantes principales ». Thèse de doctorat d'Etat, ENP 2004.
- [13] METAHRI. Mohammed Saïd, «Elimination simultanée de la pollution azoté et phosphatée des eaux usées par des procédés mixtes», Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, 2012.
- [14] «Conception et Dimensionnement :caractérisation des eaux usées», Office international de l'eau 2005.
- [15] «La pollution et l'épuration de l'eau », Agence de l'eau Loire-Bretagne.
- [16] DJEDDI. Hamsa, Université Mentouri Constantine, « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines », Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 2006/2007.
- [17] Khalid EL AMRANI, « La pollution de l'eau et ses impacts », Formation, (Eau & Développement Durable), 22-23 novembre 2007.
- [18] Bernard PY, « Statistique descriptive, Nouvelle méthode pour bien apprendre et Réussir ». 4^{ème} édition. Ed ECONOMICA, Paris, 1999.
- [19] Frédéric Dazy, Jean -François le Barzic, « L'analyse des données évolutives, méthodes et applications », éditions Technip, Paris 1996.
- [20] Jean Marie Bourche et Gilbert Saporta « L'analyse des données », 2^{ème} édition. 1983.
- [21] Jean de Lagarde, « Initiation à l'analyse des données », 3^{ème} édition, Paris, 1998.
- [22] Ludovic Lebart, Alain Morineau, Marie Piron, « Statistique exploratoire multidimensionnelle », 2^{ine} édition, Paris, 1997.

BIBLIOGRAPHIE

- [23] Abolghasem ALIGHARDASHI, «Composés pharmaceutiques et eaux usées urbaines», Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2007.
- [24] K. Djabelkhir, «Contribution à la Réhabilitation de la Station d'Épuration de STAOUELI», Mémoire de Projet de Fin d'Étude, ENP Alger, 2007.
- [25] Ludovic LE MOAL «L'Analyse en Composantes Principales », 2002.
- [26] Claire Durand, « L'analyse factorielle et l'analyse de fidélité», juillet 2005.
- [27] «Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface », Cadre général Fiche 2. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement/observatoire des données de l'environnement
- [28] BELAHMADI Mohamed Seddik Oussama, « étude de la biodégradation du 2.4-dichlorophénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad », Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée et biotechnologie microbienne, université Mentouri, 16 Juin 2004.
- [29] Philippe Duchène « Dysfonctionnement biologiques dans les stations d'épuration a boues activées », Actes du colloque Lyon-21 octobre 1994.
- [30] A.BLANDIN et J.MERESSE, pôle environnement Laurent Burget-Mountain Riders.
- [31] Site Web de la Fondation de l'Eau Potable Sûre www.safewater.org