

Sommaire

LISTE DES ABRÉVIATIONS	i
LISTE DES TABLEAUX	ii
LISTE DES FIGURES	ii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	2
1. La pollution des eaux usées.....	3
1.1. Introduction	3
1.2. Les principaux polluants des eaux.....	4
1.3. Normes marocaines pour les rejets indirects	8
2. Les principaux types de traitement des eaux usées	8
2.1. Épuration par cultures libre	9
2.2. Épuration par filtres à sable	9
2.3. Épuration par lagunages	9
3. Biodégradabilité des rejets	10
CHAPITRE 2 : PARTIE EXPÉRIMENTALE	11
1. Présentation de l'installation de traitement	12
1.1. Les éléments de l'ouvrage	14
1.2. Origines des l'effluents à traiter au sein de la CBGS	23
2. Échantillonnage	24
3. Analyse des échantillons	24
3.1. Les mesures des paramètres physico-chimiques de la STEP	24
3.2. Le polyélectrolyte	27
4. Méthodologie des plans d'expérience	28
4.1. Stratégie dans le choix des méthodes d'expérimentation.....	29
4.2. Méthode de surface de réponse	30
4.3. Les types de matrices de surface de réponses.....	31
4.4. Plans composites centrés	31
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	33
1. Diagnostique de la STEP.....	34
2. Suivi des paramètres et calcul du rendement	35
3. Optimisation de la dose du polyélectrolyte et du pH.....	37
3.1. Analyse des résultats et les effets des facteurs sur l'abattement de la DCO	38
3.2. Analyse des résultats et les effets des facteurs sur l'abattement de la MES.....	41

3.3. Conclusion :	44
4. Ajustement du ratio C/N/P	44
5. Augmentation du taux de recirculation	46
6. Ajustement : ratio C/N/P et taux de recirculation.....	47
7. Taux d'abattement des différents paramètres.....	48
CONCLUSION GENERALE.....	51

LISTE DES ABRÉVIATIONS

DCO : Demande Chimique en Oxygène (mg O₂/L)

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène en cinq jours (mg O₂/L)

MES : Matières En Suspensions (mg/L).

COT : Carbone organique total (ppm C).

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

PCB : Polychlorobiphényles.

V₃₀ : volume de boue décantée au bout de 30 minutes.

Nt : Azote total.

Pt : Phosphore total.

UV : Ultra-violet

NTK : Azote Total Kjeldahl

CL50 : Concentration Létale pour 50% des individus présents.

O_x : Oxyde.

U_{ij} : Variable naturelles (plan d'expérience).

U₀ : la valeur au centre en unité courante

X_{ij} : Variable codées sans dimension (plan d'expérience).

N (Chap.2) : Nombre d'expériences.

k (Chap.2) : Nombre de facteurs.

[Poly] : Concentration du polyélectrolyte.

R.DCO : Rendement de DCO en %.

R.MES : Rendement de MES en %.

Q : Débit hydraulique moyen (m³/h).

C_v : Charge volumique (DCO/j/m³).

T_s : Temps de Séjour hydraulique.

IB : Indice de Boue.

C/N/P : Carbone / Azote / Phosphore.

ANOVA : ANalyse Of VAriance.

R₂ et R_{2A} : des coefficients de la qualité d'ajustement du model (plan d'expérience).

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : NORMES MAROCAINES POUR LES REJETS INDIRECTS	8
TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DU PROBLEME.....	32
TABLEAU 3 : DOMAINE EXPERIMENTAL	32
TABLEAU 4 : REPONSE(S) EXPERIMENTALE(S).....	32
TABLEAU 5 : LES PARAMETRES TECHNIQUES DE LA STEP	34
TABLEAU 6 : SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STEP.....	35
TABLEAU 7 : TAUX D'ABATTEMENTS DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE AVANT L'OPTIMISATION	36
TABLEAU 8 : MATRICES D'EXPERIENCES	37
TABLEAU 9 : LES COEFFICIENTS DU MODELE	38
TABLEAU 10 : ESTIMATIONS ET STATISTIQUES DES COEFFICIENTS : REPONSE Y1 : R.DCO	38
TABLEAU 11 : LES COEFFICIENTS DU MODELE	39
TABLEAU 12 : TABLEAU DES RESIDUS : REPONSE : R.DCO.....	39
TABLEAU 13 : ANALYSE DE LA VARIANCE : REPONSE Y2 : R.MES	41
TABLEAU 14 : ESTIMATIONS ET STATISTIQUES DES COEFFICIENTS : REPONSE Y2 : R.MES	41
TABLEAU 15 : LES COEFFICIENTS DU MODELE	42
TABLEAU 16 : TABLEAU DES RESIDUS : REPONSE Y2 : R.MES	42
TABLEAU 17 : COORDONNEES DU MAXIMUM.....	44
TABLEAU 18 : CARACTERISTIQUES DU MAXIMUM	44
TABLEAU 19 : VALEURS PARAMETRES AVEC RATIO 100/1.5/0.6 ET LE RATIO 100/5/1	45
TABLEAU 20 : VALEURS DES PARAMETRES AVEC RECIRCULATION 18% ET 25%	47
TABLEAU 21 : VALEURS DES PARAMETRES AVEC LES AJUSTEMENTS 100/1.5/0.6 – 18% ET 100/5/1 - 25%	48
TABLEAU 22: POURCENTAGE D'ABATTEMENT DES PARAMETRES APRES OPTIMISATION.....	49
TABLEAU 23: POURCENTAGE D'ABATTEMENT DES PARAMETRES APRES OPTIMISATION	49

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : SCHEMA TECHNIQUE DE LA STEP	12
FIGURE 2 : LES ARMOIRES DE L'AUTOMATE	13
FIGURE 3 : L'ENTREE DU DEGRILLEUR.....	15
FIGURE 4 : TAMIS.....	16
FIGURE 5 : BASSIN D'HOMOGENEISATION	17
FIGURE 6 : BIORÉACTEUR	19
FIGURE 7 : BASSIN DE CLARIFLOCULATION	21
FIGURE 8 : RECIRCULATION DES BOUES PAR LA CONDUITE	23
FIGURE 9: SCHEMA D'ACTION D'UN POLYELECTROLYTE CATIONIQUE : PONTAGE ET ACTION COAGULANTE.....	27
FIGURE 10 : TAUX D'ABATTEMENT DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE AVANT OPTIMISATION	36
FIGURE 11: ETUDE DES RESIDUS DE LA REPONSE (NUAGE DE POINT) : Y1 : R.DCO	40
FIGURE 12 : ETUDE DES RESIDUS DE LA REPONSE (DROITE D'HENRY) : Y1 : R.DCO	40
FIGURE 13: ETUDE DES RESIDUS DE LA REPONSE (NUAGE DE POINT) : Y2: R.MES	43
FIGURE 14: ETUDE DES RESIDUS DE LA REPONSE (DROITE D'HENRY) : Y2: R.MES	43
FIGURE 15 : TAUX D'ABATTEMENT DES PARAMETRES PHYSIQUEO-CHIMIQUE APRES OPTIMISATION	49

INTRODUCTION

Le Maroc se trouve face à d'importants problèmes environnementaux, en raison de l'évacuation d'effluents urbains et industriels non traités dans les cours d'eau et dans la mer. Le nombre de stations d'épuration des eaux usées qui fonctionnent dans le pays est très limité, bien que les quantités d'effluents soient en constante augmentation.

