

République Algérienne Démocratique
et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la recherche Scientifique

Université CONSTANTINE 1



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة قسنطينة 1

N° d'ordre :

N° de série :

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie végétale*

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
Du diplôme de Magister**

*Filière : Ecologie et Environnement
Option : Pathologie des Ecosystèmes Forestiers*

Thème

**Evaluation de la pollution des eaux
issue de la zone industrielle de
Skikda**

Présenté par :

MOHAMED BEN ALI Rim

Soutenue le :10 /12 /2014

Devant le Jury :

Présidente :

Pr OUAHRANI Ghania

Université CONSTANTINE 1

Rapporteur :

Pr RAHMOUNE Chaâbane

Université CONSTANTINE 1

Examineurs :

PrBENDERADJI Med el Habib

Université CONSTANTINE 1

Pr ALATOU Djamel

Université CONSTANTINE 1

Année universitaire 2014/2015

REMERCIEMENT

A l'issue de ce travail de recherche, je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur RAHMOUNE Chaâbane, professeur à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie à l'université de Constantine1, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin ce mémoire, Je lui suis très reconnaissante pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et d'avoir prêté un intérêt constant au sujet du mémoire.

J'adresse ma gratitude au professeur Mme. OUAHRANI Ghania pour avoir accepté de présider le jury de mon mémoire.

Je remercie également Messieurs BENDERADJI Mohamed el Habib et ALATOU Djamel pour avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury du mémoire.

Je remercie le Directeur et le personnel de laboratoire de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda, de m'avoir facilité l'accès à la zone industrielle de Skikda pour une période de 06mois successives, et mettre à ma disposition le laboratoire.

Et je n'oublierai jamais la contribution de l'observatoire national de l'environnement et de développement durable "Station de Surveillance de la wilaya de Skikda" dirigée par Monsieur Bekouche Sami ainsi que le personnel de son laboratoire qui m'ont vraiment aidées à faire des analyses et avoir des information et des données m'ayant permis de poursuivre l'objet essentiel des analyses relatives à la conception de mon mémoire.

Je remercie également Monsieur Mezedjri Lyamine surtout pour sa disponibilité, son aide, son soutien, et ses bons conseils.

Monsieur Boukeloua Mourad, je tiens à le remercier pour son accueil

Je remercie ainsi Saadi Chahra, chargée du laboratoire de chimie au département de technologie à l'université de Skikda pour son accueil et son aide, et tout le personnel de laboratoire.

Merci à tous ceux qui ont participé de loin ou de près a l'élaboration de ce travail.

Liste des abréviations

AEP: Agence de l'eau potable

AFNOR : Agence Française de Normalisation

CE : conductivité électrique

COT : Carbone total organique

Cr^{VI} : Chrome hexavalent

CTE: Centrale thermique électrique

CP1K : Complexe des matières plastiques de Skikda

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pendant 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DRIK : Direction régionale de la zone industrielle de Skikda

EGZIK: Entreprise de gestion de la zone industrielle

ERI : Eaux résiduaires industrielles

ETM : Element Trace Métallique

GNL : Complexe de gaz naturel liquéfié

MES : Matières en suspension

NT : Azote total

NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité

O.N.E.D.D : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable.

ONM : Office National de la Météorologie

PEBD : Polyéthylène à Basse densité

pH : Potentiel hydrogène

PEHD : Production de Polyéthylène à haute Densité

Poly : Complexe de polyéthylène à haute densité

p.p.d.s : plus petite différence significative

PVC : Polychlorure de Vinyle

RAF : Complexe de Raffinage du Pétrole

RTE : Complexe de transport et de stockage des hydrocarbures

TDS : Total de solides dissous

VCM : Mono Chlorure de Vinyle

Liste des figures

Figure 1 : Image satellite de la wilaya de Skikda.

Figure 2: Transect pluvial saisonnier de la région de Skikda (2002-2011).

Figure 3 : Représentation des températures de la région de Skikda (2002-2011).

Figure 4 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Skikda (2002-2011).

Figure 5 : Moyennes saisonnières de l'humidité relative de la région de Skikda (2002-2011).

Figure 6 : Plan de situation des installations au niveau de la zone industrielle de Skikda.

Figure 7 : Carte de situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage. (Image satellite Quickbird, février 2003 : 1cm= 0,5 km).

Figure 8 : Image satellite du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures RTE (Quickbird, 2003).

Figure 9 : Photo du canal de rejet de la du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE).

Figure 10: Image satellite du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF/K) (Quickbird, 2003).

Figure 11 : Photo du canal de rejets du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF/K) de Skikda.

Figure 12 : Image satellite de la centrale thermique électrique (CTE) (Quickbird, 2003).

Figure 13 : Photo du canal de rejet de la centrale thermique électrique (CTE).

Figure 14 : Photo aérienne du rejet de la centrale thermique électrique CTE.

Figure 15 : Image satellite du complexe du gaz naturel liquéfié (GNL) (Quickbird, 2003).

Figure 16 .Photo du canal de rejet du complexe du gaz naturel liquéfié (GNL).

Figure 17 .Photo aérienne du canal de rejet du complexe du gaz naturel liquéfié GNL.

Figure 18. Image satellite de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).(Quickbird, 2003).

Figure 19. Photo du canal de rejet de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).

Figure 20. Image satellite du complexe des matières plastiques (CP1k) (Quickbird, 2003).

Figure 21 Photo du canal de rejet du du complexe des matières plastiques (CP1K).

Figure 22 Photo aérienne du canal de rejet du complexe des matières plastiques (CP1K).

Figure 23 Image satellite du complexe polymed. (Quickbird, 2003).

Figure 24 Photo du canal de rejet du polymed.

Figure 25 Photo aérienne du canal de rejet du complexe Polymed.

Liste des tableaux

Tableau .1 : Classement par type de pollution. (Peter T .Jet *al*, 2003 ; Boeglin .J, 2000).

Tableau.2 : Description des sept points d'échantillonnage dans la zone d'étude (ZIK).

Tableau.3 : Conservation des prélèvements selon les normes NF EN ISO (5667-3 ,5667-1) (2004,2007).

Tableau.4 : Méthodes d'analyse des différents paramètres physicochimiques.

Tableau.5 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la raffinerie (RA1/K).

Tableau.6 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la RTE.

Tableau.7: Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du GNL.

Tableau.8 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la CTE.

Tableau.9 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la DRIK.

Tableau.10 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du complexe des matières plastiques (CP1/K).

Tableau.11 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du complexe polymed.

Tableau .12: Résultats des analyses de la variance univariée obtenus pour les 14 variables mesurées sur les 7 stations durant la période d'étude.

Tableau.13 : Les groupes de stations homogènes par variables selon la p.p.d.s.

Tableau.14 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives.

Tableau .15 : Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux.

Tableau. 16 : Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux (suite).

Tableau.17 : Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux (suite et fin).

Tableau.18 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la RAF.

Tableau .19 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la RTE .

Tableau .20 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la GNL1/K .

Tableau .21 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la CTE.

Tableau .22 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la DRIK.

Tableau .23: Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour le complexe CP1/K .

Tableau .24 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour le complexe polymed.

Tableau .25 : Résultats des tests de la MANOVA appliquée aux variables physicochimiques.

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre 01 : Présentation de la région d'étude

1.1	Présentation de la wilaya de Skikda.....	4
1.1.1.	Situation géographique de la wilaya	4
1.1.2.	Géologie et géomorphologie	4
1.1.3.	Le Réseau hydrographique de la région de Skikda	5
1.1.4.	Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	5
1.1.4.1.	La pluviométrie.....	6
1.1.4.2.	La température.....	6
1.1.4.3.	Diagramme ombrothermique.....	7
1.1.4.4.	L'humidité	7
1.1.4.5	les vents	8
1.1.5.	Sources de pollution.....	8
1.2.	Présentation de la zone d'étude.....	8
1.2.1.	La zone industrielle de la wilaya de Skikda.....	8
1.2.1.1.	Le complexe des matières plastiques CP1/K.....	9
1.2.1.2.	Le complexe de Raffinage du Pétrole RAF/K.....	10
1.2.1.3.	Le complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL1/K.....	11
1.2.1.4.	Le complexe de Transport des hydrocarbures par Canalisation RTE.....	11
1.2.1.5.	La Centrale thermique Electrique CTE.....	12
1.2.1.6.	Le complexe de Polyéthylène à Haute Densité POLYMED.....	12
1.2.1.7.	La direction régionale de la zone industrielle de Skikda DRIK.....	13

Chapitre 02 : Rappel sur la pollution, revue sur les principaux types de polluants

2.1.	Introduction.....	15
2.2.	Définitions de la pollution des eaux.....	15
2.3.	Définition des eaux résiduaires industrielles.....	16

2.4.	Les sources de pollution des eaux.....	16
2.4.1.	La pollution domestique et urbaine.....	16
2.4.2.	La pollution d'origine agricole.....	17
2.4.3.	La pollution industrielle.....	17
2.5.	Mode de pollution.....	17
2.5.1.	Les pollutions accidentelles.....	17
2.5.2.	Les pollutions diffuses.....	18
2.5.3.	La pollution anthropique.....	18
2.6.	Les types de pollution	18
2.6.1.	Pollution physique.....	19
2.6.1.1.	Pollution mécanique.....	19
2.6.1.2.	Pollution thermique	19
2.6.1.3.	Pollution radioactive.....	19
2.6.2.	Pollution chimique.....	20
2.6.2.1.	Pollution organique.....	20
a.	Hydrocarbures.....	21
b.	Phénols.....	22
2.6.2.2.	Pollution minérale.....	22
a.	Métaux lourds.....	22
b.	Cyanure	23
c.	Pollution d'azote.....	24
d.	Pollution par le phosphore.....	24
2.6.3.	La pollution microbiologique.....	24
2.7.	Paramètres de mesure de la pollution.....	26
2.7.1.	Paramètres organoleptiques.....	26
2.7.1.1.	Couleur.....	26
2.7.1.2.	Odeur.....	26
2.7.2.	Paramètres physiques.....	26
2.7.2.1.	Température.....	26
2.7.2.2.	Potentiel hydrogène (pH).....	27
2.7.2.3.	Turbidité.....	27
2.7.2.4.	La salinité.....	28
2.7.2.5.	L'oxygène dissous.....	28
2.7.2.6.	Consommation d'oxygène.....	28
2.7.2.7.	Matières en suspension.....	29

2.7.2.8.	La conductivité électrique.....	29
2.7.3.	Paramètres chimiques.....	29
2.7.3.1.	Demande chimique en oxygène (DCO).....	29
2.7.3.2.	Demande biologique en oxygène (DBO5).....	29
2.7.3.3.	Carbone total organique COT.....	30
2.7.3.4.	Azote total NT.....	30
2.7.4.	Autres paramètres.....	30
2.7.4.1.	Hydrocarbures.....	30
2.7.4.2.	Micropolluants.....	30

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

3.1.	Introduction	31
3.2.	Présentation de la zone d'étude (zone d'échantillonnage).....	32
3.3.	Description des stations de prélèvements.....	34
3.3.1.	Canal de rejet du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE).....	35
3.3.2.	Canal de rejet du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF/K).....	36
3.3.3.	Canal de rejet de la centrale thermique électrique CTE.....	37
3.3.4.	Canal de rejet du complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL.....	38
3.3.5.	Canal de rejet de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).....	39
3.3.6.	Canal de rejet du complexe des matières plastiques (CPIK).....	40
3.3.7.	Canal de rejet du complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED).....	41
3.4.	Stratégie d'échantillonnage	42
3.4.1.	Durée d'échantillonnage.....	42
3.4.2.	Choix des stations de prélèvements.....	42
3.4.3.	Technique de prélèvement et conservation.....	42
3.5.	Caractéristiques physicochimiques et méthodes d'analyses.....	45
3.5.1.	Méthodes d'analyse des échantillons.....	47
3.5.1.1.	Dosage des paramètres physicochimiques.....	47
3.5.1.2.	Dosage des hydrocarbures.....	47
3.5.1.3.	Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO).....	48
3.5.1.4.	Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	48
3.5.1.5.	Dosage des ions chlorure par la méthode de Mohr.....	49

3.5.1.6.	Mesure de la matière en suspension.....	49
3.5.1.7.	Dosage des Métaux lourds "éléments traces métalliques ".....	50
3.6.	Méthodes d'analyse statistique.....	50
3.6.1	Méthodes Statistiques Univariées.....	50
3.6.1.1.	Description des données.....	50
3.6.1.2.	Comparaison, entre stations, des caractéristiques moyennes : test de l'analyse de la variance.....	51
3.6.1.3.	Recherche de groupes de stations homogènes : méthode de la plus petite différence significative (p.p.d.s.).....	51
3.6.2.	Méthodes Statistiques Bivariée.....	52
3.6.3.	Méthodes Statistiques Multivariées.....	52
3.6.3.1.	Comparaison, entre stations, pour l'ensemble des caractéristiques : test d'analyse de la variance multivariée MANOVA.....	52

Chapitre 04 : Résultats et discussions

4.1.	Introduction.....	53
4.2.	Résultats des analyses statistiques univariées.....	53
4.2.1.	Description des données : résultats statistiques.....	53
4.2.1.1.	Données récoltées au niveau du complexe de raffinage du pétrole (RAF).....	54
4.2.1.2.	Données récoltées au niveau du complexe de transport des hydrocarbures par Canalisation (RTE).....	60
4.2.1.3.	Données récoltées au niveau du complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL1/K.....	65
4.2.1.4.	Données récoltées au niveau de la Centrale thermique Electrique CTE.....	69
4.2.1.5.	Données récoltées au niveau de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).....	74
4.2.1.6.	Données récoltées au niveau du complexe des matières plastiques (CPI/K).....	78
4.2.1.7.	Données récoltées au niveau du complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED).....	83
4.2.2.	Analyse de la variance univariée ANOVA : résultats statistiques.....	88
4.2.3.	Méthode de la plus petite différence significative <i>p.p.d.s</i> : résultats statistiques.....	89

4.2.4.	Analyses statistiques bivariées : résultats statistique.....	94
4.2.5.	Analyses statistiques bivariées pour chaque site: résultats statistique.....	97
4.2.6.	Résultats des analyses statistiques multivariées.....	100
4.2.6.1.	Test d'analyse de la variance multivariée : résultats statistiques.....	100
	Conclusion	102
	Références bibliographiques	105
	Annexes	110

Introduction

Pendant longtemps l'eau a été considérée comme un bien naturel, un « don du ciel » gratuit, d'exploitation facile, bon marché et pour aussi dire sans valeur. Mais l'évolution spectaculaire que connaît l'environnement urbain et industriel pose dans de nombreux pays le problème de l'eau qui devient de plus en plus inquiétant non seulement si on le considère du point de vue quantité mais encore et davantage peut-être sous l'aspect de la qualité.

En effet, la pollution des eaux accidentelle ou volontaire par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, phénols, colorants,..) ou agricole (pesticides, engrais,..) constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale.

L'importance de plus en plus grande qu'on attache aujourd'hui à la protection des milieux naturels et en particulier à la préservation de la qualité des eaux. Différentes instances internationales chargées d'inspecter et de surveiller l'environnement, sonnent l'alarme à l'occasion de chaque catastrophe et proposent des réglementations de plus en plus strictes. Mieux produire et moins polluer sont les défis auxquels sont confrontés les industriels de tous les secteurs aussi bien par les responsables politiques en charge de l'environnement que par l'opinion publique, les contraintes sous forme législatives et normatives auxquelles ils doivent se soumettre sont de plus en plus drastiques.

Des industries aussi diverses que la chimie, la pétrochimie, l'industrie agroalimentaire, les tanneries, les papeteries engendrent des effluents chargés de déchets divers, métalliques et autres, nécessitant à chaque fois des investigations nouvelles et la mise au point de procédés spécifiques de traitement.

Skikda, ce joyau de la méditerranée, est devenue un grand pôle industriel d'importance internationale dominé par le plus grand complexe pétrochimique d'Afrique du nord, néanmoins ce tissu industriel dense implanté à proximité des eaux de mer concentre des secteurs polluants. La contamination de l'environnement et en particulier des eaux de mer par des rejets industriels est un problème grave en terme de santé publique, auquel sont particulièrement exposés les habitants de la ville de Skikda depuis son industrialisation au début des années 70.

Bien que la plupart des unités de la zone industrielle disposent d'enceintes de stockage des déchets toxiques et de stations de traitement des eaux de rejets, elles génèrent toujours des quantités considérables de déchets toxiques gazeux, liquides et solides à cause de la défaillance des équipements et le mauvais fonctionnement des stations de traitement. Ainsi, Leurs effluents se déversent directement dans le milieu naturel contaminant considérablement aussi bien les eaux du littoral que les réserves d'eau douce.

Face à cette situation précaire et pour une bonne préservation du milieu récepteur, nous essayons au cours de ce travail, d'apprécier le degré de pollution de l'eau des principaux rejets de cette zone industrielle par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée (Boeglin, 1999). En outre, les résultats d'analyses vont être comparés aux critères et normes de déversements industriels (Boutin, 2001; BadiaGondard, 1996; JORA, 1993).

L'objectif de cette étude est donc consiste à suivre et évaluer le degré de pollution des eaux de rejets issue de la zone industrielle de Skikda.

Pour cela on a effectuées des contrôles périodiques des caractéristiques physiques, chimiques et organiques ainsi que le dosage de deux ETM (Fe et Cr^{VI}) de ces rejets visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites.

Ce travail est présenté en deux parties l'une théorique et l'autre expérimentale.

▪ La partie théorique comporte deux chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation et la description de la région d'étude, nous avons aussi passé en revue les différentes unités industrielles étudiées au niveau de la plateforme pétrochimique de Skikda, en donnant les principales caractéristiques de chaque unité.
- Le deuxième chapitre traite le phénomène de pollution de manière générale et la pollution des eaux en particulier. A cet effet, nous avons essayé de classer les principaux types de polluants ainsi que les différents paramètres de mesure de la pollution.

▪ La partie expérimentale comporte également deux chapitres :

- Un troisième chapitre consacré aux matériels et méthodes procédés au cours de notre étude, description détaillée des différentes expériences réalisées et les différentes méthodes statistiques utilisées. Avant de conclure ce travail, un quatrième et dernier chapitre est consacré à la

discussion et l'interprétation des résultats obtenus pour les différents paramètres mesurés et déterminés.

Chapitre 1 :
Présentation de la
région d'étude

Au cours de ce premier chapitre concernant la présentation de la région d'étude, nous présenterons les principales caractéristiques morphostructurales, climatiques, lithologiques, hydrologiques et socioéconomiques de la wilaya de Skikda.

1.1. Présentation de la wilaya de Skikda

1.1.1. Situation géographique de la wilaya

La wilaya de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie, elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-ouest, entre les altitudes $36^{\circ}5N$ et $36^{\circ}15N$ et les longitudes $7^{\circ}15E$ et $7^{\circ}30 E$. Couvrant une superficie totale de $4137,68 \text{ km}^2$ avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral algérien (Figure .1).



Figure .1 : Image satellite de la wilaya de Skikda.

1.1.2. Géologie et géomorphologie

Le relief de la région de Skikda est assez accidenté, et plus particulièrement dans la partie littorale et le massif de Collo. Ce relief est caractérisé par des plaines qui représentent la surface totale de la wilaya, et sont concentrées au niveau des régions de Skikda, Collo, Ain Charchar et Ben Azouz. Ces plaines résultent des débouchés de oued Guebli, oued Saf-Saf et oued El Kbir (Lifa et Younes, 2011).

1.1.3. Le Réseau hydrographique de la région de Skikda

La wilaya de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau à savoir : oued kebir à l'Est, oued Saf-Saf au Centre et oued Guebli à l'Ouest. Sept bassins hydrographiques sont alors identifiés au niveau de la région :

- ❖ A l'Ouest: on identifiés les deux bassins hydrographiques suivant :
 - le bassin côtier du Cap Bougaroun.
 - le bassin de l'oued Guebli.
- ❖ Au Centre : ainsi pour le centre, possède deux bassins hydrographiques :
 - le bassin de l'oued Bibi.
 - le bassin de l'oued Saf-Saf.
- ❖ A l'Est: trois bassins hydrographiques s'identifiés :
 - le bassin côtier de Filfila.
 - le bassin côtier du Kebir Ouest.
 - le bassin côtier du Kebir Ouest cote Magroun.

1.1.4. Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude

L'ensemble des caractéristiques climatiques, jouent un rôle très important dans le domaine de l'environnement. Des données climatiques relevées de la station météorologique du port de Skikda sur une période de dix ans (2002 - 2011) illustrent le climat qui caractérise notre zone d'étude.

Notre zone d'étude se caractérise par un climat typiquement méditerranéen. Il est chaud et sec en été, doux et pluvieux en hiver.

Il faut noter que la région de Skikda est l'une des régions les plus importantes du point de vue pluviométrique (ANPE, 1994).

1.1.4.1. La pluviométrie

Les variations des précipitations au niveau de notre zone d'étude durant la période 2002 à 2011 montrent que : les pluies sont abondantes, enregistre une quantité de 802,09 mm/an (O.N.M, 2012) (Figure.2).

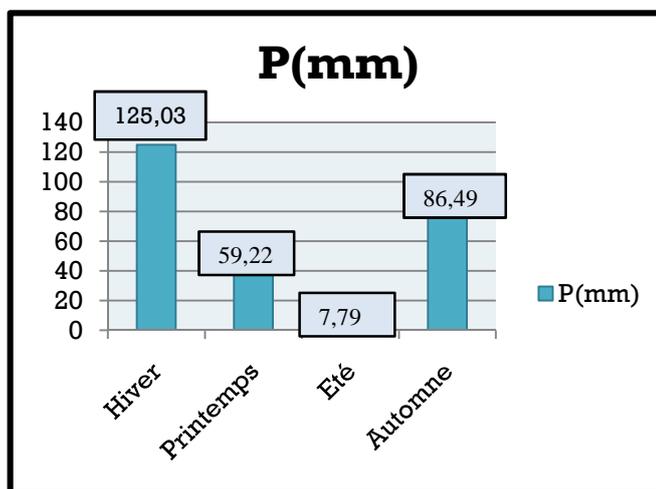


Figure.2 : Transect pluvial saisonnier de la région de Skikda (2002-2011).

1.1.4.2. La température

Les variations de la température durant la période s'étalant de 2002 à 2011 montrent que : les températures moyennes sont de l'ordre de 23,14°C à 26,32 °C avec un pic de 29,2°C, qui correspond à la saison chaude ,alors que les températures moyennes enregistrées durant la période hivernale oscillent entre une valeur de 12,74°C à 15,45 °C et avec une température minimale de 10,2°C (figure .3) .

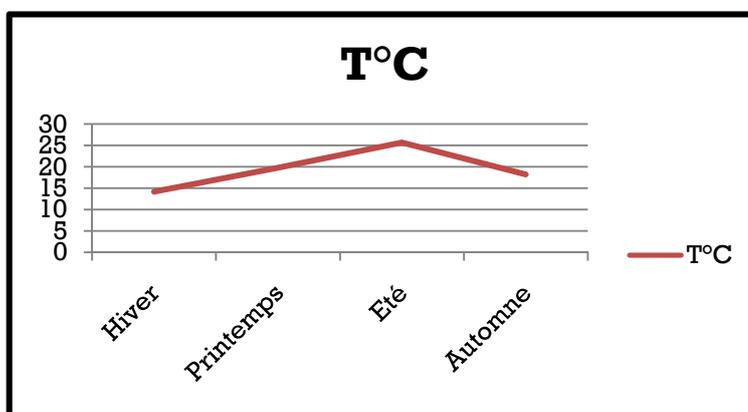


Figure.3 : Représentation des températures de la région de Skikda (2002-2011).

1.1.4. 3. Diagramme ombrothermique

Les variations des précipitations et des température enregistrées durant la période 2002 - 2011 ont permis de délimiter une période sèche qui s'étend de la fin du mois de Juin jusqu'à la fin du mois de Septembre (Figure. 5).

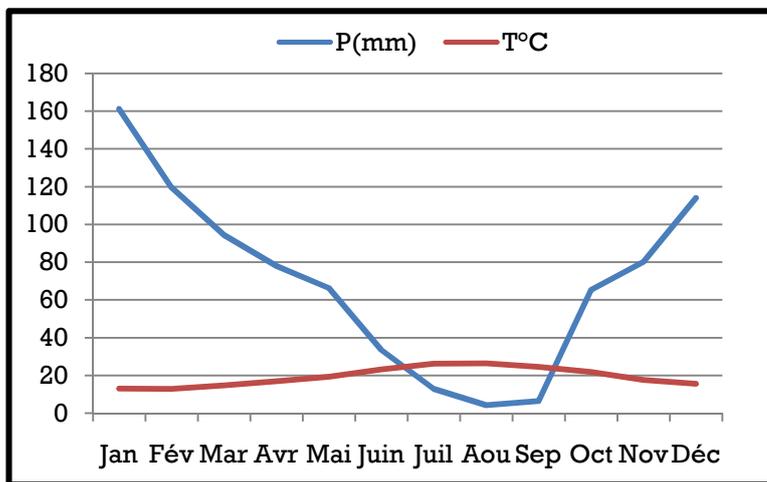


Figure .4 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Skikda (2002-2011).

1.1.4. 4. L'humidité

L'humidité relative de la région de Skikda enregistre une valeur très importante durant toute la période s'étalant de 2002 à 2011, elle atteint une moyenne de 65.50 % et fluctue entre une valeur minimale de 68.91 % et une valeur maximale de 75.34 %. La mer joue un rôle important dans le maintien d'une humidité élevée durant la saison estivale, diminuant ainsi la durée de sécheresse d'été (Figure. 6).

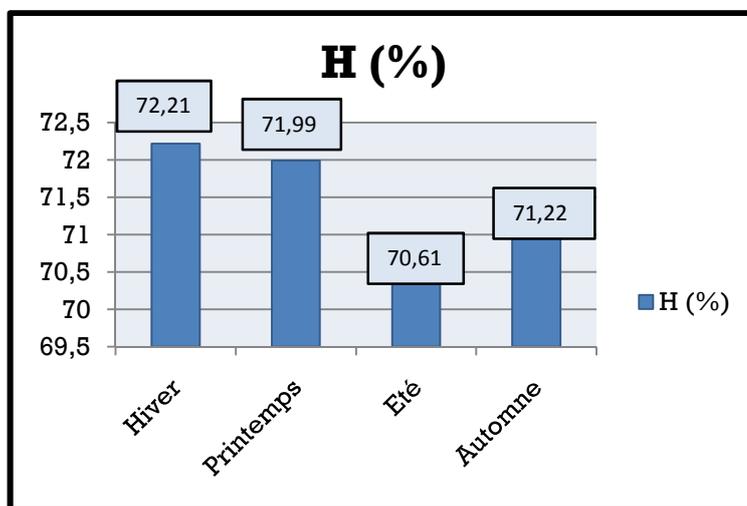


Figure .5 : Moyennes saisonnières de l'humidité relative de la région de Skikda (2002-2011).

1.1.4. 5. Les vents

La zone littorale de Skikda, est particulièrement soumise à des vents très violents dont la vitesse peut atteindre les 130 km/h en entraînant de multiples dommages tant sur la terre que sur la mer. La direction des vents est Sud-Ouest à Sud-Est et elle a une grande influence sur le mouvement des vagues et leur déferlement sur la côte (Touati et *al*, 2004).

1.1.5. Sources de pollution

La région de Skikda est l'une des régions les plus peuplées du littoral algérien avec une population de plus de 800000 habitants. La croissance économique-urbaine fait qu'une multitude de rejets urbains et industriels s'y trouvent qu'ils sont partiellement ou non traités, mais déversés directement au niveau de la mer ou au niveau du réseau hydrographique (IE,1998).

D'après les informations recueillies auprès de la direction des transports de la wilaya de Skikda et l'entreprise portuaire de Skikda, le golfe de Skikda, hormis les 3 ports de pêches, renferme 2 grands ports commerciaux mixtes assurant près de 25% du trafic maritime national, avec plus de 3000 navires qui y transitent annuellement et dont 95% sont des pétroliers. Ce trafic est en continuelle évolution.

1.2. Présentation de la zone d'étude

1.2. 1.La zone industrielle de la wilaya de Skikda

SONATRACH est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

SONATRACH est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 12ème parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2ème exportateur de GNL et de GPL et 3ème exportateur de gaz naturel. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. (Source, 2009)

La zone industrielle de Skikda a été créée par décret 84/35 du 3 Mars 1984 relatif à l'administration des zones industrielles. Elle est située à l'Est de la Ville de Skikda à environ 4 km et s'étend sur surface totale de 1200 hectares, regroupant des unités industrielles dans le domaine des hydrocarbures (transport, raffinage, énergie et transformation).

La gestion de cet espace pétrochimique (transport, assainissement et aménagement des routes, sécurité, intervention et prévention, environnement) est assurée par la direction régionale industrielle de Skikda DRIK, nommée, l'entreprise de gestion de la zone industrielle EGZIK précédemment.

Les différentes unités industrielles étudiées au niveau de la plateforme pétrochimique de Skikda (ZI/K) (figure.7) sont comme suit :

1.2. 1.1. Le complexe des matières plastiques CP1/K (ANPE, 1994)

- *Superficie* : S'étend sur 54 ha. Il est bordé à l'est par Polymède, à l'Ouest par le GL1/K, au Nord par la mer Méditerranée et au Sud par la zone de développement de la pétrochimie
- *Date de mise en service* : 1977
- *Activité* : industrie pétrochimique et chimique, Fabrication des produits thermoplastiques de base (PEBD et PVC)
- *Composition du complexe* : Ce complexe est composé par un ensemble d'unités, le complexe CP1/K est un pôle qui concoure au développement de l'industrie pétrochimique en Algérie, notamment, par la production thermoplastique de base qui est représentée par divers produits tels que : le polychlorure de Vinyle (PVC), le mono chlorure de Vinyle (VCM) et le polyéthylène Basse densité (PEBD). L'éthane est utilisé comme matière première (150 000 T/an).
- *Matières premières* : Ethane – Sel
- *Les différentes unités du complexe* :
 - Unité de production d'Ethylène.
 - Unité de production de Polyéthylène.
 - Unité de production du Chlore et de la Soude.
 - Unité de production de VCM.
 - Unité de production de PVC.
 - Unité de production d'Acide Chlorhydrique.
 - Unité de production d'utilités.
 - Installation de stockage.

- *Productions :*
 - L'éthylène
 - Polyéthylène
 - Mono chlorure de vinyl VCM
 - Poly chlorure de vinyl PVC
 - Chlore
 - Soude caustique
 - Chlorite de sodium
 - Acides chlorhydriques
 - Eau distillée
- *Eaux industrielles :*
 - Eaux de process : 244480,8 m3/J
 - Eaux de refroidissement : 157800 m3/J
 - *Station de traitement :* présente et inefficace.

Possédant une sous station de traitement des eaux, chaque unité du CP1/K procède à un pré-traitement des eaux de mer dessalées (contaminées durant les diverses phases de production) puis les évacuent vers la station effluents pour subir un traitement complet avant de les rejeter vers la mer. Malgré cela, les rejets en mer du CP1/K sont susceptibles d'être caractérisés par l'existence de polluants organiques, bactériologiques, et métalliques.

1.2.1.2. Le complexe de Raffinage du Pétrole RAF/K (ANPE, 1994)

- *Superficie :* 172,2 ha, se situe à l'extrême Est de la zone industrielle.
- *Date de mise en service :* 1980.
- *Activité :* le raffinage du pétrole brut, le traitement du naphta ainsi que du brut réduit.
- *Composition du complexe :*
 - Deux unités de distillation atmosphérique (7 500 000 tonnes/an chacune).
 - Une unité de pré-traitement et de reforming catalytique (magnaforming).
 - Une unité de pré-traitement et de reforming catalytique (platforming).
 - Trois unités de traitement et séparation des gaz (G P L).
 - Une unité d'extraction et de fractionnement des aromatiques.
 - Une unité de cristallisation et séparation du paraxylène.
 - Une unité de bitumes.
 - Un parc de stockage (2 600 000 m3 de capacité).
 - Une centrale thermo-électrique et utilités.

- *Eaux industrielles :*
- Eaux de process : 5712 m³/J
- Eaux de refroidissement : 336000 m³/J
 - Station de traitement : station ancienne et avec un traitement inefficace (une station de traitement a été innovée après notre période d'étude)

Toutes les eaux de process de la raffinerie, les eaux sanitaires et celle du laboratoire sont collectées (après neutralisation) dans un bassin d'où elles sont transférées grâce au réseau eaux huileuses vers la station de traitement des effluents liquides du complexe.

Après traitement, les eaux sont évacuées vers l'Oued Marhoun rejoignant l'Oued Saf-Saf et atteignant finalement la mer.

Avant traitement, le rejet de la RA1/K présente une assez importante teneur en hydrocarbures, après déshuilage et traitement biologique, la teneur diminue (Gueddah, 2003).

1.2.1.3. Le complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL/K (ANPE, 1994)

- *Superficie :* 74,8 ha
- *Date de mise en service :* 1973
- *Activité :* liquéfaction du gaz naturel
- *Composition du complexe :*
- Six trains de liquéfaction du gaz naturel.
- Une unité de traitement GPL.
- Une centrale utilité (Energie, Air, Pompier, Eau distillée).
- Une unité de stockage et d'expédition.
- *Eaux industrielles :*
- Eaux de process : 1440 m³/J
- Eaux de refroidissement : 150000 m³/h (eau de mer), 1500 m³/J (circuit fermé)
 - *Station de traitement :* présente et inactive

1.2.1.4. Le complexe de Transport des hydrocarbures par Canalisation RTE (ANPE, 1994)

- *Superficie :* 95,7 ha
- *Date de mise en service :* 1972
 - *Activité :* transport par canalisation des hydrocarbures liquides et gazeux Vers les centres de consommation et transformation et les ports pétrolier de Skikda.

- *Missions:*
 - Exploitation des canalisations, stations de pompage et compression, terminaux de stockages et ports pétroliers.
 - Livraison des hydrocarbures aux marchés national et international.
 - Maintenance, Protection et Sécurité.
 - *Matières premières transportées :*
 - Pétrole brut : 15000000 m³/an.
 - Gaz naturel : 8 milliard m³/an.
 - *Eaux industrielles :*
 - Eaux de process : 75 m³/J
 - *Station de traitement :* absente

1.2.1.5. La Centrale thermique Electrique CTE (ANPE, 1994)

- *Superficie :* 9,8 ha
- *Date de mise en service :* 1975
- *Activité :* production d'électricité.
- *Matières premières :*
 - Gaz naturel
 - Eau
- *Eaux industrielles :* consommation de 180000 m³/an.
- *Station de traitement :* absente.

1.2.1.6. Le complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED) (I.N.I.T.E.C., 1992)

- *Superficie :* 16 ha
- *Date de mise en service :* Octobre 2004
- *Activité :* production de Polyéthylène à haute Densité PEHD.
- *Eaux industrielles :*
 - Eaux de process : 0,3 m³/T de produit.
 - *Station de traitement :* absente avec absence de système de dépollution.

1.2.1.7. La direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK) (Source EGZIK,2000)

- *Superficie* : 9 ha
- *Date de mise en service* : 1984
- *Activité* : l'administration et la gestion de la zone industrielle.
- *Mission* :
 - La gestion des Infrastructures Communes (ouvrages, équipements, voiries, réseaux etc...).
 - La gestion des données et des plans d'aménagement de la plate-forme.
 - La gestion de l'assiette foncière de la plate-forme.
 - Gestion du plan de sûreté interne de la plate-forme.
 - Soutien en matière de lutte anti-incendie.
 - Sécurité et protection des installations industrielles.
- *Station de traitement* : absente avec absence de système de dépollution.

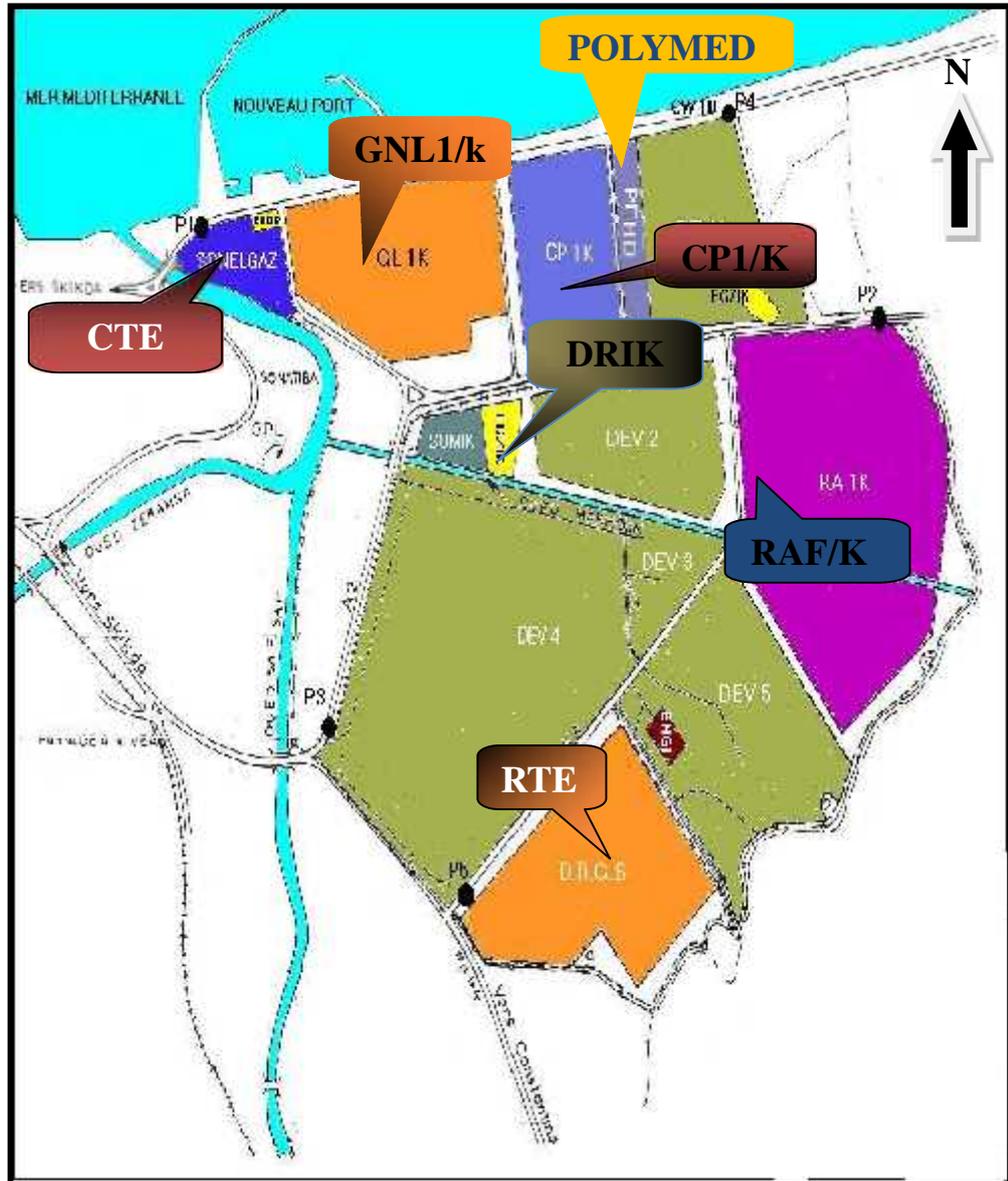


Figure.6 : Plan de situation des installations au niveau de la zone industrielle de Skikda. (Source EGZIK, 2000)

Chapitre 2 :

***Rappel sur la pollution,
revue sur les principaux
types de polluants***

2.1. Introduction

L'eau est le vecteur choisi par l'homme pour éliminer la majorité de ses déchets. Les multiples utilisations de l'eau par l'homme donnent lieu à la formation d'eaux usées, présentes en différentes concentrations à l'état pur ou mélangé. Par ailleurs, presque tous les processus industriels et artisanaux consomment de l'eau et rejettent des eaux résiduaires. Sous cette terminologie, on groupe habituellement des eaux d'origine très diverses (Emilian Koller, 2009).

2.2. Définitions de la pollution des eaux

Le terme « pollution » désigne toute modification défavorable du milieu naturel, qui paraît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu (1^{er} Rapport du Conseil sur la qualité de l'environnement de la Maison Blanche, 1965, in Ramade, 2002).

En outre, une pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche. Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain. Polluer c'est salir, souiller, dégrader l'environnement... (Christian Ng, Alain Régent, 2004).

La pollution ou la contamination de l'eau peut être ainsi définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles. Nous nous intéressons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques avec des taux très élevés.

2.3. Définition des eaux résiduaires industrielles

Les ERI ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considéré. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. Étant donné la très grande variété des produits utilisés dans l'industrie, le travail de l'analyste sera toujours délicat et compliqué par la présence de matières organiques et minérales en quantité importante (Emilian Koller, 2009).

Tous effluents ou rejets industriels obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels, ainsi que les eaux de rejets des services généraux des industries (sanitaire et cuisine) sont considérées également comme eaux résiduaires industrielles. (A. MIZI, 2006)

2.4. Les sources de pollution des eaux

La pollution des ressources en eau peut avoir de multiples origines. Il y a, bien sûr, différents types de pollution liées aux activités humaines, qu'il s'agisse de pollution domestique et urbaine, industrielle ou agricole. Bien sûr, il existe aussi des pollutions "naturelles" de l'eau, qui rendent celle-ci impropre à la consommation exemple les éruptions volcaniques, certains filons géologiques de métaux etc. peuvent être des causes de pollution (Faurie.C et *al*, 2003).

2.4.1. La pollution domestique et urbaine

La pollution domestique issue de la vie des ménages, dans des habitations individuelles, a toujours existé. En milieu rural, par exemple, les ordures ménagères jetées près de l'habitation ajoutées aux purins et aux matières fécales des animaux domestiques contribuaient à polluer la nappe phréatique où s'alimentait la famille par l'intermédiaire du puits creusé parfois à quelques mètres du point de pollution.

Aujourd'hui, cette pollution élémentaire existe toujours, mais elle a pris une autre forme. Ainsi, les rejets des éviers, des salles de bain, des toilettes, sont canalisés par les égouts puis rejetés directement dans le milieu naturel contribuent autant à la pollution de l'environnement. (Djilani, 2006).

2.4.2. La pollution d'origine agricole

L'agriculture constitue la première cause de pollution diffuse des ressources en eau. Lorsque l'on considère les pollutions d'origine agricole, il faut englober à la fois celles qui ont trait aux cultures et à l'élevage. Les activités agricoles sont, en particulier, largement impliquées dans les apports d'azote et, surtout, de ses dérivés, nitrates et nitrites, que l'on trouve en forte concentration dans les engrais, mais aussi dans les lisiers et purins d'élevage.

Les pesticides utilisés pour le traitement des cultures sont également une source connue de dégradation des ressources en eau. Sous l'appellation "produits phytosanitaires" se cache en fait une multitude de substances, dont la rémanence dans l'eau peut varier d'une molécule à l'autre. Toutefois, on retiendra que les organochlorés sont généralement plus rémanents que les organophosphorés (Gérard Gros, 1998).

2.4.3.. La pollution industrielle

Si la pollution domestique des ressources en eau est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité.

Selon le type d'industrie on distingue diverses matières polluantes :

- matières organiques et graisses (abattoirs, industrie agroalimentaires...),
- hydrocarbures (industrie pétrolières, transports)
- métaux (traitements de surface, métallurgie),
- acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...),
- eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques),
- matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)...

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agroalimentaires, papeterie, tannerie, la pétrochimie, les traitements de surface, etc. (Gérard Gros, 1998 ; Valiron F, Tabuchi JP, 1992).

2.5. Mode de pollution

2.5.1. Les pollutions accidentelles

Ce sont le plus souvent des pollutions ponctuelles liées aussi bien aux activités industrielles où agricoles.

Elles peuvent résulter d'un accident de transport ou de stockage de produits chimiques ou encore de catastrophes naturelles. (Djilani, 2006).

2.5.2. Les pollutions diffuses

Elles résultent de la propagation d'un agent polluant par différents vecteurs de transport, qu'il soit utilisé de façon habituelle pour des usages courants ou non. Le transport des matières actives par le vent dans les zones parfois même inaccessibles en sont des exemples concrets et très inquiétants. (Djilani, 2006).

Une pollution diffuse est une pollution due à de multiples rejets de polluants dans le temps et dans l'espace. Contrairement à une pollution accidentelle, qui se produit localement, ponctuellement et souvent massivement, une pollution diffuse est peu visible. Son effet sur l'environnement n'en est pas moins sensible. La pollution des eaux par les nitrates et les pesticides de l'agriculture est un exemple de pollution diffuse : elle se produit sur tout le territoire, d'année en année et affecte grandement la qualité des eaux et les écosystèmes. (<http://www.futura-sciences.com/>).

2.5.3. La pollution anthropique

Elle est souvent attribuée à la présence de la flore dans les eaux surtout si ces eaux sont stagnantes ou si leur renouvellement reste très occasionnel et limité dans le temps. Donc cette pollution résulte de l'eutrophisation qui est fonction du rapport [azote] / [phosphore] dans l'eau. Ce déséquilibre entraîne entre autre la prolifération des plantes et des algues causant ainsi la diminution du taux d'oxygène nécessaire à la vie de la faune et de la flore aquatiques (Peter T.J et *al*, 2003 ; Davida V et *al*, 2003 in Djilani .C).

2.6. Les types de pollution

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température.....), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage ...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution :

2.6.1. La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermique dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays. (Djilani, 2006).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (MIZI, 2006).

2.6.1.1. Pollution mécanique

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES. (Mekhalif, 2009).

2.6.1.2. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu' à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique. (A.MIZI, 2006 ; Mekhalif ,2009).

2.6.1.3. Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (Mekhalif, 2009).

2.6.2. La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'ampleur de cette pollution à savoir :

- les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc. La DCO, permet d'évaluer l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.
- les paramètres spécifiques Qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables. (Djilani, 2006).

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

2.6.2.1. Pollution organique

Parmi les principaux polluants de l'eau on trouve les composés organiques. Ces derniers contaminent aussi bien l'air et le sol que les mers, les océans, les fleuves, les rivières et les nappes d'eau souterraines. En fait, leur présence dans l'environnement résulte de divers phénomènes liés à l'extraction du pétrole, à son transport maritime et en aval à l'utilisation des produits finis (S. W. Chiu *et al*, 2006).

La plupart des produits organiques sont toxiques et peu biodégradables, ils s'accumulent dans les organismes vivants et enrobent les plantes limitant les échanges vitaux, empêchant ainsi le développement de la faune et la flore. Ils forment aussi un film à la surface de l'eau s'opposant à son oxygénation naturelle et empêchant le passage des rayons lumineux. (Aurigi.S *et al*. 2000 ; Perrin. R, 1999; Martel, B.1999).

Autrement dit c'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives (Mekhalif, 2009).

a .Hydrocarbures

La demande en oxygène des hydrocarbures est très importante et le problème posé par ce type de polluant est lié à sa grande stabilité. Les hydrocarbures se dissolvent peu et se présentent généralement sous forme d'émulsion ou de surnageant, contribuant ainsi à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère : ce phénomène prend une importance particulière dans les zones calmes, où le film peut s'étendre sur une grande surface et modifier notablement la tension superficielle de l'eau ; parallèlement, ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence de freiner une source importante de production d'oxygène au milieu.

Enfin, on retiendra que les effets de toxicité des hydrocarbures, outre leur origine intrinsèque, sont souvent en grande partie liés aux additifs qui y ont été incorporés au stade de leur fabrication industrielle (phénols, aminés aromatiques...). (Emilian Koller, 2009).

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires).

Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition.

En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes. (Mekhalif , 2009).

·**Toxicité aigue:** elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiates des poissons s'effectuent par colmatage des bronchites. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures.

·**Toxicité à long terme:** les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes (méthyle chlorolanthrène, benzanthracènes, benzopyrènes). Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrés jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain. (Mekhalif, 2009).

b. Phénols

Ils désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol dans l'eau a pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique, raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Ces produits s'oxydent faiblement, se fixent peu, se filtrent facilement et ils sont souvent biodégradables; alors ils ne se trouvent qu'en faible quantité.

Leur inconvénient principal est qu'ils donnent à l'eau un goût extrêmement désagréable et très persistant marqué de chlorophénol lorsqu'ils sont en présence de chlore.

Les poissons, accumulent les phénols jusqu'à 30 mg/kg, ils sont alors impropres à la consommation. Les phénols peuvent être séparés des eaux résiduaires par extraction liquide-liquide, oxydé par le chlore ou l'ozone ou bien détruits par un traitement biologique. (RODIER.J et *all*, 1996).

2.6.2.2. Pollution minérale**a. Métaux lourds**

L'étude des éléments traces concerne plus souvent le seul groupe des métaux lourds, les plus connus en raison de leur importance dans les pollutions.

Les éléments traces, et les métaux lourds en particulier, peuvent être toxiques, néanmoins nombre d'entre eux, tels que Cu, Co, Mn, Zn, B, sont aussi indispensables à la croissance des organismes vivants. Les éléments qui n'ont aucune fonction connue dans les organismes sont Cd, Ba, Ti, Zr, les terres rares et les actinides.

Un élément utile pour un organisme à une certaine concentration peut très vite devenir toxique lorsque la concentration augmente. (Olivier .A, 2005).

La présence des métaux lourds dans l'eau, l'atmosphère et par conséquent la chaîne alimentaire est le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés à la pollution. Par ordre décroissant de toxicité spécifique. Les métaux sont classés comme suit: Hg < Cr < Ti < Cu < Co < Ni < Pb < Zn
Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature. (Galaf et Ghannam, 2003 ; Ramdan ,2006).

➤ **Spécificité de certains métaux**

❖ **Chrome**

Le chrome est un élément chimique de symbole Cr et de numéro atomique 24, son poids atomique relatif est de 52. Son étymologie vient du grec « Chroma » qui signifie couleur d'où les composés dérivés de cet élément sont diversement colorés (Encyclopédie Universalis, 2005). C'est un métal gris lustré qui résiste extrêmement bien aux agents corrodants ordinaires. Sa teneur dans la croûte terrestre est d'environ 100 ppm (Ramade, 2002). Presque tout le Cr trouvé dans les roches formant la croûte terrestre est trivalent bien que le chrome puisse prendre neuf états d'oxydation différents, de (- II) à (VI). Le Cr est extrait essentiellement de la chromite, minéral qui contient entre 40 à 60 % d'oxyde de chrome. La présence du chrome dans l'environnement peut avoir une origine naturelle (altération des roches, précipitations, retombées atmosphériques..) ou une origine anthropique (mise en décharge, rejets pétroliers, tanneries...) (Ineris, 2005, in Melghite, 2012).

Le chrome présente un comportement original. En effet, à pH neutre, il est présent sous forme d'anion (chromate et bichromate) en milieu aérobie alors qu'il précipite en milieu anaérobie.

C'est un des rares métaux qui présente cette propriété, la plupart des métaux lourds étant soluble en milieu acide et réducteur.

Par ailleurs Cr^{VI} est environ 100 fois plus toxique que le Cr^{III} (Bartlett, 1976b). Il conviendra donc d'être particulièrement attentif aux réactions d'oxydation dans les eaux contaminées par du chrome. (Olivier .A, 2005)

Les contaminations en Cr sont présentes en aval des sites de traitement du bois (utilisation du mélange CCA chrome-cuivre-arsenic), les anciennes tanneries, les sites de traitement de surface ou diverses industries chimiques. (Olivier .A, 2005).

b. Cyanure

Les cyanures, c'est un poison à action rapide qui peut se rencontrer sous plusieurs formes, y compris les formes gazeuses, liquides et solides. Bien que les cyanures se rencontrent naturellement dans beaucoup d'aliments et de plantes.

L'industrie rejette d'autres composés cyanogènes (installation de cyanuration, galvanoplastie, traitement de minerais...). (Mekhalif, 2009).

c. Pollution d'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires. (Mekhalif, 2009).

d. Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. (Rodier.J et *all*, 1996)

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. (Mekhalif, 2009).

2.6.3. La pollution microbiologique

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...). (BOTTA.A ; BELLON .L, 2001).

Elle résulte de la présence dans l'eau de microorganismes véhiculés par l'eau et qui sont responsables de beaucoup de maladies hydriques. L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et parasites nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (*Vibrionacea*, *Enterobacteriaceae*, etc.) sont responsables des principales maladies hydriques telles que la typhoïde. Les parasites quant à eux sont la cause de plusieurs maladies infectieuses (hépatite, méningite, etc.). (Peter T .Jet *al*, 2003 ; Boeglin .J, 2000).

La pollution microbiologique est principalement liée aux eaux résiduaires urbaines. Les points "névralgiques" les plus importants coïncident avec les points "névralgiques" de bactéries d'origine fécale (humaine ou animale).

Les micro-organismes pénètrent le plus souvent dans l'environnement marin par les rejets d'eaux résiduaires municipales non traitées ou partiellement traitées, constituant ainsi (en plus des apports relatifs au tourisme) les apports ponctuels.

Les eaux de ruissellement constituent également une source importante de pollution microbiologique, la plupart du temps, à cause des rejets des eaux usées en amont. Ces apports sont dits diffus.