Les volumes annuels des rejets des eaux usées ont fortement augmenté au cours des trois dernières décennies. Ils sont passés de 48 millions à 600 millions de m³ entre 1960 et 2005 pour atteindre 700 millions en l'an 2010. Concernant la réutilisation des eaux usées épurées, seul 12% sont réutilisées actuellement. L'usage de ces eaux usées traitées touche le secteur agricole (couvrant en 2011 une superficie d'environ 550 hectares et atteindra 4000 hectares à l'horizon 2020), l'arrosage des golfs et des espaces verts, la recharge des nappes et le recyclage en industrie.

Tous les secteurs de l'industrie, toutes les activités commerciales laissent une empreinte sur l'environnement du fait qu'ils utilisent de l'énergie ou des matières premières, produisent des déchets ou des effluents que l'on retrouve ensuite dans le milieu naturel. De tels impacts peuvent survenir au niveau local, transfrontalier ou mondial et comporter des implications pour la santé.

Il existe des techniques pour épurer les eaux, s'appliquant tant au traitement des eaux usées qu'à la production d'eau potable. Ces dernières années, de nombreuses avancées en recherche et développement ont été nécessaires pour faire face à la complexité croissante de la pollution, quelle qu'en soit sa source. Les nouveaux engrains mis sur le marché, ainsi que la prise de conscience et l'identification de nouvelles sources de pollutions industrielles mais également pharmaceutiques, posent en effet de nouveaux défis technologiques à l'épuration.

Aujourd'hui, les entreprises industrielles doivent relever de nombreux défis dans le domaine de l'environnement : la protection des ressources, l'optimisation des consommations, la maîtrise des coûts, la sécurisation des outils de production, la traçabilité des déchets. En confiant aux spécialistes les défis liés au cycle de l'eau et à celui des déchets, elles peuvent se consacrer pleinement à leur métier et assurer le succès de leurs engagements.

Le présent travail est effectué dans la STEP de la CBGS, inaugurée en 2011 et qui accueille plus de 300 m³/j. cette station d'épuration à boues activées a été le sujet de mon travail qui a porté sur le suivi et le diagnostic des paramètres influents de la station, qui permettront par la suite l'amélioration et l'optimisation du rendement de la STEP, traduit en une très bonne qualité d'eaux traitées et réutilisées. En se basant sur des techniques et des outils récents pour mener à bien ce travail et avec l'aide des opérateurs s'occupant du maintien du bon fonctionnement de la station.

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. La pollution des eaux usées

1.1. Introduction

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel (cours d'eau, mer).

Les 3 principales sources de pollution sont :

- *les rejets urbains*

Résultant de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages, des activités domestiques, artisanales et tertiaires ainsi que du ruissellement des eaux pluviales dans les zones urbaines,

- *les rejets agricoles*

Résultant de la percolation des eaux de pluie dans les sols et de son ruissellement, de l'épandage de produits chimiques sur les sols, des activités maraîchères et des élevages,

- *les rejets industriels*

Les effluents liquides d'un établissement industriel ne peuvent généralement pas être rejetés dans le milieu naturel sans avoir subi préalablement un prétraitement ou un traitement. Les valeurs limites de rejet sont déterminées en fonction de valeurs limites fixées au niveau national et des capacités d'acceptation du milieu récepteur, en l'occurrence le cours d'eau ou la station d'épuration collective. Leurs teneurs en matière organique et composés chimiques sont imposées dans le cadre de la procédure d'autorisation et de déclaration de certaines installations industrielles dites installations classées pour la protection de l'environnement. Cette réglementation est exclusive et les installations concernées ne sont pas soumises à la procédure de la loi sur l'eau mais doivent néanmoins respecter les principes édictés par cette loi.

1.2. Les principaux polluants des eaux

- **La pollution organique**

Un composé organique est caractéristique de toute matière vivante ou issue d'une matière qui a été vivante, et/ou contient du carbone. Un végétal, un excrément, mais aussi des hydrocarbures et des substances issues de la chimie (pesticides, solvants) sont des matières organiques. La plupart des matières organiques ne deviennent polluantes que lorsqu'elles sont en excès dans le milieu notamment dans le milieu aquatique. On distingue, d'une part, les matières organiques biodégradables qui se décomposent dans le milieu naturel. C'est le cas des polluants d'origine humaine les plus classiques (excréments humains ou animaux, résidus des activités agricoles...) qui peuvent générer divers problèmes (odeurs, consommation d'oxygène) et surtout être associées à des micropolluants bactériens. D'autre part les matières organiques non biodégradables (hydrocarbures..).

L'importance de l'oxygène dans l'eau est une variable déterminante pour la vie aquatique. On la mesure avec trois paramètres :

- La teneur en oxygène dissous.
- La demande chimique en oxygène (DCO) : elle représente la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour oxyder les substances organiques dissoutes ou en suspension. Lorsque des matières organiques sont présentes dans l'eau, leur oxydation entraîne une chute de la quantité d'oxygène dissous, ce qui peut nuire, en cas d'excès, à la survie de la faune et la flore.
- La Demande Biologique en Oxygène (DBO5) : elle la DBO mesure le caractère biodégradable des matières organiques. Elle représente la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes après 5 jours d'incubation pour oxyder les matières organiques biodégradables.

- **Les macro-polluants**

Les macro-polluants sont des molécules de grande taille (par rapport aux micropolluants), qui sont soit naturellement présents dans l'eau, soit apportés par l'activité humaine mais qui ne présentent pas d'inconvénient pour la vie aquatique, l'écosystème aquatique ou l'aptitude d'une eau destinée à la consommation humaine, tant qu'elles restent à des niveaux ou des concentrations limitées.

- **La pollution par les matières en suspension (MES)**

Elles sont minérales ou organiques, biodégradables ou non. Leur principal effet est de troubler l'eau : c'est la turbidité. La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau, tant pour la vie aquatique (car elle réduit la transparence, empêche la pénétration de la lumière, ce qui a pour effet de freiner la photosynthèse, élément important de la croissance des plantes) que pour la production d'eau potable (car elle réduit l'efficacité des traitements de potabilisation de l'eau). Les MES conduisent aussi à des fermentations contribuant aux carences en oxygène, et ont des effets mécaniques sur les poissons par colmatage des branchies (chez les poissons).

- **La pollution toxique**

Certaines substances présentes dans les rejets industriels peuvent, même à dose infinitésimale, être dangereuses pour le milieu aquatique et pour l'homme (en cas de baignade ou d'ingestion). Les pollutions toxiques peuvent être classées en deux groupes suivant leur origine : les produits d'origine minérale, tels que les métaux ou métalloïdes (mercure, cadmium, plomb, arsenic...) ; les produits d'origine organique (produits de synthèse, dérivés nitrés...).

- **La pollution azotée et phosphorée**

L'azote et le phosphore sont ce qu'on appelle en agronomie deux facteurs limitant la capacité de développement des plantes terrestres et aquatiques. S'il y a beaucoup d'azote et peu de phosphore, le phosphore sera limitant, empêchera le développement des plantes. A l'inverse, s'il y a beaucoup de phosphore et peu d'azote, l'azote sera limitant. Quand il y a les deux, les plantes se développent. L'azote et le phosphore sont à la base des engrains agricoles.

Ils ne doivent cependant pas être excessifs dans l'eau. Dans l'eau de surface, ils peuvent provoquer une prolifération végétale (eutrophisation), qui va à son tour entraîner une demande d'oxygène, et donc un appauvrissement en oxygène dans l'eau et, à terme, une diminution, voire la disparition, de la faune piscicole.

L'**azote** (symbole chimique N) a la faculté de changer très facilement de forme chimique, en s'associant à des molécules d'oxygène ou d'hydrogène. L'azote et l'hydrogène forment l'ammoniaque NH_4^+ . L'azote, en consommant de l'oxygène, forme des nitrites (NO_2^-) ou des nitrates (NO_3^-).

Ces éléments contribuent à des situations d'anoxie des milieux aquatiques et peuvent favoriser une eutrophisation des écosystèmes.

L'agriculture et la chimie industrielle apportent les plus grosses contributions à ce type de pollution.

Le **phosphore**, (symbole chimique P) comme l'azote, entraîne une prolifération d'algues grandes consommatrices d'oxygène, ce qui peut conduire à asphyxier les milieux aquatiques (eutrophisation).

Le phosphore a pour principale origine l'agriculture et les rejets domestiques. Mais l'industrie en rejette également du fait de la présence de phosphore dans certains réactifs de laboratoire et dans les eaux de rinçage après utilisation d'une lessive.

- **Les micropolluants**

Le terme micropolluant désigne un composé minéral ou organique dont les effets sont toxiques à très faible concentration.

Ces micropolluants contaminent les cours d'eau soit par apport direct, par ruissellement, par érosion, soit indirectement par la pluie. On distingue aussi des apports ponctuels avec des sources clairement identifiées (rejets industriels, pollution accidentelle, rejets des eaux usées domestiques) et des sources diffuses, liées aux activités agricoles ou aux pluies (les pesticides, épandus sur de très larges surfaces, sont transportés dans l'atmosphère et retombent avec les pluies).

On distingue quatre types de micropolluants:

a) Les métaux : Les métaux sont naturellement présents dans les roches et les sols. La présence de gisements métallifères contribue à la contamination métallique des eaux. Néanmoins, l'essentiel provient des apports d'origine industrielle, qu'il s'agisse des exploitations minières ou des activités industrielles à travers le temps.

Les éléments métalliques surveillés sont le fer, le chrome, le zinc, le nickel, qui sont utiles au monde vivant en très faible quantité, et les métaux lourds, dont on ne connaît aucune utilité pour l'homme, et qui ont la propriété de s'accumuler dans la chaîne alimentaire : mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc.

Etendue :

Coefficient de variation

Vue la non homogénéité des matières premières, l'homogénéisation de la farine crue est très importante pour avoir une farine régulière afin d'obtenir un bon clinker.

Les résultats des analyses des échantillons prélevés de la farine à la sortie du broyeur et l'entrée four nous permet de calculer l'écart type et le coefficient de variation. On a comparé les résultats obtenus avec les valeurs garanties par le fournisseur on constaté que le silo est efficace, il garanti une bonne homogénéisation de la farine crue

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Rapport Gratuit.Com

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Les étapes d'une étude par plan d'expériences sont rappelées ici :

- Définition des objectifs et des réponses,
- Choix d'une stratégie expérimentale,
- Définition des facteurs,
- Définition du domaine expérimental,
- Définition du modèle empirique,
- Construction du plan d'expériences,
- Expérimentation,
- Analyse globale des résultats d'essais,
- Analyse mathématique des résultats d'essais,
- Analyse statistique du modèle,
- Analyse graphique du modèle,
- Validation du modèle et des informations obtenues.

4.3. Les types de matrices de surface de réponses

- Les plans composites centrés proposés par G.E.P. Box et K.B. Wilson en 1951
- Les plans proposés par G.E.P. Box et D.W. Behnken en 1960
- Les réseaux uniformes proposés par D.H. Doehlert en 1970

Il est possible de calculer le nombre de traitements expérimentaux N de manière générale pour les plans composites centrés et les réseaux de Doehlert. En revanche pour les plans proposés par Box et Behnken, le nombre N de traitement ne peut être calculé de manière générale.

Pour les plans composites centrés on obtient pour k facteurs :

$$N = 2^k + 2k + 1$$

Et pour les réseaux de Doehlert on a pour k facteurs :

$$N = k^2 + k + 1$$

Bien qu'il y ait eu d'autres développements méthodologiques, proposant parfois des matrices d'expériences d'excellente qualité, ce sont ces trois dispositifs expérimentaux que l'on cite le plus régulièrement et que l'on rencontre le plus fréquemment dans les logiciels.

4.4. Plans composites centrés

Le plan d'expériences utilisé pour notre cas est le plan Composite qui est un plan dont un polynôme de 2ème degré (contenant un effet moyen général, des effets linéaires, des effets d'interactions mais aussi des effets quadratiques) permettant de donner une bonne

modélisation du phénomène étudié, un tel plan est dit plan pour surface de réponse. Ce choix a été motivé par le fait que notre but est surtout d'optimiser les paramètres de la marche des bas produits, ce qui impose l'utilisation d'un plan de surface de réponse qui est fortement dépendant d'un choix du modèle polynomial, en l'occurrence un modèle de deuxième degré incluant aussi les effets dits quadratiques. Ce modèle est donc donné explicitement par :

$$Y = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_{1-1} * (X_1 * X_1) + b_{2-2} * (X_2 * X_2) + b_{1-2} * (X_1 * X_2)$$

b0 : effet moyen

b1 : effet du polyélectrolyte

b2 : effet du pH

b1-1 : effet quadratique du polyélectrolyte

b2-2 : effet quadratique du pH

b1-2 : interaction entre le polyélectrolyte et le pH

Tableau 2 : Caractéristiques du problème

Objectif de l'étude	Etude dans un domaine expérimental: Surface de Réponses
Nombre de variables	2
Nombre d'expériences	11
Nombre de coefficients	6
Nombre de réponses	2

Tableau 3 : Domaine expérimental

	Facteur	Unité	Centre	Pas de variation
<i>U1</i>	[poly]	g/l	3.6	0.2
<i>U2</i>	pH		7.0	1.0

[Poly]: concentration du polyélectrolyte.

Tableau 4 : Réponse(s) expérimentale(s)

	Réponse	Unité
<i>Y1</i>	<i>R.DCO</i>	%
<i>Y2</i>	<i>R.MES</i>	%

R.DCO : Rendement de DCO en %

R.MES : Rendement de MES en %

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Objectif de l'étude

- Réaliser un diagnostic de la STEP et un suivi des paramètres physiquo-chimique pour détecter les points des anomalies.
- Utiliser l'outil Nemrod pour les expérimentations
- Proposer et apporter des améliorations a son fonctionnement.