On peut résumer la nature et la source de la pollution de l'eau dans le tableau suivant :

Tableau.1 : Classement par type de pollution. (Peter T .Jet *al*, 2003 ; Boeglin .J, 2000).

<i>Type de pollution</i>	<i>Nature</i>	<i>Source</i>
1. Physique <i>Pollution thermique</i> <i>Pollution radioactive</i>	<i>Rejets d'eau chaude</i> <i>Radio-isotopes, éléments radioactifs</i>	<i>Centrales électriques Industrie nucléaire</i>
2. Chimique <i>Pollution par les fertilisants</i> <i>Pollution par les métaux</i> <i>Pollution par les pesticides</i> <i>Pollution par les détergents</i> <i>Pollution par les hydrocarbures</i> <i>Pollution par les composés de synthèse</i> <i>Pollution par les matières organiques (Fermentescibles)</i>	<i>Nitrates-phosphates</i> <i>Mercure, cadmium, ...</i> <i>Insecticides, herbicides,...</i> <i>Agents tensioactifs</i> <i>Pétrole brut et ses dérivés</i> <i>PCB, insecticides, solvants</i> <i>Glucides, lipides, protides</i>	<i>Agriculture et lessives</i> <i>Industrie, agriculture</i> <i>Industrie, agriculture</i> <i>Effluents domestiques</i> <i>Industrie pétrolière; transports</i> <i>Industries</i> <i>Effluents domestiques, agricoles, d'industries agroalimentaires, papeteries</i>
3. Microbiologique	<i>Bactéries, virus, champignons</i>	<i>Effluents urbains, élevages, secteur agroalimentaire</i>

Source : (Peter T .Jet *al*, 2003 ; Boeglin .J, 2000).

2.7. Paramètres de mesure de la pollution

Incidence des rejets d'eaux usées industrielles sur l'environnement peut s'apprécier au regard des élévations de température, des modifications de turbidité et des consommations d'oxygène qu'ils peuvent induire dans le milieu, ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant ou groupe de polluants. (Emilian Koller, 2009).

En outre l'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe et délicat qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. Parmi ces paramètres on cite les plus importants.

2.7.1. Paramètres organoleptiques

2.7.1.1. Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes. (MIZI.A, 2006 ; BOTTA.A et *al*, 2001).

2.7.1.2. Odeur

Les ERI se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. (BOTTA.A et *al*, 2001).

2.7.2. Paramètres physiques

2.7.2.1. Température

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques. Elle joue un rôle primordial dans la distribution des espèces, aussi bien par ses niveaux extrêmes que par ses variations diurnes ou saisonnières.

La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtés par un abaissement important de température. Au contraire, des augmentations de températures peuvent avoir pour effet de tuer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces entraînant ainsi un déséquilibre écologique. Pour chaque espèce, on définit un préférendum thermique, qui correspond à la zone de température où le poisson se tient le plus facilement quand il est libre de se déplacer dans un gradient de température. (Emilian Koller, 2009)

Les températures relativement élevées agissent comme pollutions additionnelles ayant ainsi des répercussions sur les cycles biologiques. (Gueddah ,2003).

D'un point de vue réglementaire, selon le décret exécutif n°06-141 du 19Avril 2006, la valeur limite des températures de rejets d'effluents liquides industriels est de 30°C (JORA, 2006).

2.7.2.2. Potentiel hydrogène (pH)

Les eaux superficielles constituent un système physique-chimique complexe tamponné par les divers équilibres entre les espèces moléculaires ou ionisées présentes, Des pH compris entre 5 et 9 constituent les limites dans lesquelles un développement quasi normal de la flore et de la faune aquatique semble être permis. Par ailleurs, il est souvent difficile d'établir des critères précis en ce qui concerne la vie et la reproduction des poissons (on retient parfois comme zone optimale celle délimitée par les pH extrêmes de 6,5 et 8,5). En général, les effets du pH se font surtout sentir par l'influence qu'exerce ce paramètre sur les équilibres entre les autres composés du milieu (azote ammoniacal, sulfure de sodium, acide cyanhydrique, etc.) lorsqu'ils ont une toxicité variable selon qu'ils se trouvent ou non sous forme ionisée. (Emilian Koller, 2009).

Selon le décret exécutif n°06-141 du 19Avril 2006 définissant la qualité requise de rejets d'effluents liquides industriels, le pH ne doit pas dépasser une valeur limite comprise entre 6,5 et 8,5. (JORA ,2006).

2.7.2.3. Turbidité

L'importance des matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et abaisse la productivité du milieu récepteur du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

Les effets mécaniques des matières en suspension sont également importants. Les matières en suspension sont de nature à engendrer des maladies chez le poisson et même l'asphyxie par colmatage des branchies. Par ailleurs, les matières décantables sédimentent dans les zones de frayes et réduisent les possibilités de développement des végétaux et des invertébrés de fond (agissant ainsi sur l'équilibre global de la chaîne alimentaire du système aquatique). (Emilian Koller, 2009)

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES (Mékhalif, 2009).

2.7.2.4. La salinité

Dans l'étude du milieu marin, la mesure de la salinité est importante du fait qu'elle exerce une influence significative sur la densité de l'eau de mer. Représentant la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer, elle permet d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte.

2.7.2.5. L'oxygène dissous

Gouvernant la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques, l'oxygène dissout est un paramètre très important. C'est un composé essentiel de l'environnement aqueux puisqu'il est le réactif limitant de la principale voie de biodégradation de la pollution organique.

La nitrification de l'azote ammoniacal est une source de déficit en oxygène, par ailleurs, des développements de phytoplanctons en zones eutrophes, peuvent engendrer des sur-saturations.

L'appauvrissement du milieu en oxygène dissout provoque l'apparition de pollutions bactériologiques impliquant des maladies infectieuses, alors que le phénomène de corrosion est proportionnel aux teneurs élevées de l'oxygène dissous.

2.7.2.6. Consommation d'oxygène

Le pouvoir d'inhibition de la vie piscicole par consommation de l'oxygène du milieu peut être valablement estimé au vu des valeurs de la DBO, de la DCO et de la teneur en azote réduit des eaux résiduaires rejetées.

En particulier, on rappellera que la consommation d'oxygène consécutive à la minéralisation de l'azote ammoniacal par les bactéries nitrifiantes du milieu (non prise en compte ni dans l'expression de la DBO sur cinq jours, ni dans celle de la DCO) est très importante puisque l'oxydation de 1 mg d'azote ammoniacal en nitrates s'accompagne d'une consommation de l'ordre de 4,5 mg d'oxygène. Dans ces conditions, des rejets présentant une charge élevée en azote réduit peuvent engendrer des phases d'asphyxie du milieu lorsque la dilution est insuffisante. Enfin, par l'intermédiaire du phénomène d'eutrophisation, les rejets d'azote et de phosphore sont indirectement de nature à entraîner de fortes variations journalières du taux d'oxygène du milieu aquatique : en effet, ce taux peut significativement chuter la nuit, où une consommation élevée d'oxygène due à une biomasse surabondante se substitue à sa production photosynthétique diurne. (Emilian Koller, 2009).

2.7.2.7. Matières en suspension

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. Mesuré par peser après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante.

La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres. (Mekhalif, 2009).

2.7.2.8. La conductivité électrique

Paramètre non spécifique, la conductivité électrique d'une eau résiduaire (valeur) n'offre que peu d'intérêt, mais par contre, la variation de cette valeur dans une même agglomération et la comparaison avec celle de l'eau de consommation peut apporter des indications sur la charge polluante associée. (Gueddah, 2003).

2.7.3. Paramètres chimiques

2.7.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h. (Mekhalif, 2009).

2.7.3.2. Demande biologique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures.

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5. (MIZI.A, 2006 ; RODIER.J et *all*, 1996 ; BERNIE, CORDONNIER., 1991).

2.7.3.3. Carbone total organique COT

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatils et du carbone minéral dissous.

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon. (MIZI.A, 2006 ; MECHATI. F, 2006).

2.7.3.4. Azote total NT

Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. Sa valeur globale dans les ERI recouvre toutes les formes déjà citées. C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDAL et l'azote des formes oxydées (NO₂⁻, NO₃⁻). (MIZI.A, 2006 ; Emilian Koller ,2004).

2.7.4. Autres paramètres

2.7.4.1. Hydrocarbures

La mesure des hydrocarbures dans les ERI constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les ERI ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées d'huiles. Par ailleurs, les valeurs obtenues lors du dosage réalisé sur un même échantillon est selon la méthode utilisée, car celle-ci se rapportent alors à la détection partielle ou totale de composés différents (Mékhalif, 2009).

2.7.4.2. Micropolluants

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substance qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

Les principaux micropolluants sont :

- ❖ Certains métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, ...Hg).
- ❖ Composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés, huiles minérales, Hydrocarbures aromatiques polycycliques.
- ❖ Certains dérivés nitrés. (Mékhalif, 2009).

Chapitre 3 :

Matériels et méthodes

3.1. Introduction

L'Algérie, pays producteur de sources énergétiques fossiles (gaz et pétrole), est fortement soumise aux divers polluants.

La ville de Skikda demeure l'un des exemples les plus illustratifs de la pollution du pays. En effet, Skikda est dotée d'une plate-forme industrielle vouée à la pétrochimie et qui constitue la principale source de pollution. Cette zone comprend plusieurs unités polluantes comme le complexe de matière plastique (CP1/K), le complexe de liquéfaction (GNL), la raffinerie (RAF), etc. Ces différentes unités évacuent leurs eaux usées parfois sans aucun traitement préalable vers les oueds (oued Saf-saf, oued Marhoum et oued Zeramna). Or, ces eaux industrielles rejetées dans le milieu récepteur (oueds, mer) entraînent sa pollution, voire son eutrophisation. (Vander Borgh et Ska, 1989).

Face à cette situation précaire et pour une bonne préservation du milieu récepteur, nous essayons au cours de ce travail, d'apprécier le degré de pollution de l'eau des principaux points de déversements du complexes par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée (Boeglin, 1999).

L'objectif de ce chapitre est de présenter et décrire les différentes techniques d'analyses ainsi que les approches statistiques adoptées dans notre étude.

En premier lieu, nous présenterons la zone d'échantillonnage (paragraphe 3.2.) en suite nous décrirons notre stratégie d'échantillonnage (paragraphe 3.4.), puis nous exposerons les différentes caractéristiques physicochimiques et méthodes d'analyses procédés durant notre période d'étude (paragraphe 3.5.).

Enfin, nous montrons les différentes approches statistiques utilisées: les méthodes statistiques univariées (paragraphe 3.6.1.), les méthodes statistiques bivariées (paragraphe 3.6.2.) et enfin, les méthodes statistiques multivariées (paragraphe 3.6.3.).

3.2. Présentation de la zone d'étude (zone d'échantillonnage)

La zone industrielle de Skikda se situe au Nord-est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 2000 hectares. Elle est située à l'Est de la ville, tout près de la confluence oued Saf-saf – oued Zeramna .

En raison de la complexité et de la diversité des rejets, il est difficile de faire un choix judicieux des points de prélèvements. Toutefois, la reconnaissance du réseau de déversement des eaux usées va nous permettre d'opter les points de prélèvements.

Pour mieux cerner les problèmes et les nuisances engendrés par la zone industrielle DRIK de Skikda et pour une bonne préservation du milieu récepteur, nous avons procédé à un contrôle régulier des rejets d'effluents liquides des sept complexes cités précédemment (paragraphe 1.2.1.), toute en essayant d'estimer le degré de pollution de ces eaux par l'analyse de différents paramètres de caractérisation d'une eau usée (Boeglin, 1999). En outre, les résultats d'analyses seront comparés aux critères et normes de déversements industriels. (Boutin, 2001; BadiaGondard, 1996; JORA, 1993).

Les sept stations échantillonnées ainsi que leurs coordonnées géographiques sont présentées ci-dessous à la figure 8.



Figure.7 : Carte de situation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage.
(Image satellite Quickbird, février 2003 : 1cm= 0,5 km).

3.3. Description des stations de prélèvements

Nos échantillons ont été prélevés aux canaux de rejets des eaux usées issus des sept complexes (stations) étudiées.

Les caractéristiques des sept grands complexes étudiés de la ZIK sont décrites dans le tableau ci dessous (tableau .2).

Tableau.2 : Description des sept points d'échantillonnage dans la zone d'étude (ZIK).

N°	Code	Désignation	Observation
1	RTE	Complexe de transport et de stockage des hydrocarbures.	Station de traitement des eaux absente.
2	RAF	Complexe de Raffinage du Pétrole.	Station de traitement des eaux présente mais avec un fonctionnement jugé insuffisant.
3	CTE	Centrale thermique électrique	Station de traitement des eaux absente.
4	GNL	Complexe de gaz naturel liquéfié	Station de traitement des eaux présente.
5	DRIK	Direction régionale de la zone industrielle de Skikda	Station de traitement des eaux absente
6	CP1K	Complexe des matières plastiques.	Complexe à l'arrêt sauf pour quelques utilités de dessalement Station de traitement des eaux présente mais connu des pannes.
7	Poly	Complexe de polyéthylène à haute densité	Station de traitement des eaux présente fonctionnelle

Les différentes stations de prélèvements soit les canaux de rejets des effluents liquides des différents complexes présentés précédemment (tableau.2) sont bien montrés dans les figures suivantes :

3.3.1. Canal de rejet du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE)

Ce canal de rejet du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) représente la station 1 (point 1) de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,952°E, 36,856°N).



Figure.8 : Image satellite du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures RTE. (Quickbird, 2003).



Figure.9 : Photo du canal de rejet de la du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures(RTE).

3.3.2. Canal de rejet du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF)

Ce canal de rejet du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF) représente la station 2 (point 2) de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,962°E, 36,867°N).



Figure .10 : Image satellite du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF) (Quickbird, 2003).



Figure.11 : Photo du canal de rejets du complexe de Raffinage du Pétrole (RAF) de Skikda.

3.3.3. Canal de rejet de la centrale thermique électrique (CTE)

Le canal de rejet de la centrale thermique électrique (CTE), représente la station 3 (point 3) de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,934°E, 36,876°N).



Figure.12 : Image satellite de la centrale thermique électrique (CTE) (Quickbird, 2003).



Figure.13 : Photo du canal de rejet de la central thermique électrique (CTE).



Figure.14 : Photo aérienne du rejet de la centrale thermique électrique CTE.

3.3.4. Canal de rejet du complexe Gaz Naturel Liquéfié (GNL)

Ce canal de rejet du complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL, représente la station 4 (point 4) de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,940°E, 36,874°N).



Figure.15 Image satellite du complexe du gaz naturel liquéfié (GNL) (Quickbird, 2003).



Figure.16 : Photo du canal de rejet du complexe du gaz naturel liquéfié (GNL).



Figure.17 : Photo aérienne du canal de rejet du complexe du gaz naturel liquéfié GNL.

3.3.5. Canal de rejet de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK)

Le canal de rejet de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK), représenté par le point 5 de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,950°E, 36,880°N).



Figure.18 : Image satellite de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).
(Quickbird, 2003).



Figure.19: Photo du canal de rejet de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK).

3.3.6. Canal de rejet du complexe des matières plastiques (CP1K)

La station 5 (point 5) du prélèvement correspond au canal de rejet du complexe des matières plastiques (CP1K), de coordonnées géographiques (6,951°E, 36,881°N).



Figure.20 : Image satellite du complexe des matières plastiques (CP1k) (Quickbird, 2003).



Figure .21 : Photo du canal de rejet du du complexe des matières plastiques (CP1K).



Figure.22 : Photo aérienne du canal de rejet du complexe des matières plastiques (CP1K).

3.3.7. Canal de rejet du complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED)

Le canal de rejet du complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED) représente la station 7 (point 7) de prélèvements, de coordonnées géographiques (6,956°E, 36,881°N).



Figure .23 : Image satellite du complexe polymed.
(Quickbird, 2003).



Figure .24 : Photo du canal de rejet du polymed.



Figure.25 : Photo aérienne du canal de rejet du complexe Polymed.

3.4. Stratégie d'échantillonnage

3.4.1. Durée d'échantillonnage

Lorsqu'il s'agit d'étudier des substances chimiques dont les variations sont méconnues sur un site, Quevauviller (2001) recommande un nombre optimal de cinq échantillons par an et ceci durant 4 années consécutives, alors que les textes algériens (JORA, 1993) préconisent un prélèvement par trimestre pendant deux années.

En ce qui nous concerne et compte tenu de la diversité des activités industrielles dans la zone ZIK et de la nature complexe des eaux rejetées, nous avons opté au départ pour un échantillonnage aléatoire, simple et indépendant des 7 stations, puis nous avons systématiquement prélevés chaque mois deux échantillons par station et ceci durant 6 mois consécutives soit de 19/12/2012 jusqu'à 25/06/2013.

3.4.2. Choix des stations de prélèvements

En raison de la complexité et de la diversité des rejets, il est difficile de faire un choix judicieux des points de prélèvements. Toutefois, la reconnaissance du réseau de déversement des eaux usées va nous permettre d'opter pour sept points de prélèvements.

Ces sept sites de prélèvements privilégiés sont présentés sur la figure 8. Au cours de l'échantillonnage, il a été tenu compte des difficultés d'accès et de prélèvements, car il convient de prélever les échantillons avant toute dilution des eaux.

Les échantillons sont prélevés dans des conditions d'asepsie rigoureuse pour éviter toute contamination accidentelle durant la manipulation.

3.4.3. Technique de prélèvement et conservation

L'échantillonnage a été réalisé comme suit :

- Les prélèvements sont instantanés et concernent chaque fois un litre d'eau répartis dans des flacons en verre borosilicaté chacun conformément aux recommandations de Rodier (2009) et Prichard (1995).
- Les flacons en verre conçus pour les prélèvements sont préalablement lavés, rincés puis égouttés soigneusement et séchés dans l'étuve à 100°C pour éliminer toute trace d'un éventuel détergent.
- Au moment du prélèvement, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser selon les recommandations d'AMINOT (1983).

- Le prélèvement manuel est effectué, au niveau d'une zone assez agitée par le courant de l'effluent où le risque de sédimentation est très faible.
- Les flacons remplis complètement sont fermés hermétiquement pour assurer une protection contre toute contamination probable.

Les eaux industrielles sont rapidement modifiées sous l'action de divers microorganismes qu'elles renferment. Pour limiter les possibilités d'évolution entre l'instant de prélèvement et l'analyse, les flacons remplis sont soigneusement étiquetés (date et station), conservés à l'abri de la lumière dans une glacière à basse température (4°C) et transportés immédiatement au laboratoire pour les analyses, (selon les recommandations préconisées par l'OMS/PNUE (1995)). Au même moment des mesures de certains paramètres sont effectuées in situ. La conservation des échantillons prélevés et la mesure de certaines caractéristiques sont effectuées en respectant les normes AFNOR (1979) citées dans le tableau au-dessous (tableau 3).

Tableau.3 : Conservation des prélèvements selon les normes NF EN ISO (5667-3 ,5667-1) (2004,2007). (Rodier, 2009).

Caractéristiques ou éléments analysés	Réceptient	Technique de conservation	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation en °C.	Effectuer la mesure avant.....
Chlorures	P ou V	0	100	–	1 mois
Conductivité	P ou Vb	Mesure <i>in situ</i> de préférence	100	4	24 h (obsc.)
DBO ₅	P ou V	Remplir complètement	1000	4	24 h (obsc.)
DCO	P ou V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	1 mois
Dureté totale (TDS)	P ou V	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	100	–	1 mois
Hydrocarbures	V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2 (ne pas remplir complètement le flacon)	1 000	4	1 mois
Fer	P	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	100 à 500	–	1 mois
Cr ^{VI}	P	–	100	4 °C	24 h
Matières en suspension	P ou V	0	500	4	48 h (obsc.)
Oxygène dissous (O ₂ mg/l)	Vb	Mesure <i>in situ</i> de préférence	300	4	24 h (obsc.)
pH	P ou V	Mesure <i>in situ</i> de préférence	100	4	6 h (obsc.)
Turbidité	P ou V	0	100	4	24 h (obsc.)
Salinité	–	Mesure <i>in situ</i> de préférence	100	–	–
Température	–	Mesure <i>in situ</i> de préférence			Instantané -nt
P : Polyéthylène ; V : Verre ; Vb : verre borosilicaté ; obsc. :obscurité					

(Rodier, 2009)

3.5. Caractéristiques physicochimiques et méthodes d'analyses

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire de la qualité et le degré de la pollution d'une eau.

Les données collectées lors de notre étude sont des caractéristiques physicochimiques analysées dans chaque échantillon d'eau résiduaire prélevé par station regroupées dans le tableau au-dessus (Tableau .3), ils ont été déterminés par des méthodes standardisées selon le guide général pour la conservation et la manipulation (Tableau.3).

Ces caractéristiques ou variables se divisent en deux groupes :

- Le premier groupe est constitué des variables mesurées in situ :
 - La température en degrés Celsius (T°).
 - La salinité (S‰).
 - Total de solides dissous ou dureté totale en mg/l (TDS).
 - La conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (condu).
- Ces paramètres ont été mesurés à l'aide de sondes de terrains Tetra con 325, WTW type cond197i (AFNOR, 1971).
- Le potentiel hydrogène (pH), mesuré à l'aide d'un pH mètre de type HANNA Hi 9811-5
 - L'oxygène dissous en mg/l (O₂ mg/l). mesurée à l'aide d'un oxymètre de type HANNA Hi2400, instruments Logging Do Meter .
 - La turbidité en unité NTU (turbi) mesurée à l'aide d'un turbidimètre Eutech instruments TN-100 (JENWAY réf 6035) (AFNOR, 1979).

- Le deuxième groupe de variables comprend :
 - La demande biochimique en oxygène en mg/l (DBO₅) obtenue au moyen du dispositif WTW, appareil de mesure manométrique de la DBO : *OxiTop® IS 6 / IS 12 / IS 12-6* (AFNOR, 1979).
 - La demande chimique en oxygène en mg/l(DCO) obtenue par méthode volumétrique, après titrage aux permanganates de potassium (KMnO₄ à N/40) (ASTM, 1974),
 - Les chlorures en mg/l (Cl⁻) obtenus par la méthode de Mohr, méthode volumétrique, titrage des chlorures aux nitrates d'argent en présence de chromate de potassium (ASTM, 1974 ; AFNOR, 1979 et Rodier, 1998),
 - Les hydrocarbures totaux en mg/l (C_xH_y) au moyen du dispositif (appareil de mesure) HORIBA OCMA-316, (ISO).
 - Les éléments inorganiques sont le fer (Fe), et le chrome hexavalent tous en mg/l. les deux éléments sont dosés par un spectrophotomètre à flamme de référence D2576 (ASTM, 1974),

Le choix de ces caractéristiques est strictement lié aux types d'activités industrielles des différentes stations étudiées.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont réunis dans le tableau suivant :

Tableau.4 : Méthodes d'analyse des différents paramètres physicochimiques.

Paramètres	Méthodes d'analyse	Unités	Sources
Température	Sondes de terrains WTW type 197-S	Degrés Celsius	Rodier ,2009
pH	PH-mètre de type (HORIBA LPG7730) étalonné à pH :4, 7,10.	—	Rodier ,2009
Conductivité électrique	Conductimètre de type (CD6N G Série 1A) étalonné avec les solutions H2SO4 (0.01N) et de Kcl (1N).	µs/ cm	Rodier ,2009
Matières en suspension (MES)	Méthode par filtration sur sur filtre en fibre de verre.	mg/l	Rodier ,2009
DCO	Méthode par oxydation avec du KMnO4 à N/40	mg/l d'O2	Rodier ,2009
DBO5	Méthode instrumentale	mg/l d'O2	Rodier ,2009
Chlorures	Méthode de Mohr : dosage des chlorures par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.	mg/l Cl ⁻	Rodier ,2009
Hydrocarbures	Analyseur des hydrocarbures	mg /l	HORIBA OCMA-316, ISO, 2007
Métaux lourds (Fe,Cr ^{VI})	Méthodes par spectrométrie d'absorption moléculaire à l'aide d'un spectrophotomètre UV – visible.	mg /l	Rodier ,2009

3.5.1. Méthodes d'analyses des échantillons

3.5.1.1. Dosage des paramètres physicochimiques

Pour les mesures des paramètres physico-chimiques, le multiparamètres a été utilisé comme suit :

- Etalonnage pour calibrer l'appareil pour chaque paramètre mesuré.
- Immerger la sonde correspondant à chaque paramètre considéré dans l'eau échantillonnée pendant quelques secondes, le résultat de la mesure s'affiche sur l'écran avec son unité de mesure.
- Le résultat affiché est reporté sur des fiches préalablement préparées.
- Dans le but d'éviter que les résultats ne soit erronés, les sondes sont rincées à l'eau distillée puis tamponnées avec du papier absorbant après chaque mesure et pour chaque échantillon.

3.5.1.2. Dosage des hydrocarbures

a. Principe de mesure

Extraction par solvant, et analyse par absorption dans l'infra-rouge entre 3,4 μ et 3,5 μ . Extracteur incorporé pour échantillon aqueux .

b. Procédure de mesure d'échantillon

Prendre 15ml de solvant pur du bécher avec la seringue et le verser dans la cuve d'extraction.

Ajouter une goutte d'acide chlorhydrique . Ensuite ajouter 15ml de l'échantillon dilué d'eau

. Lancer l'extraction pendant 40sec

- A. Ouvrir la vanne d'extraction.
- B. Attendre la stabilisation de la mesure (sans appuyer sur le bouton mesure).
- C. Fermer la vanne d'extraction.
- D. Ouvrir la vanne de drain.
- E. Fermer la vanne de drain.
- F. Répéter de A à E une seconde fois.
- G. Ouvrir la vanne d'extraction et appuyer sur le bouton mesure.
- H. Lire l'écran LCD de mesure et multiplier par deux le résultat. (cela dépend de la dilution qu'on a fait pour notre échantillon

En cas de doute faire un quatrième passage de solvant pour confirmer la mesure. (Source, ,2007)

3.5.1.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène en mg/l(DBO5) obtenue au moyen de dispositif WTW appareil de mesure manométrique de la DBO : *OxiTop® IS 6 / IS 12 / IS 12-6* (AFNOR ,1979),

Cet appareil de mesure est équipé d'un système d'agitation par induction, pour la détermination respirométrique de la demande biochimique en oxygène (DBO) suivant la méthode d'auto-vérification.

a. Principe de mesure

La mesure de la DBO à l'aide de l'appareil de mesure OxiTop® est basée sur la mesure de la pression (mesure par différence). La mesure s'effectue par mesure de pression à l'aide de détecteurs de pression électroniques piezorésistants.

b. Appareils et accessoires requis

- _ Appareil de mesure OxiTop®
- _ Système d'agitation par induction
- _ Enceinte incubatrice thermostatée (température de $20^{\circ}\text{C} \pm 1\text{K}$)
- _ Bouteilles d'échantillon marron (volume unitaire de 510 ml)
- _ Barreaux agitateurs
- _ Extracteur de barreaux agitateurs
- _ Béchers de calibration à débordement adaptés
- _ Godets en caoutchouc
- _ Pastilles de soude
 - Mettre 432 ml d'échantillon dans les DBO-mètres muni par des barres magnétiques pour l'agitation, ajouter NaOH.
 - Condition de l'expérience : l'obscurité+ température= 20°C + l'agitation, après 5 jour on prend les résultats (exprimés en mg /l O₂).