1. Diagnostique de la STEP

Tableau 5 : Les paramètres techniques de la STEP

Paramètres	Valeurs
Débit Q	10 m³/h
Charge volumique Cv	1.7 Kg de DCO/j/m³
Rapport DCO/DBO ₅	2.3
Temps de séjours hydraulique Ts	30h
7 D X oxygène gène dissout dans le réacteur	2 mg/l
Indice des boues IB	42 ml/g
Ratio C/N/P	100/1.5/0.6
Taux de recirculation des boues	18%

Dans ce (tableau 5) on peut voir clairement que l'indice de boues est très bas 42ml/g (pour une bonne croissance de boues, l'IB doit être entre 80ml/g et 150ml/g) ce qui favorise la croissance dispersée des boues et donc une élimination des boues au niveau du clarificateur moins efficace que rapide. le IB n'est pas le seul problème puisque le ratio C/N/P est loin de la valeur nécessaire pour ce type de traitement qui doit être de 100/5/1 au lieu de 100/1.5/0.6 ceci indique un apport non adéquat des nutriments injectés sous forme d'Urée et de Phosphate d'ammonium et par conséquent l'activité bactériologique ne sera pas optimale et le taux d'oxygène dissout qui se trouve à un niveau bas 2mg/l confirme la mauvaise digestion des bactéries hétérotrophe. Il faudra donc procéder à un ajustement de l'apport en nutriments et l'augmentation du taux d'oxygène dissout. L'indice de boues ne fait pas l'exception alors une

augmentation de la recirculation est primordiale. Sans oublier qu'on note déjà la présence d'un problème qui est le phénomène de moussage au niveau du bioréacteur.

2. Suivi des paramètres et calcul du rendement

Un suivi des différents paramètres de la STEP était nécessaire pour établir des valeurs permettant le calcul du rendement actuel de la station, d'identifier les éventuels problèmes et les points faibles et par la suite procéder à l'optimisation du rendement en agissant précisément sur les paramètres influençant le procédé de traitement.

Le suivi a été fait sur 30 jours et a permis d'évaluer le rendement de la station à savoir DCO, DBO5 et MES en terme de concentration (*tableau 6*). Quoique les paramètres Nt et Pt sont aussi d'une grande importance, ils n'ont pas été pris en considération à l'entrée de la STEP à cause de la faible teneur des effluents en éléments azoté et phosphaté.

Tableau 6 : Suivi des paramètres physico-chimiques de la STEP

	<i>Entrée Step</i>	<i>Réacteur biologique</i>	<i>Sortie Step</i>
<i>T° (°C)</i>	29.6	30.1	32.3
<i>pH</i>	10.83	7.9	7.49
<i>DCO (mgO/l)</i>	2420	3220	680
<i>DBO5 (mgO/l)</i>	1049	1845	269
<i>MES (mg/l)</i>	328	2560	98
<i>Nt (mg/l)</i>	9.5	23.1	4.08
<i>Pt (mg/l)</i>	4.3	10.4	2.10

A l'entrée de la STEP (*tableau 6*) on note d'une part un pH très basique du fait que l'eau est très riche en soude issue du cycle de lavage/rinçage des bouteilles et la température est moyennement élevée, d'autre part la DCO, DBO5 et les MES sont en grande concentration puisque l'eau est trop chargée. Le Nt et Pt sont en faible concentration. A la sortie (*tableau 6*) la température sont en valeur acceptable mais en ne peu dire autant de la DCO, de la DBO5 et des MES qui sont respectivement de 680mg/l, 269mgO/l et 98mg/l, ces dernières valeurs sont toujours dans les normes marocaines des rejets indirect cependant en terme de rendement ces

valeurs sont loin d'être idéals. Au niveau du réacteur biologique toutes les valeurs ont considérablement augmentées du fait que la liqueur mixte est trop chargée en éléments organique et aussi en matières en suspension.

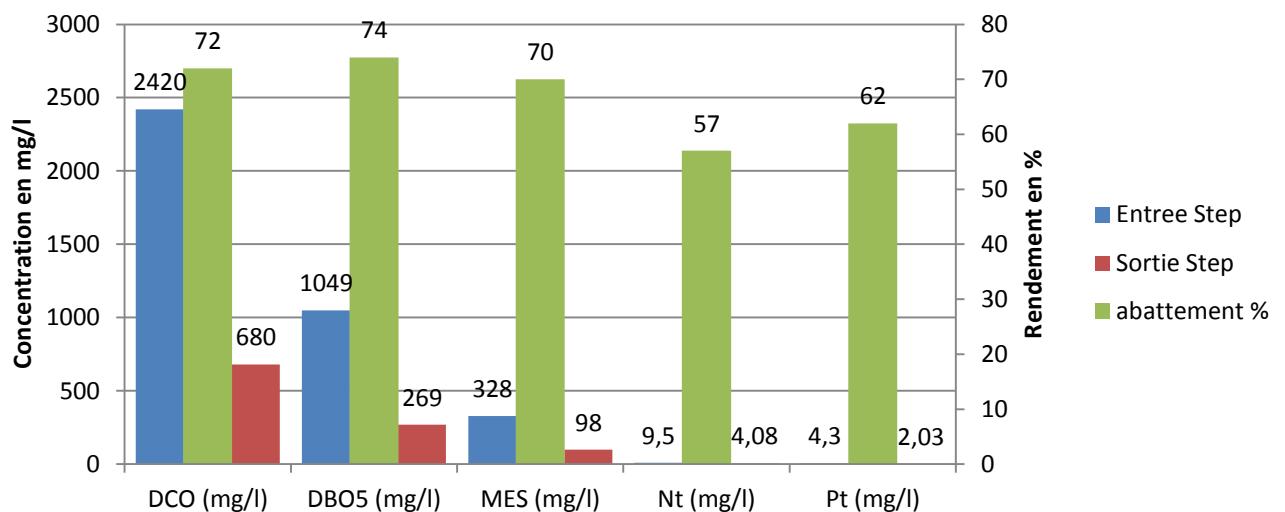
Les valeurs enregistrées de ces paramètres ont permis de calculer le rendement ou les taux d'abattement qui sont atteint par les paramètres actuels :

Tableau 7 : taux d'abattements des paramètres physico-chimique avant l'optimisation

Paramètres	Abattement (%)
DCO	72
DBO ₅	74
MES	70
Nt	57
Pt	62

Ce faible rendement de la station (*tableau 7 et Diagramme 1*) est expliqué par un apport en nutriment n'atteignant pas des valeurs satisfaisantes, donc un ajustement du ratio C/N/P à sa valeur indispensable 100/5/1, s'impose. Une mauvaise décantabilité des boues autrement dit une mauvaise coagulation et flocculation est caractéristique d'une anomalie au niveau de l'injection du polyélectrolyte, il faudra donc commencer par trouver la dose optimale du polyélectrolyte à l'aide des essais de type jar-test et augmenter le taux de recirculation afin d'avoir une biomasse suffisante pour une bonne dégradation des matières organiques dissoutes.

Figure 10 : Taux d'abattement des paramètres physico-chimique avant optimisation



3. Optimisation de la dose du polyélectrolyte et du pH

Les expériences réalisées dans ce cas sont faites à l'aide du logiciel Nemrod qui est l'un des outils des plans d'expérience actuels. Les expériences effectuées sont dans le (*tableau 8*) et ils sont au nombre de 11 avec trois répétitions au centre pour des résultats plus précis.