3.5.1.4. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existants dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoire définies. (O.N.E.D.D. ,2006).

Pour déterminer la demande chimique en oxygène on applique la méthode par oxydation avec du KMnO₄ à N/40, tout en suivant le mode opératoire au dessous :

- Verser 10 ml d'échantillon dans un Erlenmeyer de 300 ml.

- Ajouter 1g de sulfates d'argent.
- Ajouter 5 ml acide sulfurique, ajouter 10ml permanganates de potassium (N/40) et mélanger le contenu.
- Essai blanc (pour la correction de l'erreur) 5 ml d'eau distillée et ajouter les mêmes réactifs utilisées avec les échantillons.
- Placer les Erlenmeyers sur le bain marie à une température comprise entre 60°C et 80°C (chauffer les solutions pour 30 minutes).
- Ajouter 10 ml d'oxalates de sodium (Na₂C₂O₄).
- Titrer avec KMNO₄ (N/40).
-

3.5.1.5. Dosage des ions chlorure par la méthode de Mohr

Mesurer la concentration en ions chlorure dans l'eau.

Les ions chlorure Cl⁻ sont caractérisés par les ions argent Ag⁺, selon la réaction :



On fait un dosage volumétrique (c'est-à-dire relatif à des volumes de solution) plus rapide, et basé sur la même réaction chimique.

Lorsqu'on verse une solution contenant des ions argent dans une eau contenant des ions chlorure, la réaction de précipitation se produit tant qu'il reste des ions chlorure. On mesure le volume versé de solution contenant les ions argent AgNO₃ à 0,1N. Il ne faut donc pas en verser en excès, on utilise un indicateur (K₂CRO₄) de fin de précipitation, jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre « précipitation rouge brique » .

3.5.1.6. Mesure de la matière en suspension

La détermination des matières en suspension s'effectue par méthode de filtration sur filtre en fibre de verre, à l'aide d'un appareil de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon est filtré sur un filtre en fibre de verre. Le filtre est ensuite séché à 105°C et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée.

3.5.1.7. Dosage des Métaux lourds "éléments traces métalliques "

Les teneurs des métaux lourds (Fe, Cr ^{VI}) sont déterminées dans l'eau par spectrométrie d'absorption moléculaire à l'aide d'un spectrophotomètre UV - visible. (Rodier et *al.* 2009).

Avant de procéder au dosage des éléments métalliques dans les échantillons d'eau et pour établir les courbes d'étalonnage, des solutions étalons sont préparées pour chaque métal à partir des solutions mères des éléments étudiés.

3.6. Méthodes d'analyse statistique

Toute étude statistique peut être décomposée en deux phases au moins : le rassemblement ou la collecte des données, d'une part, et leur analyse ou leur interprétation, d'autre part. Après avoir fait la collecte des données soit les différentes caractéristiques physicochimiques mesurées (paragraphe 3.5.) Quant à l'analyse statistique, elle peut être décomposée en deux étapes, l'une déductive ou descriptive et l'autre inductive.

Dans un premier temps les analyses de statistiques descriptives sont réalisées afin de mieux visualiser les mesures et les analyses effectuées et par conséquent les interpréter aisément, par exemple sous forme de tableaux ou de graphiques.

Dans un second temps, l'ensemble des résultats obtenus pour chaque variable et pour chacune des 7 stations sont traités sur un plan statistique grâce au logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab.

3.6.1. Méthodes Statistiques Univariées

3.6.1.1. Description des données

Afin de mieux décrire les différentes caractéristiques obtenues par station durant notre période d'étude soit pour 06 mois d'étude, nous avons calculés certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées.

3.6.1.2. Comparaison, entre stations, des caractéristiques moyennes : test de l'analyse de la variance

Pour comparer, entre les sept stations, les moyennes de chacune des 14 variables, nous avons appliquées un test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe. Ce test consiste à comparer les moyennes de plusieurs populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 1970 et 2006).

Ce test a été réalisé pour comparer, d'une part, entre les sept stations d'étude, les moyennes des 14 caractéristiques, pour l'ensemble des six mois d'étude.

3.6.1.3. Recherche de groupes de stations homogènes : méthode de la plus petite différence significative (*p.p.d.s.*)

Lorsqu'à l'issue d'un test d'analyse de la variance et pour des facteurs fixes, on est amené à rejeter l'hypothèse d'égalité de plusieurs moyennes, alors la question se pose de rechercher et de localiser les inégalités, ou en d'autres termes de rechercher quels sont les groupes de stations homogènes, pour telle ou telle caractéristiques mesurée.

De nombreuses solutions ont été proposées pour répondre ou tenter de répondre à cette question (Dagnélie, 1970 et 2006).

Ces solutions sont groupées sous l'appellation générale de méthodes de comparaisons particulières et multiples de moyennes. Le choix entre les différentes approches est très largement fonction de la nature quantitative ou qualitative, des facteurs considérés, et de l'objectif qui a été fixé, ou qui aurait dû être fixé, au moment où la collecte des données a été décidée.

Parmi ces méthodes figure celle appelée la méthode de la plus petite différence significative ou *p.p.d.s.* qui s'applique en une seule étape et qui est, de ce fait, d'une utilisation très facile.

Les résultats obtenus sont généralement présentés sous forme de moyennes soulignées, les soulignements correspondant à des moyennes ou des groupes de moyennes (ou de stations) qui ne sont pas significativement différentes les unes des autres.

En ce qui nous concerne, et ceci dans le cas uniquement de la matrice de données globale des six mois d'étude, chaque fois que l'égalité de moyennes a été rejetée par l'analyse de la variance pour un facteur fixe, nous avons utilisée la méthode de la *p.p.d.s.* pour tenter de déterminer les groupes de moyennes qui sont identiques ou en d'autres termes les groupes de stations, qui sont aussi homogènes que possibles (Dagnélie, 1970 ; 2006).

3.6.2. Méthodes Statistiques Bivariées

La méthode statistique bivariée utilisée consiste essentiellement à calculer le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson entre les variables prises deux à deux. Ce coefficient donne des indices sur l'évolution simultanée des variables considérées deux à deux. Il mesure la netteté de la liaison existant entre deux séries d'observations pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire (Dagnélie, 2006).

Il est compris entre +1 et -1. Il est positif quand les deux variables augmentent en même temps ou diminuent en même temps, et il est négatif quand l'une augmente et l'autre diminue et vice-versa.

Les corrélations ont été calculées pour les moyennes des 14 variables mesurées pour l'ensemble des 7 stations étudiées durant les six mois d'études, soit sur la matrice de données de dimensions $n \times p$ (avec $n = 07$ stations et $p = 14$ vecteurs moyennes des variables).

Le logiciel Minitab fournit chaque fois la valeur du coefficient de corrélation et la valeur de la probabilité p correspondante afin de tester la signification de la corrélation en question.

3.6.3. Méthodes Statistiques Multivariées

3.6.3.1. Comparaison, entre stations, pour l'ensemble des caractéristiques : test d'analyse de la variance multivariée MANOVA

La comparaison des sept stations, entre elles, pour l'ensemble des 14 variables étudiées, a été réalisée à l'aide de l'analyse de la variance multivariée en utilisant trois tests statistiques qui sont : Wilk's lambda, Lawley-Hotteling et Pillai's trace (Dagnélie, 1970, 1986 et 2006).

Cette méthode est une extension de l'analyse de la variance univariée, quand on a plusieurs variables qui ont été observées simultanément sur les mêmes individus (ou stations). Les trois tests cités précédemment et qui sont proposés par Palm (2000) et Dagnélie (1970 et 2006) sont tous asymptotiquement d'égale puissance et aucun test ne peut être recommandé de manière systématique, de préférence aux autres (Dagnélie, 1986). Selon Huberty (1994) le test de Wilk's est le plus populaire.

Nous avons utilisé la commande MANOVA du logiciel Minitab, aux données des 13 variables physicochimiques, qui ont été collectées dans les 07 stations pendant les 06 mois, afin de réaliser, chaque fois, le test d'analyse de la variance multivariée modèle fixe.

Chapitre 4 :

Résultats et discussions

4.1. Introduction

La troisième et dernière partie de ce travail est essentiellement consacrée à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus.

Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus par les différentes méthodes statistiques.

Nous envisagerons tout d'abord les résultats de l'analyse statistique univariée relatifs à la description des données, à l'application du test d'analyse de la variance et du test de la plus petite différence significative (paragraphe 4.2.3.), puis nous examinerons les résultats de l'analyse bivariée (paragraphe 4.2.4.) et enfin, nous analyserons successivement les résultats des méthodes statistiques multivariées, notamment l'analyse de la variance multivariée (paragraphe 4.2.6.).

4.2. Résultats des analyses statistiques univariées

4.2.1. Description des données : résultats statistiques

Dans un premier temps différents tableaux sont réalisés afin de mieux visualiser et décrire les mesures et les différentes caractéristiques obtenues par station pour l'ensemble des six mois d'étude et par conséquent les commenter aisément.

Pour cela nous avons calculés certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées.

4.2.1.1 Données récoltées au niveau du complexe de raffinage du pétrole (RAF)

Tableau.5 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la Raffinerie (RAF/K).

Variable	n	x	s	Var	Xmin	Xmax
T ° C	17	21.28	4.84	23.44	15.50	32.50
pH	17	7.653	0.485	0.235	7.000	9.000
S ‰	17	0.1647	0.1579	0.0249	0.0000	0.7000
O ₂ %	17	60.99	14.71	216.40	32.70	85.50
Condi µS/cm	17	813.9	254.9	64973.4	597.0	1695.0
TDS mg/l	17	368.5	197.3	38921.8	239.0	1025.0
Turbi NTU	17	168.2	252.2	63602.0	17.1	976.0
MES	17	40.82	24.81	615.60	12.00	105.00
DBO ₅ mg/l	17	27.06	19.93	397.06	10.00	80.00
DCO mg/l	17	50.54	28.44	809.10	14.40	130.00
Cl ⁻ mg/l	17	177.8	44.7	1996.6	74.5	244.9
C _x H _y mg/l	17	35.81	26.59	706.97	2.50	100.10
Cr mg/l	17	0.4157	0.2880	0.0829	0.0030	0.9000
Fe mg/l	17	19.92	11.55	133.48	8.21	46.66

a. Température

L'examen du tableau (5) permet de constater que la valeur moyenne des températures de l'eau de rejet de la raffinerie de Skikda durant la période d'étude est de l'ordre de 21,28°C. L'évolution de la température des eaux au cours de notre période d'étude est assez remarquable, elle est marquée par un minimum de 15,50 °C enregistré surtout à l'arrêt du complexe et un maximum de 32,50°C cette valeur dépasse de loin la valeur limite donné par (JORA, 2009) et qui est fixée à 30°C .

b. Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, à pH 7 on dit que cette eau est neutre (Rodier, 1998). Le pH des eaux résiduaires du complexe de raffinage de Skikda oscille entre 7,0000 et 9 ,0000 (tableau.5) La valeur la plus élevée est relevée aux mois de Janvier, elle est légèrement alcaline, correspondant à la période hivernale. Le pH de cette eau présente une moyenne de 7.653 durant la période de prélèvement.

c. Salinité

La salinité des eaux de rejet du complexe de raffinage de Skikda est d'une salinité moyenne de l'ordre de 0.1647 ‰, elle varie entre 0‰ et 0.7000‰.

Les eaux utilisées au niveau de ce complexe se sont des eaux du robinet, après déminéralisation et traitement au chlore, ce qui explique les faibles teneurs en sels dissous dans les eaux résiduaires du complexe (RAF) (Mezedjri ,2008).

d. Le taux de saturation en oxygène (O₂%) ou oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est un paramètre qui dépend essentiellement de la température. Le pourcentage de saturation en oxygène pour les eaux de la raffinerie de Skikda est de valeur moyenne de 60.99 % et avec une variation du taux de saturation en oxygène dissous caractérisée par un minimum de 32.70 % et un maximum de 85.50 %.

La teneur en oxygène dissous soit réduite, et par conséquent, la capacité autonettoyante de l'eau (Bliefert et Perraud, 2001). Ces eaux rejetées directement sans traitement préalable.

Il apparaît clairement que la valeur moyennes du taux de saturation en oxygène dissous de la raffinerie sont en dessous de la valeur limite inférieur (VLI : 80%) ainsi que la valeur limite supérieure (VLS : 120%).

Le plus souvent, avec la température élevée des eaux rejetées, ce qui a comme importante conséquence, de ce fait, le traitement ou convection de chaleur, ne sont pas favorables au bon développement de la vie aquatique. Selon la classification de Bliefert et Perraud (2001), ces eaux sont considérées comme hors classe.

e. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux de rejets de la raffinerie de Skikda montrée par le tableau (5) est de valeur moyenne de 813.9 μ S/cm avec un maximum de 1695.0 μ S/cm et un minimum de 597.0 μ S/cm.

Les eaux des unités industrielles sont généralement caractérisées par une conductivité électrique (CE) élevée favorisant la corrosion des matériaux, et une modification de sa saveur (teneur en Cl⁻).

Les valeurs enregistrées révèlent que le complexe de raffinage présente une conductivité électrique élevée due à la charge organique (Chafai, 1996).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009).

f. Total de solides dissous ou la dureté totale (TDS mg/l)

Il n'est pas facile de définir un niveau de ségrégation entre une eau douce et une eau dure. Cependant, on peut considérer qu'à des teneurs inférieures à 75 mg/l qu'il s'agit d'une eau douce (Rodier, 1998 ; ASTM, 1974 ; AFNOR, 1979) et qu'au dessus il s'agit d'une eau dure.

Les valeurs de la dureté total des eaux résiduaires de la raffinerie de Skikda sont variables tableau (5), elle présente une valeur maximale de 1025.0 mg/l et une valeur minimale de 239.0 mg/l.

Les valeurs de la dureté totale, des eaux rejetées par la raffinerie de Skikda, varient entre 143mg/l et 3900 mg/l. Ces valeurs montrent qu'on est dans le cas d'eaux très dures (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g .Turbidité (NTU)

La turbidité est liée à la présence de particules diverses en suspension dans l'eau. Elle peut être favorisée par la pluie. Certains auteurs font un rapprochement entre la turbidité ou la transparence et les matières en suspensions MES (Bliefert et Perraud 2001 ; Quevauviler, 2001). La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée (Rodier, 2009).

L'examen du tableau (5) montre que la turbidité moyenne des rejets de la raffinerie de Skikda est de l'ordre de 168.2 NTU avec un maximum de 976.0 NTU et un minimum de 17.1 NTU ,ces valeurs sont très importante et présentent un grand inconvénient pour le bon développement de la vie aquatique (limitation de la pénétration de la lumière, obstruction des branchies des poissons et des bivalves etc.).. Elle limiterait aussi la destruction des coliformes au-delà de 5 NTU en cas de traitement. Ces résultats sont affirmés par l'étude réalisée par Mezedjri.L sur une période de deux années successives (2005-2006) (2006-2007).

h. Matières en suspension (MES)

Pour apprécier la qualité d'une eau, il est toujours nécessaire d'évaluer quantitativement sa charge en matière dissoute et particulaire. La matière en suspension (MES) calculé pour le complexe de raffinage de Skikda présente des valeurs importantes s'observant essentiellement durant la période pluvieuse , le tableau.5 montre que sa valeur moyenne (40.82mg/l) dépasse la valeur limite qui est fixée à 30 mg/l , ainsi qu'une valeur maximal remarquable atteint les 105.00 mg/l et qui dépasse de très loin la valeur limite fixée par les textes (JORA ,2006) . La présence de ces MES dans les rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d'égouts (Badia Gondard, 1996 *in* Bordjiba et al ,2009). D'autre part, elle peut causer des nuisances et entre autres, les dépôts de boues et le colmatage des fonds aquatiques récepteurs. Les boues décantées sont néfastes au maintien des édifices biologiques naturels (Meinck et al., 1977 *in* Bordjiba et al,2009), tandis que le colmatage défavorise la biodégradation des micropolluants (Bliefert et Perraud, 2001 *in* Bordjiba et al,2009).

i. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène est la concentration, en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai. (Rodier, 2009)

Il est admis qu'une DBO₅ inférieure à (1 mg/l) d'oxygène peut-être considérée comme normale, entre (1 et 3 mg/l) comme acceptable et douteuse pour des valeurs supérieurs à (3 mg/l) (Rodier, 1998).

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours enregistrées durant la période de prélèvement sont caractérisées par des fluctuations très importantes, dont on a enregistré une valeur moyenne de 27.06 mg/l d'O₂ et oscillent entre un minimum de 10.00 mg/l d'O₂ et un maximum de 80.00 mg/l d'O₂, ces valeurs dépassent les normes admissibles des rejets industriels limités à 25 mg/l. (JORA ,2006).

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existants dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. (Rodier, 2009).

Le tableau (5) montre les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par le complexe de raffinage de Skikda, avec une valeur moyenne de 50.54 mg/l d'O₂, minimum de 14.40 mg/l d'O₂ et un maximum de 130 mg/l d'O₂, la valeur maximale enregistrée est au-delà de la valeur limite qui est de 100 mg/l d'O₂.

k. Les chlorures (Cl⁻) mg/l

Les teneurs en chlorures des eaux, varient principalement selon la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/l (Rodier, 1998).

Au niveau des eaux rejetées par la raffinerie, la valeur minimale de chlorures est de 74.5mg/l, la valeur maximale est de 244.9 mg /l .et avec une teneur moyennes en Cl⁻ enregistrées durant la période de prélèvement de 177.8 mg /l.ces valeurs sont importante alors que le complexe utilise de l'eau potable déminéralisée dans leur processus de production. Ces valeurs sont essentiellement le résultat des installations de stockage des hydrocarbures (Rodier, 1998) et les sels utilisés pour le nettoyage et l'entretien des installations (ASTM, 1974).

l. Les hydrocarbures totaux (C_x H_y)

En ce qui concerne les hydrocarbures totaux, leur présence est facilement indiquée par l'odeur, la texture et la couleur de l'eau (Rodier, 1998).

Le tableau (5) laisse apparaître que la variation des hydrocarbures totaux est importante.

La variation est très significative avec un maximum de 100.10mg/l d'hydrocarbures totaux enregistrée durant un accident au niveau du complexe et un minimum de 2.50 mg/l et avec une valeur moyenne de 35.81 mg/l. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont au-delà de la valeur limite, exception faite pour un seul enregistrement (2.50 mg/l) ou la valeur est en dessous de la valeur limite.

m. Le Chrome hexavalent (Cr^{VI}) mg/l

L'examen du tableau (5) nous renseigne sur les teneurs du chrome hexavalent des eaux rejetées par le complexe de raffinage de Skikda durant la durée de prélèvement, avec une valeur moyenne de 0.4157 mg/l, un maximum de 0.9000 mg/l et avec un minimum de 0.0030 mg/l.

Les teneurs en chrome hexavalent des eaux résiduaires du raffinage du pétrole atteint 0.9 mg/l, cette valeur dépasse la norme édictée par le décret 06-141 (JORA, 2006) qui est de 0,5 mg/l, sachant que le chrome hexavalent est parmi les métaux lourds les plus toxiques.

n. Le fer total (Fe mg/l)

C'est un élément très réparti, il est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre. Largement utilisé dans la métallurgie avec des utilisations secondaires très variées dans la chimie (Rodier, 1998).

Au niveau des eaux du complexe de raffinerie de Skikda, Les teneurs moyennes en Fe enregistrées au niveau du complexe sont 19.92 mg /l, avec une valeur minimale de 8.21mg/l et une valeur maximale de 46.66 mg /l.

Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées pour le fer dépassent de très loin la valeur limite fixée par le décret 06-141 (3 mg/l comme valeur limite et 5 mg/l comme tolérance extrême pour les anciennes installations en activités) (JORA, 2006), ces valeurs sont expliquées par le lessivage des terrains, la corrosion des installations, cela est dû aussi au fait que le complexe de raffinage de Skikda est une ancienne installation.

➤ **Conclusion**

D'après les données collectées et les constatations précédentes, sur la qualité des eaux rejetées par le complexe de la raffinerie de Skikda (RAF/K) on peut conclure que :

- Les eaux rejetées la plus part du temps sont chaudes, pauvres en oxygène, neutre à alcalin, avec une minéralisation importante.
 - Ce sont des eaux très dures, de turbidité importante et des valeurs significatives en matières en suspension.
 - Les chlorures sont présents à des teneurs importantes ce qui cause des conséquences sur le milieu récepteur.
 - La DBO révèle une pollution organique des eaux rejetées ainsi que pour la DCO.
 - Les hydrocarbures sont présents dans les eaux rejetées à des teneurs élevées. Ce qui affirme la déficience de la station d'épuration à maîtrisé ce problème. Ce canal présente une pollution par les hydrocarbures et par conséquent peut menacer les espèces aquatiques.
 - Les variations des métaux sont significative, dont des dépassements sont enregistrés en Chrome hexavalent, ainsi que des variations très importantes pour le fer, ce qui donne à ces eaux une certaine toxicité distincte.
- Donc les eaux rejetées par le complexe de la raffinerie de Skikda (RAF/K), ne sont pas conformes aux normes, se sont de nature douteuse, hors classe et toxique.

4.2.1.2. Données récoltées au niveau du complexe de transport des hydrocarbures par Canalisation (RTE)

Tableau.6 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la RTE.

Variable	n	x	s	Variance	Xmin	Xmax
T ° C	17	18,611	2,987	8,924	13,500	23,400
pH	17	7,512	0,490	0,240	6,900	8,900
S ‰	17	0,2524	0,1322	0,0175	0,000	0,4000
O ₂ %	17	58,62	08,44	71.31	40,20	72,40
Condi µS/cm	17	1648	2809	7889831	558	12520
TDS mg/l	17	394.4	85.3	7277.5	223.0	510.0
Turbi NTU	17	35.44	22.46	504.25	5.53	100.50
MES	17	20.27	23.22	539.14	0.000	83.00
DBO ₅ mg/l	17	5.706	2.845	8.096	2.000	10.000
DCO mg/l	17	47.45	23.68	560.55	10.80	125.00
Cl ⁻ mg/l	17	203.0	41.9	1757.1	117.2	291.1
C _x H _y mg/l	17	17.41	11.85	140.43	1.00	40.00
Cr mg/l	17	0.03650	0.03175	0.00101	0.00800	0.15000
Fe mg/l	17	12.34	5.42	29.39	4.13	22.49

a. Température

Le tableau.6 montre les valeurs des températures de l'eau de rejet du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures RTE de Skikda durant la période d'étude avec une valeur moyenne de l'ordre de 18,61°C, oscillent entre un minimum de 13,50°C et un maximum de 23,40°C ces valeurs sont tolérante d'après le texte (JORA, 2009) du fait que le complexe a pour but juste de stocker et transporter les hydrocarbures et n'a aucune mission pour production.

b. Potentiel hydrogène (pH)

L'examen du tableau (6) permet de constater que la valeur moyenne du potentiel hydrogène (pH) des eaux résiduaires du complexe de la RTE de Skikda est de 7,512 durant la période de prélèvement, avec un minimum de 6,900, cette valeur correspond aux conditions où la température est élevée et le débit de l'eau est le plus faible et un maximum de 8,900 qui dépasse la valeur limite supérieure fixée par le décrets de JORA qui est de 8,5 correspond aux eaux rejetées en hiver avec le lessivage des terrains par les pluies et la diminution de la température (Rodier, 1998). En général les eaux rejetées par la RTE ont tendance au pH acide. (Mezedjri ,2008).

c. Salinité

Les eaux résiduaires du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) de Skikda sont d'une salinité moyenne de l'ordre de 0,2524 elle varie entre 0‰ et 0,4000‰.

Ces valeurs correspondent à la période hivernal, ainsi que, le complexe RTE utilise une eau douce (eau de robinet), vue la mission principale du complexe qui est le transport et le stockage du pétrole.

d. Le taux de saturation en oxygène (O₂%)

La présence régulière de l'oxygène dans l'eau n'en fait pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, la pression partielle atmosphérique et de la salinité (Rodier, 1998 ; kruk, 1998).

Le pourcentage de saturation en oxygène pour les eaux de la RTE de Skikda est de valeur moyenne de 58,62% et varie entre un minimum de 40,20 % et un maximum de 72,40 % cette valeurs est enregistrée en période des grandes crues et du brassage du canal ainsi que la diminution de la température.

e. Conductivité électrique (CE)

Le tableau.6 figure la conductivité électrique qui caractérise les eaux de rejets de la RTE de Skikda qui sont de valeur moyenne de 1648µS/cm avec un minimum de 558µS/cm et une valeur maximale de 12520µS/cm.

Les eaux résiduaires rejetées par la RTE au cours de notre étude sont caractérisées par une conductivité électrique (CE) très élevée favorisant la corrosion des matériaux.

Les valeurs élevées enregistrées par le complexe RTE peuvent expliquer par la charge organique existante dans les eaux de rejets. (Chafai, 1996).

f. Total de solides dissous ou dureté totale (TDS mg/l)

Les variations de la dureté totale des eaux résiduaires du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) de Skikda sont montrées dans le tableau (6). Elle présente une valeur maximale de 510.0 mg/l et une valeur minimale de 223.0 mg/l et avec une valeur moyenne de 394.4 mg/l.

Ces valeurs démontrent que les eaux résiduaires du complexe dans le cas d'une eau dures (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g. Turbidité (NTU)

L'examen du tableau (6) montre que la turbidité moyenne des rejets du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) est de l'ordre de 35.44NTU avec un minimum de 5.53 NTU et maximum de 100.50 NTU, la turbidité atteint ces valeurs maximas surtout en période des grandes crues, ces valeurs sont importante ce qui empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation. (Rodier, 2009).

h. Matières en suspension (MES)

Le tableau.6 montre que les teneurs enregistrées au cours de six mois d'étude en matière de suspension pour les eaux de rejets de la RTE sont pour une valeur moyenne de 20.27 et un maxima qui atteint les 83.00 mg/l (voir le triple de la valeur limite) cette valeurs dépasse de loin la valeur limite qui est fixée à 30 mg/l par le décret 06-141 (JORA ,2006), elle corresponde à la période pluviale du prélèvement. Ces teneurs en MES dans les rejets perturbent l'activité biologique de la vie aquatique.

i. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

L'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résulte de la dégradation des charges organiques polluantes sous l'effet des microorganismes. (Mezedjri ,2008)

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours marquées au cours de nos prélèvements au niveau du complexe RTE sont, de valeur moyenne de 5.706 mg/l d'O₂ oscillent entre un minimum de 2.000 mg/l d'O₂ et un maximum de 10.00 mg/l d'O₂.