Tableau 8 : Matrices d'expériences

N°Exp	[poly] g/l	pH	R.DCO	R.MES
			%	%
1	3.4	6.0	77.75	75.87
2	3.8	6.0	77.05	75.91
3	3.4	8.0	78.45	76.10
4	3.8	8.0	77.89	76.24
5	3.4	7.0	77.56	77.19
6	3.8	7.0	77.19	76.12
7	3.6	6.0	78.91	77.56
8	3.6	8.0	79.23	77.32
9	3.6	7.0	81.04	78.91
10	3.6	7.0	80.81	79.29
11	3.6	7.0	81.12	79.65

On note qu'avec un pH de 7 et une concentration en polyélectrolyte de 3.6g/l le rendement est meilleurs que se soit pour la DCO ou les MES ce qui se traduit par le chemin optimal en combinant les deux facteurs.

3.1. Analyse des résultats et les effets des facteurs sur l'abattement de la DCO

Tableau 9 : Les coefficients du modèle

Source de variation	Somme des carres	Degrés de liberté	Carré moyen	Rapport	Signif
Régression	20.3082	5	4.0616	156.8197	< 0.01 ***
Résidus	3.5706	5	0.7141		
Validité	3.5188	3	1.1729	45.2872	2.17 *
Erreur	0.0518	2	0.0259		
Total	23.8788	10			

D'après le (tableau 9) ci-dessus, on constat que :

- ANOVA 1 validé ($P < 5\%$), donc le modèle est descriptif.
- ANOVA 2 validé ($P > 5\%$), donc le modèle est prédictif.

Remarque:

- *Les étoiles montre le degré de significativité de la valeur en.*
- *ANOVA 1 = Régression et ANOVA 2 = Validité (tableau 9)*
- *ANOVA = Analyze Of Variance*

Tableau 10 : Estimations et statistiques des coefficients : réponse Y1 : R.DCO

Ecart Type de la réponse	0.16093477
R2	0.850
R2A	0.701

Le coefficient de corrélation linéaire multiple quantifie de manière claire (tableau 10), la très bonne qualité de l'ajustement (puisque $R^2 = 0.85$). Ce coefficient R^2 qui est le rapport entre la somme des carrés des écarts (entre les valeurs calculées et la moyenne des valeurs) / somme des carrées des écarts (entre les valeurs expérimentales et la moyenne des valeurs), nous permet de conclure que notre modèle postulé permet d'expliquer 85% du phénomène étudié, le 15% qui reste est dû aux résidus. De même le coefficient R^2A qui est égal à 0.701 donne une idée sur l'ajustement du modèle, ce qui traduit une bonne qualité de l'ajustement de l'estimation des coefficients de l'équation.

Tableau 11 : Les coefficients du modèle

Nom	Coefficient	F.Inflation	Ecart-type	t.exp.	Signif. %
<i>b</i> 0	80.499		0.082557795	975.07	< 0.01 ***
<i>b</i> 1	-0.272	1.00	0.065701344	-4.13	5.4
<i>b</i> 2	0.310	1.00	0.065701344	4.72	4.21 *
<i>b</i> 1-1	-2.389	1.08	0.10111224	-23.62	0.179 **
<i>b</i> 2-2	-0.694	1.08	0.10111224	-6.86	2.06 *
<i>b</i> 1-2	0.035	1.00	0.080467385	0.43	70.6

Ce (tableau 11) montre que:

- L'effet de l'interaction entre le polyélectrolyte et le pH influence très significativement sur l'élimination de la DCO.
- L'effet du facteur pH sur l'élimination de la DCO est faible.
- L'élimination de la DCO est notable par le polyélectrolyte.
- Les effets quadratiques influencent moyennement le polyélectrolyte.

Tableau 12 : Tableau des résidus : réponse : R.DCO

N°Exp	Yexp.	Ycalc.	Déférence	dU	Student-R	R-Student	D-Cook
1	77.750	77.414	0.336	0.794	4.602	0.852	13.590
2	77.050	76.800	0.250	0.794	3.415	0.608	7.487
3	78.450	77.964	0.486	0.794	6.654	1.376	28.421
4	77.890	77.490	0.400	0.794	5.468	1.053	19.193
5	77.560	78.382	-0.822	0.509	-7.292	-1.585	9.178
6	77.190	77.839	-0.649	0.509	-5.755	-1.125	5.717
7	78.910	79.496	-0.586	0.509	-5.193	-0.986	4.656
8	79.230	80.116	-0.886	0.509	-7.853	-1.799	10.646
9	81.040	80.499	0.541	0.263	3.913	0.707	0.911
10	80.810	80.499	0.311	0.263	2.248	0.390	0.301
11	81.120	80.499	0.621	0.263	4.492	0.828	1.201

Le (tableau 12) clarifie l'étude des résidus qui permet de juger de manière plus précise, c'est-à-dire expérience par expérience, la qualité de l'ajustement réalisé, la comparaison entre les colonnes « Yexp » (réponses mesurées) et « Ycalc » (réponses prédictes par le modèle) confirme que l'ajustement est d'une bonne qualité. Si l'interprétation a été bien faite, le modèle doit bien représenter les réponses mesurées, il est important d'observer comment les résidus se répartissent en fonction des réponses prévues, les résidus d'un bon modèle doivent être distribués aléatoirement autour de zéro et ne pas dépendre de la valeur de la réponse. Cette analyse des résidus ne fait pas apparaître des dispositions remarquables (figure 3 et 4) (des résidus de plus en plus élevés lorsque la réponse augmente).

Figure 11: Etude des résidus de la réponse (nuage de point) : Y1 : R.DCO

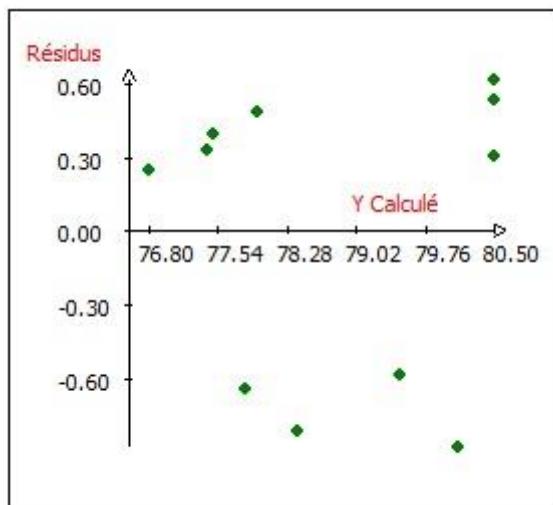
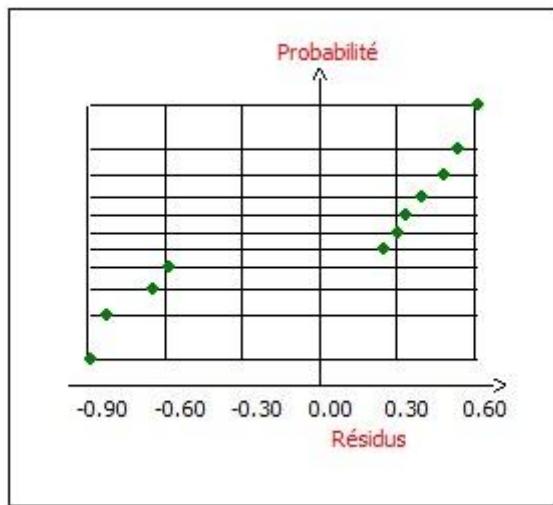


Figure 12 : Etude des résidus de la réponse (droite d'HENRY) : Y1 : R.DCO



3.2. Analyse des résultats et les effets des facteurs sur l'abattement de la MES

Tableau 13 : Analyse de la variance : réponse Y2 : R.MES

Source de variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Carré moyen	Rapport	Signif
Régression	18.3360	5	3.6672	10.4777	< 0.01 ***
Résidus	1.7500	5	0.3500		
Validité	1.4761	3	0.4920	3.5933	22.5
Erreur	0.2739	2	0.1369		
Total	20.0860	10			

D'après le (tableau 13) ci-dessus, on constat que :

- ANOVA 1 validé ($P < 5\%$), donc le modèle est descriptif.
- ANOVA 2 validé ($P > 5\%$), donc le modèle est prédictif.