Les teneurs faible ou nulle de la DBO5 des eaux résiduaires, peuvent expliquer que les microorganismes susceptibles de biodégrader les composés présents, peuvent contenir des substances inhibitrices (molécules toxiques vis-à-vis de la flore bactérienne) ou posséder des conditions de milieu inadapté à la survie et à la croissance des microorganismes (pH, teneur en oxygène, absence de nutriments, salinité...). (Rodier, 2009) P 980

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau .6 figure les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par le complexe RTE de Skikda, avec une valeur moyenne de 47.45 mg/l d'O₂, minimum de 10.80 mg/l d'O₂ et un maximum de 125.00 mg/l d'O₂, la valeur maximale dépasse légèrement la valeur limite fixée par JORA qui est de 100 mg/l d'O₂.

k. Les chlorures (Cl) mg/l

Les teneurs en chlorures des eaux résiduaires de la RTE marquées durant la période d'étude sont d'une valeur moyenne de 203.0 mg/l, une valeur minimale de 117.2 mg/l, et une valeur maximale est de 291.1mg /l. Ces valeurs sont essentiellement le résultat des installations de stockage des hydrocarbures (Rodier, 1998), et les sels utilisés pour le nettoyage et l'entretien des installations (ASTM, 1974). Cela peut être aussi dû à la nature des terrains traversés.

l. Les hydrocarbures totaux (Cx Hy)

Le tableau .6 montre les concentrations des hydrocarbures totaux enregistrées durant la période d'étude par le complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE), dont la valeur moyenne enregistrée est de 17.41 mg/l, et la valeur maximale atteint 40.00 mg/l d'hydrocarbures totaux ce qui dépasse de loin la norme donnée par la réglementation algérienne (10 mg /l) . Ces valeurs significatives dû aux fuites accidentels des bacs contenant le pétrole ainsi lors de leur transport sachant que la mission principale du complexe est le transport et le stockage du pétrole.

m .Le Chrome hexavalent (Cr mg/l)

Les teneurs en chrome hexavalent des eaux rejetées par le complexe RTE de Skikda mesurées par la méthode spectrophotométrique durant la durée de prélèvement enregistrée ont marquées une valeur moyenne de 0.0365 mg/l.et atteint un maximum de 0.15000 mg/l. Ces valeurs sont relativement inférieures aux normes fixées par le décret 06-141 soit 0,5 mg/l (JORA, 2006).

n. Le fer total (Fe mg/l)

Au niveau des eaux du complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) de Skikda, Les teneurs marqué en fer sont 12.34 mg /l, avec une valeur minimale de 4.13 mg/l et une valeur maximale de 22.49 mg /l.

Les valeurs en fer an niveau de la RTE de Skikda dépassent également la valeur limite fixée par le décret 06-141(JORA, 2006), ces valeurs sont aussi expliquées par le lessivage des terrains et la corrosion des installations.

➤ **Conclusion**

On peut conclure, d'après les constatations précédentes, sur la qualité des eaux rejetées par le complexe de transport et de stockage des hydrocarbures (RTE) que :

- Les eaux rejetées la plus part du temps sont de température relativement tolérable vu que la plupart des prélèvements ont été réalisés en période hivernale.
- Ces eaux sont à faible salinité, tendent à l'acidité, un taux de saturation en oxygènes plus ou moins faible et avec une minéralisation très élevée.
- Ce sont des eaux dures, et avec une turbidité importante ainsi que pour la matière en suspension.
- Les teneurs des eaux de rejets en chlorures sont élevées ce qui provoque des conséquences sur le milieu récepteur.
- La DBO des eaux rejetées est faible et des dépassements légers en DCO.
- Les teneurs en hydrocarbures totaux contenues dans le canal de rejet sont significatives. Ces eaux une fois rejetées dans le milieu récepteur vont causer une nuisance à la vie aquatique.
- Les teneurs en métaux présentent des fluctuations importantes pour le Fer, et des teneurs relativement faibles en Chrome hexavalent.

Donc les eaux rejetées par la RTE sont de nature douteuses et présentent une pollution, or ces eaux résiduelles rejetées dans le milieu récepteur (oueds, mer) entraînent sa pollution, voire son eutrophisation.

4.2.1.2. Données récoltées au niveau du complexe Gaz Naturel Liquéfié GNL/K

Tableau.7: Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du GNL.

Variable	n	\bar{x}	S	Variance	Xmin	Xmax
T ° C	17	24.223	3.571	12.752	18.400	31.100
pH	17	8.1706	0.2173	0.0472	7.9000	8.7000
S ‰	17	36.688	1.927	3.715	31.600	37.700
O ₂ %	17	64.52	13.07	170.78	36.10	85.10
Condi µS/cm	17	56441	362	131324	55900	57300
TDS mg/l	17	2000.0	0.000000	0.000000	2000.0	2000.0
Turbi NTU	17	3.280	1.583	2.505	1.430	5.830
MES	17	47.59	36.42	1326.12	0.00	167.00
DBO ₅ mg/l	17	2.529	1.546	2.390	0.000	6.000
DCO mg/l	17	33.65	19.25	370.55	10.00	83.60
Cl ⁻ mg/l	17	23141	1366	1866332	19525	25560
C _x H _y mg/l	17	0.656	0.579	0.336	0.000	2.150
Cr mg/l	17	0.03333	0.02925	0.00086	0.00000	0.12000
Fe mg/l	17	9.37	4.85	23.51	2.93	26.47

a. Température

L'examen du tableau (7) permet de constater que les valeurs des températures de l'eau de rejet de la GNL de Skikda durant la période d'étude varient entre un minimum de 18,40°C et un maximum de 31,10°C, un maximum qui dépasse la valeur limite donnée par (JORA, 2009). Et avec une valeur moyenne de l'ordre de 24.223°C. L'évolution de la température des eaux rejetées par le complexe GNL au cours de notre période d'étude est assez significative (un minimum qui signifie la période d'arrêt du complexe et un maximum marqué en période d'activité).

b. Potentiel hydrogène (pH)

Les eaux rejetées par le complexe GNL de Skikda enregistrent une valeur moyenne en pH de (8.1706) et oscillent entre un maximum de 8,7000 et un minimum de 7.9000. Les eaux du complexe GNL sont considérées comme étant acceptable durant notre période d'étude.

c. Salinité

La liquéfaction du gaz naturel est un procédé qui utilise un puissant compresseur pour obtenir une pression importante, qui peut transformer le gaz naturel en liquide. Ce procédé, nécessite d'importante quantité d'eau et d'énergie pour se faire. Les sources en eau sont, l'eau de mer et le réseau AEP. L'eau est déminéralisée par un traitement chimique intense, puis elle est utilisée, soit pour le compresseur soit pour les chaudières.

Pour cela les eaux de rejet du complexe de liquéfaction du gaz naturel (GNL) enregistrent une salinité très

élevée il atteint une valeur moyenne de l'ordre de 36.688 ‰ et varie entre 31.600 ‰ et 37.7000 ‰.

d. Le taux de saturation en oxygène (O₂%)

Le pourcentage de saturation en oxygène pour les eaux du complexe GNL de Skikda est de valeur moyenne de 64.52% et varie entre un minimum de 36.10 % et un maximum de 85.10%

Ces valeurs demeurent acceptables, par rapport à la température des eaux rejetées (Kruk, 1998 ; Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001). La bonne oxygénation de l'eau est due au fait du remous qui favorise l'oxygénation de l'eau. (Mezedjri, 2008).

e. Conductivité électrique (CE)

Les teneurs en conductivité électrique des eaux de rejets de GNL de Skikda enregistrent une valeur moyenne de 56441µS/cm avec un maximum de 55900 µS/cm et une valeur minimale de 57300 µS/cm. Ces teneurs sont extrêmement élevées, se sont le signe d'une très forte minéralisation, qui est la conséquence du traitement chimique intense (Rodier, 1998).

f. Total de solides dissous ou dureté totale (TDS mg/l)

Les valeurs de la dureté total des eaux résiduaires du complexe de liquéfaction du gaz naturel de Skikda sont très élevées dont elle enregistre durant notre période d'étude des valeurs importantes tableau (7) qui dépassent les 2000.0 mg/l et peuvent atteindre comme valeurs extrêmes 60100 mg/l (Mezdjri, 2008) .Ces valeurs montrent que les eaux résiduaires du (GNL) sont de nature hors classe (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g. Turbidité (NTU)

L'examen du tableau (7) montre que la turbidité moyenne des eaux rejetées par le complexe GNL de Skikda est de l'ordre de 3.280 NTU avec un maximum de 5.830NTU et un minimum de 1.430 NTU Ces valeurs sont tolérables, ou on peut dire qu'elles sont normales (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud 2001).

h. Matières en suspension (MES)

L'examen du tableau (7) montre que les teneurs en matière en suspension (MES) marquées pour le complexe GNL de Skikda au cours de la période d'étude sont très importante, surtout durant les périodes pluvieuses, avec une valeur moyenne (47.59mg/l) et un maximum qui atteint 167.0 mg/l .Ces valeurs sont non conforme avec les normes édictées par le décret 06-141 (JORA, 2006).

i. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours relevées durant la période de prélèvement ont enregistrées une valeur moyenne de 2.529 mg/l et maximum de 6.000 mg/l d'O₂. Ces valeurs en DBO₅ sont faibles.

Les eaux rejetées par le complexe (GNL), sont le plus souvent très faibles et ne dépassent pas 28,2 mg/l

(Mezjri, 2008).

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau (7) montre les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) au niveau du complexe de liquéfaction du gaz naturel de Skikda, avec une valeur moyenne de 33.65mg/l d'O₂, minimum de 10.00 mg/l d'O₂ et un maximum de 83.60 mg/l d'O₂. Ces valeurs enregistrées au cours de notre période d'étude sont en conformité avec les directives du décret 06-141 (JORA, 2006).

k. Les chlorures (Cl⁻) mg/l

Au niveau des eaux rejetées par le GNL, les teneurs enregistrées en chlorure sont comme suit : une valeur minimale de 19525 mg/l, une valeur maximale de 25560 mg /l .et une teneur moyennes en Cl⁻ enregistrées durant la période de prélèvement de 23141mg /l. Ces valeurs, très importantes, témoignent de l'intensité du traitement chimique par les sels de chlore (Rodier, 1998).

l. Les hydrocarbures totaux (C_x H_y) :

Le tableau (7) montre les concentrations des hydrocarbures totaux au niveau du complexe GNL, avec une valeur moyenne de 0.656 mg/l. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées en hydrocarbure sont en dessous de la valeur limite. Les teneurs faible et parfois nulle en hydrocarbure totaux révèlent bien l'activité principale du complexe GNL qui est la liquéfaction du gaz naturel donc ce complexe utilise comme matière première le gaz naturel ce qui exclue toute apparition d'hydrocarbure.

m .Le Chrome hexavalent (Cr^{VI} mg/l)

L'examen du tableau (7) nous renseigne sur les concentrations du chrome hexavalent des eaux rejetées par le complexe gaz naturel liquéfié GNL calculées au cours de notre période de prélèvement, avec une valeur moyenne de 0.03333 mg/l.

Les teneurs en chrome hexavalent des eaux résiduaires complexe gaz naturel liquéfié sont tolérante a la valeur limite fixées par le texte (JORA, 2006).

n. Le fer total (Fe mg/l)

Au niveau des eaux du complexe gaz naturel liquéfié de Skikda, Les teneurs moyennes en Fe enregistrées dépassent également de loin la valeur limite fixée par le décret 06-141 (JORA, 2006), sont pour une valeur moyenne de 9.37mg /l et atteint une valeur maximale de 26.47 mg /l .La présence du fer est liée à ça présence naturelle dans l'eau de mer et à la corrosion des installations (Rodier, 1998).

➤ **Conclusion**

D'après les constatations effectuées sur les rejets liquides du complexe du gaz naturel liquéfié (GNL), on peut conclure que :

- L'évolution de la température des eaux résiduaires du complexe GNL au cours de notre période d'étude est assez significative donc les eaux rejetées par ce complexe sont chaudes.
- Ce sont des eaux à salinité très élevés, oxygénés, tendent à l'alcalinité, et avec une très forte minéralisation.
- Ce sont des eaux très dures, et avec une turbidité acceptable voire normale mais avec une matière en suspension non conforme.
- Les eaux de rejets de ce complexe présentent des teneurs très élevés en chlorures ce qui révèlent l'intensité du traitement chimique par les sels de chlore.
- Ces eaux résiduaires ont une demande biochimique en oxygène faible ainsi pour la demande chimique en oxygène sont en conformité avec les normes fixée par JORA.
- Ce canal de rejet ne présente pas une pollution par les hydrocarbures totaux, les teneurs enregistrées durant toute la période d'étude sont en dessous de la valeur limite.
- Les fluctuations des teneurs en fer sont importantes, par contre les teneurs enregistrées en Chrome hexavalent sont en conformité avec les directives du décret 06-141 (JORA, 2006).

En fin on peut dire que ces eaux rejetées par le complexe du GNL présentent une pollution chimique donc ces eaux restent de nature douteuses.

4.2.1.4. Données récoltées au niveau de la Centrale thermique Electrique CTE

Tableau.8 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la CTE.

Variable	n	\bar{x}	S	Variance	Xmin	Xmax
T ° C	17	27.55	9.53	90.77	19.00	55.00
pH	17	8.176	0.574	0.329	7.400	10.000
S ‰	17	28.65	13.10	171.67	1.30	37.20
O ₂ %	17	57.72	16.90	285.56	18.60	81.70
Condi µS/cm	17	27553	9527	90768897	19000	55000
TDS mg/l	17	1904.9	270.8	73307.6	1090.0	2000.0
Turbi NTU	17	13.08	19.05	362.80	1.90	72.70
MES	17	33.86	17.56	308.43	0.00	74.00
DBO ₅ mg/l	17	10.47	16.43	269.89	0.00	50.00
DCO mg/l	17	35.18	15.53	241.10	16.20	66.80
Cl ⁻ mg/l	17	17450	7033	49460891	4083	32275
C _x H _y mg/l	17	8.69	12.20	148.85	0.00	48.00
Cr mg/l	17	0.05080	0.03445	0.00119	0.00580	0.13000
Fe mg/l	17	11.97	6.65	44.18	4.07	33.61

a. Température

L'examen du tableau (8) permet de constater que la centrale thermique électrique de Skikda présente une pollution thermique, elle a pu atteindre une valeur de 55.00°C de température en période d'activité de la centrale.

Ces valeurs témoignent de l'intensité des nuisances thermiques générées par la centrale thermique électrique de Skikda. En effet, les eaux de mer sont pompées, puis chauffées au niveau d'une chaudière haute de 35 m, puis elles sont utilisées pour faire tourner une turbine qui produit de l'énergie électrique. Les valeurs de la température sont toujours élevées sauf en période d'arrêt de la centrale pour maintenance. (Mezedjri ,2008).

b. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux résiduaires de la centrale thermique électrique de Skikda oscille entre une valeur de 7.400 et 10.000 (tableau 8) donc il varie entre un pH relativement neutre et un pH basique. Cette valeur explique que les eaux été chargées en matière chimique et rejetées sans un traitement préalable (sans neutralisations).

c. Salinité

La salinité des eaux rejetées par la CTE de Skikda au cours de notre étude est de l'ordre de 28.65‰ et varie entre 1.30‰ et 37.20‰, ces valeurs correspondent du fait que la centrale thermique utilise comme matière première une eau saumâtre (eau de mer).

Cette dernière valeur correspond à une salinité d'une eau de mer normale au niveau de la méditerranée. On peut aussi constater que les valeurs de la salinité sont relativement constantes.

La procédure de production d'électricité au niveau du complexe (CTE), nécessite l'utilisation d'importantes quantités d'eau de mer pour le fonctionnement de la turbine à vapeur, après un chauffage dans les chaudières.

Ces eaux subissent une attaque à la soude pure, pour être déminéralisé et neutralisé par la suite par un acide fort (HCL). L'excès de saumure est rejeté dans le canal puis directement dans l'oued Saf-saf. (Mezjdjri ,2008).

d. Le taux de saturation en oxygène (O2%)

Le pourcentage de saturation en oxygène pour les eaux de la CTE de Skikda est de valeur moyenne de 57.72 % et avec une variation du taux de saturation en oxygène dissous caractérisée par un minimum de 18.60 % et un maximum de 81.70 %.

La valeur minimale est douteuse, parfois même proche de l'anoxie, mais les valeurs demeurent acceptables la plus part du temps, par rapport aux températures des eaux rejetées (Kruk, 1998 ; Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001).

La bonne oxygénation de l'eau est due au fait de la pression importante par laquelle l'eau est rejetée, ce qui crée un fort remous favorisant l'oxygénation de l'eau. (Mezjdjri ,2008).

e. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux de rejets de la centrale thermique électrique de Skikda montrée par le tableau (8) est très importante, elle est de valeur moyenne de 27553µS/cm avec un maximum de 55000µS/cm et une valeur minimale de 19000µS/cm.

Ces valeurs sont excessivement élevées et le signe d'une très forte minéralisation. Elles dépassent de loin la conductivité des eaux marine qui sont de l'ordre de 30000 µS/cm. L'explication d'une telle forte minéralisation, demeure dans le traitement chimique intensif des eaux, contre les organismes marins qui peuvent coloniser et colmater les installations (Rodier, 1998).

f. Total de solides dissous ou la dureté totale (TDS mg/l)

Le tableau.8 montre que les valeurs de la dureté total des eaux résiduaires de la centrale thermique électrique de Skikda sont variables, sa valeur maximale atteint plus de 2000.0 mg/l et une valeur minimale de 1090.0 mg/l. Ces valeurs montrent que les eaux résiduaires de la (CTE) sont d'une dureté excessive et de nature hors classe (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g. Turbidité NTU

L'examen du tableau (8) montre que la turbidité moyenne des rejets de la centrale thermique électrique de Skikda est de l'ordre de 13.08 NTU avec un maximum de 72.70 NTU. Ces valeurs sont douteuses par rapport à la turbidité des eaux de la même centrale qui a enregistré que 3,7 NTU durant une période d'étude analysée par Mezedjri, 2008.

h. Matières en suspension (MES)

La matière en suspension (MES) enregistrée pour la CTE de Skikda présente des valeurs qui demeurent non acceptables, une valeur moyenne de 33.86 mg/l, ainsi qu'une valeur maximale qui atteint les 74.00 mg/l et qui dépasse de loin la valeur limite (30 mg/l) fixée par les textes (JORA, 2006).

i. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour cinq (5) jours relevées au niveau de la CTE de Skikda sont faibles (nulle) durant tout le cycle d'étude, elle enregistre une valeur moyenne de 10.47 mg/l d'O₂ et avec un seul enregistrement maximal qui est de (50.00 mg/l d'O₂),

En effet, les faibles valeurs de la DBO₅ peuvent être le résultat d'un intensif traitement chimique, inhibiteur de toute activité biologique (Rodier, 1998 et Bliefert et Perraud, 2001).

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau (8) montre les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par la centrale thermique électrique de Skikda, avec une valeur moyenne de 35.18 mg/l d'O₂ et un maximum qui atteint les 66.80 mg/l d'O₂. Ces valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite qui est de 120 mg/l d'O₂.

h. Les chlorures (Cl) mg/l

Au niveau des eaux rejetées par la centrale thermique électrique (CTE), la valeur minimale de chlorures est de 4083 mg/l durant la période de maintenance et de révision de la centrale thermique, la valeur maximale est de 32275 mg/l et avec une teneur moyenne en Cl⁻ enregistrées durant la période de prélèvement de 17450 mg/l.

Ces valeurs sont excessivement élevées, elles témoignent du traitement chimique intensif par les sels de chlore (Rodier, 1998).

i. Les hydrocarbures totaux (C_xH_y)

Le tableau (8) montre les concentrations des hydrocarbures totaux enregistrées par les eaux résiduaires de la CTE, avec une valeur moyenne de 8.69 mg/l qui est en conformité avec les directives fixées par le décret 06-141 (JORA, 2006), mais elle a marquée un enregistrement de 48.00 mg/l au cours de notre étude qui dépasse de loin la valeur limite qui peut être due à une manœuvre qui ne se dépend pas à la production (maintenance, vidangeetc.).

j. Le Chrome hexavalent (Cr^{VI} mg/l)

L'examen du tableau (8) nous renseigne sur les concentrations en chrome hexavalent des eaux rejetées par la CTE de Skikda durant la durée de prélèvement, avec une valeur moyenne de 0.05080 mg/l .

Ces valeurs sont en conformité avec la norme fixées par le texte (JORA, 2006) qui est de 0,5 mg/l.

k. Le fer total (Fe mg/l)

Les eaux rejetées par la centrale thermique électrique de Skikda présentent une teneur moyenne en Fe de 11.97 mg /l, avec une valeur minimale de 4.07 mg/l et une valeur maximale de 33.61mg /l. ces teneurs en fer enregistrées durant le cycle d'étude sont également en dessus de la valeur limite fixée par le décret 06-141 (JORA, 2006), La présence du fer est liée à sa présence naturelle dans l'eau de mer, ainsi qu'à la corrosion (Rodier, 1998).

➤ **Conclusion**

D'après les indications précédentes, caractérisant la qualité des eaux rejetées par la centrale thermique électrique de Skikda (CTE) on peut conclure que :

- Les températures des eaux rejetées par le complexe CTE sont très significatives, ces eaux rejetées sont chaudes, basique, saline, relativement oxygénée et avec une très forte minéralisation.
- Ce sont des eaux à salinité très élevés, oxygénées, tendent à l'alcalinité, et avec une très forte minéralisation.
- Ces eaux sont d'une dureté très élevées et de nature hors classe, et avec une turbidité et une matière en suspension non conforme.
- Les teneurs en chlorures de ces eaux sont excessivement élevées, elles témoignent du traitement chimique intensif par les sels de chlore
- Ces eaux résiduaires ont une DBO et une DCO faible, elles sont en dessous de la valeur limite
- Les teneurs en hydrocarbures totaux des eaux de canal de la CTE n'enregistrent pas des dépassements sauf en cas d'incident.
- Les teneurs en Chrome hexavalent n'enregistre aucun dépassement alors que les variations en fer présentent des dépassements importants.

On peut conclure que ces eaux rejetées par ce complexe présentent une pollution thermique et chimique, ces eaux sont de nature douteuses.

4.2.1.5. Données récoltées au niveau de la direction régionale de la zone industrielle de Skikda (DRIK)

Tableau.9 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau de la DRIK.

Variable	n	\bar{x}	s	Variance	Xmin	Xmax
T ° C	15	17.25	3.96	15.65	12.50	25.80
pH	15	7.7333	0.2769	0.0767	7.2000	8.1000
S ‰	15	4.033	3.175	10.082	0.400	12.000
O ₂ %	15	62.25	13.55	183.62	28.30	87.10
Condi µS/cm	15	6541	5176	26788046	1169	20100
TDS mg/l	15	1345	411	169295	467	1982
Turbi NTU	15	7.34	1.583	2.505	1.430	5.830
MES	15	29.00	13.05	170.29	0.00	51.00
DBO ₅ mg/l	15	4.40	6.86	47.11	0.00	28.00
DCO mg/l	15	30.30	18.43	339.66	10.80	86.40
Cl ⁻ mg/l	15	1792	1509	2276872	107	6035
C _x H _y mg/l	15	2.932	3.600	12.960	0.040	11.510
Cr mg/l	15	0.02289	0.01584	0.00025	0.00000	0.05000
Fe mg/l	15	7.779	2.213	4.898	2.486	11.064

a. Température

L'examen du tableau (9) permet de constater que la valeur moyenne des températures de l'eau rejetées par la direction régionale industrielle de Skikda (DRIK) (nommée précédemment: Entreprise de gestion de la zone industrielle (EGZIK)) durant la période d'étude est de l'ordre de 17.25°C. Ainsi marquée par un minimum de 12,50 °C et un maximum de 25.80°C ces valeurs sont en conformité avec la valeur limite donnée par (JORA, 2009). Les sources thermiques dans cette usine sont absentes sachant que la direction régionale industrielle de Skikda(DRIK) ne possède pas une production, tandis que sa mission principale est la gestion, le soutien, la sécurité et la protection des installations industrielles et l'environnement.

b. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux résiduaires de la DRIK enregistre une valeur moyenne de 7.7333 durant la période de prélèvement, un pH relativement neutre à basique, oscille entre 7.2000 et 8.1000, Cette amplitude dans les valeurs enregistrées du pH est liée aux variations saisonnières, aux variations de la température, de l'oxygène dissous et à la présence de particules organiques dans le rejet (Rodier, 1998).

c. Salinité

La salinité des eaux de rejet de la DRIK varie entre 0.400‰ et 12.000 ‰ et avec une salinité moyenne de l'ordre de 4.033 ‰.