Tableau 14 : Estimations et statistiques des coefficients : réponse Y2 : R.MES

Ecart Type de la réponse	0.59160946
R2	0.913
R2A	0.826

Le coefficient de corrélation linéaire multiple quantifie de manière claire (tableau 14), la très bonne qualité de l'ajustement (puisque $R^2 = 0.913$). Ce coefficient nous permet de conclure que notre modèle permet d'expliquer 91% du phénomène étudié, les 9% qui restent sont dû aux résidus. De même le coefficient R2A qui est égal à 0.826 donne une idée sur le bon ajustement du modèle, ce qui traduit une bonne qualité de l'ajustement de l'estimation des coefficients de l'équation.

Tableau 15 : Les coefficients du modèle

Nom	Coefficient	F.Inflation	Ecart-type	t.exp.	Signif. %
b0	79.027		0.30348925	260.39	< 0.01 ***
b1	-0.148	1.00	0.24152355	-0.61	56.6
b2	0.053	1.00	0.24152355	0.22	83.4
b1-1	-1.987	1.08	0.3716969	-5.35	0.307 **
b2-2	-1.202	1.08	0.3716969	-3.23	2.31 *
b1-2	0.025	1.00	0.29580473	0.08	93.6

On peut aussi conclure du (*tableau 15*) :

- L'effet de l'électrolyte et du pH sur les MES est très significative.
- Les interactions entre le polyélectrolyte et le pH n'ont pas d'effet remarquable.
- Les effets quadratiques des facteurs influencent significativement sur les MES.

Tableau 16 : Tableau des résidus : réponse Y2 : R.MES

N°Exp	Yexp.	Ycalc.	Différence	dU	Student-R	R-Student	D-Cook
1	75.870	75.958	-0.088	0.794	-0.326	-0.295	0.068
2	75.910	75.611	0.299	0.794	1.113	1.148	0.796
3	76.100	76.014	0.086	0.794	0.319	0.288	0.065
4	76.240	75.768	0.472	0.794	1.759	2.547	1.985
5	77.190	77.188	0.002	0.509	0.005	0.004	0.000
6	76.120	76.891	-0.771	0.509	-1.860	-2.999	0.597
7	77.560	77.771	-0.211	0.509	-0.510	-0.468	0.045
8	77.320	77.878	-0.558	0.509	-1.346	-1.507	0.313
9	78.910	79.027	-0.117	0.263	-0.230	-0.207	0.003
10	79.290	79.027	0.263	0.263	0.518	0.476	0.016
11	79.650	79.027	0.623	0.263	1.227	1.313	0.090

D'après le (tableau 16), la comparaison entre les colonnes « Yexp » (réponses mesurées) et « Ycalc » (réponses prédictes par le modèle) confirme que l'ajustement est d'une bonne qualité.

Figure 13: Etude des résidus de la réponse (nuage de point) : Y2: R.MES

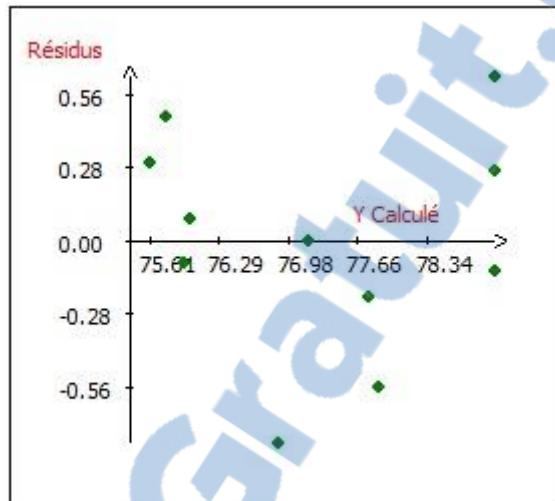
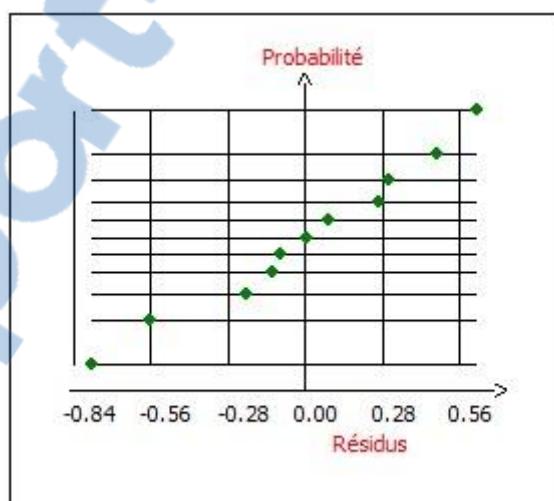


Figure 14: Etude des résidus de la réponse (droite d'HENRY) : Y2: R.MES



La (figure 5) illustre la répartition aléatoire des résidus autour de zéro et la (figure 6) affirme que les résidus suivent la droite d'Henry, d'où une bonne répartition.

3.3. Conclusion :

D'après les résultats obtenus par le logiciel NemrodW et par l'expérience on peut conclure que le modèle mathématique associé à l'étude de l'épuisement pour les deux réponses est statistiquement validé. Validé et donc le chemin optimal est décrit dans les tableaux 17 et 18 :

Tableau 17 : Coordonnées du maximum

Variable	Valeur	Facteur	Valeur
X1	0.722548	[poly]	3.7
X2	0.144249	pH	7.1

Tableau 18 : Caractéristiques du maximum

Réponse	Nom de la réponse	Valeur	di %	Poids	di min %	di max %
Y1	R.DCO	79.09	100.00	1	92.07	100.00
Y2	R.MES	77.87	100.00	1	100.00	100.00
	DESIRABILITE		100.00		92.07	100.00

4. Ajustement du ratio C/N/P

La concentration des différents éléments nutritifs dans les eaux usées doit être équilibrée (ratio C/N/P) et correspondre aux besoins des bactéries qui se trouvent dans les boues activées. Cela est primordial pour l'efficacité des processus de décomposition biologique. Dans le cas d'une épuration des eaux usées de type aérobiose, le ratio C/N/P doit être situé entre 100/10/1 et 100/5/1.

Grâce aux méthodes actuelles, l'élimination des composés azotés et phosphorés excédentaires dans les eaux usées ne pose pas de problème majeur.