Ces valeurs sont le résultat d'une part, des infiltrations d'eaux salées en provenance des autres complexes (CMP et GNL) et, d'autre part par la pénétration de l'eau de mer dans ce canal (brise de mer), surtout en période d'agitation de la mer, à cause du niveau bas de ce canal de rejet par rapport au niveau de la mer.

d. Le taux de saturation en oxygène (O₂%)

L'examen du tableau montre le pourcentages de saturation en oxygène des eaux rejetées par la DRIK de Skikda avec une valeur moyenne de 62.25% et avec une variation du taux de saturation en oxygène dissous caractérisée par un minimum de 28.30% et un maximum de 87.10% enregistrées en période pluvieuse accompagné par un abaissement de température

Les valeurs minimales sont très faibles et ne favorisent pas le bon développement des organismes marins. Elles sont dues à l'augmentation de la température qui diminue la dissolution de l'oxygène (Mezedjri, 2008 ; Rodier, 1998).

e. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux de rejets de la DRIK de Skikda montrée par le tableau (9) est de valeur moyenne de 6541 μ S/cm avec un maximum de 20100 μ S/cm et une valeur minimale de 1169 μ S/cm. ces valeurs sont remarquable, ce qui est expliqué par une minéralisation très élevée selon la classification de Rodier (1998). Ces valeurs confirment bien les infiltrations d'eaux en provenance des complexes entourant l'EGZIK, ainsi que la pénétration de l'eau marine dans le canal. (Mezedjri, 2008).

f. Total de solides dissous ou dureté totale (TDS mg/l)

Les valeurs de la dureté total des eaux résiduares de la DRIK de Skikda sont variables, le tableau (9) montre une valeur moyenne de 1345mg /l, elle présente une valeur maximale de 1982 mg/let une valeur minimale de 467 mg/l

Ces valeurs montrent que les eaux rejetées par la DRIK sont de nature dures (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g. Turbidité (NTU)

L'examen du tableau (9) montre que la turbidité moyenne des rejets de la DRIK de Skikda est de l'ordre de 7.34 NTU avec un maximum de 5.830NTU et un minimum de 1.430NTU enregistré durant la période hivernale avec la pénétration de l'eau de mer.

h. Matières en suspension (MES)

L'examen du tableau (9) montre les valeurs enregistrées par la DRIK, avec une valeur moyenne de 29.00 mg/l (presque à la limite qui est fixée à 30 mg/l ainsi qu'une valeur maximal atteint 51.00 mg/l qui

dépasse de loin la valeur limite fixée par le texte (JORA ,2006) et qui correspond aux périodes pluvieuses des grandes crues.

i. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours enregistrées au cours de notre étude sont à une valeur moyenne de 4.40 mg/l d'O₂ et oscille entre 0.00 mg/l d'O₂ et 28.00 mg/l d'O₂, ces valeurs sont conformes à la norme admissible des rejets industriels. (JORA, 2006). Les faibles valeurs (le zéro), enregistré le plus souvent durant les mois les plus froids, sont probablement, liées à la présence de produits chimiques, inhibiteurs de toute activité biologique (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001), par infiltration depuis les autres complexes aux alentours (Mezedjri, 2008).

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau (9) montre les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par le complexe de la DRIK de Skikda, avec une valeur moyenne de 30.30 mg/l d'O₂, minimum de 10.80 mg/l d'O₂ et un maximum de 86.40 mg/l d'O₂ ,ces valeur enregistrée sont acceptable en comparant à la valeur limite de rejets d'effluents liquides industriels.

k. Les chlorures (Cl) mg/l

Le tableau (9) montre les concentrations en chlorures des eaux résiduaires de la DRIK de Skikda avec une valeur moyenne de 1792 mg /l, valeur minimale 107mg/l et une valeur maximale de 6035 mg /l. Ces excès confirment l'infiltration de l'eau de mer dans le canal de rejet, ainsi que les infiltrations en provenance des installations voisines. (Mezedjri ,2006)

l. Les hydrocarbures totaux (C_x H_y)

Les variations des hydrocarbures totaux de la DRIK marquées au cours de notre étude sont entre un minimum de 0.040 mg/l et un seul enregistrement qui atteint un maximum de 11.510 mg/l, avec une valeur moyenne de 2.932 mg/l d'hydrocarbures totaux. Cet enregistrement est inférieure par rapport à la norme fixée par la réglementation algérienne.

Si en comparant nos résultats avec ceux révélés par (Mezdjri ,2008) [les valeurs varient entre zéro (inférieur à la limite de détection de la méthode utilisée) et 22 mg/l. Cette dernière valeur est bien supérieure aux limites fixées par le décret 06-141 (JORA, 2006)] on estime que la DRIK à donnée plus de rigueur et de contrôle a ces rejets, bien que la source de rejets de la DRIK est essentiellement due à la maintenance et le nettoyage.

m. Le Chrome hexavalent (Cr^{VI} mg/l)

La direction régionale industrielle de Skikda n'est pas destiné à la production de ce fait les concentrations en chrome hexavalent enregistrées au cours du cycle d'étude sont nulle.

n. Le fer total (Fe mg/l)

Les eaux résiduaires de la DRIK révèlent une concentration moyenne en fer de 7.779 mg/l

Cette valeur n'est pas en conformité avec la valeur limite fixée par le décret 06-141(JORA, 2006) ce qui correspond à la corrosion des installations et /ou même à la corrosion du canal de rejet d'autre part à la corrosion importante dans les complexes voisins (le canal de rejet de la DRIK et en proximité avec les canaux de rejets des complexes de CP1K et polymed .

➤ Conclusion

D'après les résultats analysés et interprétés précédemment des eaux rejetées par la DRIK de Skikda (DRIK) on conclue que :

- Les eaux résiduaires de la DRIK sont a températures conforme, un pH relativement basique, oxygénée et avec une minéralisation très élevée.
- Ce sont des eaux à températures, oxygénées, tendent à l'alcalinité, et avec une très forte minéralisation.
- Les variations en matière en suspension sont relativement élevées.
- Les teneurs en chlorures sont très élevées, due aux infiltrations.
- Les variations en DCO relativement acceptable, DBO présente une pollution chimique accentuée.
- Les eaux de rejets de la DRIK ne présentent pas une pollution par les hydrocarbures totaux.
- Ces eaux présentent des variations significatives en fer total alors que les variations en Chrome hexavalent sont nulle.

En fin on peut dire que ces eaux rejetées par le complexe de la DRIK présentent une pollution donc ce sont des eaux hors classe.

4.2.1.6. Données récoltées au niveau du complexe des matières plastiques (CP1K).

Tableau.10 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du complexe des matières plastiques (CP1/K).

Variable	n	\bar{x}	s	Variance	X_{\min}	X_{\max}
T ° C	16	19.644	2.891	8.359	15.600	24.600
pH	16	8.0813	0.3655	0.1336	7.1000	8.9000
S ‰	16	37.300	1.541	2.373	31.800	38.500
O ₂ %	16	66.45	10.69	114.27	45.30	85.30
Condi µS/cm	16	57994	4941	24412625	51700	75500
TDS mg/l	16	2000.0	0.000000	0.000000	2000.0	2000.0
Turbi NTU	16	7.88	14.12	199.46	0.97	56.30
MES	16	36.63	27.15	737.19	0.00	116.00
DBO ₅ mg/l	16	1.125	1.500	2.250	0.000	4.000
DCO mg/l	16	25.96	11.80	139.32	3.60	54.00
Cl ⁻ mg/l	16	24081	2258	5097420	19525	27985
C _x H _y mg/l	16	0.512	0.535	0.286	0.000	1.500
Cr mg/l	16	0.02721	0.03039	0.00092	0.00000	0.13000
Fe mg/l	16	8.288	2.719	7.394	2.060	12.625

a. Température

L'examen du tableau.10 permet de constater que la valeur moyenne des températures de l'eau de rejets du complexe des matières plastiques durant la période d'étude est de l'ordre de 19.644°C. Varie entre un minimum de 15,600 °C et un maximum de 24.600 °C, ces valeurs sont acceptables par rapport à la valeur limite donnée par (JORA, 2009) il est important de noter que le complexe des matières plastiques de Skikda a été mis à l'arrêt durant notre période d'étude à l'exception de l'unité de production d'utilités destinées au dessalement d'eau qui est en marche .

b. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH des eaux résiduaires du complexe pétrochimique de Skikda présente une valeur moyenne de 8.0813, un pH légèrement alcalin enregistré durant la période de prélèvement, il oscille entre 7.1000 et 8.9000 (tableau.10)

La valeur minimale correspond à un pH de l'ordre de 7,21 coïncidant avec les périodes en grandes crues. Les valeurs élevées du pH sont liées d'une part, à l'utilisation de l'eau de mer qui possède un pH naturellement basique et d'autre part au fait de la déminéralisation des eaux, qui utilise un procédé par addition de soude (ASTM, 1974 ; Rodier, 1998).

c. Salinité

La salinité des eaux de rejets du complexe pétrochimique de Skikda est d'une salinité moyenne de l'ordre de 37.300 ‰, elle varie entre 31.800 ‰ et 38.500 ‰, les valeurs de la salinité des eaux résiduaires de CPIK durant la période d'étude demeure très importante et cela due au dessalement d'eau de mer donc les eaux rejetées dans le canal sont chargées en sel.

d. Le taux de saturation en oxygène (O2%)

Les eaux résiduaires du complexe pétrochimique durant notre période d'étude enregistre un pourcentage moyen de saturation en oxygène de 66.45 % et avec un maximum qui atteint 85.30%, cette valeur correspond d'une part à la baisse de la température favorisant de ce fait la dissolution de l'oxygène et d'autre part aux puissantes quantités d'eaux rejetées qui génèrent un remous important conduisant à l'augmentation du taux de saturation de l'eau en oxygène (par une action mécanique) (Mezedjri ,2008) .

e. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux rejetées par le CPIK de Skikda montrée par le tableau(10) ont enregistrées une moyenne de 57994 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec un maximum de 75500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une valeur minimale de 51700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces eaux résiduaires marquent une CE assez importante, ce qui est expliqué par une minéralisation très élevée selon la classification de Rodier (1998). Ces valeurs dépassent même la minéralisation de l'eau de mer qui est de l'ordre de 30000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodier, 1998).

Comme noté précédemment les eaux des unités industrielles sont généralement caractérisées par une conductivité électrique (CE) élevée favorisant la corrosion des matériaux, et une modification de sa saveur.

f. Total de solides ou dissous La dureté totale (TDS mg/l)

Les valeurs enregistrées de la dureté totale des eaux résiduaires du complexe des matières plastiques de Skikda dépassent 2000.0 mg/l [une valeur hors gamme de la méthode d'analyse procédée].

Selon Mezedjri (2008), la dureté totale moyenne des eaux rejetées par ce complexe est de l'ordre de 54426 mg/l, avec comme valeurs extrêmes 29000 mg/l et 60000 mg/l, ce qui révèle nos résultats.

Ces valeurs montrent que les eaux résiduaires du (Cp1/K) sont de nature très dure (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998).

g. Turbidité NTU

L'examen du tableau (10) montre que la turbidité moyenne des rejets du CPIK de Skikda est de l'ordre de 7.88 NTU avec un maximum de 56.30NTU et un minimum de 0.97 NTU. Ces valeurs sont assez importantes et peuvent nuire elle aussi au bon développement de certaines espèces marines (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud 2001).

h. Matières en suspension (MES)

L'examen du tableau (10) montre que la valeur moyenne en matières en suspension des eaux de rejets du complexe pétrochimique de Skikda au cours de notre étude est de 36.63mg/l ce qui dépasse la valeur limite qui est fixée à 30 mg/l, ainsi qu'une valeur maximal assez importante de 116.00 mg/l et qui dépasse de très loin la valeur limites fixée par la réglementation algérienne (JORA ,2006).

i. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La valeur moyenne de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours enregistrée durant la période d'étude pour le complexe CP1/K est de 1.125 mg/l d'O₂, donc cette valeur est en conformité avec la valeur limite fixée de rejets d'effluent liquide industriels (JORA,2006) .

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Durant notre étude les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) varient entre 3.60 mg/l d'O₂ et 54.00 mg/l d'O₂, avec une moyenne de 25.96 mg/l d'O₂, ces prélèvements en DCO sont conformes aux valeurs limites fixées par le texte JORA ,2006 .

k. Les chlorures (Cl) mg/l

Au niveau des eaux rejetées par le complexe pétrochimique de Skikda, la valeur minimale de chlorures est de 19525 mg/l, la valeur maximale de 27985 mg /l .et avec une teneur moyenne de 24081mg /l, ces valeurs révèlent une élévation importante en chlorure.

Selon Mezedjri (2008), les eaux rejetées par ce complexe sont supérieures de loin aux teneurs des eaux de mer en chlorures. Ces excès sont dus d'une part, aux traitements intensifs par les sels de chlore (Rodier, 1998), afin d'éviter le colmatage des installations par les organismes marins (algues et bivalves etc.) et, d'autre part, aux surplus de production de chlore et de dessalement de l'eau de mer dans ce complexe qui est rejeté directement dans le canal d'évacuation.

l. Les hydrocarbures totaux (C_x H_y)

Les teneurs des hydrocarbures totaux au niveau du complexe CP1K sont très faibles durant tout le cycle de notre étude, avec une valeur moyenne de 0.512 mg/l d'hydrocarbures totaux

Ces valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite, par contre les résultats obtenus par Mezedjri (2008), les teneurs en hydrocarbures totaux atteignent les 86 mg/l, voire des valeurs bien supérieures aux limites fixées par le décret 06-141 (JORA, 2006), donc les valeurs faibles enregistrées durant notre étude correspondent à l'arrêt du complexe.

m. Le Chrome hexavalent (Cr^{VI} mg/l)

L'examen du tableau (10) nous renseigne sur les teneurs du chrome hexavalent des eaux rejetées par le complexe pétrochimique de Skikda durant le cycle d'étude, avec une valeur moyenne de 0.02721 mg/l, cette valeur est en conformité avec la valeur limite et avec une valeur maximale de 0.130, on estime que cette valeur due aux rejets du complexe polymed qui est de proximité.

n. Le fer total (Fe mg/l)

Les teneurs moyennes en Fe total enregistrées au niveau du complexe CP1K sont 8.288 mg /l, et avec une valeur maximale de 12.625mg /l.

Ces valeurs dépassent la norme donnée par le décret 06-141 (3 mg/l comme valeur limite et 5 mg/l comme tolérance extrême pour les anciennes installations en activités) (JORA, 2006), ces valeurs sont expliquées par le lessivage des terrains, la corrosion des installations etc.

➤ **Conclusion**

D'après ce qu'on a vu précédemment sur la qualité des eaux résiduaires rejetées par le complexe pétrochimique de Skikda, on peut conclure que :

- La température des eaux de rejets de la CPIK sont tolérable, avec un pH relativement basique, salinité importante, bien oxygénée et avec une minéralisation très élevée et de nature très dure. ·Ce sont des eaux caractérisées par une turbidité et matière en suspension très élevées ce qui puisse nuire au bon développement de certaines espèces marines.
- Les teneurs en chlorures de ces eaux résiduaires sont très élevées.
- Les variations en DBO et DCO sont en conformités avec les normes fixées par JORA.
- Les eaux de rejets de la DRIK ne présentent pas une pollution par les hydrocarbures totaux.
- Ces eaux présentent des variations significatives en fer total alors que les variations en Chrome hexavalent sont nulle.

Donc on peut dire que ces eaux rejetées par le complexe des matières plastiques présentent une pollution chimique, ces eaux sont de nature douteuses.

4.2.1.7. Données récoltées au niveau du complexe de Polyéthylène à Haute Densité (POLYMED)

Tableau.11 : Paramètres statistiques de la description des données récoltées au niveau du complexe polymed.

Variable	n	\bar{x}	s	Variance	X _{min}	X _{max}
T ° C	17	21.02	5.94	35.33	15.20	32.00
pH	17	8.1529	0.2239	0.0501	7.7000	8.8000
S ‰	17	37.059	0.667	0.445	35.100	38.200
O ₂ %	17	63.62	10.07	101.36	50.20	88.20
Condi µS/cm	17	56224	714	509412	54000	57500
TDS mg/l	17	2000.0	0.000000	0.000000	2000.0	2000.0
Turbi NTU	17	3.446	2.184	4.772	0.750	9.380
MES	17	42.38	19.17	367.62	0.00	82.00
DBO ₅ mg/l	17	1.941	2.106	4.434	0.000	7.000
DCO mg/l	17	32.31	6.03	36.40	20.00	39.60
Cl ⁻ mg/l	17	22862	5910	34930086	2095	29175
C _x H _y mg/l	17	3.247	2.944	8.664	0.030	10.000
Cr mg/l	17	0.02956	0.02600	0.00068	0.00000	0.11000
Fe mg/l	17	10.27	5.61	31.47	3.99	30.60

a. Température

L'examen du tableau(11) permet de constater que la valeur moyenne des températures de l'eau de rejet du complexe de polyéthylène à haute densité (polymed) enregistrée est de l'ordre de 21,02°C. L'évolution de la température des eaux au cours de notre période d'étude est assez remarquable, elle est marquée par un minimum de 15,20 °C enregistré surtout en période d'hiver et à l'arrêt du complexe et un maximum de 32,00°C en plein d'activité, cette dernière dépasse la valeur limite fixée par (JORA, 2009) et qui est fixée à 30°C.

b. Potentiel hydrogène (pH)

Le tableau(11) montre que le pH des eaux résiduaires du complexe du polymed de Skikda oscille entre 7,7000 et 8, 8000, il est légèrement basique, Le pH de cette eau présente une moyenne de 8.152 durant notre période de prélèvement.

Ces valeurs peuvent correspondre au pH naturel de l'eau de mer. Comme on peut constater qu'elles sont en concordance avec les directives du décret 06-141 (JORA, 2006). Il faut aussi souligner, la constance relative des valeurs du pH des eaux résiduaires de ce complexe au cours de notre étude.

c. Salinité

La salinité des eaux de rejets du complexe de polymed de Skikda est d'une salinité moyenne de l'ordre de 37.059 ‰, elle varie entre 35 ,100 ‰ et 38,200 ‰.

Ces valeurs enregistrées, sont essentiellement liées à l'utilisation de l'eau de mer pour le refroidissement des chaudières et du réacteur lors des procédés de la production .Cette dernière valeur correspond à une salinité supérieure à la salinité d'une eau de mer normale au niveau de la méditerranée. On peut aussi constater que les valeurs de la salinité sont relativement constantes. (Mezedjri ,2008).

d. Le taux de saturation en oxygène (O₂%)

Le pourcentage de saturation en oxygène pour les eaux du complexe polymed de Skikda est de valeur moyenne de 63.62 % et avec une variation entre un minimum de 50.20 % et un maximum de 88.20 %.

Ces valeurs demeurent acceptables, par rapport à la température des eaux rejetées (Kruk, 1998 ; Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001). La bonne oxygénation de l'eau est due au fait de la pression importante par laquelle l'eau est rejetée, ce qui crée un fort remous favorisant l'oxygénation de l'eau par action mécanique. (Mezedjri ,2008).

e. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique des eaux de rejets du complexe du polyéthylène à haute densité illustrée par le tableau(11) est de valeur moyenne de 56224µS/cm avec un minimum de 54000 µS/cm et une valeur maximale de 57500 µS/cm. Ces valeurs en conductivité électrique sont considérées importantes, et dépassent de loin la conductivité des eaux marine qui est de l'ordre de 30000 µS/cm, ce qui est expliqué par une minéralisation très forte (Rodier ,1998) .Ceci reflète un traitement chimique intense des eaux, contre les organismes marins qui peuvent coloniser ou colmater les installations. (Mezedjri ,2008).

f. Total de solides dissous ou dureté totale (TDS mg/l)

L'examen du tableau (11) révèle les valeurs de la dureté total des eaux résiduaires de polymed qui sont au delà de 2000.0 mg /l (comme il est noté précédemment, la valeur de la CE enregistrée est hors gamme de la méthode d'analyse.

Selon Mezedjri (2008) la dureté totale moyenne des eaux rejetées par le (Poly), atteint comme valeurs extrêmes une concentration de 49000 mg/l.

Ces valeurs montrent que les eaux résiduaires du (Poly) sont de nature hors classe (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998)

g. Turbidité (NTU)

L'examen du tableau (11) montre que la turbidité moyenne des rejets du complexe du polyéthylène à haute densité de Skikda est de l'ordre de 3.446 NTU, Cette valeurs est conforme (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud 2001).

h. Matières en suspension (MES)

La matière en suspension (MES) enregistrée par les eaux résiduaires du complexe de polymed de Skikda présente des valeurs élevées, le tableau (11) montre que sa valeur moyenne qui est de 42.38 mg/l, et avec une valeur maximal de 82.00 mg/l. Ces valeurs ne sont pas en conformités avec la valeur fixée par le texte (JORA ,2006).

i. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Le tableau (11) figure les valeurs de la demande biochimique en oxygène sur cinq jours relevées durant notre période de prélèvement, on a enregistré une valeur moyenne de 1.941 mg/l d'O₂ oscillent entre un minimum de 0.000 mg/l d'O₂ et un maximum de 7.000 mg/l d'O₂, ces valeurs sont conformes aux normes admissibles des rejets industriels.

Selon Mezedjri (2008), cela n'exclu pas la présence de pollution chimique. En effet, les valeurs de la DBO₅ sont le plus souvent, au cours de notre étude, très faibles ou égales à zéro, plus précisément durant les mois les plus froids. Ces valeurs très faibles sont le résultat d'un traitement chimique intensif, qui inhibe toute activité biologique (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001).

j. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le tableau .11 montre les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par le complexe du polyéthylène à haute densité de Skikda (polymed), avec une valeur moyenne de 32.31mg/l d'O₂, minimum de 20.00 mg/l d'O₂ et un maximum de 39.60 mg/l d'O₂. Ces valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène sont conformes.

k. Les chlorures (Cl⁻) mg/l

Au niveau des eaux rejetées par le complexe polymed, on a pu enregistrées une teneur moyennes en Cl⁻ de 22862 mg /l avec une valeur minimale de 2095 mg/l enregistrée en période d'arrêt de l'usine et une valeur maximale de 29175 mg /l, qui révèle l'intensité du traitement chimique par les sels de chlore (Rodier, 1998).

l. Les hydrocarbures totaux (C_x H_y)

L'examen du tableau (11) montre les variations en hydrocarbures totaux au cours de la période d'étude, avec une valeur moyenne de 3.247mg/l, Durant tout le cycle de notre étude, les valeurs enregistrées sont conformes à la valeur limite ,sachant que la nature de la production dans ce complexe est la polymérisation a haute densité ,sauf pour un seul enregistrement (10.000 mg/l), cette valeur est peut être

due a un accident survenu au sein du complexe ou des fuites d'hydrocarbures parvenu à partir d'autre source .

m. Le Chrome hexavalent (Cr^{VI} mg/l)

Le tableau (11) présente les teneurs du chrome hexavalent des eaux rejetées par le complexe de polymed de Skikda durant la durée de prélèvement, il enregistre une valeur moyenne de 0.02956 mg/l, un maximum de 0.11000 mg/l, ces teneurs en chrome hexavalent est peut être due du fait que le complexe du polyéthylène à haute densité de Skikda utilise le chrome hexavalent comme catalyseur dans leur procès .

n. Le fer total (Fe mg/l)

Au niveau des eaux résiduaires du complexe de polymed, Les teneurs moyennes en fer (Fe) enregistrées au niveau du complexe sont 10.27 mg /l. De même pour ce complexe durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées pour le fer dépassent de très loin la valeur limite fixée par le décret 06-141 (JORA, 2006), ces valeurs sont liées à la corrosion des installations et le canal de rejet lui-même.

➤ **Conclusion**

D'après les indications précédentes sur la qualité des eaux rejetées par le complexe de polyéthylène à haute densité (polymed) de Skikda on peut conclure que :

- Les eaux résiduaires rejetées par le complexe de polyéthylène à haute densité (polymed) sont chaudes, relativement basique, de salinités importante, oxygénée, dure et avec une minéralisation très forte.
- Les teneurs en DBO révèlent un traitement chimique intensif.
- Ces eaux sont caractérisées par une turbidité et matière en suspension très élevées ce qui puisse nuire au bon développement de certaines espèces marines.
- Les teneurs en chlorures rejetées sont importante révèlent l'intensité du traitement chimique par les sels de chlore.
- Les eaux de rejets de ce complexe présentent quelques traces d'hydrocarbures totaux.
- Les eaux résiduaires de ce complexe présentent des teneurs légèrement faibles en Chrome hexavalent, et des variations importantes en fer total.

Donc on peut conclure que ces eaux rejetées par le complexe de polymed présentent une pollution chimique accentuée, ces eaux sont de nature douteuses.

4.2.2. Analyse de la variance univariée ANOVA : résultats statistiques

Le tableau (12) représente les résultats du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe appliquée à chacune des 14 variables mesurées durant la période d'étude, s'étalant du 19/12/2012 au 25/06/2013 soit une durée de six mois d'étude.

L'analyse de la variance univariée ANOVA a pour but de comparer entre les sept canaux de rejets des différents complexes étudiés, l'égalité des moyennes de chaque paramètre mesuré pour la période de notre étude, autrement dit, cette analyse permet d'identifier l'existence des différences entre les différentes stations étudiée et les différentes campagnes de prélèvements.

Tableau .12: Résultats des analyses de la variance univariée obtenus pour les 14 variables mesurées sur les 7 stations durant la période d'étude.

Variables	Sources de variation	ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
pH	Stations	6	8,0775	1,3462	8,38	0,000 ***
T °	Stations	6	1220,99	203,50	7,19	0,000 ***
Condi	Stations	6	72610254268	12101709045	565,88	0,000 ***
TDS	Stations	6	57575694	9595949	244,25	0,000 ***
Turbi	Stations	6	366864	61144	6,44	0,000 ***
S ‰	Stations	6	32820 ,8	5470,1	199,37	0,000 ***
O ₂ %	Stations	6	993,3	165,5	1,01	0,421 ns
C _x H _y	Stations	6	16739,1	2789,8	18,69	0,000 ***
DCO	Stations	6	8204,9	1367,5	3,81	0,002 **
DBO ₅	Stations	6	8442,4	1407,1	13,22	0,000 ***
MES	Stations	6	8395,1	1399,2	2,38	0,033 *
Cl ⁻	Stations	6	13165387574	2194231262	160,68	0,000 ***
Cr ^{VI}	Stations	6	2,12576	0,35429	27,50	0,000 ***
Fe	Stations	6	1696,54	282,76	7,05	0,000 ***

p > a = 0,05 : (ns) différences non significative
 p < a = 0,05 : (*) différences juste significatives
 p < a = 0,01 : (**) différences hautement significatives
 p < a = 0,001 : (***) différences très hautement significatives
 ddl : degrés de libertés
 SCE : somme des carrés des écarts
 CM : carré moyen
 Fobs : valeur F de Fisher.

L'examen des résultats du tableau (12), révèle l'existence de différences très hautement significatives entre les 7 stations pour chacune des variables suivantes : pH ,T°,condi ,TDS, Turbi, S ‰, C_xH_y, DBO₅, Cl⁻,Cr^{VI} et Fe ,des différences hautement significatives pour la variable (DCO) ,des différences juste significatives entre les stations pour la variable matières en suspensions (MES) et l'inexistence de différences significatives entre les 7

stations pour le paramètre taux de saturation en oxygène (O₂%).

Les différences significatives constatées sont liées à la nature de l'activité dans chaque complexe, aux différents types d'eau de processus rejetées et aux caractéristiques propres à chaque milieu (eau marine ou eau douce) (Bliefert et Perraud, 2001).

Tandis que pour la variable taux de saturation en oxygène (O₂%) l'absence de différences significatives entre les 7 stations, est dû aux précipitations et aux ruissèlements des eaux rejetées et aussi aux différentes variations des variables chimiques dans le milieu naturel (absorption par les organismes vivants, combinaison avec d'autres éléments plus complexes à détecter, évaporation ou précipitation) (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud 2001 ; Quevauviller, 2001).