Toute carence d'un élément nutritif principal dans les eaux usées, au niveau de la zone d'arrivée de la phase de purification biologique, peut poser divers problèmes comme le cas présent où le ratio est de 100/1.5/0.6. Une dénitrification efficace suppose une certaine

proportion en composés carbonés facilement biodégradables. Dans les eaux usées urbaines pré décantées, si le ratio descend au déçus de 100/5/1, le processus de dénitrification ne s'effectue pas complètement, ce qui se traduit par des valeurs de process accrues en termes de nitrates.

On a donc augmenté l'injection de l'urée et du phosphate d'amomum à 7 l/h et à 2 l/h respectivement depuis les pompes doseuses et les résultats sont dans le (*tableau 19*).

Tableau 19 : Valeurs paramètres avec ratio 100/1.5/0.6 et le ratio 100/5/1

Ratio C/N/P	100/1.5/0.6	100/5/1
Paramètre		
<i>T (°C)</i>	29	30
<i>pH</i>	7.6	7.8
<i>DCO (mg/l)</i>	687	549
<i>DBO₅ (mg/l)</i>	269	215
<i>MES (mg/l)</i>	123	82
<i>Nt (mg/l)</i>	9.3	12
<i>Pt (mg/l)</i>	4.2	6.4
<i>MES liqueur mixte (mg/l)</i>	2551	2610

Avant l'augmentation des injections d'urée et du phosphate d'ammonium les concentrations de la DCO, la DBO₅ et les MES étaient respectivement de 687mg/l, 269mg/l et 123mg/l, ces valeurs respectent les normes marocaines des rejets indirects mais elles peuvent atteindre des valeurs encore basses avec l'ajustement du ratio C/N/P.

Apres l'augmentation des injections à 7 l/h et à 2 l/h respectivement de l'Urée et du Phosphate d'ammonium les concentrations des paramètres DCO, DBO₅ et MES on été baissées pour atteindre respectivement 549mg/l, 215mg/l et 82mg/l nettement plus bonnes qu'avec un ratio C/N/P non ajusté.

Quand aux nutriments, étant a basses concentrations 6.8mg/l pour le Nt et 2.6mg/l pour le Pt dans les eaux brutes, ont étaient augmenté respectivement jusqu'a 12mg/l et 6.4mg/l. Des valeurs qui restent toujours dans les normes marocaines pour les rejets indirects.

Cependant leurs concentrations on connu une forte augmentation au niveau du réacteur biologique de 23.1mg/l pour le Nt et 10.4mg/l de Pt à cause des injections améliorées, des concentrations efficaces pour l'activité de la biomasse épuratrice.

5. Augmentation du taux de recirculation

La concentration en bactéries est maintenue grâce à la recirculation des boues. Avec une commande par automate, pour un taux de recirculation de 18% d'un total de 50% de boues stockées qui prend environ entre 1h et 1h30min, au délais de 2h de stockage, la formation des bactéries filamenteuses est favorisée ce qui diminue le taux d'oxygène dissout des boues et par conséquent l'asphyxie des bactéries nécessaires a la biodégradation.

La recirculation permet de maintenir le taux de biomasse épuratrice à une concentration suffisante pour une biodégradabilité efficace. Le rapport entre la pollution à traiter et la quantité de boues en aération définit l'âge des boues. Une partie des boues décantées est régulièrement extraite du système pour éviter une concentration en boues trop élevée dans le bassin d'aération et d'éviter la prolifération des bactéries filamenteuses car le développement de la biomasse algale n'est pas recherché. L'oxygénation artificielle du milieu profite largement aux bactéries au détriment des populations algales.

Pour améliorer encore plus la biodégradabilité au niveau du bioréacteur on a augmenté la recirculation de 18% à 25% des boues et on a enregistré les résultats regroupés dans le (*tableau 20*) suivant.

Tableau 20 : valeurs des paramètres avec recirculation 18% et 25%

<i>Recirculation</i>	<i>Recirculation 18%</i>	<i>Recirculation 25%</i>
<i>Paramètre</i>		
<i>T (°C)</i>	30	31
<i>pH</i>	7.8	7.7
<i>DCO (mg/l)</i>	673	490
<i>DBO₅ (mg/l)</i>	271	183
<i>MES (mg/l)</i>	117	75
<i>Nt (mg/l)</i>	9.7	5.2
<i>Pt (mg/l)</i>	4.9	1.7
<i>MES liqueur mixte (mg/l)</i>	2491	3680

Ce tableau montre qu'avant l'ajustement du pourcentage de recirculation des boues de 18% à 25%, les valeurs réceptives de la DCO, DBO₅ et MES étaient de 673mg/l, 271mg/l et 117mg/l et qui ont baissées respectivement jusqu'à 490mg/l, 183mg/l et 75mg/l, des valeurs qui sont dans les normes marocaines de rejets indirects et qui sont meilleurs qu'avec un taux de recirculation de 18%. Cependant, et contrairement au cas d'ajustement du ratio C/N/P, les concentrations respectives de Nt et du Pt qui ont étaient de 7.5mg/l et 2.9mg/l, ont moyennement chutées pour atteindre 5.2mg/l pour le Nt et 1.7mg/l pour le Pt une baisse expliquée par la forte densité en biomasse bactérienne et donc une consommation accrue des éléments nutritifs déjà présents dans les eaux et ceux apportés par le ratio C/N/P non ajusté de 100/1.5/0.6.

6. Ajustement : ratio C/N/P et taux de recirculation

Les essais précédents ont permis d'évaluer l'efficacité de chaque paramètre isolé et donc logiquement en combinant les deux paramètres à savoir un ratio C/N/P de 100/5/1 et un taux de recirculation de 25% on obtiendra une élimination plus importante de la MES et de la

pollution organique. Les résultats obtenus sont présentés dans le (*tableau 21*) en comparaison avec la combinaison ratio C/N/P-taux de recirculation initial (100/1.5/0.6-18%)

Tableau 21 : valeurs des paramètres avec les ajustements 100/1.5/0.6 – 18% et 100/5/1 - 25%

Ratio C/N/P - Recirculation	100/1.5/0.6 - 18%	100/5/1 - 25%
Paramètres		
<i>T°</i>	31	29
<i>pH</i>	7.6	7.1
<i>DCO</i>	699	359
<i>DBO₅</i>	278	140
<i>MES</i>	113	53
<i>Nt</i>	9.4	7.9
<i>Pt</i>	4.1	3.1

Ces valeurs obtenus pour une recirculation de 25% et un ratio C/N/P de 100/5/1 indiquent une nette diminution des valeurs respectives de la DCO, DBO₅ et les MES de 359mg/l ,140mg/l et 53mg/l. Ces valeurs sont d'un rapport de ½ par rapport à la charge initial de l'eau avec la combinaison ratio 100/1.5/0.6 – recirculation 18%.

On ne peut pas dire autant de l'évolution des concentrations respectives 7.9mg/l et 3.1mg/l de Nt et de Pt qui ont connues une augmentation moyenne, mais qui sont moins élevées par rapport a l'ajustement du ratio C/N/P tout seul a cause de la densité élevé en biomasse de la liqueur mixte due au pourcentage élevé des boues recirculées.

Toutefois les résultats obtenus sans nettement meilleurs qu'initialement et qui respectent les normes marocaines des rejets indirects.

7. Taux d'abattement des différents paramètres

Dans le tableau 22, on présente les valeurs de tous les paramètres à l'entrée et à la sortie de la STEP après l'application de tous les nouveaux paramètres à savoir : l'optimum du polyélectrolyte, l'augmentation de la recirculation et l'ajustement du ratio C/N/P.

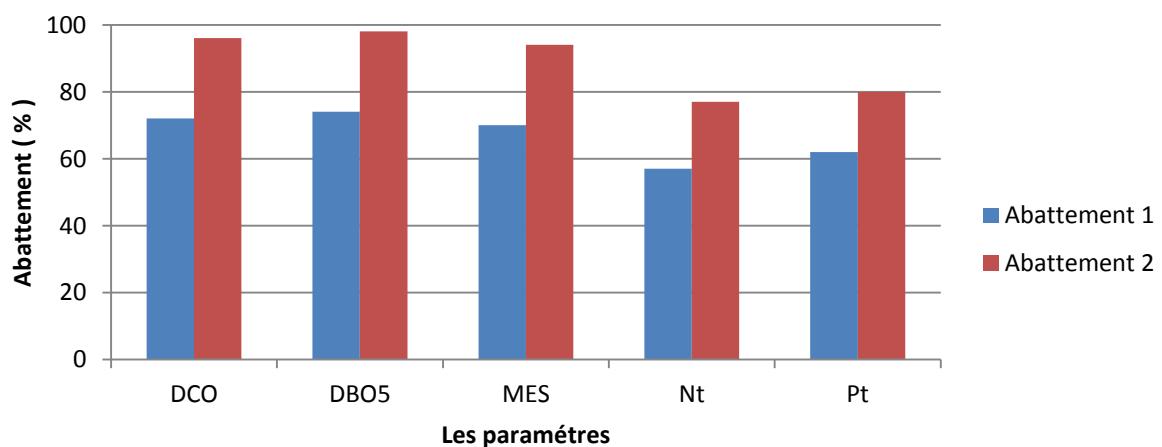
Tableau 22: pourcentage d'abattement des paramètres après optimisation

	Entrée Step	Sortie Step
$T ({}^{\circ}\text{C})$	29.6	29
pH	10.83	7.2
$DCO (\text{mg/l})$	2420	97
$DBO_5 (\text{mg/l})$	1049	22
$MES (\text{mg/l})$	328	18
$Nt (\text{mg/l})$	9.5	2.18
$Pt (\text{mg/l})$	4.3	0.84

Tableau 23: Pourcentage d'abattement des paramètres après optimisation

Paramètres	Abattement (%)
DCO	96
DBO_5	98
MES	94
Nt	77
Pt	80

Figure 15 : Taux d'abattement des paramètres physiquo-chimique après optimisation



Le tableau 23 et le diagramme 2 affiche les nouveaux taux d'abattement des principaux paramètres de la pollution et de la charge polluante dans les effluents de la CBGS après l'application de tous les paramètres optimaux trouvés pendant cette études.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, nous avons essayé d'améliorer le rendement de la STEP de la CBGS en terme de dépollution des effluents générés par cette industrie agroalimentaire. Dans notre démarche, nous avons appliqué la méthode des plan d'expériences en utilisant le logiciel NemrodW optimiser le déroulement des essais. Le suivi des paramètres de fonctionnement de la STEP a montré une inefficacité du traitement biologique qui se traduit par des rendements trouvés : 72% pour la demande chimique en oxygène (DCO), 74% pour la demande biologique en oxygène en cinq jour (DBO₅) et 70% pour les matières en suspension (MES).

Les points faibles détectés au niveau de la STEP sont : le très faible indice des boues (42ml/g) qui doit être compris entre 80ml/g et 150ml/g et un ratio C/N/P qui est de 100/1.5/0.6 mais qui doit être primordialement de 100/5/1 pour une meilleure biodégradabilité. L'optimisation du traitement a porté premièrement sur des expérimentations avec le logiciel NemrodW avec 2 facteurs (la concentration du polyélectrolyte et le pH), 2 réponses (DCO et MES) et 11 essais pour l'obtention de la dose optimale du polyélectrolyte qui était de 3.7g/l avec un pH ajusté à 7. Ensuite un ajustement du ratio C/N/P à 100/5/1 et un taux de recirculation de 25% on permis d'atteindre des taux d'abattement de la pollution de plus de 90% pour la DCO, la DBO₅ et les MES et de plus de 75% concernant le Nt et le Pt.

L'application de tous les nouveaux paramètres optimaux dans la STEP a permis d'abaisser la charge polluante des effluents de 2420 mg/l jusqu'à 97 mg/l soit 96% pour la DCO, de 1049 mg/l de DBO₅ jusqu'à 22mg/l soit 98% d'abattement et de 94% de rendement concernant les MES qui ont baissés de 328 mg/l à 18 mg/l en terme de concentration. Si ces nouveaux paramètres on permis d'abaisser la charge polluante des eaux, ils ont en revanche due l'enrichir d'avantage en éléments nutritifs à savoir l'azote et le phosphore qui ont connu une hausse respective depuis des concentrations de 7.2 mg/l et 2.5 mg/l à 10.1 mg/l et 4.3 mg/l, des valeurs toujours en dessous des limites imposées par la réglementation pour les rejets industriels indirects.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: MOUFAKKIR Abdelali

Année Universitaire : 2013/2014

Titre: Optimisation du rendement d'une STEP de traitement des rejets liquides industriels

Résumé

Le présent travail est réalisé au sein de la compagnie des boissons gazeuses du sud (CBGS) de la ville de Marrakech. Dans cette industrie, la qualité reste un élément important tout au long du processus de fabrication depuis la matière première jusqu'aux rejets issus du même processus.

Ce travail porte sur le suivi et le diagnostic de la station d'épuration des eaux usées par boues activées en vu d'y apporter d'éventuelles améliorations pour améliorer son rendement.

Dans la pratique, le diagnostique a révélé un faible rendement de la station qui est en dessous de 75% alors qui il doit normalement dépasser les 95%. Ce faible rendement de la STEP est dû à la croissance dispersée des boues, au faible apport des nutriments au niveau de l'étape de la biodégradation et à une biomasse insuffisante.

En vu d'améliorer l'abattement des paramètres : DCO, DBO₅ et MES, nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres influençant le rendement de la station par : *i*) Réalisation des essais de jar-test complétés par un plan d'expérience basé sur une matrice de surface de réponses (MSR), *ii*) Ajustement des concentrations de l'azote et du phosphore dans le bioréacteur, calculé par le ratio C/N/P qui doit être dans un rapport 100/5/1. *iii*) Apport de la biomasse dans le bassin d'aération pour le maintien d'une biodégradabilité stable et efficace en assurant une recirculation de 25% des boues éliminées depuis le clarifloculateur.

L'application du nouveau chemin optimal tracé, a permis d'atteindre les taux d'abattement désirés à savoir un pourcentage supérieure à 95% pour les principaux paramètres : DCO, DBO₅ et MES tandis que pour le Nt et Pt le gain était entre 20% et 25% de plus que les taux initiaux.

Mots clés : STEP, Boues activées, Optimisation, Rendement, Ratio C/N/P, DCO, DBO₅, MES.