Concernant les variables pour lesquelles le test d'analyse de la variance a rejeté l'hypothèse d'égalité des moyennes, la question se pose alors de rechercher ces inégalités ou en d'autres termes de rechercher les groupes de moyennes susceptibles d'être homogènes. La réponse à cette question sera traitée par la méthode de la plus petite différence significative *p.p.d.s* dans le paragraphe (4.2.3).

4.2.3. Méthode de la plus petite différence significative *p.p.d.s* : résultats statistiques

L'application de la méthode de la plus petite différence significative *p.p.d.s* à chacune des 13 variables, pour lesquelles le test d'analyse de la variance univariée (ANOVA) a montré l'existence de différences significatives entre les 7 stations, a permis de donner les groupes de stations homogènes.

Les résultats statistiques de la *p.p.d.s* représentés au dessous, montre que le nombre de groupes de stations varie de 1 à 4 groupes selon la variable considérée. Ces groupes sont d'ailleurs présentés comme suit :

a. Les groupes de stations homogènes pour le pH selon la *p.p.d.s*

Stations	n	x	Groupes
CTE	17	8.2	A
GL1K	17	8.2	A B
CP2K	17	8.2	A B
CP1K	16	8.1	A B C
DR1K	15	7.7	B C D
RAF	17	7.7	C D
RTE	17	7.5	D

b. Les groupes de stations homogènes pour la T° selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
CTE	17	27.6	A
GL1K	17	24.2	A B
RAF	17	21.3	B C
CP2K	17	21.0	B C
CP1K	16	19.6	B C
RTE	17	18.6	B C
DRIK	15	17.3	C

c. Les groupes de stations homogènes pour la Condu selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
CP1K	16	57993.8	A
GL1K	17	56441.2	A
CP2K	17	56223.5	A
CTE	17	27552.9	B
DRIK	15	6541.2	C
RTE	17	1647.8	C D
RAF	17	813.9	D

d. Les groupes de stations homogènes pour la TDS selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
CP1K	16	2000.0	A
GL1K	17	2000.0	A
CP2K	17	2000.0	A
CTE	17	1904.9	A
DRIK	15	1344.7	B
RTE	17	394.4	C
RAF	17	368.5	C

e. Les groupes de stations homogènes pour la Turbi (NTU) selon la p.p.d.s

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	168.2	A
RTE	17	35.4	B
CTE	17	13.1	B
CP1K	16	7.9	B
DRIK	15	7.3	B
CP2K	17	3.4	B
GL1K	17	3.3	B

f. Les groupes de stations homogènes pour la S % selon la p.p.d.s

Stations	n	x	Groupes
CP1K	16	37.3	A
CP2K	17	37.1	A
GL1K	17	36.7	A
CTE	17	28.6	B
DRIK	15	4.0	C
RTE	17	0.3	C
RAF	17	0.2	C

g. Les groupes de stations homogènes pour l'O₂ (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
CP1K	16	66.5	A
GL1K	17	64.5	A
CP2K	17	63.6	A
DR1K	15	62.3	A
RAF	17	61.0	A
RTE	17	58.6	A
CTE	17	57.7	A

h. Les groupes de stations homogènes pour HC(%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	35.8	A
RTE	17	17.4	B
CTE	17	8.7	B C
CP2K	17	3.2	C
DR1K	15	2.9	C
GL1K	17	0.7	C
CP1K	16	0.5	C

i. Les groupes de stations homogènes pour la DCO (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	50.5	A
RTE	17	47.5	A
CTE	17	35.2	A B
GL1K	17	33.6	A B
CP2K	17	32.3	A B
DR1K	15	30.3	A B
CP1K	16	26.0	B

j. Les groupes de stations homogènes pour la DBO₅ (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	27.1	A
CTE	17	10.5	B
RTE	17	5.7	B
DR1K	15	4.4	B
GL1K	17	2.5	B
CP2K	17	1.9	B
CP1K	16	1.1	B

k. Les groupes de stations homogènes pour la MES (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
GL1K	17	47.6	A
CP2K	17	42.4	A B
RAF	17	40.8	A B
CP1K	16	36.6	A B
CTE	17	33.9	A B
DR1K	15	29.0	A B
RTE	17	20.3	B

l. Les groupes de stations homogènes pour le Cr^{VI} (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	0.4	A
CTE	17	0.1	B
RTE	17	0.0	B
GL1K	17	0.0	B
CP2K	17	0.0	B
CP1K	16	0.0	B
DRIK	15	0.0	B

m. Les groupes de stations homogènes pour les Cl⁻ (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
CP1K	16	24081.4	A
GL1K	17	23141.4	A
CP2K	17	22861.8	A
CTE	17	17450.3	B
DRIK	15	1792.0	C
RTE	17	203.0	C
RAF	17	177.8	C

n. Les groupes de stations homogènes pour le Fe (%) selon la p.p.d.s.

Stations	n	x	Groupes
RAF	17	19.9	A
RTE	17	12.3	B
CTE	17	12.0	B
CP2K	17	10.3	B
GL1K	17	9.4	B
CP1K	16	8.3	B
DRIK	15	7.8	B

Ces groupes de stations homogènes sont repris par le tableau 13 :

Tableau.13 : Les groupes de stations homogènes par variables selon la p.p.d.s .

Variables	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
pH	CTE, GL1K, CP2K, CP1K	GL1K, CP2K, CP1K, DRIK	CP1K, DRIK, RAF	DRIK, RAF, RTE
T °	CTE, GL1K	GL1K, RAF, CP2K, CP1K, RTE	RAF,CP2K ,CP 1K,RTE,DRIK	—
Condi	CP1K, GL1K, CP2k,	CTE	DRIK, RTE	RTE, RAF
TDS	CP1K, GL1K, CP2K, CTE	DRIK	RTE, RAF	—

Turbi	RAF	RTE, CTE, CP1K, DRIK,CP2K,GL1K	—	—
S %	CP1K, CP2K, GL1K	CTE	DRIK, RTE ,RAF	—
O ₂ %	CP1K,GL1K,C P2K,DRIK,RA F,RTE ,CTE	—	—	—
C _x H _y	RAF	RTE, CTE	CTE,CP2K,DR IK,GL1 K ,CP1K	—
DCO	RAF,RTE,CTE ,GL1K,CP2K,D RIK	CTE,GL1K,CP2K,DRIK, CP1K	—	—
DBO ₅	RAF	CTE,RTE,DRIK,GL1K,C P2K,CP1K	—	—
MES	GL1K,CP2K,R AF ,CP1K,CTE ,DRIK	CP2K,RAF,CP1K,CTE ,DRIK,RTE	—	—
Cl ⁻	CP1K, GL1K , CP2K	CTE	DRIK, RTE, RAF	—
Cr ^{VI}	RAF	CTE,RTE, GL1K ,CP2K,CP1K,DRIK	—	—
Fe	RAF	RTE,CTE,CP2K,GL1K, CP1K ,DRIK	—	—

4.2.4. Analyse statistiques bivariée : résultats statistique

Le tableau 14, montre les corrélations linéaires obtenues pour les 14 variables pour les différentes stations étudiées prises deux à deux ainsi que les valeurs des probabilités p correspondantes.

L'examen de la matrice de corrélation du tableau .14 montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. Parmi ces corrélations on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

Le tableau ci dessous synthétise l'essentiel des corrélations obtenues entre les 14 variables.

Tableau14.Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives.

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significativ	Hautement significatives	Très hautement significatives
T et TDS Turbi et HC Turbi et DBO ₅ Condi et MES T et Cl ⁻ S ‰ et MES MES et Cl ⁻	T et condi DCO et Cr ^{VI} DCO et Fe	pH et condi pH et TDS Condi et TDS pH et S ‰ Condi et S ‰ T et DBO ₅ pH et Cl ⁻ Condi et Cl ⁻ TDS et Cl ⁻ T et Fe Turbi et Fe HC et DCO HC et DBO ₅ HC et Cr ^{VI} DBO ₅ et Cr ^{VI} S ‰ et Cl ⁻ HC et Fe DBO ₅ et Fe Cr ^{VI} et Fe	pH et DCO pH et Cr ^{VI} O ₂ et HC	Condi et Turbi Condi et Fe DCO et Cl ⁻ S ‰ et Fe O ₂ et Fe Cl ⁻ et Fe	TDS et Turbi Turbi et S ‰ pH et HC Condi et HC TDS et HC Condi et DCO TDS et DCO pH et DBO ₅ TDS et DBO ₅ Condi et Cr ^{VI} TDS et Cr ^{VI} Turbi et Cl ⁻ TDS et Fe S ‰ et HC S ‰ et DCO O ₂ et DCO S ‰ et DBO ₅ O ₂ et DBO ₅ S ‰ et Cr ^{VI} HC et Cl ⁻ DBO ₅ et Cl ⁻ Cr ^{VI} et Cl ⁻

Tableau 15. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux.

	PH	T°	condi	TDS	Turbi (NTU)
T°	0.152 0.103				
cond	0.480*** 0.000	0.239** 0.010			
TDS	0.552*** 0.000	0.199* 0.032	0.842*** 0.000		
Turbi (NTU)	-0.138 0.139	-0.042 0.658	-0.290** 0.002	-0.382*** 0.000	
S %	0.566*** 0.000	0.169 0.069	0.904*** 0.000	0.892*** 0.000	-0.312*** 0.001
O2 (%)	0.024 0.797	-0.101 0.282	0.172 0.064	0.132 0.156	-0.106 0.258
HC	-0.329*** 0.000	0.119 0.204	-0.518*** 0.000	-0.594*** 0.000	0.223* 0.016
DCO	-0.221* 0.017	-0.024 0.795	-0.319*** 0.000	-0.385*** 0.000	0.174 0.062
DBO5	-0.294*** 0.001	0.313*** 0.001	-0.368 0.000	-0.428*** 0.000	0.183* 0.049
MES	0.093 0.321	-0.058 0.535	0.222* 0.017	0.180 0.053	0.034 0.713
Cr	-0.215* 0.020	0.047 0.613	-0.373*** 0.000	-0.476*** 0.000	0.162 0.082
Cl	0.529*** 0.000	0.200* 0.032	0.900*** 0.000	0.857*** 0.000	-0.298*** 0.001
Fe	-0.124 0.184	0.293*** 0.001	-0.291** 0.002	-0.368*** 0.000	0.413*** 0.000

Tableau 16. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux (suite).

	S %	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	0.181 0.051				
HC	-0.512*** 0.000	-0.220* 0.018			
DCO	-0.299*** 0.001	-0.423*** 0.000	0.326*** 0.000		
DBO5	-0.458*** 0.000	-0.355*** 0.000	0.668*** 0.000	0.405*** 0.000	
MES	0.218* 0.018	0.135 0.149	-0.021 0.819	-0.071 0.447	0.044 0.642
Cr	-0.379*** 0.000	-0.079 0.401	0.514*** 0.000	0.281** 0.002	0.478*** 0.000
Cl	0.943*** 0.000	0.146 0.118	-0.481*** 0.000	-0.268** 0.004	-0.372*** 0.000
Fe	-0.282** 0.002	-0.268** 0.004	0.542*** 0.000	0.250** 0.007	0.449*** 0.000

Tableau.17. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux (suite et fin).

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.038 0.685		
Cl	0.208* 0.025	-0.359*** 0.000	
Fe	-0.081 0.389	0.416*** 0.000	-0.284** 0.002

NB : les valeurs entre parenthèses correspondent à la valeur de la probabilité p

4.2.5. Analyse statistiques bivariée pour chaque site : résultats statistique

Les tableaux ci- dessous présentent les corrélations linéaires obtenues pour les 14 variables prises deux à deux et les valeurs des probabilités p correspondantes, pour chaque station étudiées séparément.

L'examen des matrices de corrélations de chaque (station) complexes montrent également qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. Dont il existe aussi des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

Le tableau ci-dessous synthétise l'essentiel des corrélations obtenues entre les 14 variables pour le complexe de la raffinerie.

Tableau.18 : Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la RAF /K.

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement Significatives
pH et O ₂ T° et DBO ₅ T° et Fe HC et DBO ₅ Cr ^{VI} et Cl ⁻	DCO et DBO ₅	pH et Condi pH et S ‰ T° et HC Condi et S ‰	O ₂ et DBO ₅	MES et Cl ⁻	

Le tableau 19, récapitule également l'essentiel des corrélations obtenues entre les 14 variables pour le complexe de transport et de stockage des hydrocarbures.

L'examen du tableau révèle qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. Parmi ces corrélations on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

Tableau 19. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la RTE

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement Significatives
T° et Fe O ₂ et Cl ⁻	Turbi et DCO	TDS et S ‰ T° et HC	pH et O ₂ Turbi et Cl ⁻	O ₂ et DCO	

Les corrélations linéaires pour les 14 variables prises deux à deux ainsi que les valeurs des probabilités p, obtenues pour le complexe de gaz naturel liquéfié (GNL) sont présentées au tableau 20.

Tableau 20. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la GNL1/K.

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très Significatives
T° et Turbi T° et DBO ₅ TDS et DCO	T° et Fe	Cr ^{VI} et Fe	TDS et O ₂ O ₂ et DCO S % et Cr Cr ^{VI} et Cl ⁻ Cl ⁻ et Fe	T° et S % T° et MES Condi et Turbi S % et DBO ₅ S % et Fe	

Les corrélations calculées pour la centrale thermique de Skikda et pour les moyennes des 14variables mesurées durant les six mois d'études sont illustrées dans le tableau en dessous.

Tableau 21. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la CTE

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
T° et Turbi T° et DBO ₅ Condi et Turbi Condi et DBO ₅ S % et Cl ⁻	HC et DCO Cr ^{VI} et Fe	Turbi et DBO ₅ TDS et S %	O ₂ et DCO O ₂ et DBO ₅ O ₂ et Cr ^{VI} O ₂ et Fe	Turbi et S %	S % et DBO ₅

Le tableau 22 représente les corrélations obtenues entre les 14 variables pour la direction régionale industriel de Skikda (DRIK) ce qui affirme l'existence également de corrélations positives et des corrélations négatives. Parmi ces corrélations on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

Tableau 22. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour la DRIK

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
T° et Fe Condi et HC Condi et MES S% _o et O ₂ S% _o et MES S% _o et Cl ⁻		Condi et S% _o	T° et Turbi S% _o et Cr MES et Fe Cl ⁻ et Fe	PH et Cr O ₂ et DBO ₅	T° et TDS

Le tableau 23 synthétise aussi l’essentiel des corrélations obtenues entre les 14 variables pour le Complexe des matières plastiques de Skikda.

Tableau 23. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour le complexe CP1/K

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très significatives
DBO ₅ et Fe MES et Cl ⁻	T° et DBO ₅ T° et Fe DCO et Fe	Condi et Turbi	Condi et Fe O ₂ et HC DBO ₅ et MES	O ₂ et DCO	S% _o et Cr ^{VI}

L’examen du tableau 24 montre qu’il existe ainsi pour le complexe de polyéthylène à haute densité des corrélations positives et des corrélations négatives. Pour les corrélations positives il existe des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives. Alors que pour les corrélations négatives il existe que des corrélations justes significatives,

Tableau 24. Liste des corrélations significatives, hautement et très hautement significatives pour le complexe polymed.

Corrélations positives			Corrélations négatives		
Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives	Significatives	Hautement significatives	Très hautement significatives
	T° et S‰	T° et DBO ₅ Condi et S‰ Cr ^{VI} et Fe	Condi et Turbi DCO et DBO ₅ HC et MES		

4.2.6. Résultats des analyses statistiques multivariées

4.2.6.1. Test d'analyse de la variance multivariée : résultats statistiques

Le test d'analyse de la variance multivariée (MANOVA) a été appliqué, à la matrice de données de dimensions $n \times p = 7 \times 13$, dont n représente les 7 stations et p les 13 variables physicochimiques, pour les variables ayant données de différences significatives lors de l'analyse de la variance univariée (ANOVA). Les résultats sont donnés par le tableau (25).

Tableau 25. Résultats des tests de la MANOVA appliquée aux variables physicochimiques.

MTests	Valeur observé du test	Fobs	P
Wilks	0,00027	21.650	0.000***
Lawley-Hotelling	80,43836	90.334	0.000***
Pillai's	3.12058	7.819	0.000***

p = 0,001 : (***) différences très hautement significatives

L'examen du tableau 25 montre que les trois tests Wilk's, Lawley-Hotelling et Pillai's révèlent l'existence de différences très hautement significatives entre les 7 stations étudiées.

Les tests de la MANOVA confirment totalement les résultats du test des analyses de la variance univariées (ANOVA).

➤ Conclusion

Sur la base des résultats des analyses statistiques univariées, bivariées et multivariées on tire les conclusions suivantes :

- Dans un premier temps, la description des données a permis de dresser une fiche technique sur la qualité des eaux résiduaires récoltées au niveau de chaque station, montrant ainsi une dégradation très prononcée de la qualité de ces eaux.
- La comparaison entre stations, a permis d'une manière générale, de mettre en évidence des différences significatives entre les 7 stations pour un ensemble de 13 variables parmi 14 étudiées.
- L'application de la méthode de la plus petite différence significative, regroupe les 7 stations, en fonction de chacune des 14 variables, en groupes homogènes. Cette méthode nous informe sur l'influence des rejets liquides des complexes industriels sur la qualité des eaux.
- La matrice de corrélation, quant à elle, a permis d'apprécier l'évolution simultanée, des variables étudiées, prises deux à deux pour l'ensemble des stations d'une part et pour chaque station séparément d'autre part.
- Enfin, les tests de l'analyse de la variance multivariée MANOVA, confirment les résultats obtenus par l'application de l'ANOVA. Pour les 13 variables physicochimiques, on a constaté des différences très hautement significatives entre les stations, sauf pour la variable qui est l'O₂%, il n'existe pas de différences significatives entre les stations.

Conclusion

Pour conclure ce travail ,il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est l'évaluation de la pollution hydrique issue de la zone industrielle de Skikda (Nord –Est Algérien), et cela par le contrôle de ces rejets d'effluents liquides industriels ,à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau résiduaires industrielles rejetées ; notamment, par l'analyse physico-chimique (T°C, pH, conductivité...), et organique (hydrocarbures totaux, DBO₅ , DCO...) ainsi que l'analyse métallique ,des teneurs en métaux lourds (Fe, Cr ^{VI}) ,ce qui nous a permis d'établir un diagnostic préliminaire sur la qualité d'eau rejetées et par conséquent leurs impact sur l'écosystème aquatique et côtier.

Les principaux résultats obtenus par l'analyse physicochimiques et les différentes méthodes statistiques, ont permis de conclure que :

Dans un premier temps, la description des données récoltées montre que les eaux résiduaires des sept complexes sont de nature douteuse et hors classe, les concentrations dépassent les valeurs limites fixées par la réglementation en vigueur (algérienne) ainsi qu'une non-conformité avec cette même réglementation pour certains effluents industriels ce qui révèle que les complexes pétrochimiques présentent une pollution chimique accentuée à l'exception de la raffinerie (RAF /K) et du terminal (RTE), qui eux présentent une pollution aux hydrocarbures.

Par contre, en ce qui concerne les résultats obtenus par l'analyse des ETM, le métal " Cr ^{VI} ", leur variation est limitée au niveau de toutes les stations mais particulièrement pour la raffinerie, elle a enregistré des dépassements en ce métal, pour les teneurs enregistrées en fer sont très élevés pour toute les stations (complexes) et durant tout le cycle de notre étude et qui dépassent de loin les valeurs limites édictée par le décret 06-141 (JORA, 2006). De ce fait, un risque de toxicité par ces polluants pourrait se manifester vis-à-vis de la vie aquatique (faune et flore).

Une information très importante doit être signalée, elle concerne l'arrêt du complexe des matières plastiques (CP1/K) durant toute la période d'étude, à l'exception des utilités de dessalement de l'eau de mer qui sont en marche.

La comparaison entre les sept stations ,les moyennes de chacune des 14 variables mesurées au cours de notre période d'études , tout en appliquant le modèle linéaire généralisé ou l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe ANOVA, donne des différences très

Conclusion

hautement significatives, entre les stations, pour l'ensemble des variables physicochimiques étudiées, sauf pour le taux de saturation en oxygène (O₂%) où on a enregistrées l'inexistence de différences significatives entre les 7 stations.

En revanche, on constate des différences hautement significatives entre les stations d'études pour la variable (DCO) et des différences juste significatives entre les stations pour la variable matières en suspensions (MES) .L'absence de différences significatives entre les stations, n'exclue pas que cette variable peut avoir des teneurs dangereuses et nuisibles pour les organismes aquatiques.

Les corrélations entre les 14 variables prises deux à deux donnent 29 corrélations positives significatives et 31 corrélations négatives significatives, montrant ainsi l'importance de l'évolution simultanée des variables étudiées.

Les corrélations entre les 14 variables prises deux à deux pour chacune des stations donnent ainsi pour :

- Le complexe de raffinerie, 10 corrélations positives significatives et 2 corrélations négatives significatives.
- Le complexe de transport et de stockage des hydrocarbures, 5 corrélations positives significatives et 3 corrélations négatives significatives.
- La centrale thermique, 9 corrélations positives significatives et 6 corrélations négatives significatives.
- Le complexe de gaz naturel liquéfié ,5 corrélations positives significatives et 10 corrélations négatives significatives.
- La direction régionale industrielle de Skikda ,7 corrélations positives significatives et de même pour les corrélations négatives significatives.
- Le complexe des matières plastiques de Skikda, 6 corrélations positives significatives et 5 corrélations négatives significatives.
- Le complexe de polyéthylène à haute densité, 4 corrélations positives significatives et 3 corrélations négatives significatives.

L'application de la méthode de la plus petite différence significative, regroupe les 7 stations, en fonction de chacune des 14 variables (*p.p.d.s*) , en groupes homogènes ,cela est obtenus par la comparaison multiples et particulières des moyennes. Ces groupes permettent de conclure que les rejets étudiées influent les uns sur les autres et par conséquent les milieux récepteurs seront a

Conclusion

leurs tour contaminées par ces rejets d'eau résiduaires industriels. Toutefois, cette méthode présente certaines limites, puisqu'elle n'offre pas une ségrégation assez nette entre les groupes (Chevauchement). D'autre part Les résultats statistiques de la p.p.d.s, montre que le nombre de groupes de stations varie de 1 à 4 groupes selon la variable considérée.

Enfin, L'application de l'analyse de la variance multivariée MANOVA, confirme totalement les résultats obtenus par l'ANOVA, à savoir l'absence de différences significatives entre les stations pour le taux de saturation en oxygène (O₂%) et l'existence pour les 13 autres variables de différences très hautement significatives.

Cette étude nous a permis d'avoir un constat sur la qualité des eaux résiduaires des sept complexes étudiés à partir de données et d'informations rassemblées au cours de notre étude. Mais il est bien évident que des analyses partielles et irrégulières ne présentent souvent pas la précision et la rigueur indispensable, pour cela nous poserons des questions de l'avenir de ces eaux résiduaires industriels, afin de mettre en œuvre une politique de sécurité et de protection de l'environnement :

- Quelle sera la qualité des eaux rejetées par ces installations vis-à-vis de la contamination des milieux récepteurs naturels, et donc dans la faune et la flore aquatiques et marines?
- Quel est le devenir de ces polluants dans la colonne d'eau, le sédiment, la faune, la flore et dans la chaîne alimentaire ?
- Quel est l'impact sur la santé publique ?

A cette effet, chacun d'entre nous porte une responsabilité moral, nombreux sont les acteurs potentiels qui peuvent participer à amoindrir et maîtriser les problèmes liés aux eaux résiduaires industrielles dans la région, il est impératif de promouvoir une gestion intégrée et durable et de renforcer les mécanismes de participation de la société civile.

Références bibliographiques

AFNOR, 1979. Agence Française de Normalisation .Recueil de normes françaises. Eaux, méthodes d'essais.

ANPE, 1994. Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement. Monographie de la wilaya de Skikda. MATE. 220 p .

Aurigi .S., Focardi .S., Hulea.D and Renzoni .A, Organochlorine contamination in bird's eggs from the Danube Delta, Environmental Pollution, Issue 1, Volume 109, July 2000, p p 61-67.

ASTM, 1974. Anal Book of American society for testing and material Standards. Water. Part 31.

BADIA.G. F ,1996. L'assainissement des eaux usées. Ed. La Lettre du Cadre Territorial. Série Dossier d'Experts. p p 9-11 et 172-173.

BERNIE.F et CORDONNIER. J , Novembre 1991. Traitement des eaux. TCHNIP. France..

BLIEFERT.C et PERRAUD. R , 2001. Chimie de l'environnement : air, sol, eau, déchets. Ed de Boeck. P P 256-259. 477 p .

Boeglin . J, 2000 .Inventaire des traitements d'eaux résiduaires, Techniques de l'ingénieur, Traité Génie des procédés, J3.

BOTTA.A., BELLON.L,2001 .Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS.

Bordjiba. O , Bekhouche. F, Hassaine. A, Djenidi. R , 2009 :Impact de la Pollution Par Les Hydrocarbures Sur la Qualité des Eaux Usées Dans la Région de Skikda (Nord- Est Algérien).

CHAFAI .D, 1996. Micromycètes des sédiments d'oueds et effluents industriels de l'Est Algérien. Thèse de doctorat d'université Joseph Fourier. Grenoble I.

Dagnélie P, 2006. Statistique théorique et appliquée. Tomme 2 : Inférences à une et à deux dimensions. Bruxelles-université DE BOECK et LARCIER .659 p.

David. V., Pardos .M., Diserens .J., Ugazio .G., Thomas .R et Dominik. J, 2003. Characterisation of bed sediments and suspension of the river Po (Italy) during normal and high flow conditions, Water Research, pp 2847-2864.

Djilani .C, 2006. Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, Mémoire de Magister. Université de Skikda.

Emilian. K, 2004 . Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS.

Emilian. K, 2009. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2^{ème} édition, DUNOD, PARIS.

Faurie. C., Ferra .C., Medori .P et al , 2003. Ecologie : approche scientifique et pratique, 5^{ème} édition, Lavoisier technique et documentation, Paris.

JORA, 1993. Journal Officiel de la République Algérienne. Décret N°90/160 du 10 juillet 1993 portant organisation et réglementation des déchets liquides industriels.

JORA, 2003. Journal Officiel de la République Algérienne. Loi 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, N°43 .14 p.

JORA, 2006. Journal Officiel de la République Algérienne. Décret ministériel n°06-141., du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

IE, 1998. Inspection de l'Environnement de la wilaya de Skikda. Situation sur l'état de l'environnement dans la wilaya de Skikda. Rapp. Annuel. 1998 .28p.

I.N.I.T.E.C. Groupement, 1992. Protection de l'environnement, étude de l'impact sur l'environnement relative au complexe Polymed .30 p.

Galaf .F et Ghannam. S, 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC.

Geddah. D , 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda: impact sur l'écosystème marin côtier. Thèse de Magister. Université d'Annaba.

G. Gros Claude, 1998. L'eau, Usages et polluants, édition Paris. pp143-149.

Kruk I, 1998. Environmental Toxicology and chemistry of oxygen species. The handbook of Environmental chemistry. Springer. Vol 2- Part 1. 261p .

Lifa. M. ; Younes .M, 2011.Contribution à l'étude d'analyse physico-chimique des eaux de surface de l'oued Saf-Saf, (cas la commune de skikda et hamadi krouma). Mém.Ing.D'état.Univ de Skikda. 60p.

Manuel, (1987-2005).Capitalisation de l'évolution général du CREPA .Protocole de détermination des paramètres physico –chimiques et bactériologiques

Manuel HORIBA, 2007. Dosage hydrocarbures, HORIBA OCMA-316, ISO relatif au complexe DRIK.

Martel .B, 1999. Guide d'analyse du risque chimique, Dunod, Paris.

Mechati .F, 2006. Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister. Université de Skikda.

Meinck .F., Stooff .H ., Kohlschütter .H, 1977. Les eaux résiduaires industrielles, 2ème Ed. Masson, paris, 863p.

Mekhalif .F, 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme d'eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de Magister. Université de Skikda.

Melghit. M, 2012. Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliques des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun, Mémoire de Magistère .Université Constantine1.

Mezedjri .L, 2008. Modélisation de l'impact de la pollution industrielle hydrique dans le golfe de skikda (littoral est algerien), Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

MIZI A, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

Ng .C., Régent .A, 2004. Déchets et pollution, Impact sur l'environnement et la santé, préface de Bernard Bigot, Dunod. Paris .3 p.

Olivier. A, 2005. Chimie et pollutions des eaux souterraines. LAVOISIER.

O.N.E.D.D, 2006. Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable. Laboratoire Régional de l'environnement .Procédures d'opérations standards.

O .N. M, 2012. Office National de la Météorologie. Unité du Port de Skikda.

Perrin.R., Scharff. J.P, 1999. Chimie industrielle, Dunod, Paris.

Peter T.J., Biggs S.J., Weeir L.K et Keating A.B, 2003. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia-Agriculture, Ecosystems and environnement , pp 49-58.

Prichard. E, 1995. Quality in the analytical laboratory, John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 307 p .

Quevauviller .Ph, 2001. Métrologie en chimie de l'environnement. TEC & DOC. Paris. 257 p.

Ramade.F, 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2^{ème} Edition. DUNOD. Paris. 1075 pp.

Ramdane. N, 2006. Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de SKIKDA par adsorption sur charbon actif et sur bentonite. Mémoire de magister. Université du 20 Août 1955. SKIKDA.

Rodier .J et all , 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. PARIS.

Rodier.J et all , 1998. *L'analyse de l'eau.* 8e édition, Dunod, Paris

Rodier.J et all , 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition. DUNOD. PARIS. p p 975 ,1377.

S. W. Chiu, K.M. Ho., S. S. Chan., O.M. So and K.H. Lai , 2006. Characterization of contamination in and toxicities of a shipyard area in Hong Kong, Environmental Pollution, Issue 3, Volume 142, August 2006. pp 512-520.

Scheffé . H, 1953 . A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika.*, 40 (1-2), 87-104.

Touati .F. et al , 2004 . Cadastre littoral de la wilaya de Skikda.161 p.

Source EGZIK, 2000. **Entreprise de Gestion de la Zone Industrielle de Skikda.** Présentation de l'EGZIK.

Tukey J.W, 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics.*, 5, 99-114.

Traité l'environnement. Technique de l'ingénieur. **Volume G1210.**

Valiron F., Tabuchi JP, 1992. Maîtrise de la pollution urbaine par temps de pluie, Lavoisier-Technique et documentation, édition Paris.

<http://www.futura-sciences.com/>.

Annexes

Tableau 1. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la RAF /K.

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	-0.066 0.800				
cond	0.740*** 0.001	0.185 0.476			
TDS	0.214 0.410	0.053 0.839	0.449 0.071		
Turbi (NTU)	0.098 0.709	-0.150 0.567	-0.145 0.579	-0.183 0.482	
S %	0.761*** 0.000	0.268 0.298	0.982*** 0.000	0.412 0.100	-0.113 0.667
O2 (%)	0.573* 0.016	-0.341 0.180	0.460 0.063	0.164 0.529	-0.154 0.555
HC	-0.104 0.690	0.887*** 0.000	0.110 0.673	0.096 0.714	-0.240 0.354
DCO	-0.423 0.090	0.181 0.488	-0.194 0.455	-0.277 0.282	-0.032 0.902
DBO5	-0.449 0.071	0.514* 0.035	0.064 0.806	0.068 0.796	-0.328 0.199
MES	0.027 0.919	-0.033 0.900	0.122 0.641	-0.158 0.545	0.042 0.874
Cr	-0.126 0.630	0.082 0.756	-0.090 0.731	-0.204 0.432	-0.439 0.078
Cl	-0.011 0.967	0.384 0.129	0.124 0.636	0.154 0.556	-0.415 0.097
Fe	-0.077 0.769	0.594* 0.012	0.135 0.604	-0.158 0.544	0.318 0.213

Tableau 2. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la RAF /K. (suite)

	S %	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	0.418 0.095				
HC	0.197 0.448	-0.397 0.115			
DCO	-0.185 0.477	-0.484 0.049	0.124 0.635		
DBO5	0.064 0.806	-0.510* 0.036	0.550* 0.022	0.639** 0.006	
MES	0.106 0.684	0.291 0.258	0.014 0.958	-0.283 0.271	0.131 0.615
Cr	-0.059 0.822	-0.105 0.689	0.041 0.875	0.123 0.639	-0.055 0.833
Cl	0.115 0.661	-0.392 0.119	0.419 0.094	0.115 0.660	0.191 0.463
Fe	0.125 0.633	-0.418 0.095	0.427 0.088	0.139 0.594	0.221 0.394

Tableau 3. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la RAF /K. (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.374 0.140		
Cl	-0.628** 0.007	0.492* 0.045	
Fe	-0.083 0.751	-0.056 0.830	0.378 0.134

Tableau 4. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la RTE.

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	-0.329 0.197				
cond	0.051 0.847	0.151 0.562			
TDS	0.075 0.775	0.237 0.359	0.409 0.103		
Turbi (NTU)	-0.074 0.776	-0.307 0.231	-0.219 0.399	-0.143 0.584	
S ‰	0.080 0.760	0.240 0.353	0.353 0.165	0.959*** 0.000	-0.136 0.603
O2 (%)	-0.491* 0.045	0.433 0.082	0.430 0.085	0.286 0.265	-0.401 0.111
HC	-0.161 0.537	0.715*** 0.001	0.095 0.715	0.229 0.376	-0.394 0.118
DCO	0.221 0.394	-0.094 0.720	-0.113 0.665	0.101 0.700	0.683** 0.003
DBO5	0.158 0.544	0.257 0.320	0.133 0.611	0.249 0.336	-0.408 0.104
MES	0.014 0.956	0.257 0.319	-0.233 0.368	-0.187 0.472	0.155 0.552
Cr	-0.176 0.499	0.105 0.688	-0.156 0.549	0.172 0.509	-0.115 0.661
Cl	-0.041 0.877	0.363 0.153	-0.016 0.952	0.239 0.355	-0.588* 0.013
Fe	-0.211 0.416	0.540* 0.025	-0.391 0.121	-0.205 0.430	-0.253 0.328

Tableau 5. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site de RTE (suite)

	S ‰	O2 (‰)	HC	DCO	DBO5
O2 (‰)	0.176 0.499				
HC	0.234 0.365	0.288 0.263			
DCO	0.069 0.791	-0.616** 0.008	-0.281 0.275		
DBO5	0.339 0.183	0.050 0.850	0.217 0.403	-0.233 0.368	
MES	-0.124 0.636	0.084 0.749	0.130 0.620	-0.101 0.700	0.282 0.273
Cr	0.123 0.638	-0.029 0.913	0.156 0.550	0.068 0.796	-0.116 0.658
Cl	0.189 0.466	0.505* 0.039	0.332 0.193	-0.464 0.061	-0.094 0.720
Fe	-0.177 0.496	0.086 0.743	0.435 0.081	-0.148 0.570	0.115 0.660

Tableau 6. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site de RTE (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.360 0.155		
Cl	-0.161 0.538	0.469 0.057	
Fe	0.432 0.083	0.375 0.138	0.463 0.061

Tableau7. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la GNL1/K.

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	0.340 0.182				
cond	-0.119 0.650	-0.468 0.058			
TDS	0.035 0.895	0.013 0.961	-0.100 0.702		
Turbi (NTU)	0.087 0.739	0.491* 0.045	-0.610** 0.009	-0.196 0.452	
S %	0.156 0.550	-0.661** 0.004	0.356 0.161	0.095 0.717	-0.473 0.055
O2 (%)	0.116 0.656	-0.007 0.978	-0.061 0.816	-0.561* 0.019	-0.078 0.767
HC	0.288 0.262	-0.152 0.559	-0.057 0.827	-0.204 0.433	0.224 0.388
DCO	-0.119 0.650	-0.070 0.791	-0.156 0.550	0.487* 0.048	-0.094 0.719
DBO5	0.068 0.796	0.572* 0.017	0.014 0.956	-0.088 0.737	0.233 0.368
MES	-0.339 0.183	-0.606** 0.010	0.176 0.499	0.038 0.884	-0.281 0.275
Cr	-0.234 0.366	0.216 0.405	-0.195 0.453	0.039 0.881	0.078 0.766
Cl	-0.164 0.530	-0.266 0.303	0.449 0.071	0.000 0.999	-0.373 0.140
Fe	0.035 0.895	0.615** 0.009	-0.270 0.294	0.000 0.999	0.192 0.461

Tableau 8 Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux de GNL1/K (suite)

	S ‰	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	-0.095 0.717				
HC	0.308 0.229	-0.016 0.951			
DCO	0.111 0.671	-0.577* 0.015	-0.006 0.983		
DBO5	-0.688** 0.002	-0.151 0.563	-0.150 0.564	-0.229 0.378	
MES	0.259 0.316	-0.091 0.728	0.094 0.720	0.293 0.253	-0.409 0.103
Cr	-0.568* 0.017	0.096 0.714	-0.293 0.254	0.119 0.648	0.210 0.419
Cl	0.286 0.266	-0.126 0.629	0.035 0.894	0.108 0.680	0.163 0.531
Fe	-0.695** 0.002	0.123 0.639	-0.288 0.262	-0.041 0.877	0.479 0.052

Tableau 9 Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux de GNL1/K (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	0.205 0.430		
Cl	0.112 0.669	-0.506* 0.038	
Fe	-0.270 0.294	0.849*** 0.000	-0.533* 0.028

Tableau10.Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la CTE

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	-0.232 0.370				
cond	-0.232 0.370	1.000 *			
TDS	0.322 0.208	0.107 0.683	0.107 0.683		
Turbi (NTU)	-0.241 0.351	0.568* 0.017	0.568* 0.017	-0.126 0.630	
S %	0.336 0.187	-0.449 0.070	-0.449 0.070	0.775*** 0.000	-0.613** 0.009
O2 (%)	-0.173 0.505	-0.054 0.837	-0.054 0.837	0.239 0.356	-0.379 0.134
HC	-0.245 0.343	-0.351 0.168	-0.351 0.168	-0.413 0.100	0.205 0.430
DCO	0.038 0.885	-0.258 0.317	-0.258 0.317	-0.127 0.628	0.124 0.635
DBO5	-0.280 0.277	0.495* 0.043	0.495* 0.043	-0.297 0.248	0.908*** 0.000
MES	-0.229 0.376	-0.110 0.675	-0.110 0.675	0.000 1.000	0.424 0.090
Cr	0.110 0.675	0.149 0.568	0.149 0.568	0.224 0.387	0.410 0.102
Cl	0.274 0.287	-0.367 0.147	-0.367 0.147	0.399 0.112	-0.336 0.187
Fe	0.039 0.883	0.225 0.384	0.225 0.384	0.225 0.386	0.144 0.581

Tableau 11. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour CTE (suite)

	S ‰	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	0.356 0.161				
HC	-0.294 0.252	-0.329 0.197			
DCO	-0.084 0.750	-0.546* 0.023	0.627** 0.007		
DBO5	-0.741*** 0.001	-0.497* 0.042	0.376 0.137	0.271 0.293	
MES	0.009 0.972	0.267 0.299	0.071 0.786	-0.150 0.565	0.155 0.553
Cr	-0.076 0.771	-0.533* 0.028	-0.065 0.805	0.332 0.193	0.378 0.135
Cl	0.506* 0.038	-0.001 0.998	-0.065 0.805	0.266 0.303	-0.190 0.465
Fe	-0.014 0.958	-0.587* 0.013	-0.056 0.830	0.224 0.387	0.202 0.437

Tableau 12. Matrice des corrélations linéaires des 19 caractéristiques prises deux à deux site de CTE (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	0.055 0.835		
Cl	-0.207 0.424	0.177 0.497	
Fe	-0.477 0.053	0.689** 0.002	-0.007 0.979

Tableau 13. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la DRIK

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	0.010 0.972				
cond	0.363 0.183	0.006 0.982			
TDS	0.190 0.498	-0.769*** 0.001	0.155 0.581		
Turbi (NTU)	-0.322 0.242	-0.575* 0.025	-0.014 0.959	0.377 0.167	
S ‰	0.512 0.051	-0.148 0.598	0.840*** 0.000	0.125 0.656	-0.044 0.877
O2 (%)	0.072 0.798	0.003 0.991	0.230 0.410	-0.116 0.681	0.069 0.808
HC	0.413 0.126	0.087 0.758	0.533* 0.041	0.061 0.828	-0.059 0.833
DCO	-0.226 0.419	0.284 0.305	0.055 0.846	-0.149 0.597	-0.162 0.564
DBO5	0.233 0.403	0.115 0.683	-0.152 0.588	-0.185 0.510	-0.016 0.954
MES	0.328 0.232	-0.474 0.074	0.564* 0.029	0.505 0.055	0.277 0.317
Cr	-0.651** 0.009	0.357 0.191	-0.403 0.136	-0.210 0.452	0.161 0.566
Cl	0.421 0.118	-0.419 0.120	0.107 0.703	0.268 0.334	0.146 0.604
Fe	-0.159 0.570	0.608* 0.016	0.189 0.501	-0.356 0.193	-0.210 0.453

Tableau 14. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la DRIK (suite)

	S %	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	0.519* 0.048				
HC	0.421 0.119	-0.389 0.152			
DCO	-0.049 0.863	0.148 0.599	-0.096 0.732		
DBO5	-0.235 0.400	-0.676** 0.006	0.467 0.079	-0.151 0.590	
MES	0.559* 0.030	0.176 0.531	0.169 0.547	-0.301 0.275	-0.195 0.487
Cr	-0.627* 0.012	-0.308 0.265	-0.109 0.698	0.448 0.094	0.127 0.653
Cl	0.546* 0.035	0.478 0.072	-0.048 0.866	-0.227 0.417	-0.142 0.614
Fe	-0.179 0.522	-0.342 0.212	0.328 0.233	0.199 0.477	0.148 0.600

Tableau 15. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux pour la DRIK (suit et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.428 0.112		
Cl	0.295 0.285	-0.429 0.111	
Fe	-0.547* 0.035	0.338 0.217	-0.577* 0.024

Tableau 16. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site de CPI/K

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	0.343 0.194				
cond	0.082 0.764	-0.427 0.099			
TDS	0.159 0.555	-0.087 0.749	-0.027 0.922		
Turbi (NTU)	-0.007 0.978	-0.111 0.683	0.760*** 0.001	-0.115 0.672	
S ‰	0.120 0.659	-0.257 0.337	0.066 0.808	0.121 0.655	0.118 0.664
O2 (%)	-0.349 0.185	-0.144 0.594	0.177 0.511	-0.378 0.149	0.040 0.882
HC	0.056 0.837	0.053 0.844	-0.075 0.782	0.318 0.230	-0.005 0.984
DCO	0.316 0.234	0.156 0.563	-0.456 0.076	0.227 0.398	-0.350 0.184
DBO5	0.296 0.265	0.652** 0.006	-0.299 0.261	-0.022 0.935	0.011 0.967
MES	0.051 0.852	-0.331 0.210	0.082 0.763	-0.000 1.000	-0.226 0.400
Cr	0.029 0.916	0.445 0.084	-0.250 0.351	-0.000 0.999	-0.192 0.475
Cl	0.149 0.583	-0.347 0.188	-0.015 0.957	-0.000 0.999	-0.340 0.198
Fe	0.462 0.072	0.694** 0.003	-0.519* 0.039	0.000 1.000	-0.192 0.477

Tableau 17. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site de CP1/K (suite)

	S ‰	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	-0.140 0.606				
HC	-0.454 0.077	-0.556* 0.025			
DCO	0.118 0.664	-0.705** 0.002	0.409 0.116		
DBO5	-0.366 0.163	-0.247 0.357	0.114 0.675	0.121 0.656	
MES	0.221 0.410	0.033 0.905	0.206 0.443	0.207 0.441	-0.571* 0.021
Cr	-0.865*** 0.000	0.019 0.944	0.316 0.233	0.031 0.909	0.418 0.107
Cl	0.429 0.097	-0.234 0.384	-0.213 0.428	0.469 0.067	-0.362 0.169
Fe	-0.007 0.979	-0.404 0.121	0.097 0.720	0.659** 0.006	0.506* 0.046

Tableau18. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site de CP1K (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.402 0.123		
Cl	0.557* 0.025	-0.373 0.154	
Fe	-0.348 0.187	0.267 0.318	-0.056 0.836

Tableau 19. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site pour le complexe polymed

	PH	T°	cond	TDS	Turbi (NTU)
T°	0.327 0.200				
cond	-0.067 0.799	-0.015 0.953			
TDS	0.169 0.516	0.155 0.551	-0.117 0.655		
Turbi (NTU)	-0.133 0.610	0.023 0.931	-0.593* 0.012	-0.253 0.327	
S ‰	0.133 0.612	0.616** 0.008	0.742*** 0.001	0.016 0.951	-0.350 0.168
O2 (%)	-0.418 0.095	-0.175 0.501	-0.053 0.839	-0.313 0.222	-0.128 0.626
HC	0.091 0.728	0.227 0.382	-0.199 0.444	0.083 0.752	-0.194 0.456
DCO	-0.392 0.120	-0.362 0.153	-0.105 0.688	0.033 0.901	0.181 0.487
DBO5	0.391 0.120	0.902*** 0.000	-0.041 0.877	0.007 0.977	-0.100 0.702
MES	0.013 0.959	-0.224 0.388	0.225 0.386	0.000 1.000	-0.073 0.782
Cr	0.393 0.119	0.170 0.513	-0.333 0.191	0.000 0.999	-0.085 0.747
Cl	-0.270 0.294	0.284 0.270	-0.005 0.985	0.000 1.000	-0.027 0.919
Fe	0.613 0.009	0.095 0.718	-0.321 0.208	0.000 0.999	-0.129 0.621

Tableau 20. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site pour le complexe polymed (suite)

	S %	O2 (%)	HC	DCO	DBO5
O2 (%)	-0.123 0.639				
HC	0.007 0.979	0.010 0.970			
DCO	-0.248 0.337	-0.206 0.427	0.141 0.591		
DBO5	0.474 0.054	-0.150 0.565	0.348 0.171	-0.482* 0.050	
MES	-0.018 0.945	0.061 0.815	-0.505* 0.039	-0.277 0.281	-0.137 0.600
Cr	-0.111 0.672	0.153 0.556	0.160 0.541	-0.270 0.295	0.272 0.290
Cl	0.209 0.421	0.342 0.180	0.280 0.276	-0.193 0.459	0.234 0.366
Fe	-0.181 0.486	0.061 0.815	0.108 0.680	-0.307 0.231	0.230 0.374

Tableau 21. Matrice des corrélations linéaires des 14 caractéristiques prises deux à deux site pour le complexe polymed (suite et fin)

	MES	Cr	Cl
Cr	-0.154 0.556		
Cl	-0.030 0.909	0.191 0.463	
Fe	-0.099 0.705	0.908*** 0.000	-0.159 0.542

Résumé

Le présent travail a porté sur l'étude environnementale liée aux rejets d'effluents liquides des installations industrielles. Il consiste à analyser et modéliser ces rejets afin d'apprécier le degré de pollution et prédire leur impact sur les milieux récepteurs.

Dans ce travail nous nous sommes intéressées particulièrement à l'analyse des eaux de rejets générées par les différentes installations industrielles implantées au sein de la zone industrielle de Skikda, durant la période s'étalant du 19/12/2012 au 25/06/2013. Cette recherche a concerné sept points de prélèvements, prélevés dix-sept fois au cours de la période d'étude, dont nous avons mené pour les 7 stations un ensemble d'approches analytiques, paramètres physico-chimiques, paramètres de pollution organique et dosage de deux ETM (Fe, Cr^{VI}) soit les variations de quatorze caractéristiques physicochimiques.

D'une part l'ensemble d'approches physico-chimiques ont révélées que la qualité des eaux résiduaires des différentes stations étudiées est de nature douteuse et hors classe, elle présente une pollution chimique accentuée pour toutes les stations à l'exception de la (RAF/k) et du (RTE), qui eux présentent une pollution organique par les hydrocarbures, ce qui pourrait générer une toxicité pour la faune et la flore aquatique et marine. Quant à l'analyse des ETM, marquée essentiellement par des teneurs en Fe très importante, supérieures aux normes, et des variations en Cr^{VI} limitées pour toutes les stations tandis qu'elle marque quelques dépassements dans la raffinerie.

D'autre part, l'approche statistique, (analyses statistiques univariées, bivariées et multivariées) a permis d'effectuer une appréciation spatiotemporelle et de modéliser la qualité des eaux résiduaires au niveau de chaque station, montrant ainsi une dégradation de la qualité de ces eaux.

Mots clés : effluents liquides, Skikda, installations industrielles, ETM, analyse statistique.

Abstract

This work focused on environmental studies related to the liquid effluents discharges from industrial installations. It consists to analyze and model these releases to assess the degree of pollution and predict their impacts on receiving environment.

In this work we are particularly interested in analyzing waters from releases generated by industrial installations located in the industrial zone of SKIKDA, during the period from 19/12/2012 to 25/06/2013, this research involved seven sampling points, collected seventeen times during the study period, we have performed for the seven stations a set of analytical approaches, physicochemical parameters, organic pollution parameters and dosage of tow trace metals (Fe, Cr^{VI}), whether changes of fourteen physicochemical characteristics.

Firstly, all physicochemical approaches have revealed that the quality of waste water from different study sites of dubious nature and out class, it presents a chemical pollution for all stations except (RAF/K) and (RTE), which in turn have an organic pollution, that could generate a toxicity to the wildlife, aquatic and marine flora. In the analysis of ETM, marked mainly by the very high levels of Fe which are higher than standards and changes in Cr^{VI} limited for all stations while it marks an exceeding in (RAF/K).

On the other hand, the statistical approach, (univariate statistical analyzes, bivariate and multivariate) allowed a spatiotemporal assessment and waste water quality modeling at each station, showing a quality degradation of these waters.

Key words: liquid effluents, Skikda, industrial installations, trace metals, statistical analysis.

هذا العمل البيئية تصريف النفايات السائلة
الصناعية , حيث تحليل هذه النفايات لك بهدف تحديد تأثيرها على
الطبيعي .

في هذا العمل بشكل خاص تحليل المياه الناتجة عن الصناعية
الصناعية سكيكدة، في ما بين 2012/12/19 25/06/2013 ، شمل هذا البحث سبع نقاط
العينات أين أجرينا مجموعة من التحاليل الفيزيائية , الكيمائية العضوية بالإضافة إلى التحليل
هذه النفايات.

أظهرت نتائج التحاليل أن نوعية هذه المياه ملوثة، و يمكن أن تولد سمية للوسط الطبيعي ,
الإحصائية التي خضعت لها العينات على تدهور نوعية هذه النفايات .

: النفايات السائلة , سكيكدة , المنشآت الصناعية , الإحصائية.

Département de Biologie et Ecologie végétale
Filière : Ecologie et Environnement
Option : Pathologie des Ecosystèmes Forestiers

Nom : MOHAMED BEN ALI
Prénom : Rim
Soutenu le : 10/12/2014

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
Du diplôme de Magister**

Thème

Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda

Résumé :

Le présent travail a porté sur l'étude environnementale liée aux rejets d'effluents liquides des installations industrielles. Il consiste à analyser et modéliser ces rejets afin d'apprécier le degré de pollution et prédire leur impact sur les milieux récepteurs.

Dans ce travail nous nous sommes intéressées particulièrement à l'analyse des eaux de rejets générées par les différentes installations industrielles implantées au sein de la zone industrielle de Skikda, durant la période s'étalant du 19/12/2012 au 25/06/2013. Cette recherche a concerné sept points de prélèvements, prélevés dix-sept fois au cours de la période d'étude, dont nous avons mené pour les 7 stations un ensemble d'approches analytiques, paramètres physico-chimiques, paramètres de pollution organique et dosage de deux ETM (Fe, Cr^{VI}) soit les variations de quatorze caractéristiques physicochimiques.

D'une part l'ensemble d'approches physico-chimiques ont révélées que la qualité des eaux résiduaires des différentes stations étudiées est de nature douteuse et hors classe, elle présente une pollution chimique accentuée pour toutes les stations à l'exception de la (RAF/k) et du (RTE), qui eux présentent une pollution organique par les hydrocarbures, ce qui pourrait générer une toxicité pour la faune et la flore aquatique et marine. Quant à l'analyse des ETM, marquée essentiellement par des teneurs en Fe très importante, supérieures aux normes, et des variations en Cr^{VI} limitées pour toutes les stations tandis qu'elle marque quelques dépassements dans la raffinerie.

D'autre part, l'approche statistique, (analyses statistiques univariées, bivariées et multivariées) a permis d'effectuer une appréciation spatiotemporelle et de modéliser la qualité des eaux résiduaires au niveau de chaque station, montrant ainsi une dégradation de la qualité de ces eaux.

Mots clés : effluents liquides, Skikda, installations industrielles, ETM, modélisé, analyse statistique.

Laboratoire d'Ecotoxicologie et Stress abiotiques du Département

Jury :

Président :	<i>Pr OUAHRANI Ghania</i>	<i>Université CONSTANTINE 1</i>
Rapporteur :	<i>Pr RAHMOUNE Chaâbane</i>	<i>Université CONSTANTINE 1</i>
Examineurs :	<i>Pr BENDERADJI Med el Habib</i>	<i>Université CONSTANTINE 1</i>
	<i>Pr ALATOU Djamel</i>	<i>Université CONSTANTINE 1</i>